

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
Stationsplein 136  
1703 WC Heerhugowaard

Contactpersoon: Dhr. F van Mierlo

Projectnummer: 21.22157

Datum rapport: 16 november 2021

Bijzonderheden: Definitief rapport  
(DKM 4 is niet uitgevoerd ivm toegankelijkheid)

Bijlagen: Toelichting grondonderzoek  
1 Situatieschets  
3 Sonderingen waarvan 1 met waterspanning  
5 Hoogtemetingen



| Versie | Datum      | Omschrijving       | Paraaf projectleider                                                                  |
|--------|------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 16-11-2021 | Eerste versie      |  |
| 2      | 16-11-2021 | Definitieve versie |                                                                                       |

## Toelichting grondonderzoek

### Onderzoek

De sonderingen worden door Lankelma conform NEN-EN-ISO 22476-1 uitgevoerd, waarbij standaard de “electrische kleefmantelconus” wordt toegepast, waarmee zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand gelijktijdig wordt gemeten. Bij het uitvoeren van een sondering conform NEN-EN-ISO 22476-1 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 gemeten. Het basisoppervlak van de conus mag volgens de NEN-EN-ISO 22476-1 tussen 500 en 2000 mm<sup>2</sup> variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten toegepast behoeven te worden. De sonderingen die uitgevoerd zijn door Lankelma worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm<sup>2</sup> en een manteloppervlak van 20000 mm<sup>2</sup> of 22500 mm<sup>2</sup>.

Er wordt veelal gebruik gemaakt van een kortere conus waarbij in afwijking van NEN-EN-ISO 22476-1 het cilindrische deel vanaf de conuspunt een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte van 400 mm. Uit onderzoek is naar voren gekomen, dat de invloed van de lengte van de conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

### Meetresultaat

De meetsignalen worden digitaal via een kabel of draadloos naar een elektrische meeteenheid gestuurd en tezamen met de diepte en de tijd op een computer opgeslagen. De definitieve verwerking van de gegevens vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm wordt uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen. De weerstand wordt uitgedrukt in mega- pascal, 1 MPa is gelijk aan 1 N/mm<sup>2</sup>, en de diepte wordt uitgedrukt in meters. De plaatselijke wrijving wordt standaard gemeten en in de grafiek weergegeven. Daarbij wordt het wrijvingsgetal  $R_f$  in % aan de rechterkant in de grafiek weergegeven, dit geeft een indicatie van de bodemopbouw. (tabel 1)

In de elektrische conus is standaard een hellingmeter ingebouwd waarmee tijdens het sonderen de afwijking van de conus met de verticaal wordt geregistreerd. Onjuiste diepte aanduiding als gevolg van “krom sonderen” wordt hiermee voorkomen. Afhankelijk van de sondeerklasse wordt de diepte hiervoor gecorrigeerd.

| Grondsoort             | Conusweerstand (MPa) |   |   | Wrijvingsgetal (%) |   |      |
|------------------------|----------------------|---|---|--------------------|---|------|
| fijn zand              |                      | > | 5 | 0,6                | - | 1,4  |
| zand, siltig / kleilig |                      | > | 2 | 0,8                | - | 2,0  |
| klei                   | 0                    | - | 5 | 2,0                | - | 7,0  |
| veen                   | 0                    | - | 5 | 5,0                | - | 12,0 |

Tabel 1; grondsoort in vergelijking tot wrijvingsgetal

### Klassenindeling: NEN-EN ISO 22476-1 electrisch sonderen

De Nederlandse norm gaat uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering dient een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse het werk minimaal uitgevoerd moet worden. Deze kwaliteitsklasse bepaalt de meetnauwkeurigheid van te meten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte. Lankelma sonderingen vallen standaard in klasse 2. Dit is de hoogst haalbare kwaliteitsklasse voor de gebruikelijke meetapparatuur in Nederland. Klasse 1 sonderingen dienen alleen voor calibratiedoeleinden en wetenschappelijk onderzoek. Bij routinematige sonderingen kunnen de specificaties van klasse 1 sonderingen alleen door aanvullende maatregelen worden benaderd. In onderstaand tabel worden de diverse klasse weergegeven.

