

Geotechnisch funderingsadvies

Project Nieuwbouw bedrijfsgebouw aan de Industrieweg West te Oude Pekela

Opdrachtnummer 236022
Rapport 236022R01
Datum 10 juni 2023

Opdrachtgever Peree Bouwadvies BV
Zutphenseweg 29^{D2}
7418 AH Deventer

Constructeur Peree Bouwadvies BV
Deventer

Bijlagen - Voorbeeldberekening paal draagvermogen
- Geotechnisch onderzoek

Adres Simon Stevinweg 2
3911 CE Rhenen
Telefoon +316 [REDACTED]

Email info@atellus.nl
Website www.koops-romeijn.nl
www.atellus.nl

Atellus Grondmechanica is partner in de Koops & Romeijn Geogroep. Een groep onafhankelijke, zelfstandige en ervaren adviseurs voor grondonderzoek, geotechniek en geohydrologie die sinds 1996 samenwerkt. U kunt ons vinden in: Ammerstol, Oegstgeest, Roden, Velp, Wageningen en Wijchen.

Op al onze werkzaamheden zijn de algemene leveringsvoorwaarden (ALV 2018) van de Vereniging Ondernemers Technisch Bodemonderzoek (V.O.T.B.), zoals gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Midden-Nederland te Utrecht onder nr. 40476246 en de rechtsverhouding opdrachtgever-architect, ingenieurs en adviseur DNR2011 van toepassing.



1.0 INLEIDING

Medio februari 2023 ontving Atellus Grondmechanica van Peree Bouwadvies BV de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch grondonderzoek alsmede het uitbrengen van een funderingsadvies ten behoeve van de nieuwbouw van een bedrijfsgebouw te Oude Pekela.

Het advies is gebaseerd op de ons verstrekte gegevens en het geotechnisch onderzoek dat onlangs op de projectlocatie is uitgevoerd. Dit rapport bevat tevens een beschrijving en de resultaten van het onderzoek.

2.0 PROJECTOMSCHRIJVING

De projectlocatie is gelegen aan de Industrieweg West te Oude Pekela, tegenover Industrieweg West nr. 7. De locatie is momenteel braakliggend en bevindt zich op een bedrijventerrein. De dichtst nabij de nieuwbouw gesitueerde bebouwing bevindt zich op een afstand van ca. 20 meter. Dit betreft een Nadere gegevens omtrent de exacte afstand tot deze bebouwing, de aard, de conditie en funderingswijze van de bebouwing zijn ons niet bekend. Voor de ligging van de projectlocatie wordt verwezen naar de situatietekening die in de bijlage is toegevoegd.

Aangaande de historie van de projectlocatie zijn ons geen gegevens bekend. Mocht het om één of andere reden aannemelijk zijn dat er sprake kan zijn van bijvoorbeeld verontreinigingen en obstakels of geroerde grond dan moet worden nagegaan in hoeverre dit een knelpunt kan zijn voor het ontwerp of de uitvoering.

Het plan omvat de bouw van een bedrijfspand met een grondvlak van ca. 2250 m². Aangaande de indeling van het pand en de gebruiksfunctie zijn ons geen gegevens bekend. In het ontwerp is voor zover bekend geen kelder voorzien. Het begane grondpeil van de nieuwbouw is aangenomen op ca. NAP +1,8 m. Het aanlegniveau van de fundering is op ca. NAP +0,7 m verondersteld.

De rekenwaarden van paalbelastingen op druk bedragen volgens opgave van de constructeur $F_{c;d} = 1500$ tot 2000 kN.

Geadviseerd wordt om genoemde gegevens alsmede de elders in dit rapport gehanteerde aannamen en uitgangspunten te verifiëren voordat met de resultaten uit dit rapport wordt verder gewerkt.

3.0 GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek is uitgevoerd medio maart 2023 en heeft in deze fase bestaan uit 15 van de geplande 23 sonderingen. 8 sonderingen ter plaatse van de toekomstige leidingbrug mochten niet worden uitgevoerd i.v.m. de mogelijke ligging van kabels en leidingen.

7 sonderingen zijn uitgevoerd ter plaatse van bestaande verharding. Door een ingeschakelde asfalt-/betonboorder zijn deze boringen uitgevoerd tot een diepte van ca. 0,6 m om de uitvoering van de sonderingen mogelijk te maken.

De sonderingen zijn uitgevoerd m.b.v. een elektrische (kleefmantel)conus met hellingmeter, conform norm NEN-EN 1997-2 met aanvullingsnorm NEN 9997-2. De conusweerstand is hierbij continu elektrisch gemeten en geregistreerd. Bij de sonderingen is naast de conusweerstand ook de plaatselijke mantelwrijving elektrisch gemeten en geregistreerd. De relatie tussen conusweerstand en plaatselijke wrijving, het wrijvingsgetal, geeft beneden het grondwaterniveau een indicatie van de verschillende grondsoorten. De



sondeerresultaten zijn weergegeven op de grafieken die zijn toegevoegd in de bijlagen, waarbij de diepte is uitgezet t.o.v. NAP.

Aanvullend op het sondeeronderzoek zijn géén ondiepe handboringen verricht aangezien de ondergrond ter plaatse volgens opgave van de opdrachtgever vervuild is.

4.0 TERREIN- EN GRONDGESTELDHEID

Ten tijde van het onderzoek varieerde de maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties van NAP +1,6 m tot NAP +1,4 m.

Op basis van het grondonderzoek kan de grondopbouw globaal als volgt worden omschreven: onder een topzand- en puinlaag met een dikte tot ca. NAP +0,5 m worden tot ca. NAP -0,5 á -2,0 m overwegend meer of minder kleihoudende veenafzettingen aangetroffen. Vervolgens worden tot NAP -22 á -25 m overwegend zandafzettingen aangetoond. In dit pakket komen rond ca. NAP -14 m een of enkele stoorlagen voor bestaande uit tussenkleilagen, al dan niet zandhoudend, met wisselende diktes.

5.0 FUNDERINGSADVIES

Gezien de aangetroffen grondopbouw en de aard van de bebouwing komt voor onderhavig project uitsluitend een fundering op palen in aanmerking. Gezien de vervuiling van de ondergrond is vanuit de opdrachtgever aangegeven dat het een grondverdringend paaltype moet zijn.

Gezien de aanwezigheid van bebouwing op beperkte afstand van de nieuwbouw in combinatie met de relatief hoge benodigde paal draagvermogens is voor de nieuwbouw een fundering op in de grond gevormde, grondverdringende betonpalen (vervaardigd met behulp van een schroevend ingebracht, stalen hulpbuis met verloren punt zoals Fundex of gelijkwaardig) geadviseerd en nader uitgewerkt.

Tijdens de uitvoering worden bij dit paaltype nagenoeg geen trillingen opgewekt en is er vanuit dit oogpunt geen risico voor schade aan bebouwing in de omgeving. Wel duidt het onderzoek op het voor komen van veenlagen in de ondiepe ondergrond. Met de leverancier dient te worden afgestemd in hoeverre een aanpassing van de betonsamenstelling is vereist aangezien dergelijke lagen van invloed zijn op de stabiliteit van de boorgatwand en daarmee op de kwaliteit van de palen

Vanwege het op diepte kunnen krijgen van de palen kan het mogelijk noodzakelijk zijn dat de palen worden geïnstalleerd middels een water- en of groutinjectie. Geadviseerd wordt om dit tijdig kort te sluiten met de beoogde leverancier.

UITGANGSPUNTEN

- Projectgegevens zoals beschreven in hoofdstuk 2.
- Situering nieuwbouw zoals weergegeven op de situatietekening in de bijlage.
- Funderingselementen worden verticaal centrisch belast.
- Het advies is opgesteld op basis van NEN 9997-1 (juni 2016). Genoemde norm bevat de NEN-EN 1997-1 (Eurocode 7 – geotechnisch ontwerp – Deel 1 : Algemene regels) en de bijbehorende nationale bijlage.
- de veiligheid / gevolgklasse (NEN-EN 1990): CC2 RC2
- de Geotechnische Categorie (NEN 9997-1, 2.1): GC2
- aanname stijfheid bebouwing: niet-stijf
- Fundering op Fundexpalen of gelijkwaardig.



- Voor de berekening van de draagkracht zijn de volgende factoren aangehouden:
 - paalklasse punt $\alpha_p = 0,63$
 - paalvoetvorm $\beta = 1,0$
 - paalvoetdwarsdoorsnede $s = 1,0$
 - paalklasse schacht $\alpha_s = 0,009$
- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het terrein zal niet significant worden opgehoogd of ontgraven.
- Er is rekening gehouden met negatieve kleeft op de palen.
- De berekende paal draagvermogens dienen door de constructeur op basis van NEN-EN 1992-1-1 te worden gecontroleerd op toelaatbare betonspanningen.

EISEN TEN AANZIEN VAN STABILITEIT EN VERVORMINGEN

Van een geotechnische constructie moet worden onderzocht of één van de onderstaande grenstoestanden wordt bereikt:

- Uiterste grenstoestand (UGT)
De grenstoestand waarbij op de grens van de constructie en de grond een bezwijkmechanisme optreedt; hiervoor moet worden getoetst of de rekenwaarde voor de belasting, eventueel vermeerderd met de optredende negatieve kleeft, kleiner is dan de rekenwaarde van het paal draagvermogen ($F_{c;d} + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$).
- Bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)
Grenstoestand waarbij de vervormingen leiden tot verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten.

In de meest voorkomende situaties zal, als aan de uiterste grenstoestand wordt voldaan, de paalkopzakking relatief gering zijn. Door deze relatief geringe paalkopzakkingen, wordt tevens voldaan aan de vervormingseisen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand.

BEREKENINGSMETHODE

In het onderstaande zijn berekeningsmethoden voor het bepalen van de negatieve kleeft en het paal draagvermogen nader toegelicht. Van de berekening van de draagkracht van de palen is een voorbeeldberekening in de bijlage van dit rapport opgenomen.

-Bepaling van de rekenwaarde van de negatieve kleeft

Voor dit project is, in verband met de aangetroffen bodemgesteldheid, rekening gehouden met het optreden van negatieve kleeft langs de paalschachten tot een niveau van gemiddeld NAP -1,5 m.

-Bepaling van de maximale draagkracht van een paal

De maximale draagkracht van de paal, op basis van het resultaat van sondering i, is bepaald conform NEN 9997-1.

$$R_{c;cal;i} = R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i}$$

waarin:

$$\begin{aligned} R_{c;cal;i} &= \text{maximale draagkracht van de paal bij sondering i (kN)} \\ R_{b;cal;max;i} &= \text{maximale draagkracht van de paalpunt bij sondering i (kN)} \\ R_{s;cal;max;i} &= \text{maximale schachtwrijvingskracht bij sondering i (kN)} \end{aligned}$$



Voor verdere uitwerking van deze formule, de berekening van de beide componenten, wordt verwezen naar de voorbeeldberekening die in dit rapport is opgenomen.

-Bepaling van de karakteristieke waarde van de draagkracht

Voor de bepaling van de karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van een paal is uitgegaan van een niet-stijf bouwwerk. De karakteristieke waarde van het draagvermogen voor palen wordt bepaald met de volgende formules:

$$R_{c;k} = \text{Min} \{ (R_{c;cal;gem} / \xi_3); (R_{c;cal;min} / \xi_4) \}$$

waarin:

$R_{c;k}$ = de karakteristieke waarde van het draagvermogen.

$R_{c;cal;gem}$ = het berekende gemiddelde draagvermogen van de in beschouwing genomen groep sonderingen.

$R_{c;cal;min}$ = het laagst berekende draagvermogen van de in beschouwing genomen groep sonderingen.

ξ_3 / ξ_4 = factor, afhankelijk van het aantal sonderingen (NEN 9997-1, Tabel A.10a)

Voor de bepaling van het draagvermogen van de ondergrond gebaseerd op een aantal sonderingen, het zogenaamde groeperen, mag de variatiecoëfficiënt van het draagvermogen van de sonderingen niet groter zijn dan 12%.

- Bepaling van de rekenwaarde voor de maximale draagkracht

De rekenwaarde voor de maximale draagkracht van een paal ($R_{c;d}$) wordt bepaald met:

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_t$$

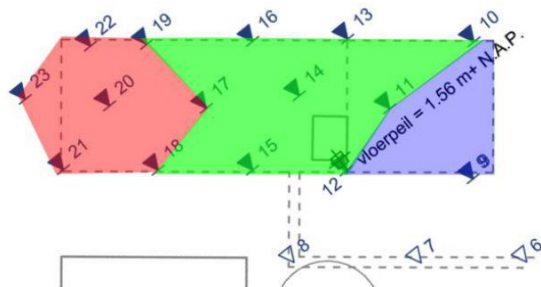
waarin:

γ_t = partiële weerstandsfactor op de totale weerstand voor op druk belaste palen, welke volgens NEN 9997-1, bijlage A, Tabel A.6 t/m Tabel A.8, de waarde 1,20 heeft.

PAALPUNTNIVEAU EN -DRAAGVERMOGEN

Er is uitgegaan van schroefpalen met verloren punt (al dan niet met groutinjectie ten behoeve van het inbrengen) met schacht/schroefpuntdiameters van $\varnothing$ 380/450; $\varnothing$ 460/560 en $\varnothing$ 510/620 mm. In onderstaande tabel is voor de ondergrond voor de geadviseerde paalpuntniveaus en per schachtafmeting de rekenwaarde van de netto draagkracht gepresenteerd.

De ondergrond is op basis van het onderzoek onderverdeeld in de groepen A t/m C. In figuur 1 zijn deze groepen aangegeven. Opgemerkt wordt dat op de grens van deze groepen de meest gunstige groep mag worden aangehouden.



Figuur 1: onderverdeling ondergrond in groepen op basis van sonderingen.

Tabel 1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden netto draagkracht mortelschroefpalen.

Sonderingen	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	Rekenwaarde netto draagkracht ($R_{c;d}$) [kN]		
		Ø 380/450 mm	Ø 460/560 mm	Ø 510/620 mm
Groep A (groen, figuur 1)	-9,5	1550	2120	2480
	-10,0	1620	2200	2600
	-10,5	1620	2200	2600
Groep B (blauw, figuur 1) (9 t/m 12)	-9,5	1130	1550	1800
	-10,0	1130	1550	beslist niet dieper!
		beslist niet dieper!	beslist niet dieper!	
Groep C** (rood, figuur 1) (17 t/m 22)	-9,5	1290	1740	2000
	-10,0	1290	1760	2000
	-10,5	1290	1760	2000
		beslist niet dieper!	beslist niet dieper!	beslist niet dieper!
* het draagvermogen voor deze groep wordt bepaald door de relatief slechte sondering s9; overwogen kan worden om deze slechte sondering nader uit te karteren middels aanvullend onderzoek.				
** het draagvermogen voor deze groep wordt bepaald door de relatief slechte sondering s20; overwogen kan worden om deze slechte sondering nader uit te karteren middels aanvullend onderzoek.				

De vermelde draagkracht betreft het geotechnisch draagvermogen dat wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

TOETSING

Zoals eerder aangegeven, wordt de sterkte-eis behorend bij de uiterste grenstoestand getoetst: $F_{c;d} \leq R_{c;d} - F_{nk;d}$

Indien de rekenwaarde voor de paalbelasting kleiner is dan (of gelijk aan) het netto paaldraagvermogen, wordt voldaan aan de uiterste grenstoestand. Tevens zal dan, in de meest voorkomende situaties, worden voldaan aan de bruikbaarheidsgrenstoestand.

VEERCONSTANTEN

Uitgaande van de karakteristieke waarde voor het paaldraagvermogen ($R_{c;k}$) en de representatieve paalbelasting ($F_k + F_{nk;rep}$) is de veerconstante voor de paalkopzакking bepaald. Hierbij is voor de karakteristieke paalkopbelasting uitgegaan van de waarde bepaald uit $F_k = r_{c;d} / 1,35$.

Bij concentraties van palen waarbij de hart-op-hart-afstand kleiner is dan tien maal de kleinste paalvoetdoorsnede, dient in principe in de paalkopzакking, de zакking te worden verdisconteerd in de lagen beneden het niveau van vier maal de kleinste dwarsafmeting van de paalpunt



Voor sondering 20 zijn, voor een paalpunt niveau van NAP -10,0 m, de navolgende indicatieve waarden berekend :

Paalafmeting in mm:	F _k in kN:	Veerconstante voor paalkopzakking in MN/m ¹ :
Ø 380/450	950	k = 120 à 130
Ø 460/560	1300	k = 140 à 150
Ø 510/620	1480	k = 150 à 160

Opgemerkt wordt dat palen die grondmechanisch niet worden uitgenut, stijver reageren dan palen welke wel uitgenut worden. Dit kan voorkomen bij palen die om praktische redenen op een niveau met een hogere draagkracht worden gefundeerd dan noodzakelijk is om aan de gestelde eisen te voldoen.

RESTEREND EN AANVULLEND ONDERZOEK

Om te komen tot een volledig funderingsadvies dient aanvullend gesondeerd te worden zodra het terrein voor de sondeerwagen toegankelijk is en de plannen voor de nieuwbouw duidelijk zijn. Er wordt op gewezen dat volgens de voorschriften verdeeld over het grondvlak van de nieuwbouw dient te zijn gesondeerd met een sondeerafstand van maximaal 25 meter.

In overweging wordt gegeven om, mede afhankelijk van het palenplan, de sonderingen 9 en 20 nader uit te karteren om een scherper paalontwerp mogelijk te maken.

6.0 UITVOERING

Bij de toepassing van Fundexpalen(o.g.) dient voor de installatie hiervan een hierin gespecialiseerd, gerenommeerd aannemingsbedrijf te worden ingeschakeld. Geadviseerd wordt de eerste paal zo dicht mogelijk bij een sondering te installeren.

Het waargenomen installatiegedrag voor wat betreft meetbare parameters (drukkracht, boormoment en indringingsnelheid) kan in combinatie met het sondeerbeeld een indicatie vormen voor de controle van tussen de sonderingen te installeren palen.