| Klasse                                                                                                                                                                                                                              | Meetgrootheid                                                                                  | Toelaatbare meeton-nauw-<br>keurigheid                             | Maximaal<br>toelaatbare<br>sondeerlengte<br>interval tussen de<br>meting |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                   | conusweerstand<br>plaatselijke wrijvingsweerstand<br>waterspanning<br>helling<br>sondeerdiepte | 35 kPa of 5%<br>5 kPa of 10%<br>10 kPa of 2%<br>2°<br>0,1m of 1%   | 20 mm                                                                    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                   | conusweerstand<br>plaatselijke wrijvingsweerstand<br>waterspanning<br>helling<br>sondeerdiepte | 100 kPa of 5%<br>15 kPa of 15%<br>25 kPa of 3%<br>2°<br>0,1m of 1% | 20 mm                                                                    |
| 3                                                                                                                                                                                                                                   | conusweerstand<br>plaatselijke wrijvingsweerstand<br>waterspanning<br>helling<br>sondeerdiepte | 200 kPa of 5%<br>25 kPa of 15%<br>50 kPa of 5%<br>5°<br>0,2m of 2% | 50 mm                                                                    |
| 4                                                                                                                                                                                                                                   | conusweerstand<br>plaatselijke wrijvingsweerstand<br>sondeerdiepte                             | 500 kPa of 5%<br>50 kPa of 20%<br>0,2m of 1%                       | 50 mm                                                                    |
| Opm. de toelaatbare meeton-nauwkeurigheid is de grotere waarde van de absolute meeton-nauwkeurigheid en de relatieve meeton-nauwkeurigheid. De relatieve meeton-nauwkeurigheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik |                                                                                                |                                                                    |                                                                          |

Tabel 2: kwaliteitsklasse

Opmerking:

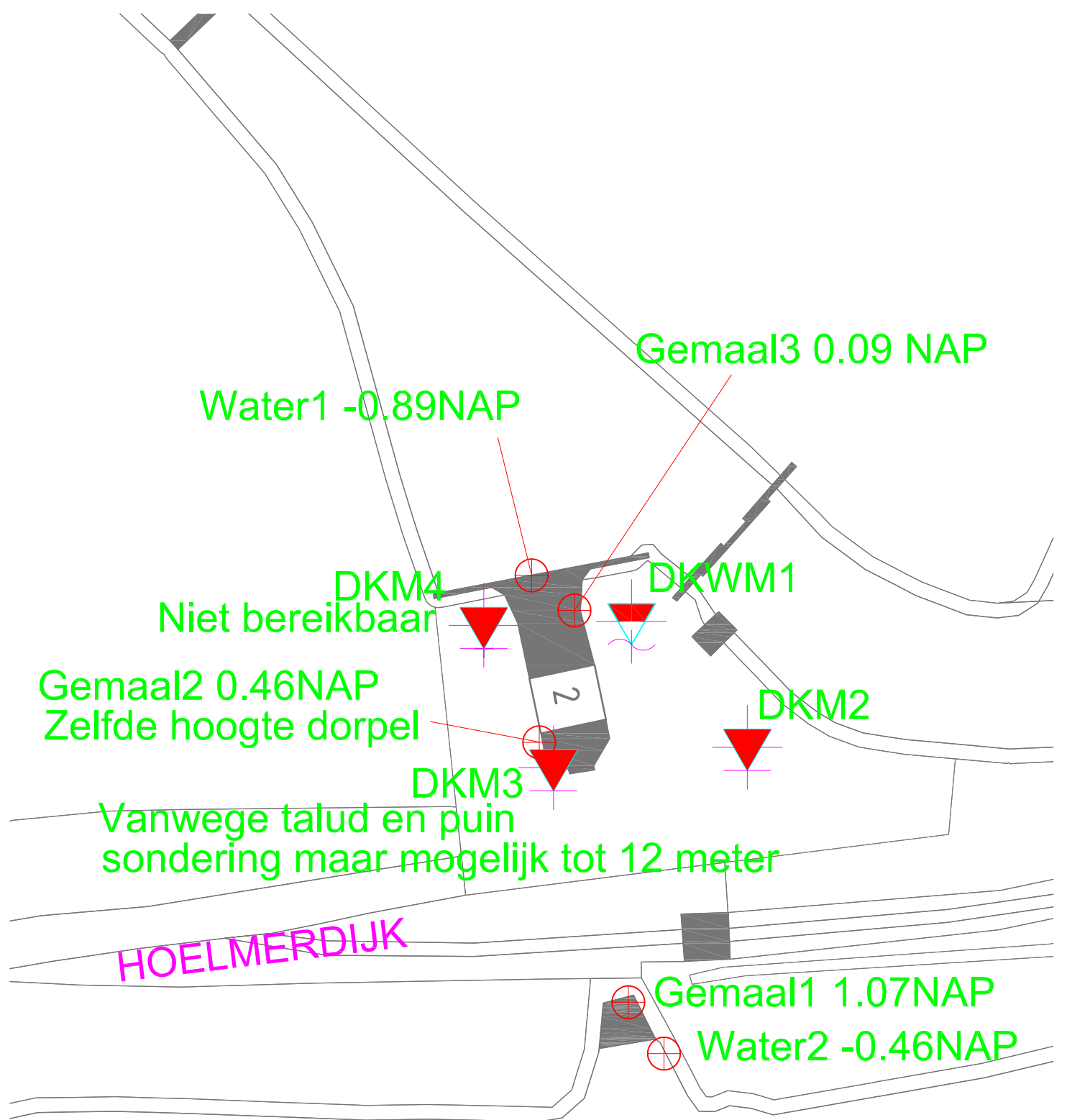
Met name in slappe lagen kan het voorkomen dat minimale conusweerstand ( $q_c$ ) en/of minimale plaatselijke mantelwrijvingen ( $f_s$ ) worden gemeten.