Tijdens de uitvoering mag een minimale h.o.h. afstand worden aangehouden van $2,5 \times d_{\text{voet}}$ indien de naburige palen een ouderdom van minimaal één dag hebben bereikt. Bij een kortere wachttijd geldt een minimale h.o.h. afstand van $4 \times d_{\text{voet}}$.

De palen moeten zonder onderbreking worden afgestort tot het werkniveau van waaraf de palen worden vervaardigd in verband met het evenwicht tussen de inwendige betonspeciedruk en de uitwendige gronddruk.

Voor nadere gegevens omtrent de installatie van de palen wordt verwezen naar de KIWA beoordelingsrichtlijn voor in de grond gevormde palen BRL-2356 (K-237/01), bijlage A en de NEN-EN 12699.

Atellus Grondmechanica

Ing. [REDACTED]
Adviseur geotechniek





VOORBEELDBEREKENING NEGATIEVE KLEEF

- gehanteerde sondering : combi
- paalttype : Fundexpaal o.g.
- schachtafmeting : Ø 380 mm

Voor de berekening is ervan uitgegaan dat de bodem samendrukbaar is tot een niveau van gem. NAP -1,5 m. De daaronder gelegen lagen zijn dermate zanderig dat hierin geen zetting en derhalve geen negatieve kleeft zijn te verwachten.

De grondbouw is geschematiseerd in 3 lagen: een ophooglaag, een samendrukbare laag en een onsamendrukbare funderingslaag.

Berekening negatieve kleeft

De *representatieve waarde* van de maximale negatieve kleeftbelasting van een alleenstaande paal volgens hoofdstuk 7.3.2.2. NEN 9997-1 bedraagt:

$$F_{nk;rep} = \left(\frac{1}{2} \cdot h_1 \cdot K_{o;1} \cdot \tan \delta_1 \cdot \sigma'_{v;1} + h_2 \cdot K_{o;2} \cdot \tan \delta_2 \cdot (\sigma'_{v;1} + \sigma'_{v;2}) / 2 \right) \cdot O_s$$

$$= 20 \text{ kN.}$$

waarin:

		in dit geval:
h_1	= dikte van de ophooglaag of de droge zone van de bodem	1,2 m
h_2	= dikte van de samendrukbare lagen	2,0 m
$K_{o;1} \cdot \tan \delta_1$	= product van de representatieve waarde van de neutrale gronddruk factor met de tangens van de wrijvingshoek tussen paal en grond voor de ophooglaag	0,25 -
$K_{o;2} \cdot \tan \delta_2$	= idem voor de samendrukbare lagen	0,25 -
$\sigma'_{v;1}$	= representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onder de ophooglaag	21,6 kN/m ²
$\sigma'_{v;2}$	= idem onder de samendrukbare lagen	36,6 kN/m ²
O_s	= omtrek van de paalschacht	1,19 m

De *rekenwaarde* van de maximale negatieve kleeftbelasting van een alleenstaande paal bedraagt:

$$F_{nk;d} = F_{s;nk;rep} \cdot \gamma_{f;nk}$$

waarin:

		in dit geval:
$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft (hoofdstuk 7.3.2.2 (7b) uit NEN 9997-1)	1,0 -



VOORBEELDBEREKENING VAN HET DRAAGVERMOGEN CONFORM NEN 9997-1

Voor de berekening van het draagvermogen is in dit voorbeeld, voor de berekening van de maximale draagkracht, sondering 20 aangehouden en Groep C.

Paaltype	: Fundexpaal of gelijkwaardig		
Paalgegevens	: paalpuntniveau	- NAP -10,0 m	paalomtrek (O_p) - 1,19 m
	: schachtafmeting	- Ø 380 mm	voetoppervlak (A_{punt}) - 0,1590 m ²
	: schroefpunt	- Ø 450 mm	

Het draagvermogen is opgebouwd uit puntdraagvermogen en positieve schachtwrijving in de zandige lagen verminderd met de negatieve kleef. Het draagvermogen is opgebouwd uit puntdraagvermogen en positieve schachtwrijving in de zandige lagen. De maximale draagkracht van de paal bij sondering i ($R_{C;cal;i}$ in kN) is bepaald volgens:

$$R_{C;cal;i} = R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i}$$

waarbij:

$$R_{b;cal;max;i} = \text{maximale draagkracht van de paalpunt bij sondering i (kN)}$$

$$R_{s;cal;max;i} = \text{maximale schachtwrijvingskracht bij sondering i (kN)}$$

De berekening van beide componenten wordt onderstaand nader uitgewerkt, de index i (sondering i) wordt hierbij verder niet vermeld.

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale draagkracht van de paalpunt ($R_{b;cal}$ in kN) wordt bepaald met:

$$R_{b;cal;max} = A_{punt} * q_{b;max}$$

waarin:

$$A_{punt} = \text{oppervlakte van de paalpunt (m}^2\text{)}$$

$$q_{b;max} = \text{maximale puntweerstand (NEN 9997-1) (kN/m}^2\text{)}$$

waarbij:

$$q_{b;max} = \frac{1}{2} * \alpha_p * \beta * s * [\frac{1}{2} * (q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}) + q_{c;III;gem}]$$

waarin rekening houdend met het paaltype:

$$\alpha_p = 0,63 \text{ (paalfactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)}$$

$$\beta = 1,0 \text{ (paalvoetvormfactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)}$$

$$s = 1,0 \text{ (vormfactor van de doorsnede paalvoet, volgens tabel 7.c NEN 9997-1)}$$

en de uit de sondering bepaalde waarden:

$$q_{c;I;gem} = \text{gemiddelde conusweerstand over een traject van 0,7 à 4d onder de punt.}$$

In dit geval 13,81 MN/m².

$$q_{c;II;gem} = \text{minimale conusweerstand binnen het traject van 0,7 à 4d onder de punt.}$$

In dit geval 5,69 MN/m².

$$q_{c;III;gem} = \text{gemiddelde minimale conusweerstand over een traject van 8d boven de punt.}$$

In dit geval 5,34 MN/m².

zodat:

$$q_{b;max} = 4,754 \text{ MN/m}^2 \text{ en}$$

$$R_{b;cal;max} = 756 \text{ kN}$$



Maximale positieve schachtwrijving

De maximale positieve paalschachtwrijving ($R_{s;cal}$ in kN) wordt bepaald met:

$$R_{s;cal;max} = O_p * l * \alpha_s * q_{c;gem}$$

waarin:

$$\begin{aligned} O_s &= \text{omtrek van de paalschacht, voor het beschouwde paaltype 1,19 m} \\ l &= \text{lengte waarover schachtwrijving in rekening wordt gebracht, in dit geval 8,5 m} \\ \alpha_s &= 0,009 \text{ (paalklassefactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)} \\ q_{c;gem} &= \text{de gemiddelde conusweerstand in de tot de schachtwrijving bijdragende} \\ &\quad \text{zandlagen, in dit geval 9,01 MN/m}^2. \end{aligned}$$

zodat:

$$R_{s;cal;max} = 1,19 \text{ m} * 8,5 \text{ m} * 0,009 * 9,01 * 10^3 \text{ kN/m}^2 = 828 \text{ kN}$$

Maximale draagkracht van de paal

Het maximale draagvermogen ($R_{c;cal}$) is berekend met:

$$\begin{aligned} R_{c;cal} &= R_{b;cal;max} + R_{s;cal;max} \\ \text{dus:} \\ R_{c;cal} &= 756 \text{ kN} + 828 \text{ kN} = 1584 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Bepaling karakteristieke waarde, uitgaande van gegroepeerd draagvermogen

Uitgaande van palen onder een niet-stijf bouwwerk of een gedeelte daarvan, wordt de karakteristieke waarde van het paal draagvermogen als volgt bepaald:

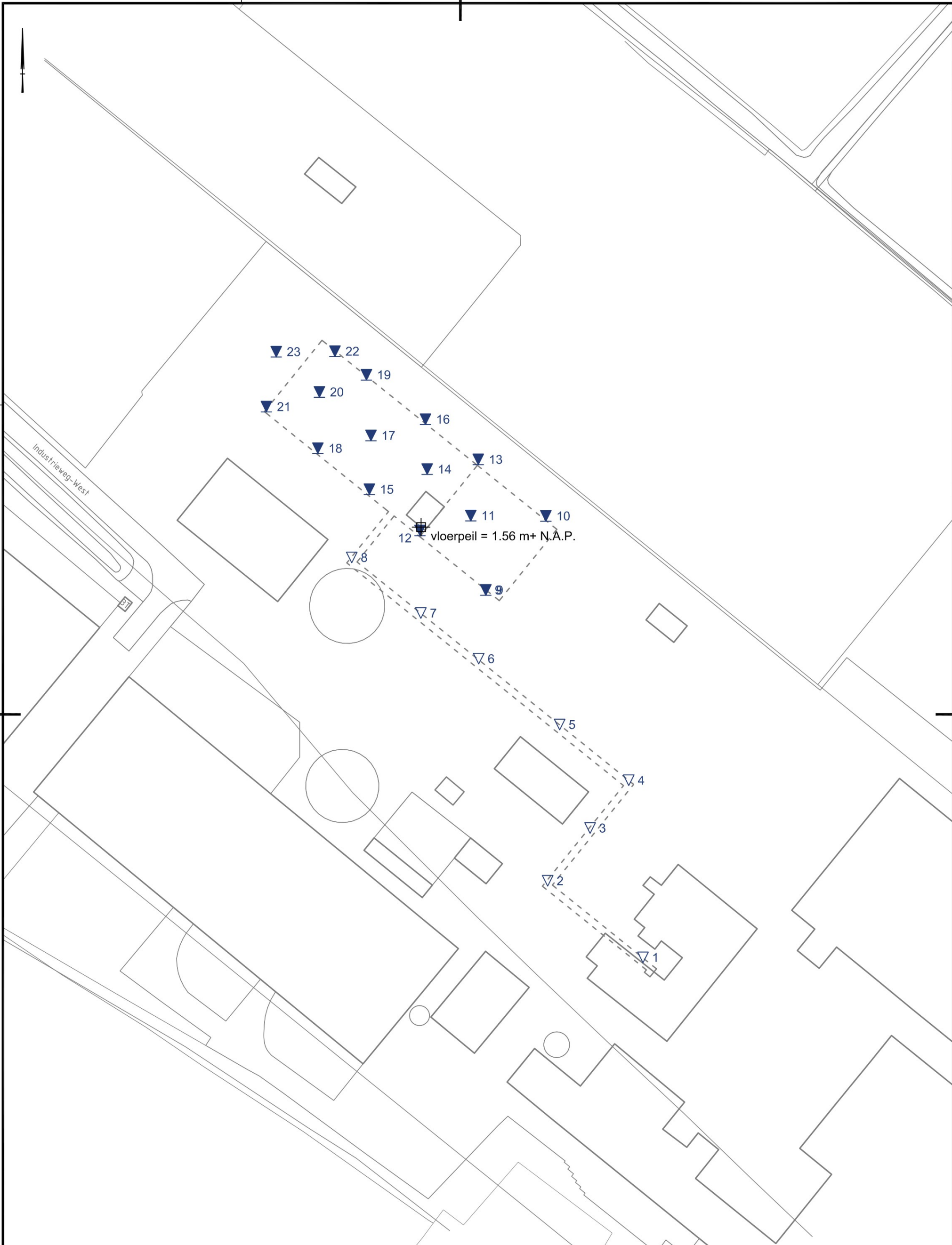
$$\begin{aligned} R_{c;k} &= \min. \{ (R_{c;cal;gem} / \xi_3); (R_{c;cal;min} / \xi_4) \} \\ \xi_3 &= 1,27 \text{ (n = 7)} \\ \xi_4 &= 1,01 \text{ (n = 7)} \\ R_{c;k} &= \min. \{ (1584 / 1,27); (1584 / 1,01) \} \\ R_{c;k} &= 1568 \text{ kN (variatiecoëfficiënt < 12\%)} \end{aligned}$$

De rekenwaarde van de maximale draagkracht ($R_{c;d}$) wordt bepaald met:

$$\begin{aligned} R_{c;d} &= R_{c;k} / \gamma_t \\ \text{met:} \\ \gamma_t &= 1,20 \text{ (partiële weerstandsfactor op de totale weerstand voor op druk belaste palen,} \\ &\quad \text{volgens NEN 9997-1, bijlage A, Tabel A.6 t/m Tabel A.8).} \\ \text{dus:} \\ R_{c;d} &= 1568 / 1,20 = 1307 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Bepaling rekenwaarde toelaatbare belasting $F_{c;d}$

$$\begin{aligned} F_{c;d} &\leq R_{c;d} - F_{nk;d} \\ \text{met:} \\ F_{nk;d} &= \text{rekenwaarde maatgevende negatieve kleef, in dit geval: 20 kN} \\ \text{dus:} \\ F_{c;d} &\leq 1307 - 20 = 1287 \text{ kN (in de tabel afgerond op 1290 kN, variatiecoëfficiënt} \\ &\quad \text{voldoet < 12\%).} \end{aligned}$$



LEGENDA

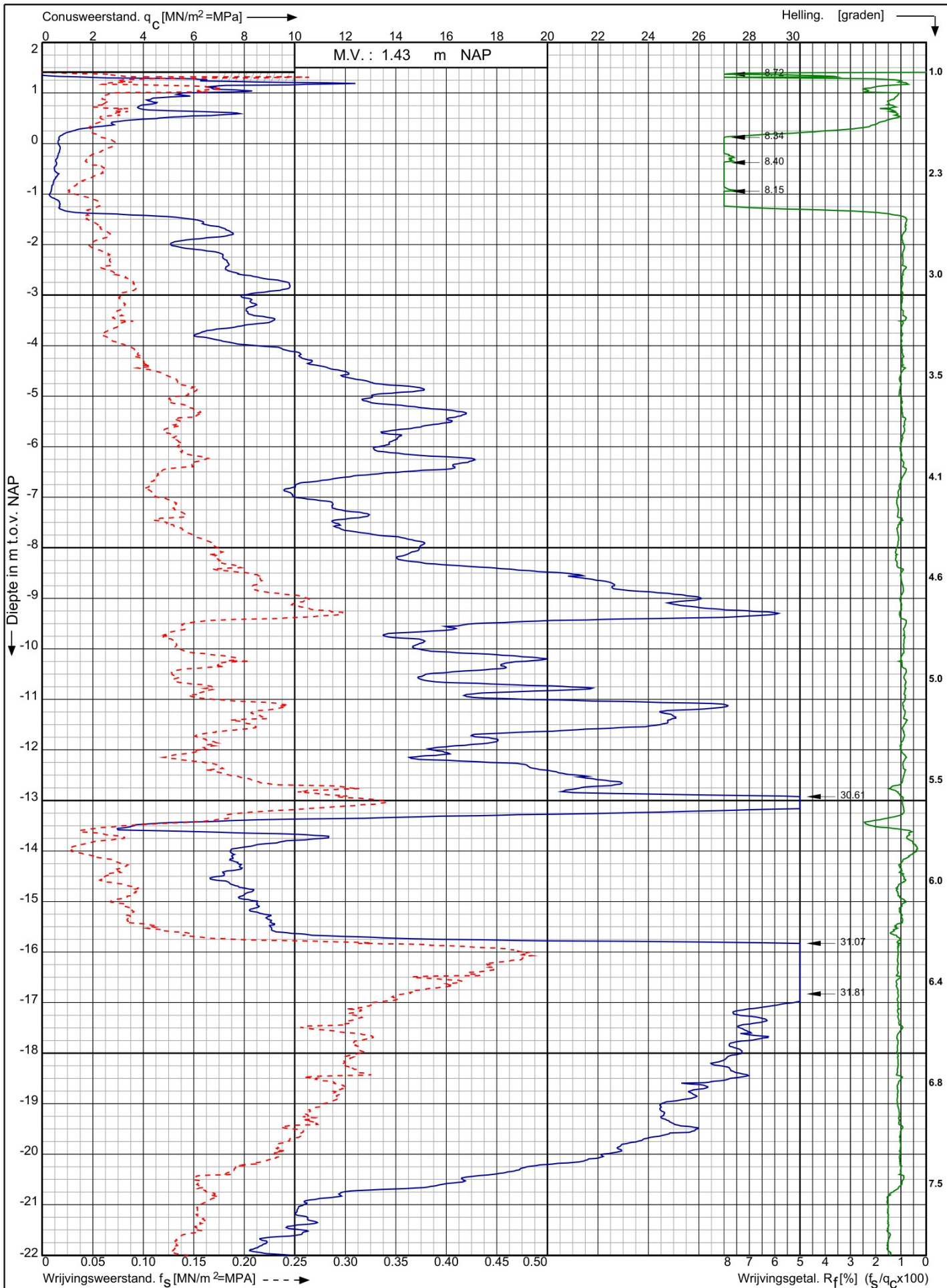
- DKM Diepsondering met plaatselijke wrijving
- Niet uitgevoerde sondering
- Hoogtemeting

Getekend door TP	Schaal 1 : 1000	Formaat A3	Blad 1	Aantal 1	Wijziging 08.03.23 MBK
Projectnr. 23-6022	Documenttype TEKENING	Datum uitgifte 03.03.23	-		
Project					0 10 20 30 40m
Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te Oude Pekela					

Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261996.16 Y = 568706.34

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

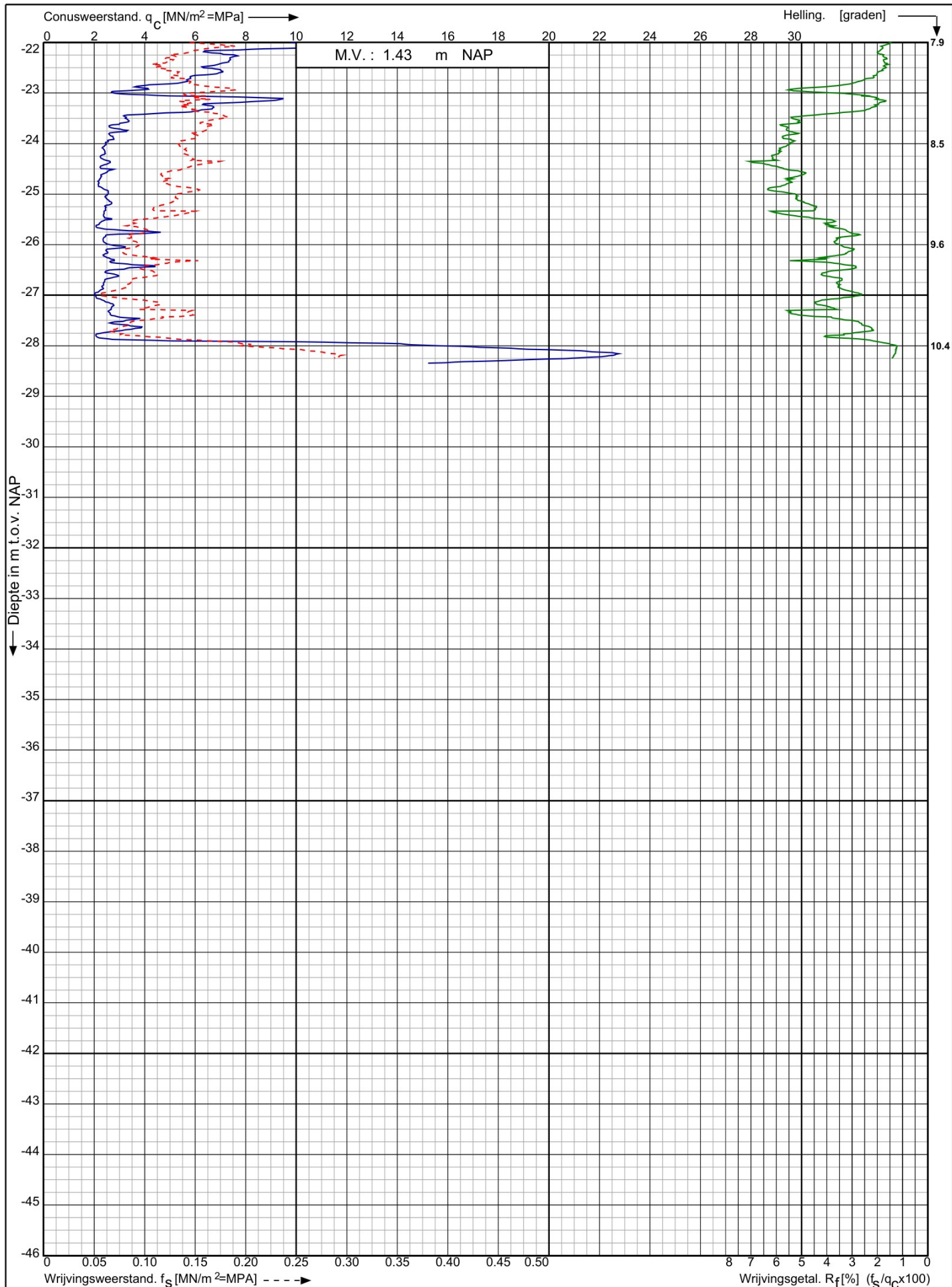
Sond. nr. : 11



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261996.16 Y = 568706.34

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

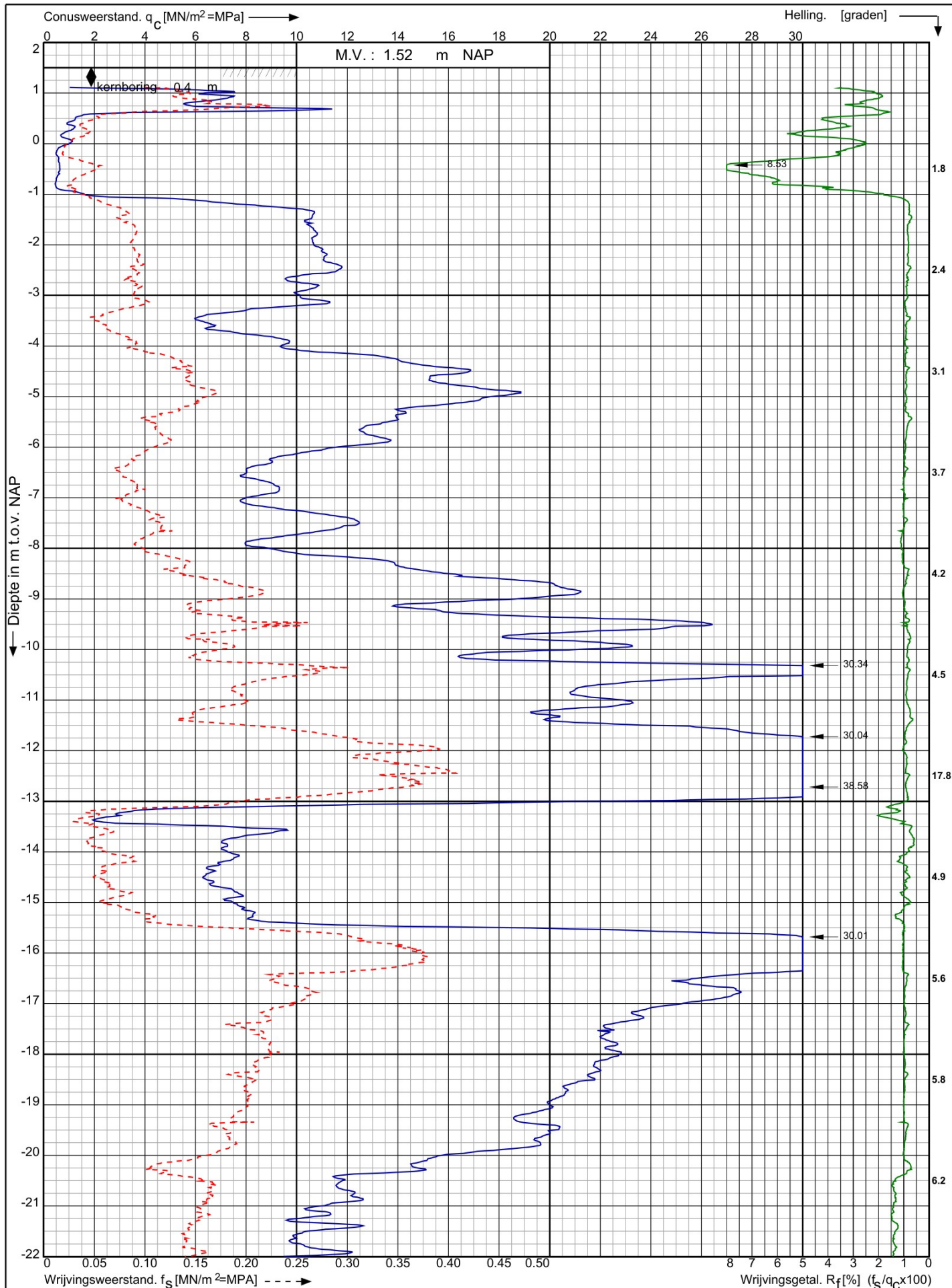
Sond. nr. : 11



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261981.89 Y = 568702.16

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

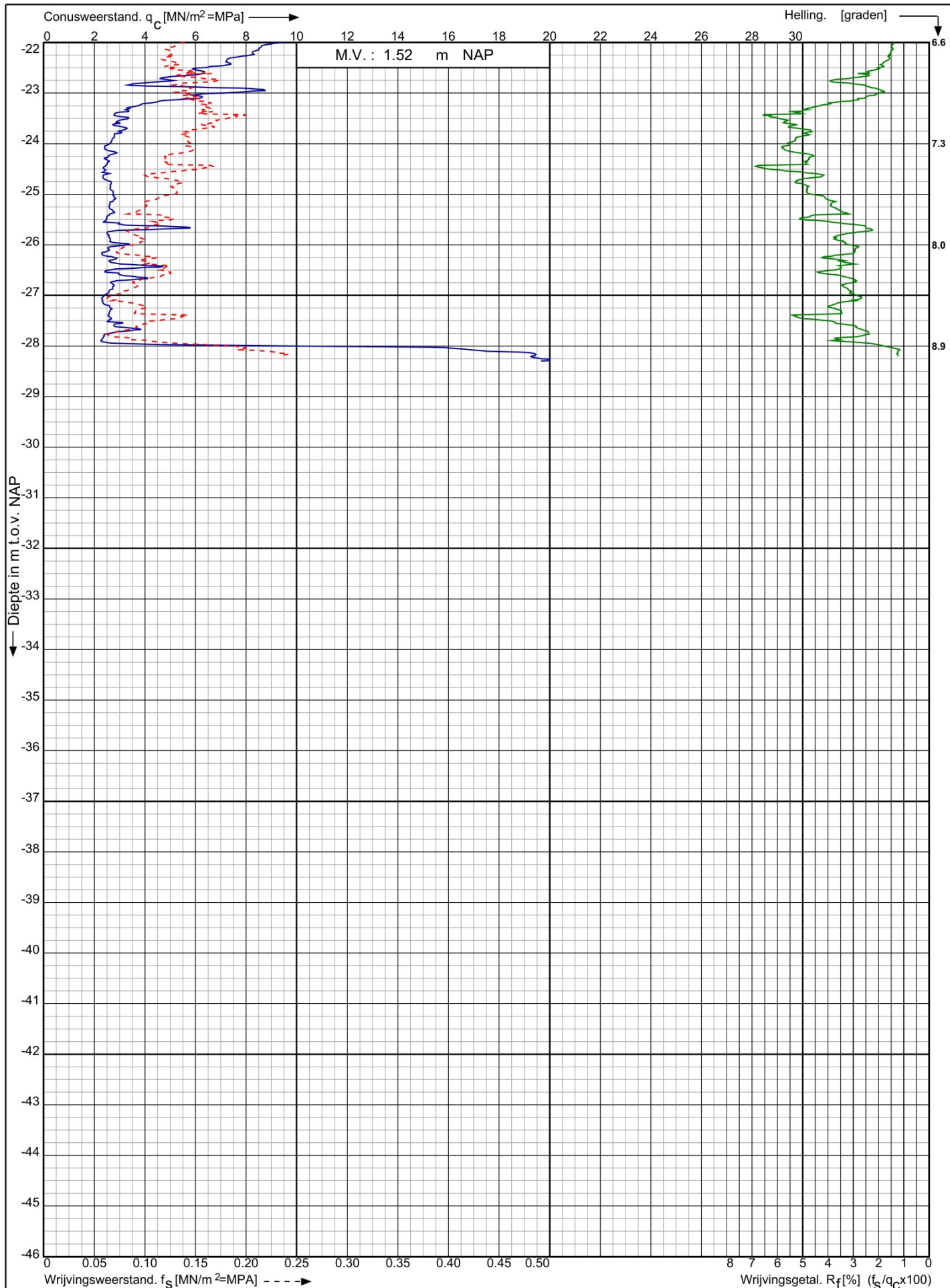
Sond. nr. : 12



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261981.89 Y = 568702.16

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

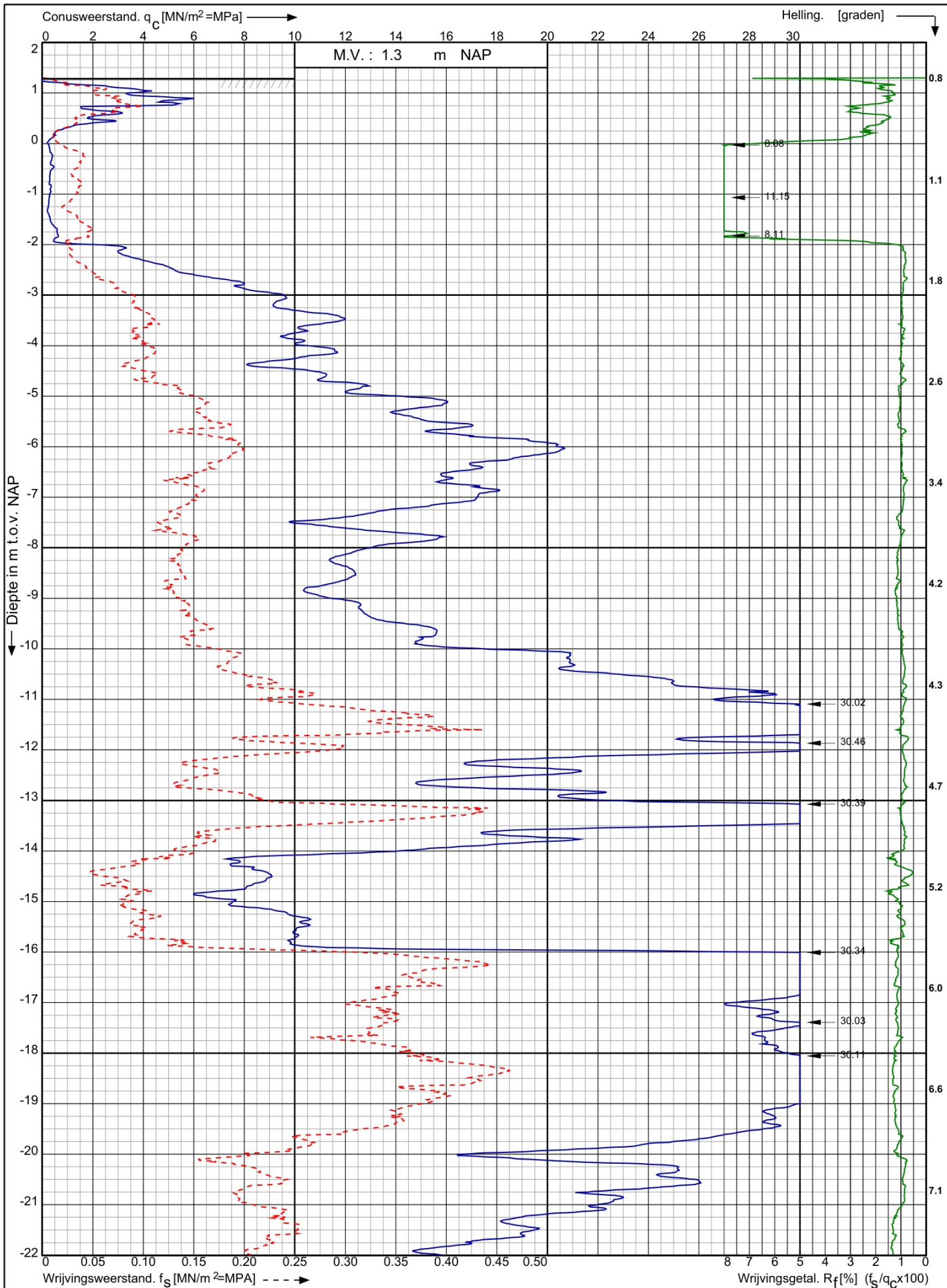
Sond. nr. : 12



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261998.26 Y = 568722.15

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

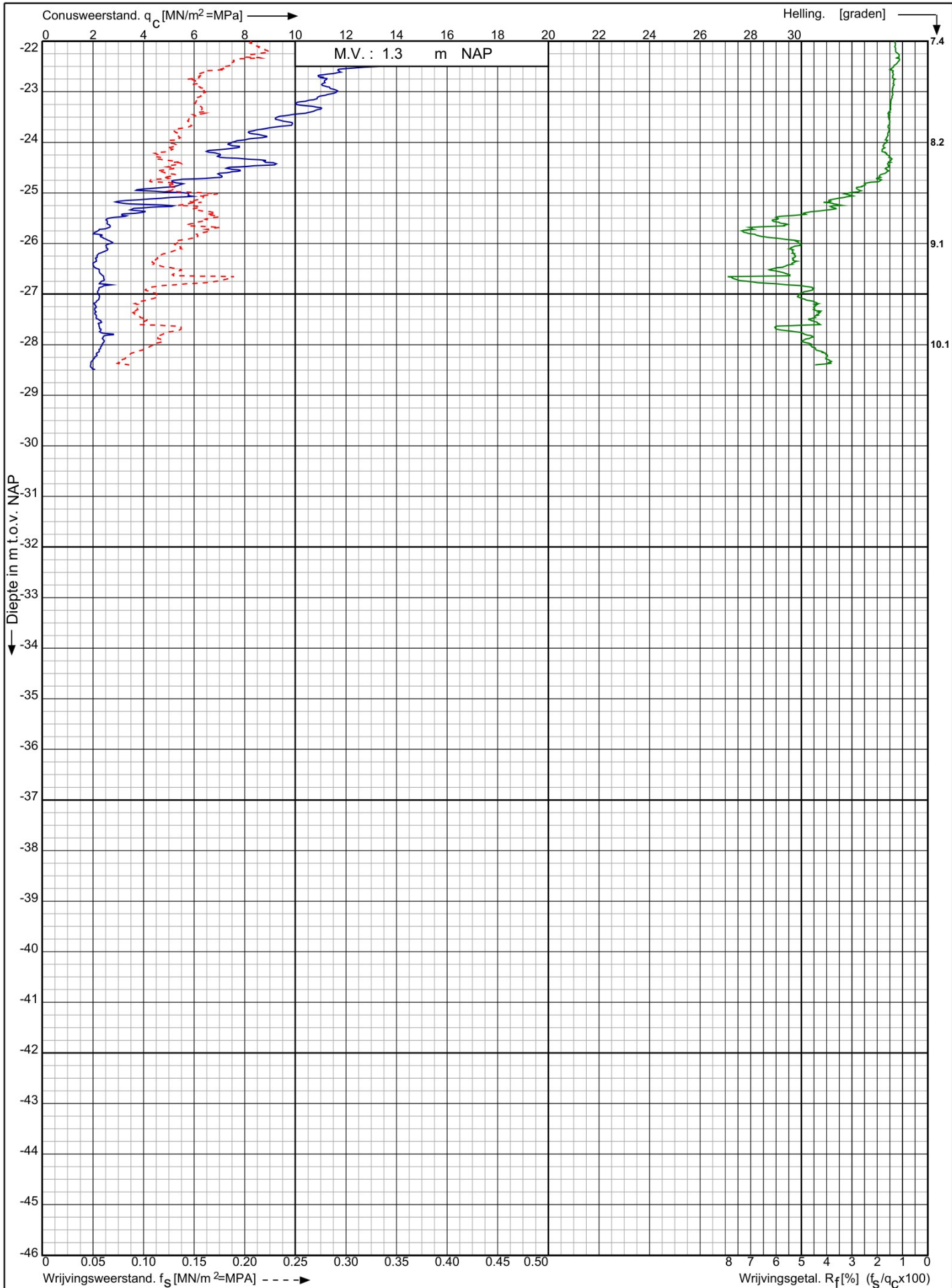
Sond. nr. : 13



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261998.26 Y = 568722.15

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

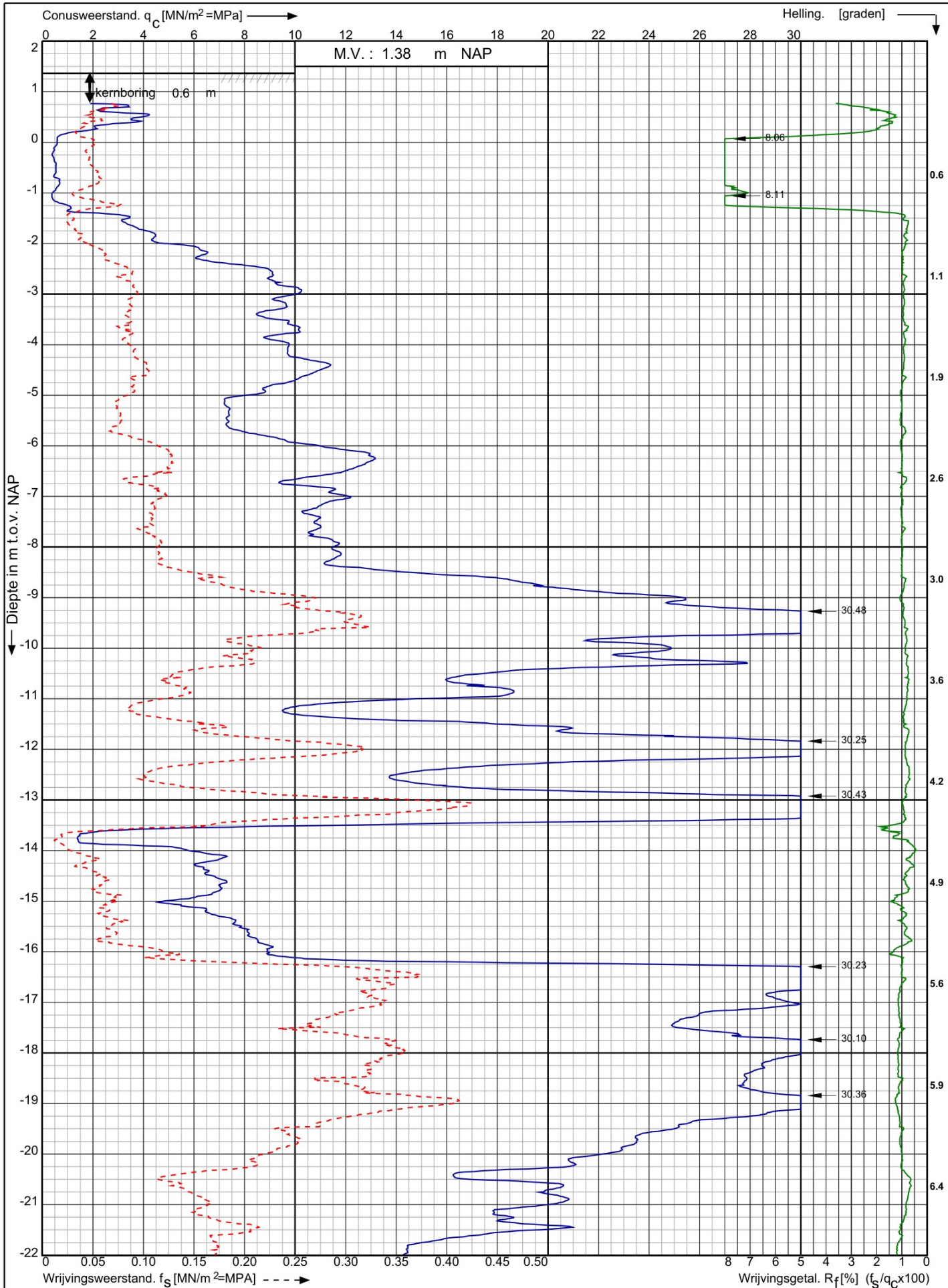
Sond. nr. : 13



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261983.90 Y = 568719.42

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

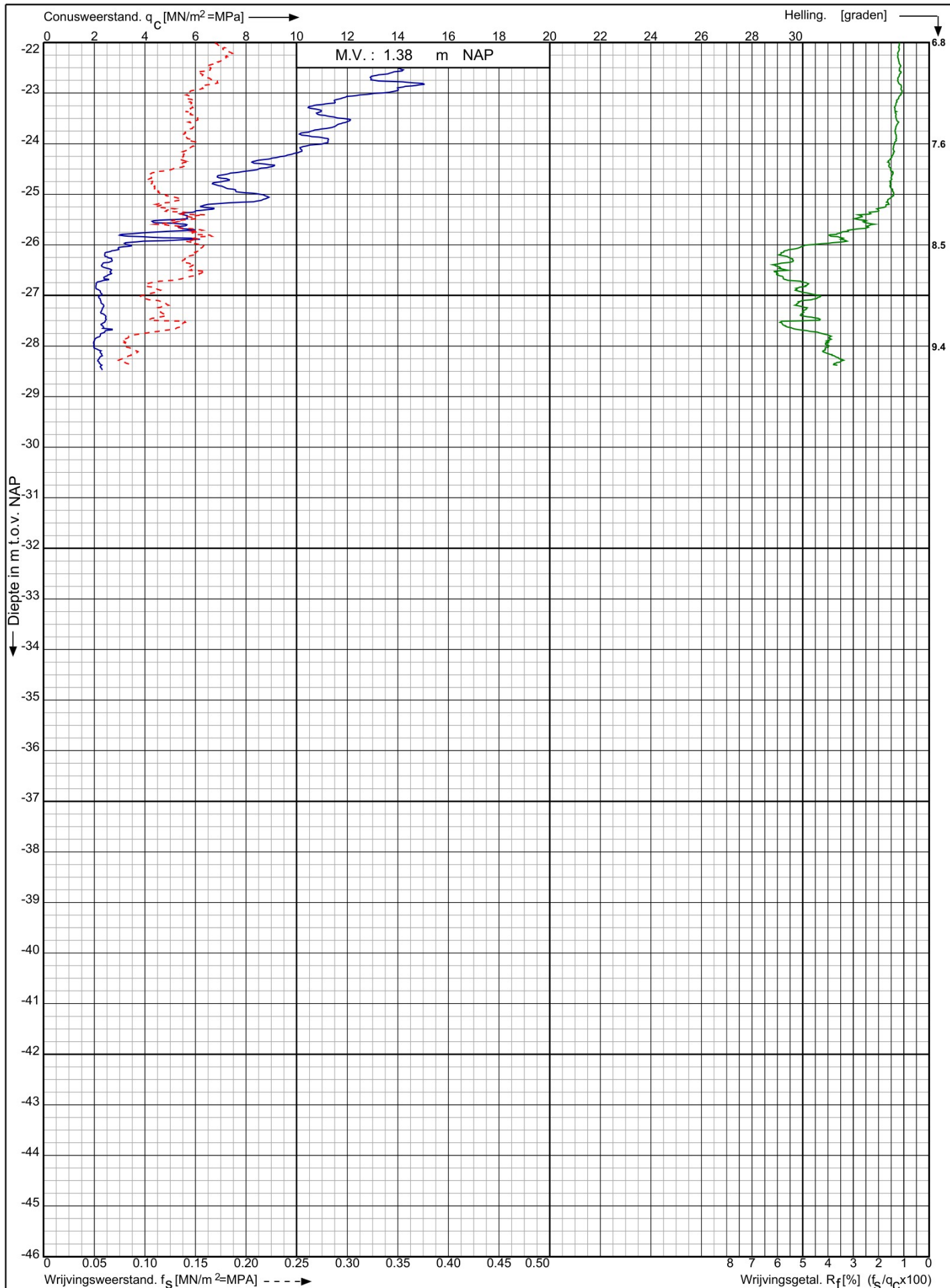
Sond. nr. : 14



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261983.90 Y = 568719.42

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

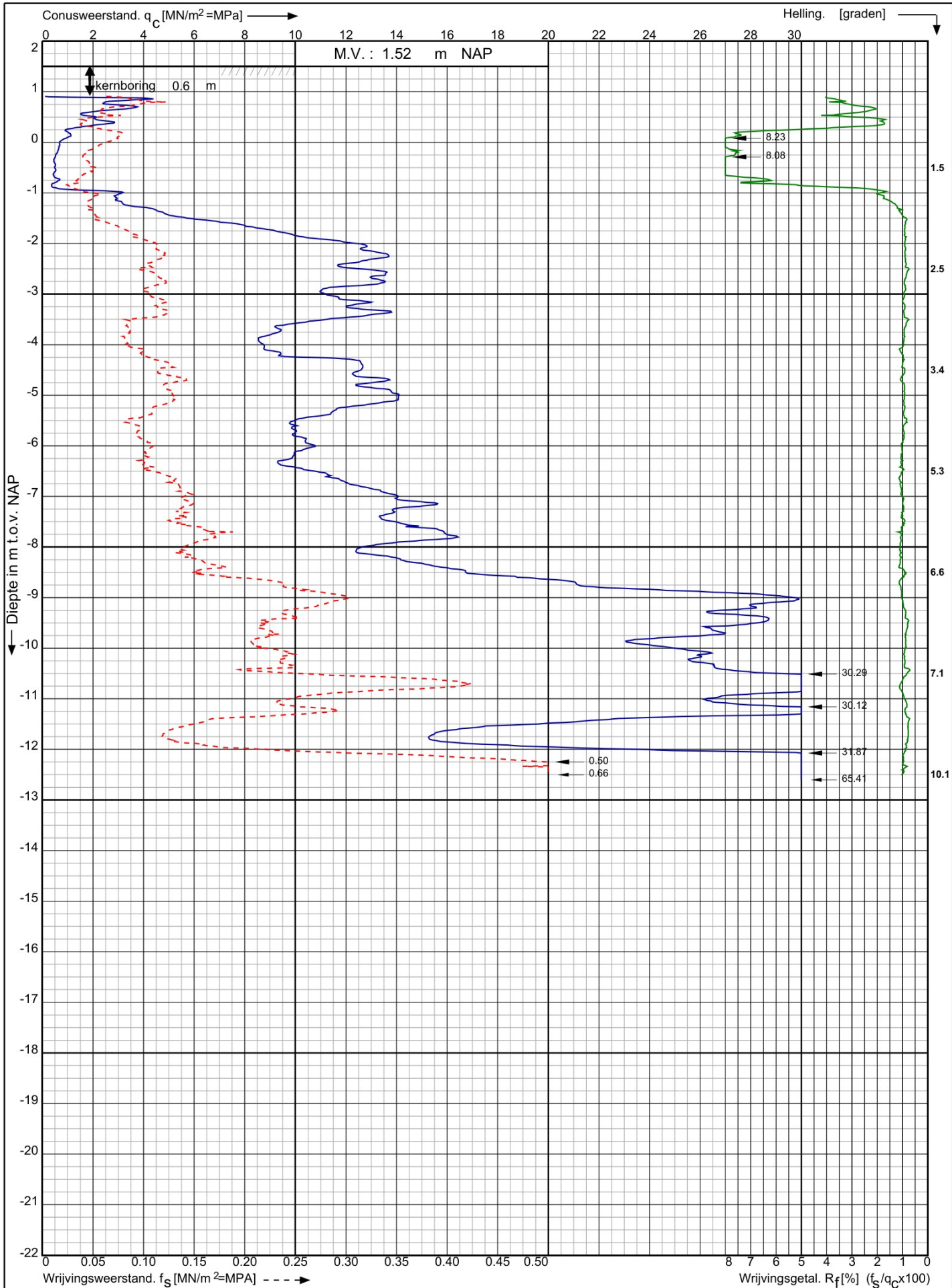
Sond. nr. : 14



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261967.67 Y = 568713.75

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

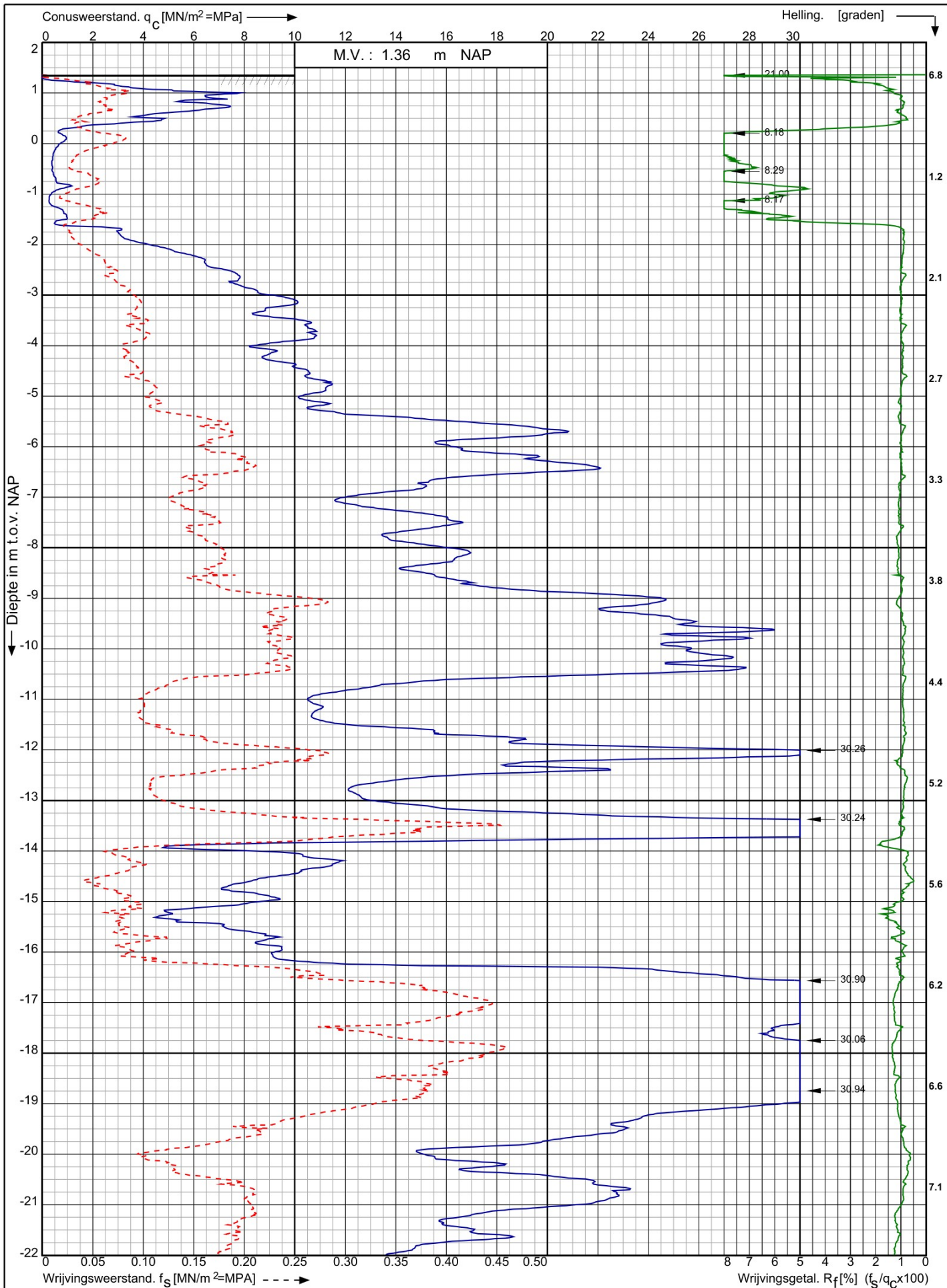
Sond. nr. : 15



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261983.43 Y = 568733.45

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

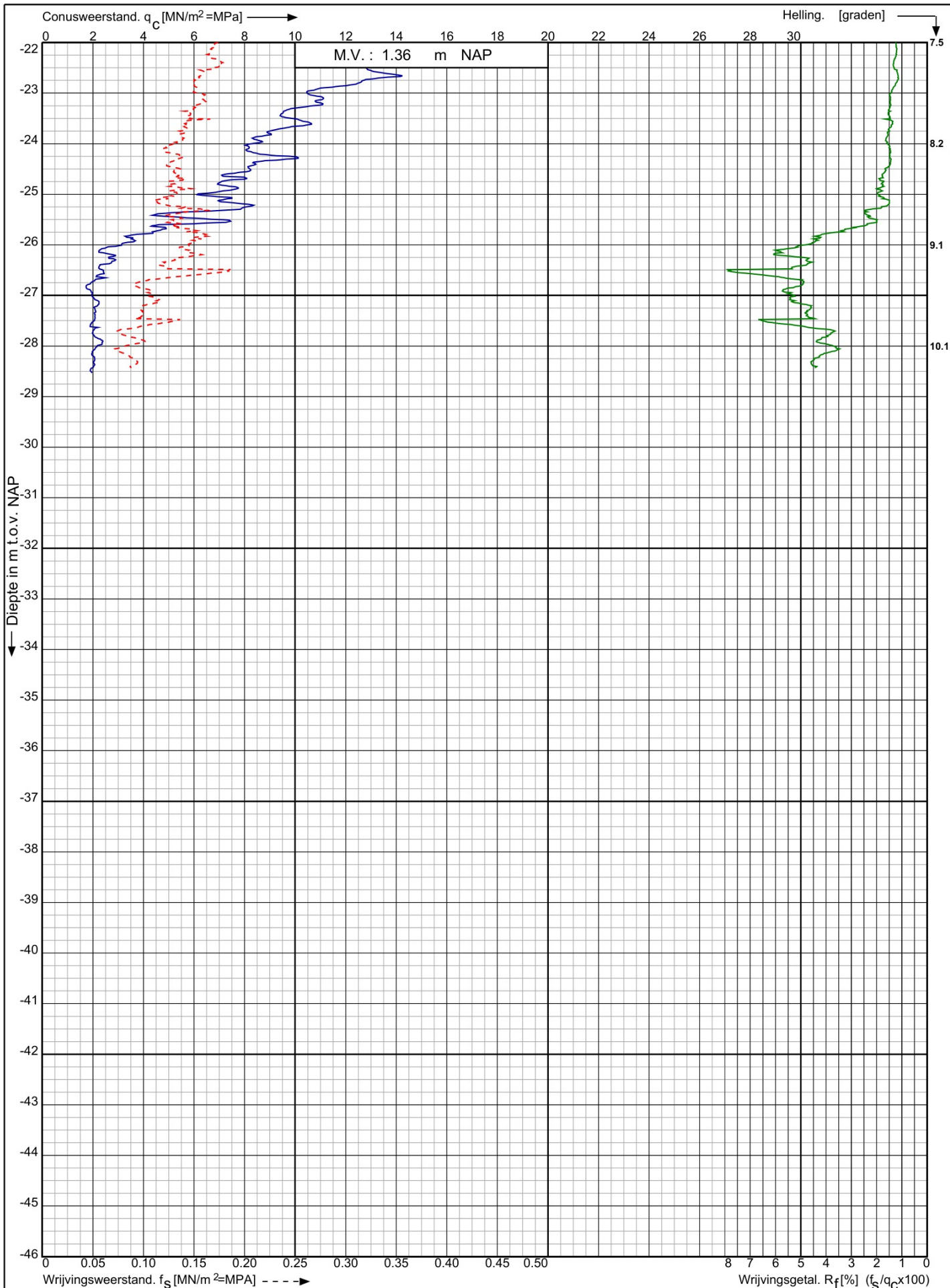
Sond. nr. : 16