In de meeste gevallen betreft het dan meetwaardes die in orde en grootte vergelijkbaar zijn met voor de betreffende conus en kleeftmantel geldende meettoleranties.

Bij degelijke lage conusweerstand en/of lage plaatselijke mantelwrijvingen kan niet worden uitgesloten dat voor het wrijvingsgetal ( $R_f = f_s / q_c * 100\%$ ) niet realistische waardes worden berekend en gerapporteerd.

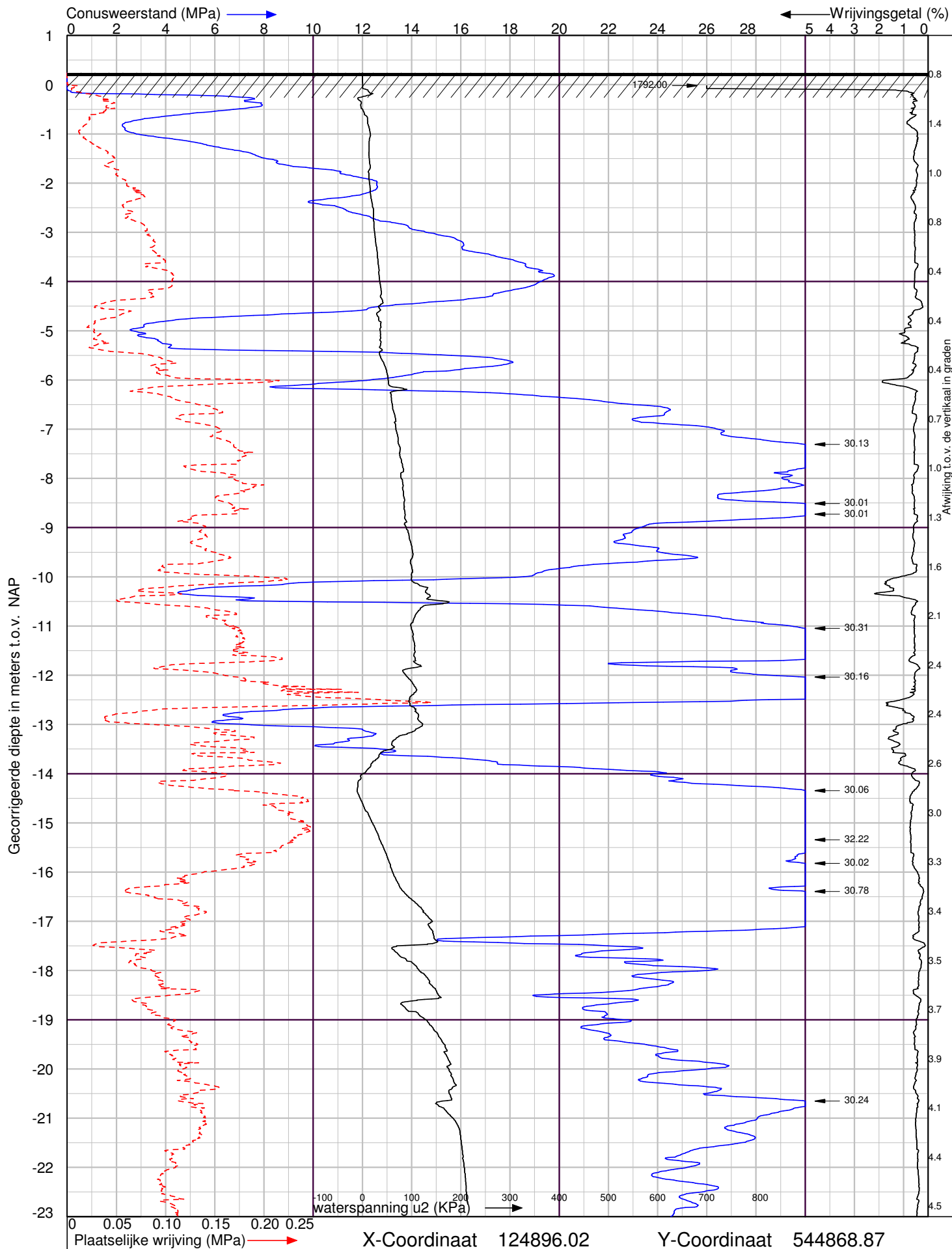
Dit effect is inherent aan de definitie van het wrijvingsgetal.

In twijfelgevallen adviseren wij op de betreffende locatie een aanvullend grondonderzoek in de vorm van boringen uit te laten voeren.



#### LEGENDA

- |                                           |                               |                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| ▼ Diepsondering                           | ▼ Sondering eerder uitgevoerd | ⊕ Boring (HB)   |
| ▼ Diepsondering met plaatselijke wrijving | ▼ Sondering niet uitgevoerd   | ⊕ Peilbuis (PB) |