Atellus
Grondmechanica

Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261983.43 Y = 568733.45

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

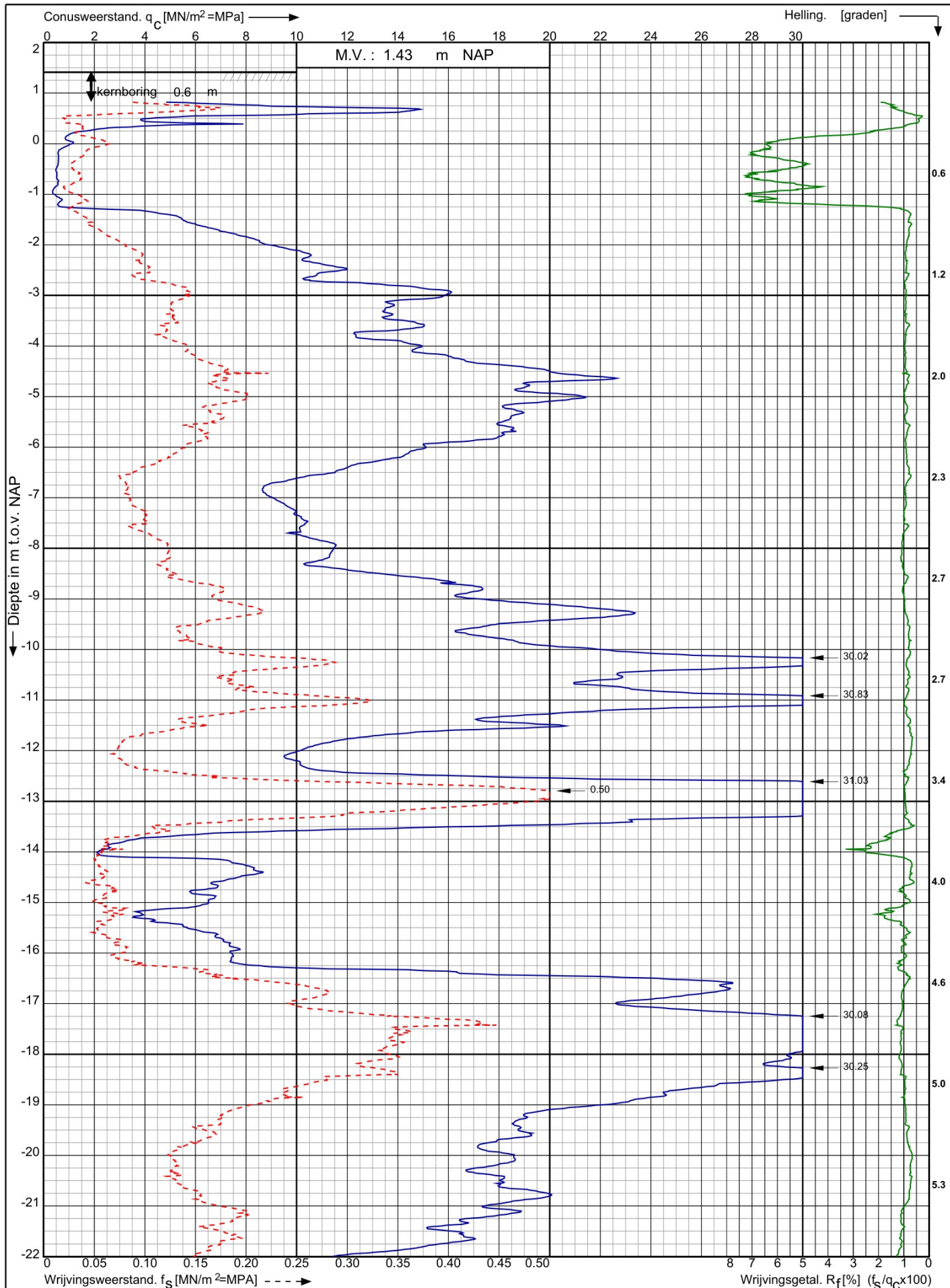
Sond. nr. : 16



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261968.12 Y = 568728.88

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

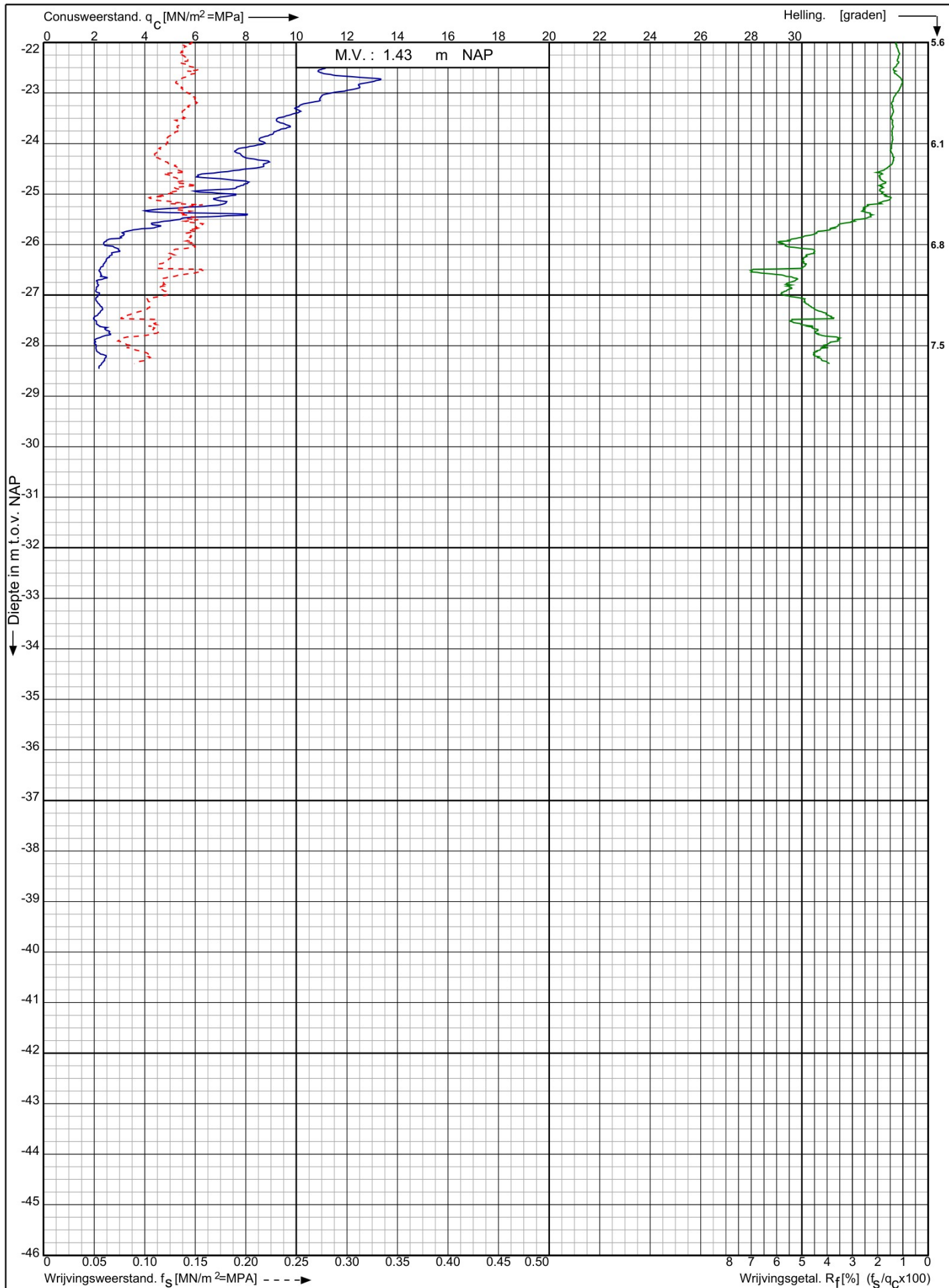
Sond. nr. : 17



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261968.12 Y = 568728.88

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

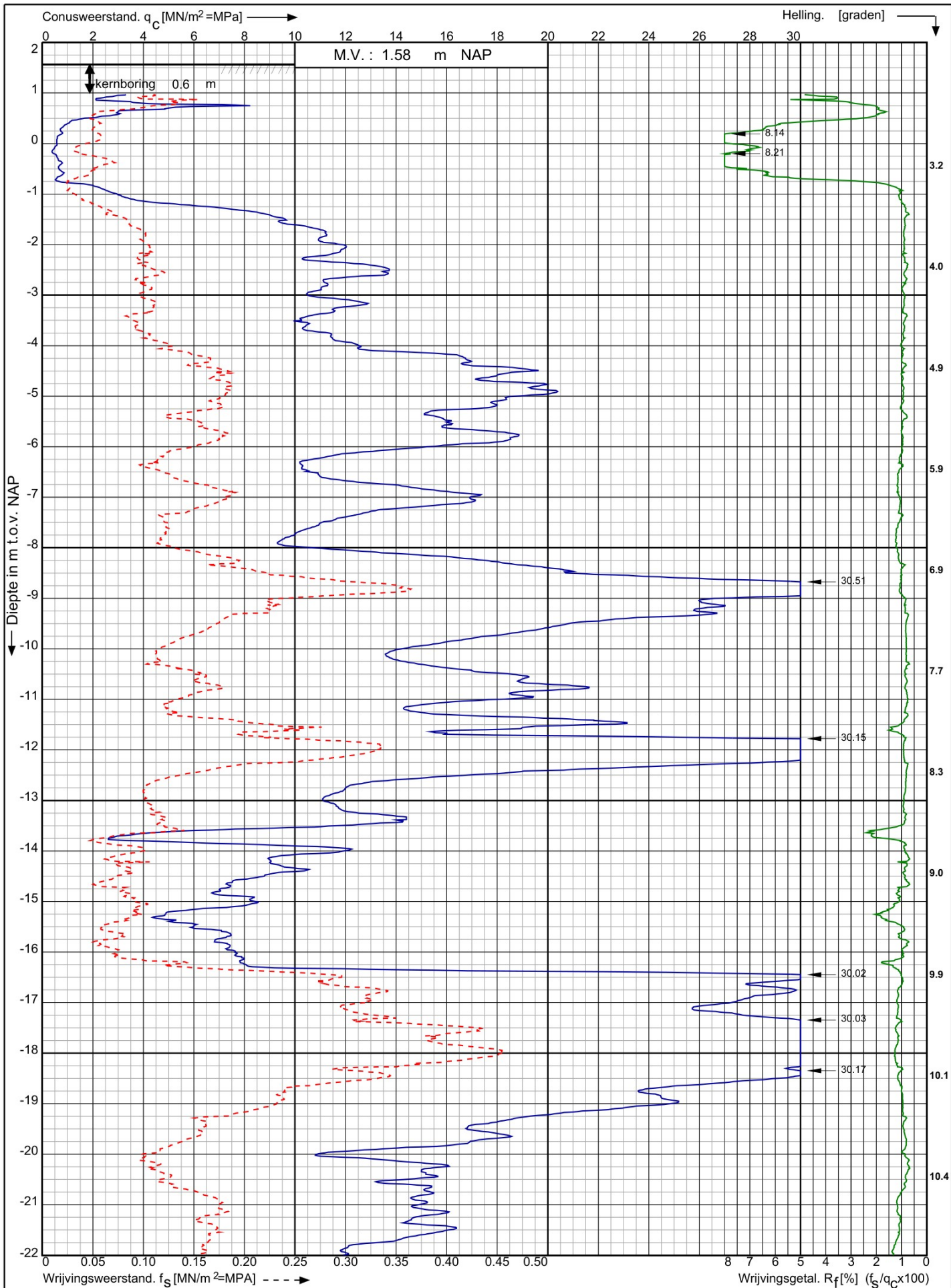
Sond. nr. : 17



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261953.21 Y = 568725.29

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

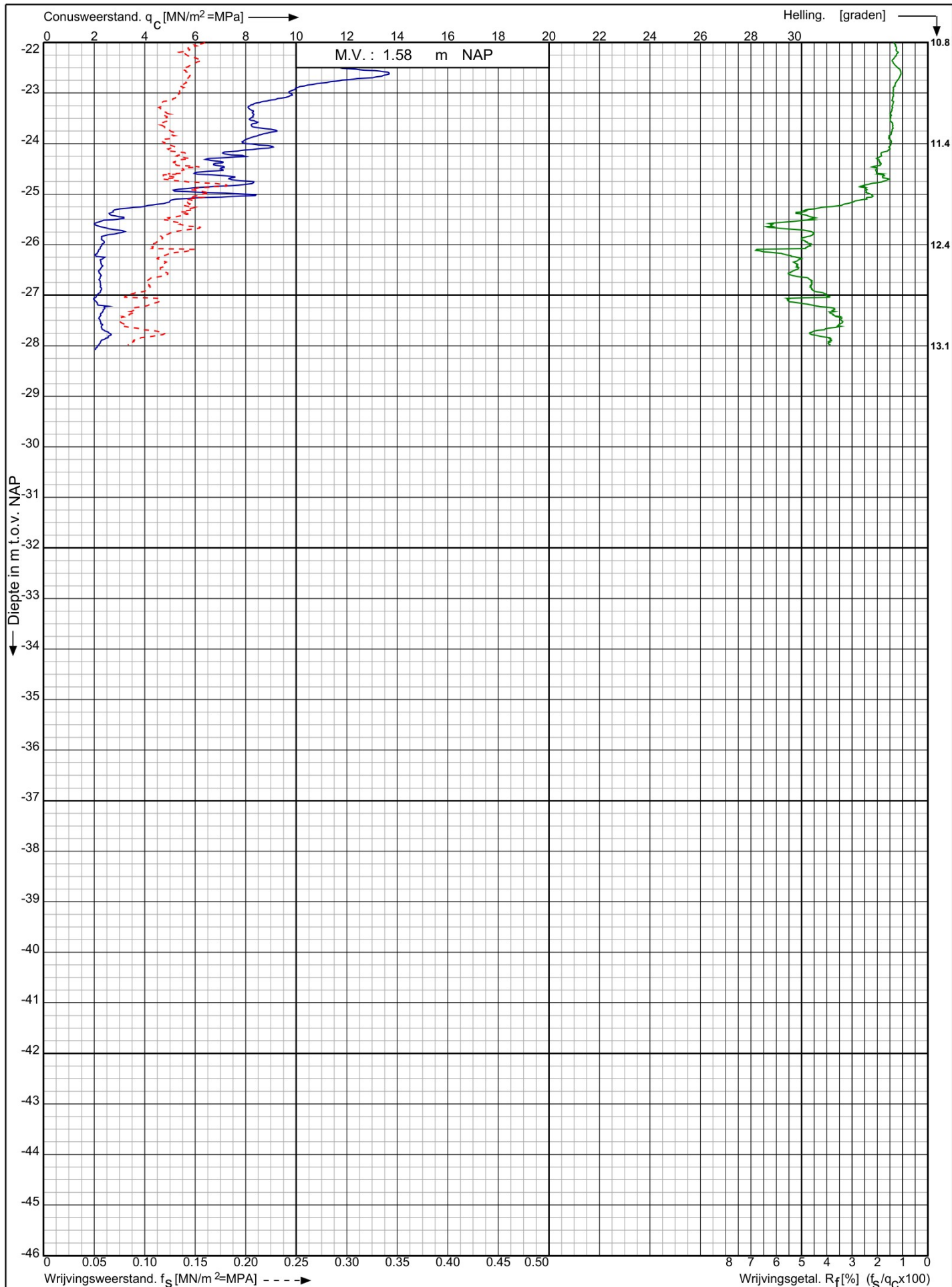
Sond. nr. : 18



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261953.21 Y = 568725.29

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

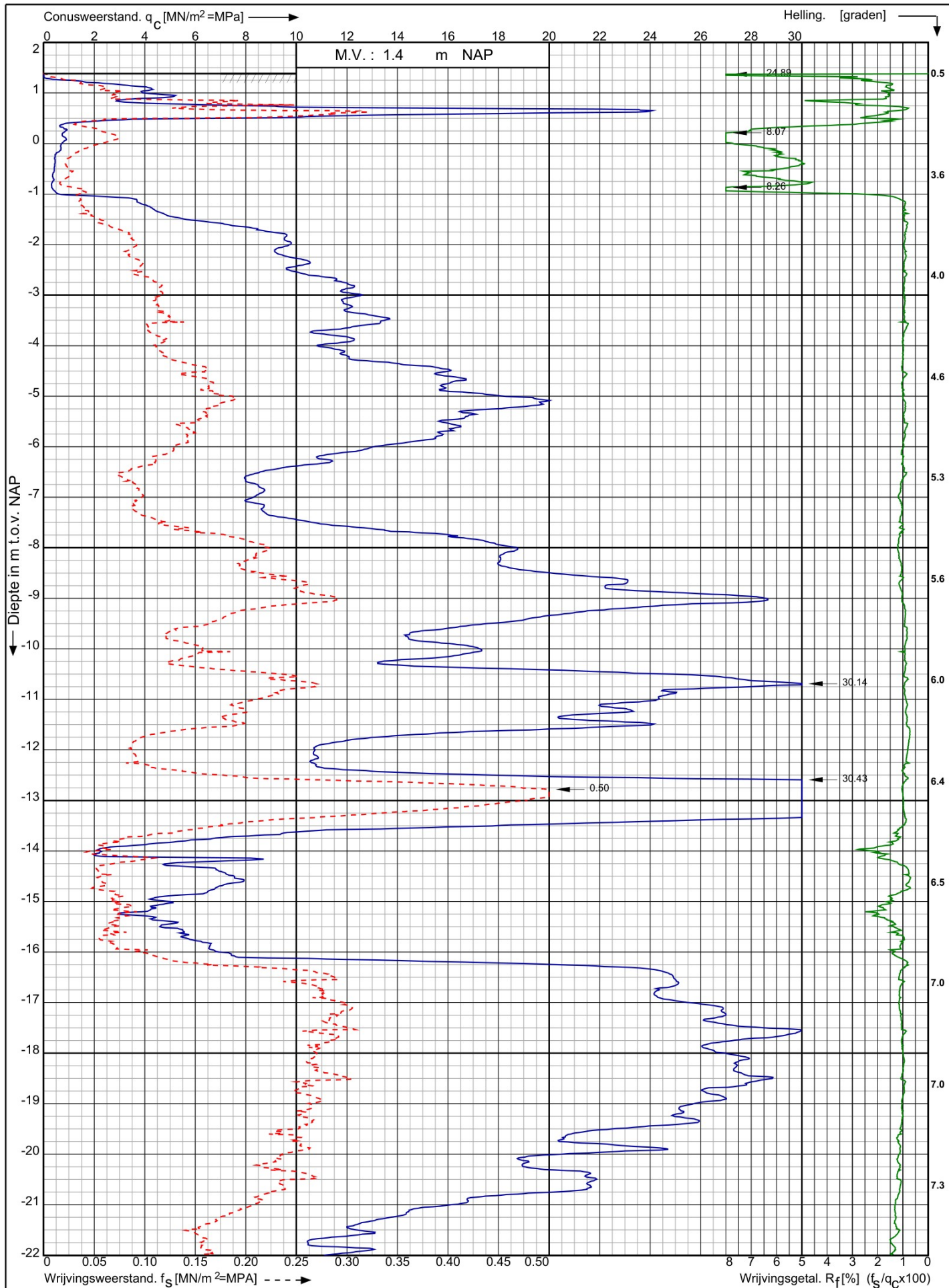
Sond. nr. : 18



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261966.84 Y = 568745.94

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

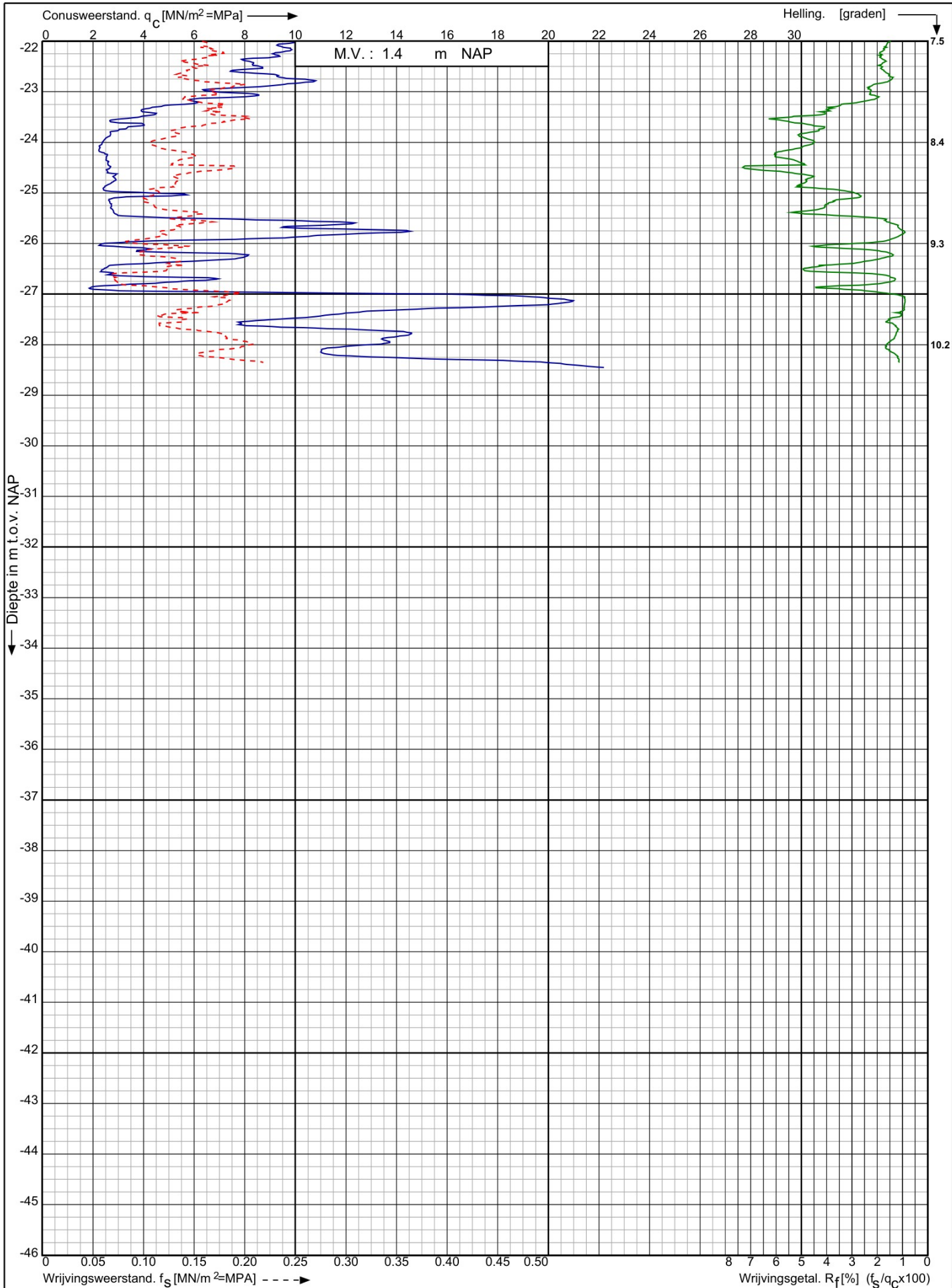
Sond. nr. : 19

Atellus
Grondmechanica

Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261966.84 Y = 568745.94

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

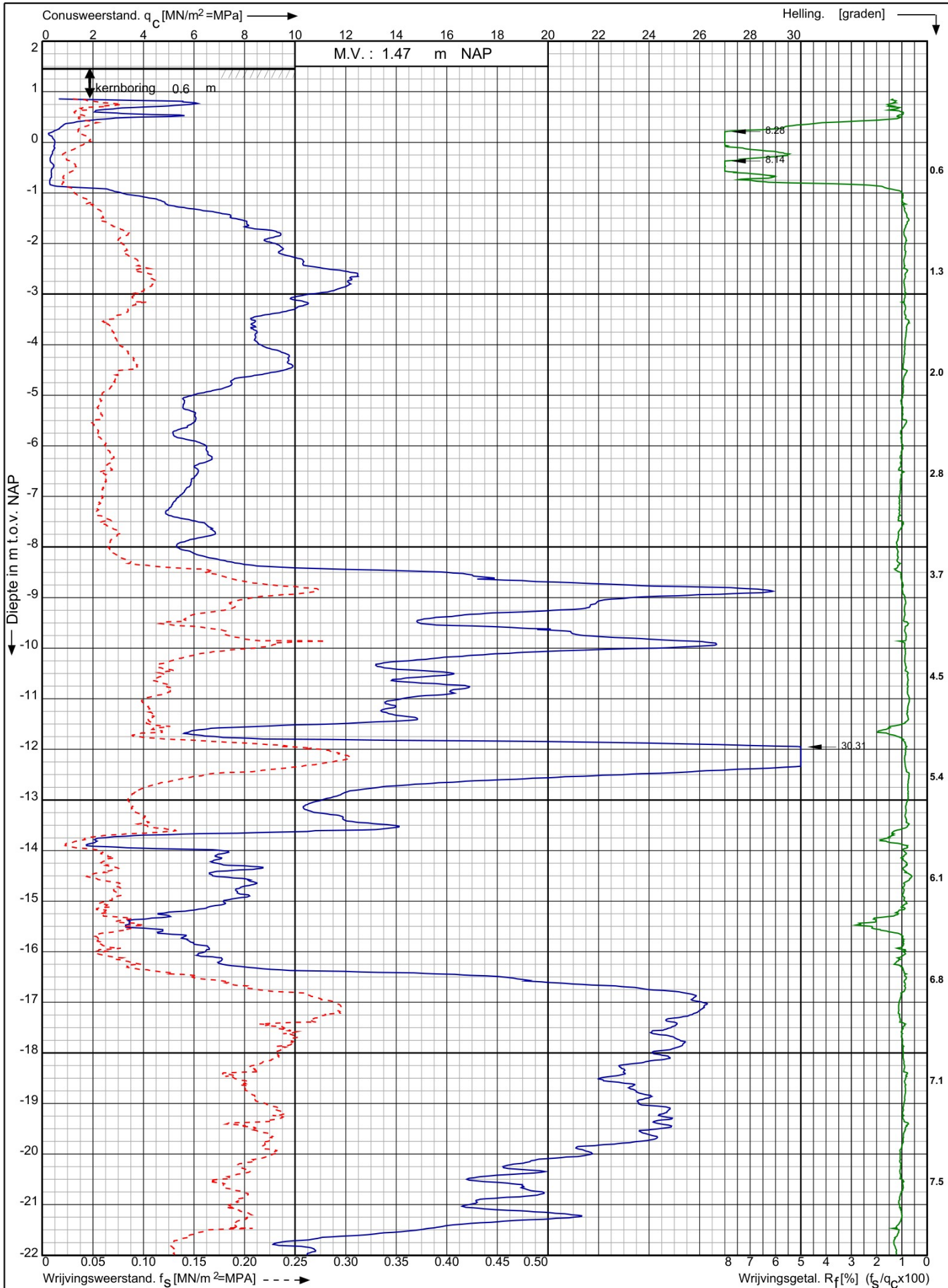
Sond. nr. : 19



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261953.65 Y = 568741.12

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

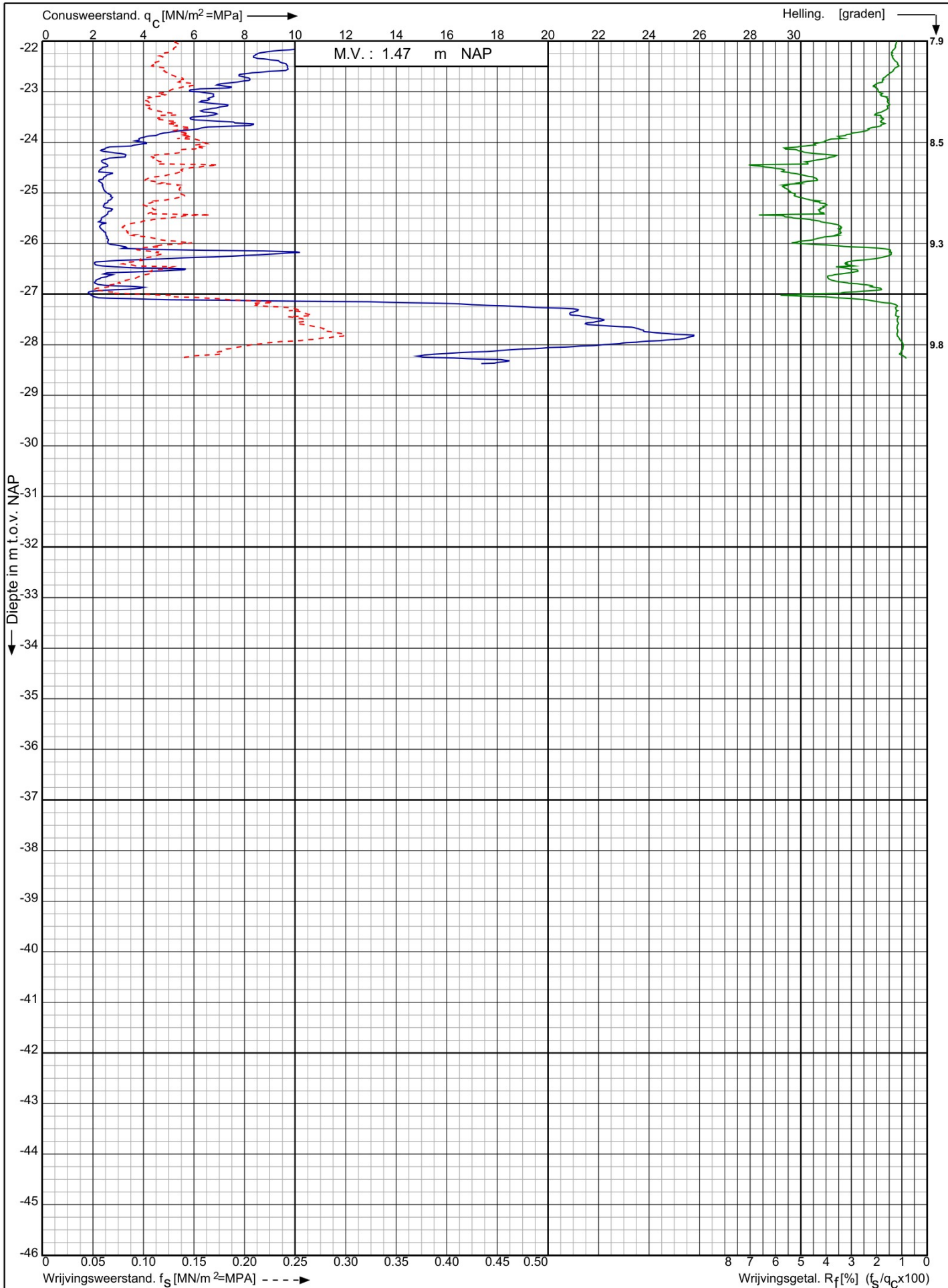
Sond. nr. : 20



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261953.65 Y = 568741.12

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

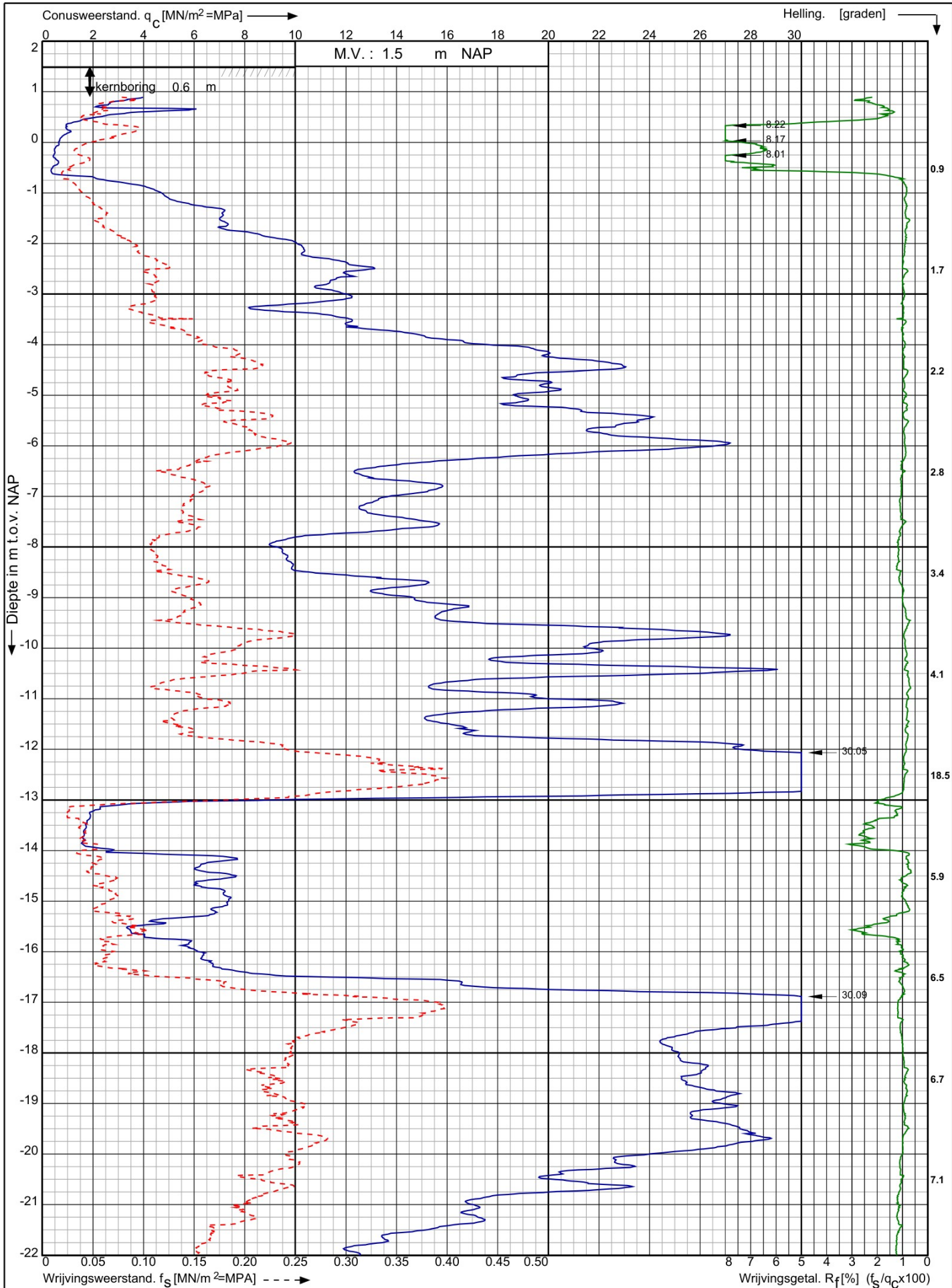
Sond. nr. : 20



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261938.75 Y = 568736.99

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