Hoelmerpad 2, Westerland

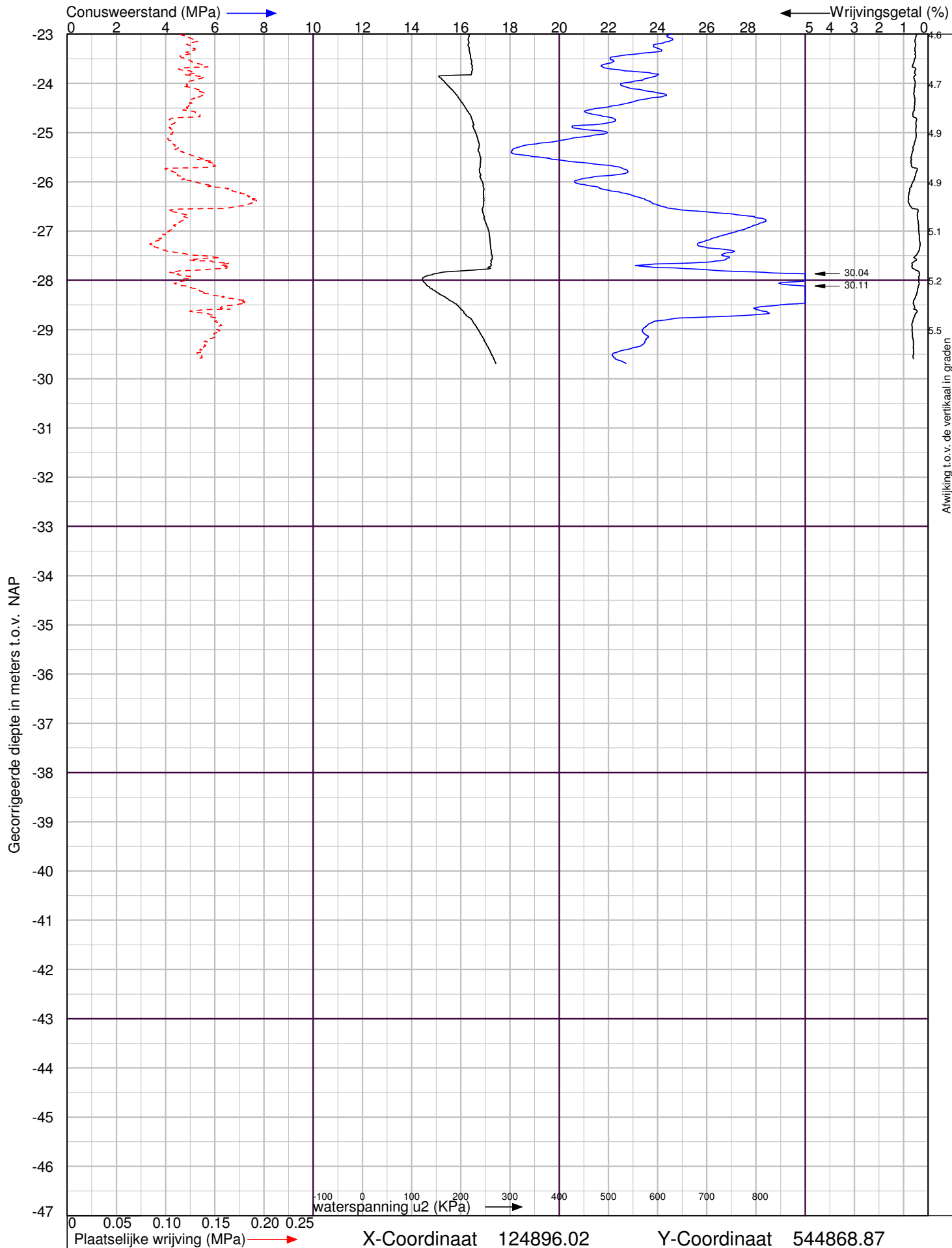
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Lankelma Ingenieursbureau BV  
Zuiderweg 58  
1461 GD Zuidoostbeemster  
Postbus 712, 1440 AS Purmerend  
tel. : 0299-411011  
info@lankelma.nl  
www.lankelma.nl

Datum : 15-11-2021  
Conusnr. : 001936  
MV. is 0.24 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2122157**  
Sondering : **DKWM1**



Hoelmerpad 2, Westerland

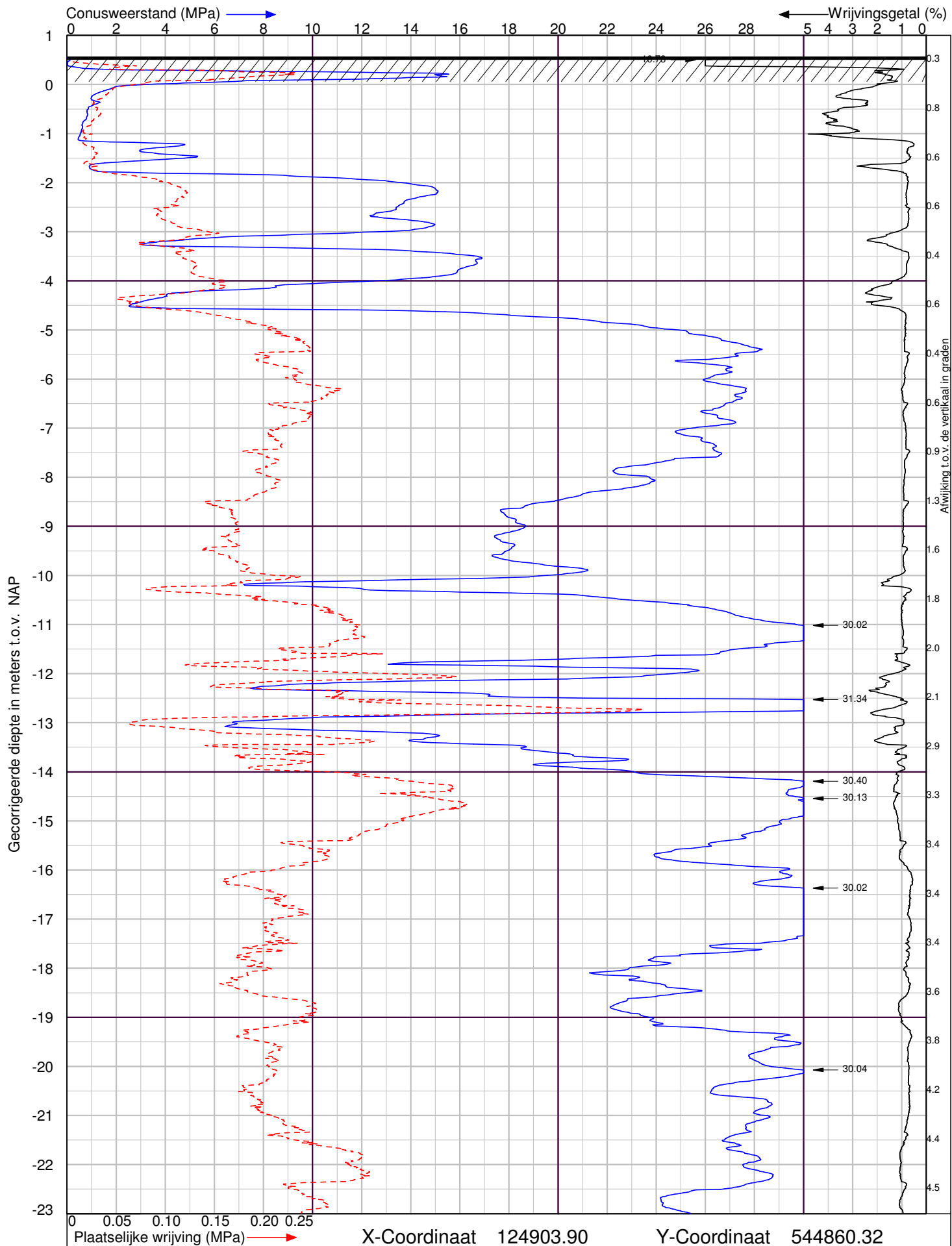
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Lankelma Ingenieursbureau BV  
Zuiderweg 58  
1461 GD Zuidoostbeemster  
Postbus 712, 1440 AS Purmerend  
tel. : 0299-411011  
info@lankelma.nl  
www.lankelma.nl

Datum : 15-11-2021  
Conusnr. : 001936  
MV. is 0.24 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2122157**  
Sondering : **DKWM1**