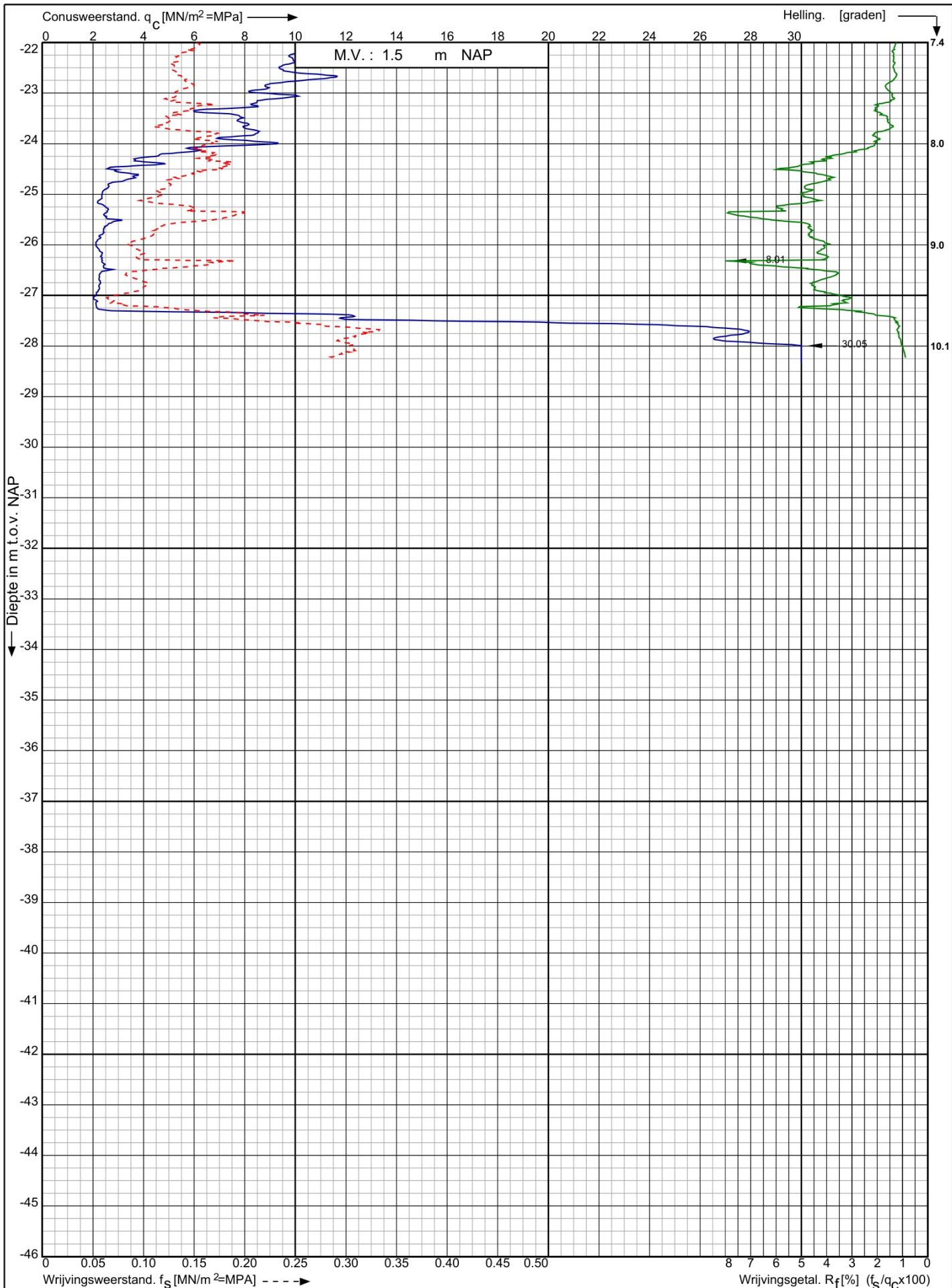
Sond. nr. : 21



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261938.75 Y = 568736.99

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

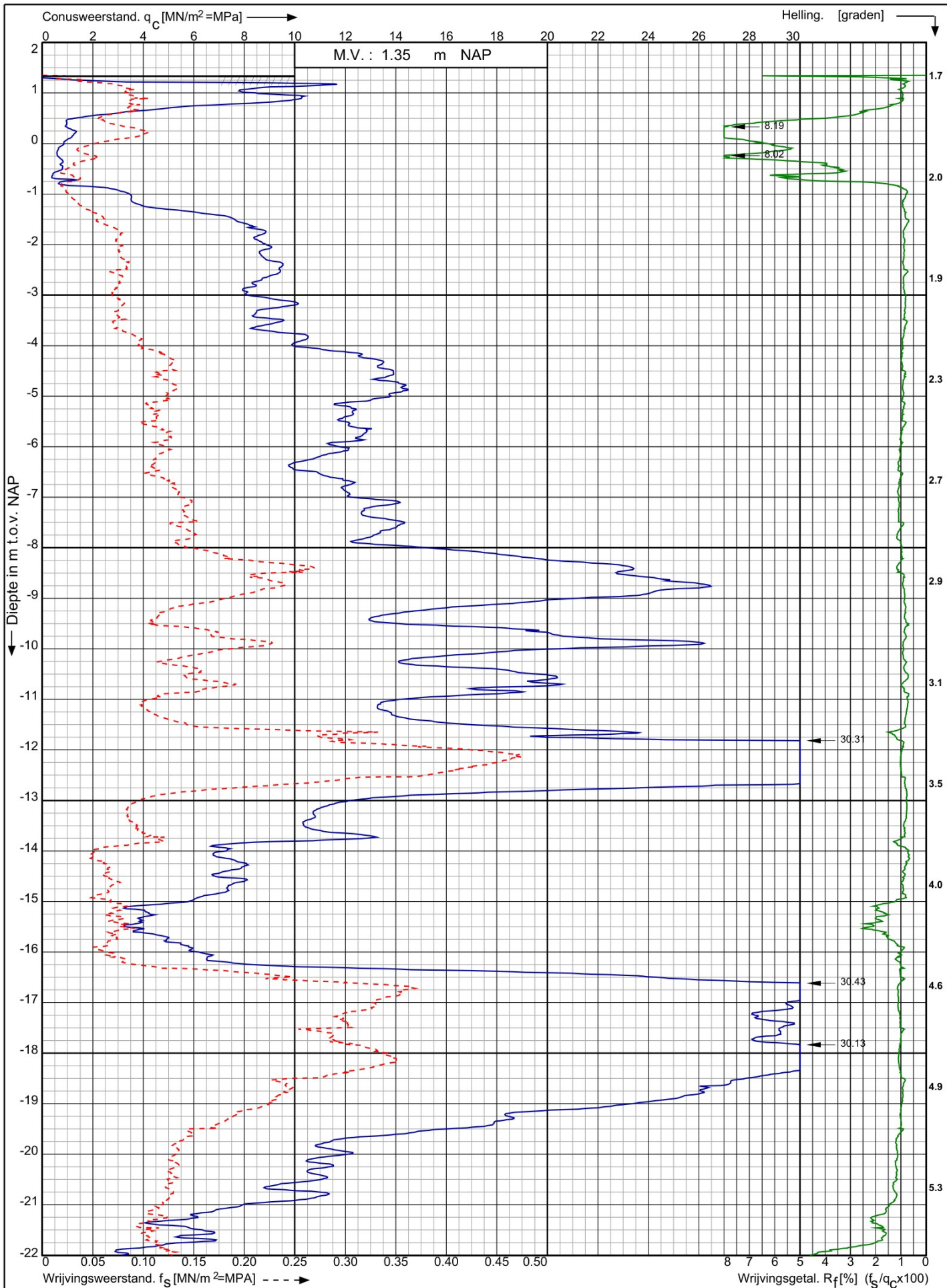
Sond. nr. : 21



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261958.00 Y = 568752.57

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

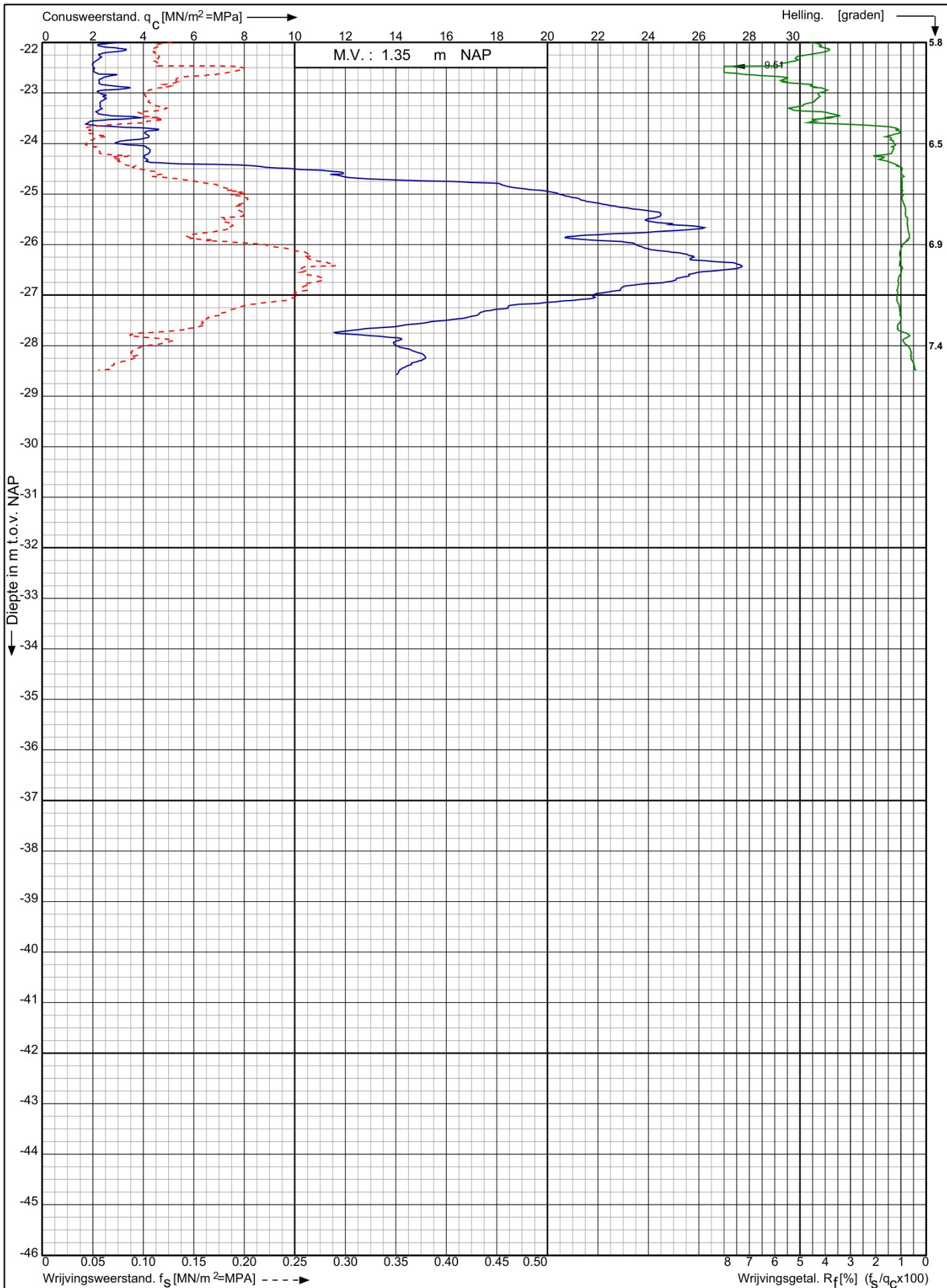
Sond. nr. : 22

Atellus
Grondmechanica

Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261958.00 Y = 568752.57

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 7-3-2023

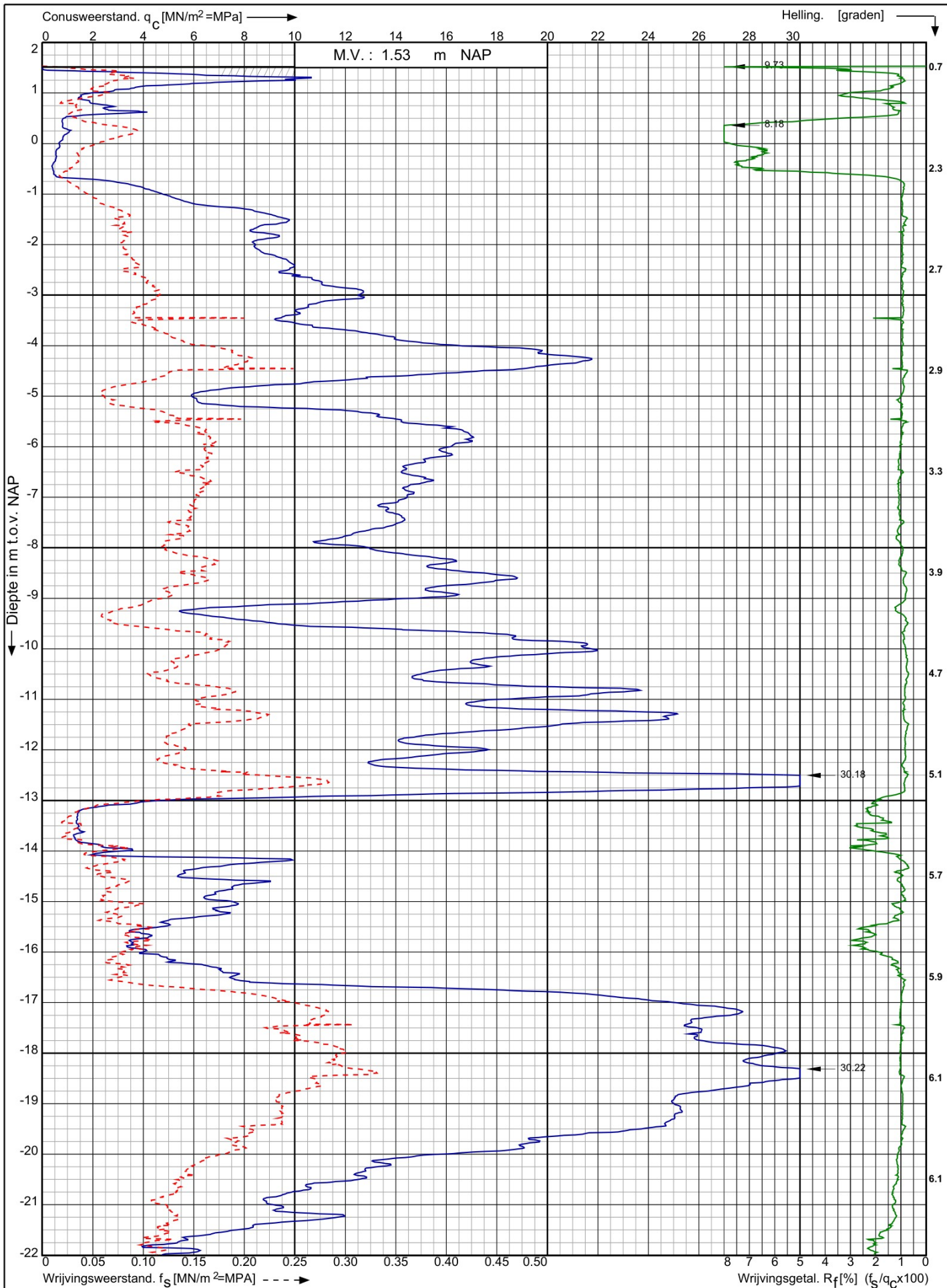
Sond. nr. : 22

Atellus
Grondmechanica

Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261941.51 Y = 568752.44

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

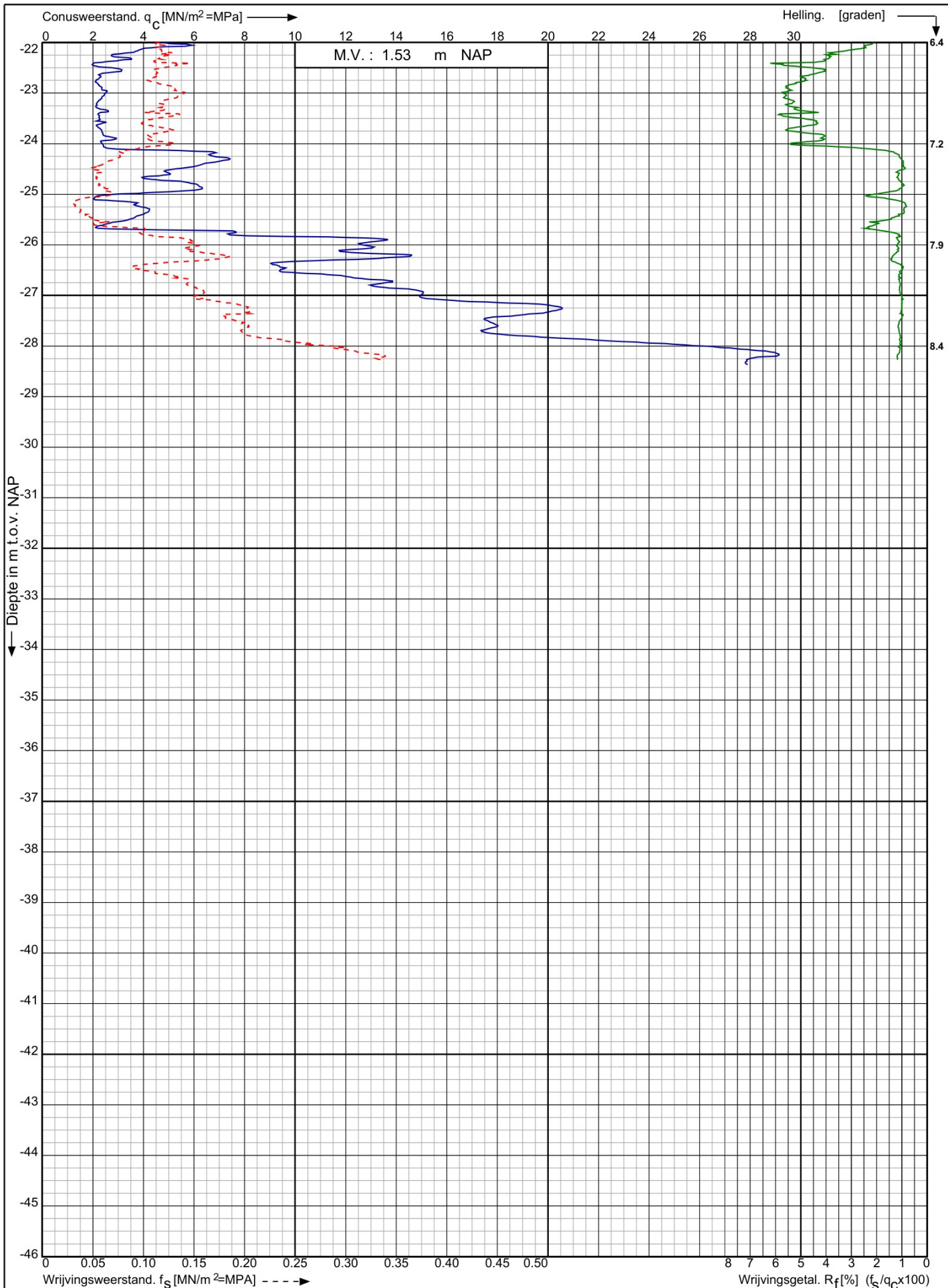
Sond. nr. : 23



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 261941.51 Y = 568752.44