Hoelmerpad 2, Westerland

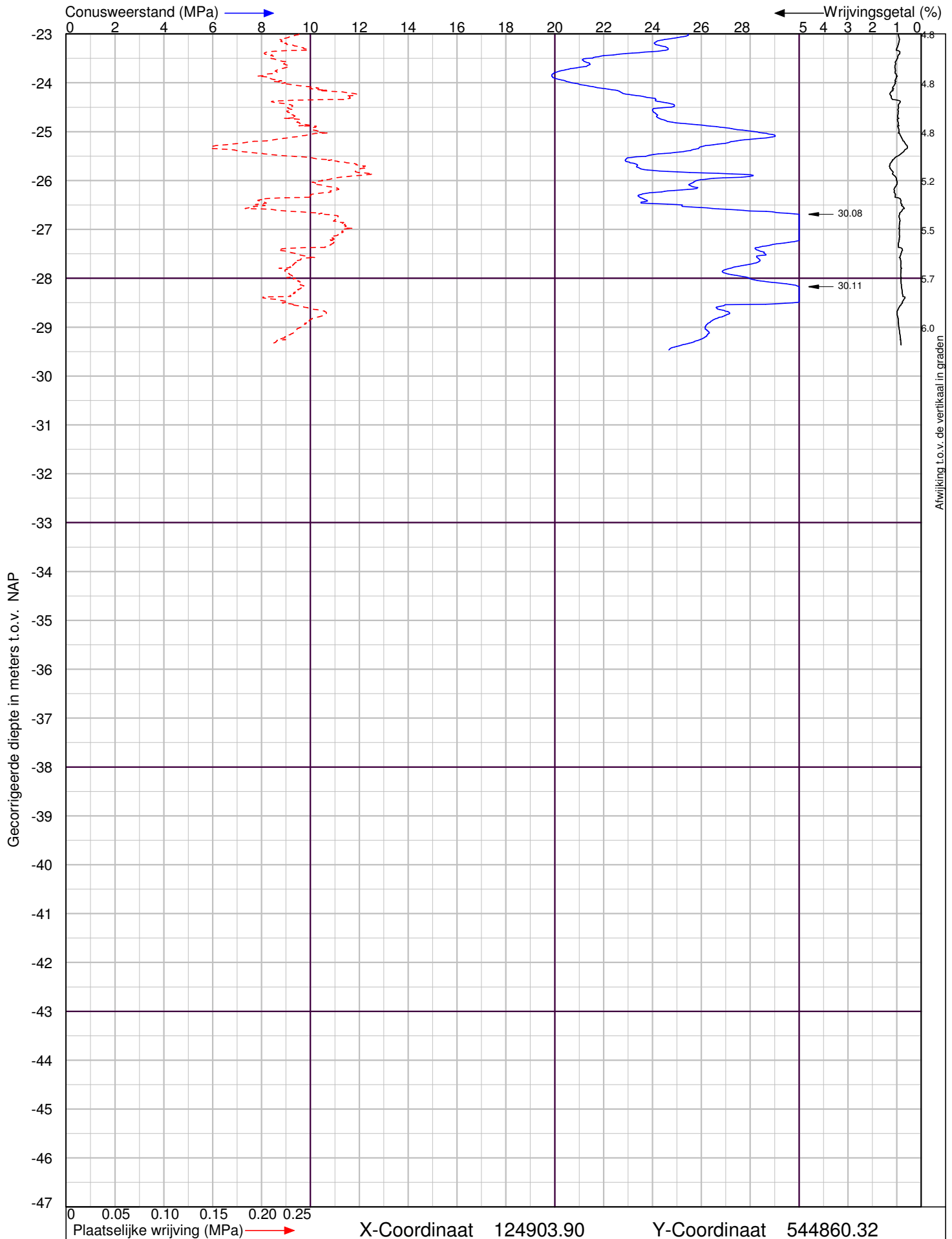
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Lankelma Ingenieursbureau BV  
Zuiderweg 58  
1461 GD Zuidoostbeemster  
Postbus 712, 1440 AS Purmerend  
tel. : 0299-411011  
info@lankelma.nl  
www.lankelma.nl

Datum : 15-11-2021  
Conusnr. : 002012  
MV. is 0.56 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2122157**  
Sondering : **DKM2**