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

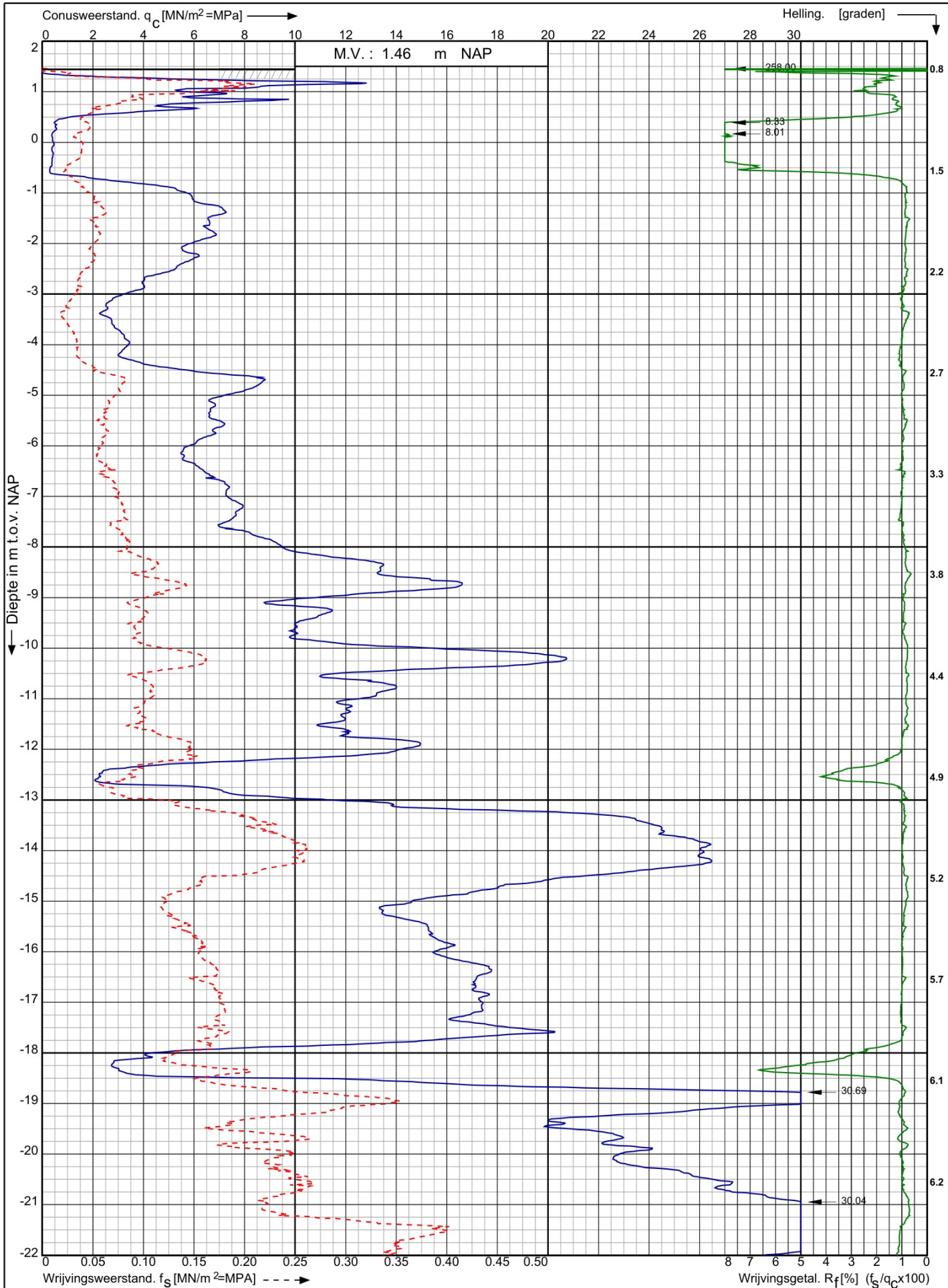
Sond. nr. : 23



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 262000.37 Y = 568685.43

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

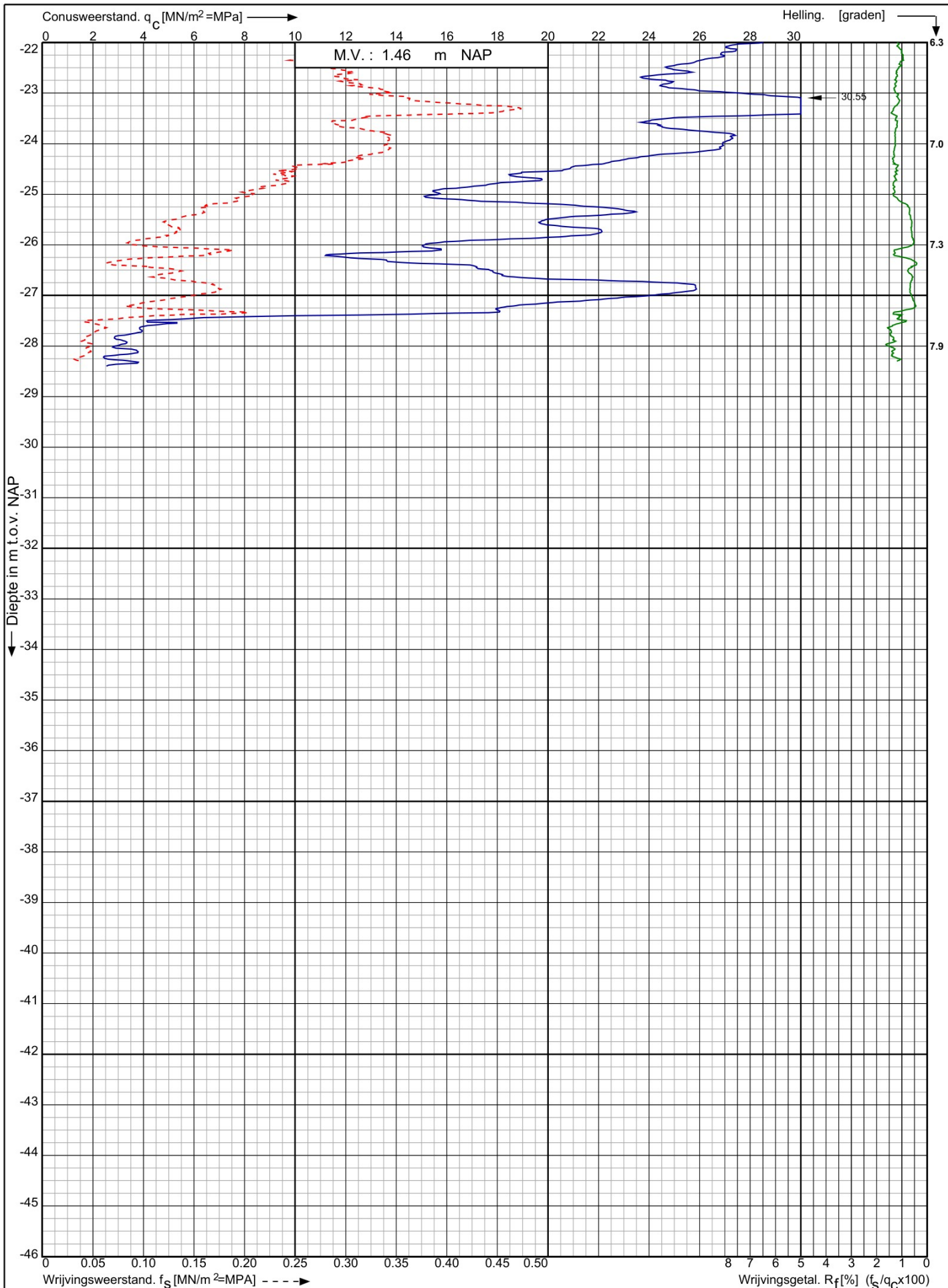
Sond. nr. : 9

Atellus
Grondmechanica

Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 262000.37 Y = 568685.43

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

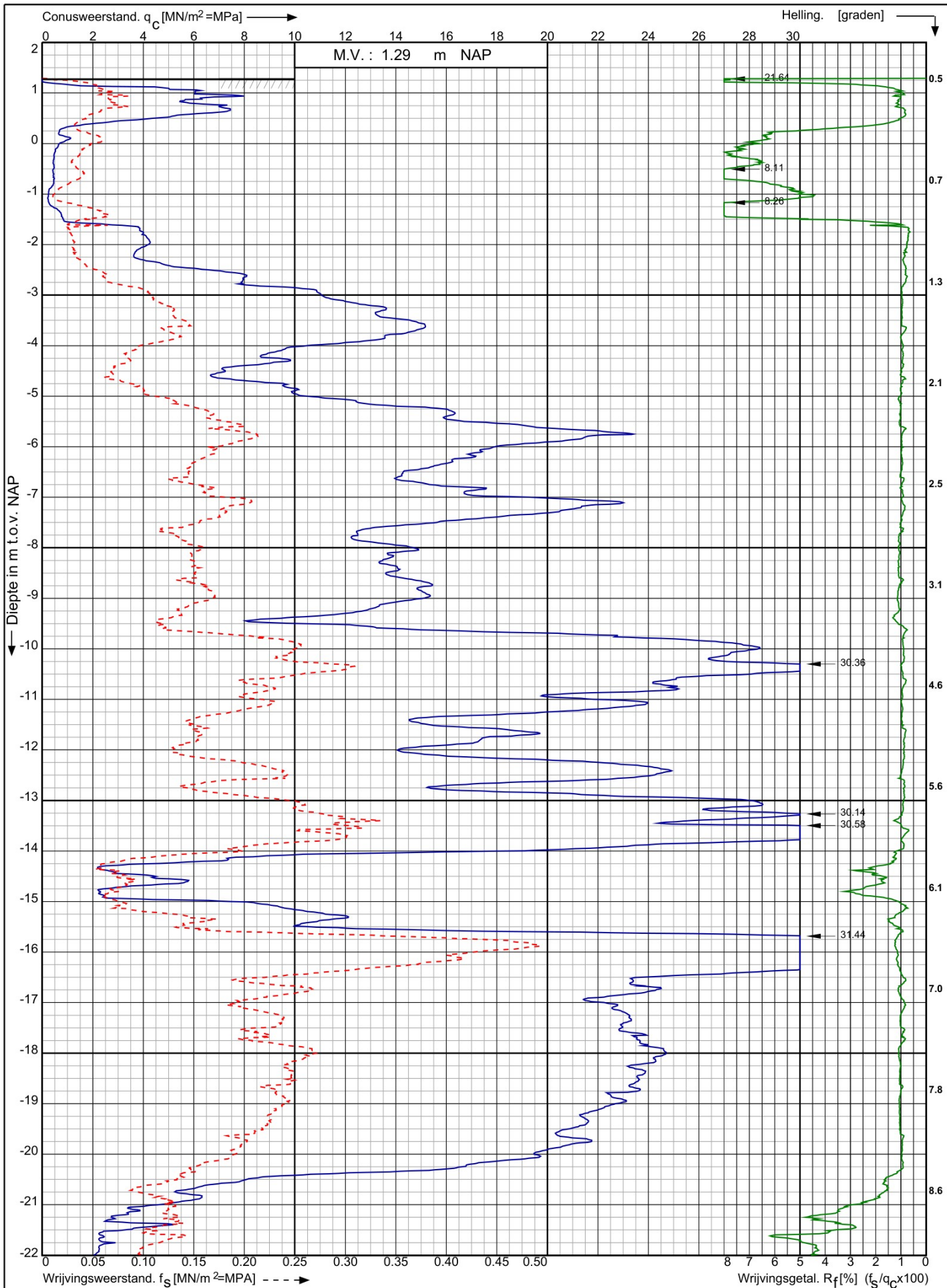
Sond. nr. : 9



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 262017.24 Y = 568706.25

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

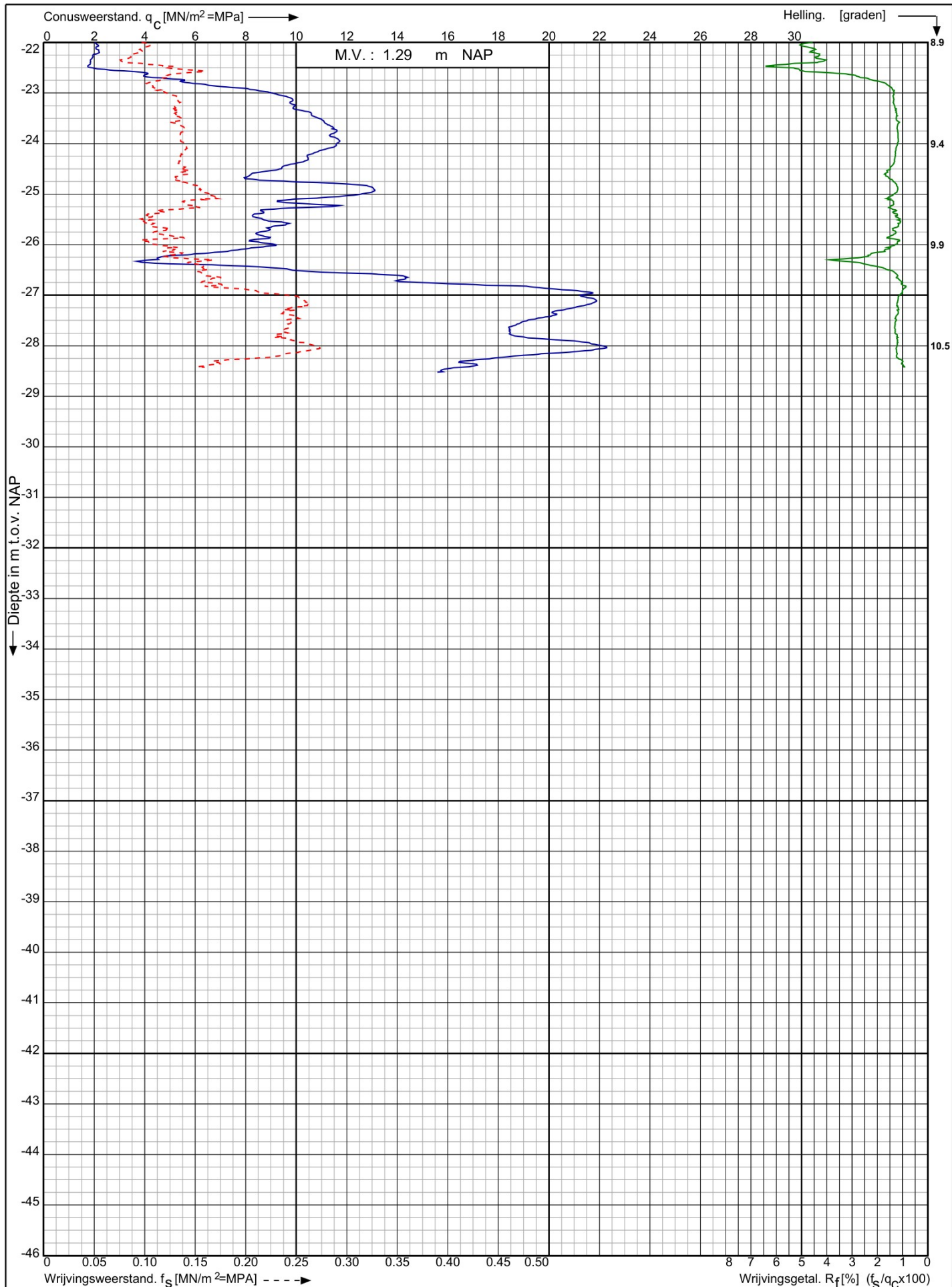
Sond. nr. : 10



Conusserienummer: 001784

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Uitbreiding pand aan de Industrieweg West te
Oude Pekela

RD-coördinaten : X = 262017.24 Y = 568706.25

Opdr. nr. : 23-6022

Datum uitv. : 6-3-2023

Sond. nr. : 10