Hoelmerpad 2, Westerland

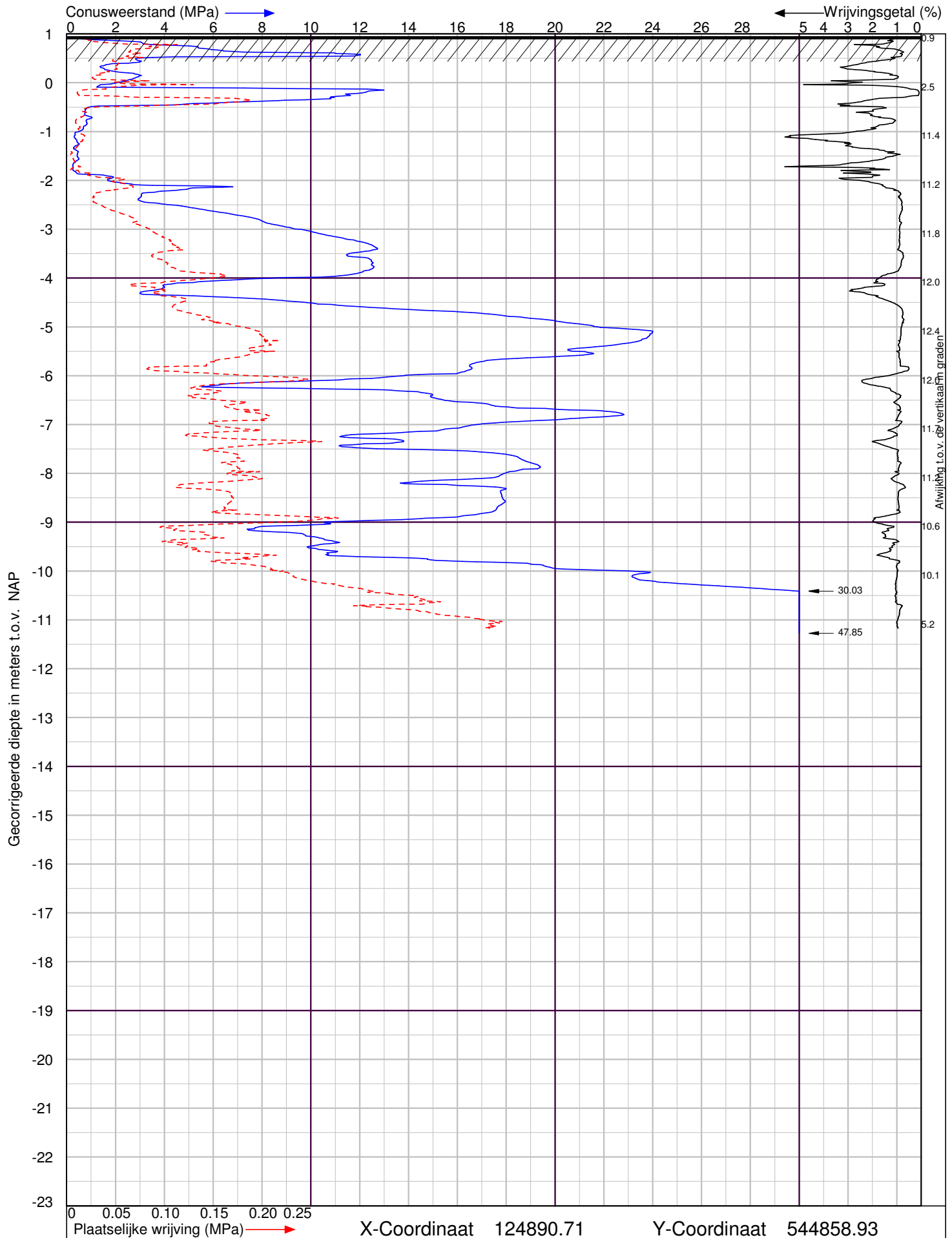
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Lankelma Ingenieursbureau BV  
Zuiderweg 58  
1461 GD Zuidoostbeemster  
Postbus 712, 1440 AS Purmerend  
tel. : 0299-411011  
info@lankelma.nl  
www.lankelma.nl

Datum : 15-11-2021  
Conusnr. : 002012  
MV. is 0.56 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2122157**  
Sondering : **DKM2**



Hoelmerpad 2, Westerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Lankelma Ingenieursbureau BV  
Zuiderweg 58  
1461 GD Zuidoostbeemster  
Postbus 712, 1440 AS Purmerend  
tel. : 0299-411011  
info@lankelma.nl  
www.lankelma.nl

Datum : 15-11-2021  
Conusnr. : 002012  
MV. is 0.94 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2122157**  
Sondering : **DKM3**