



Document:	Rapportage heianalyse Open buispalen
Projectomschrijving:	Nieuwe kade Quarleshaven
Projectlocatie:	Vlissingen
Type paal:	Open buispalen
Documentnummer:	PB 21.0296-2a
Datum:	13 augustus 2021



Document: **Rapportage Open buispalen**
Projectomschrijving: Nieuwe kade Quarleshaven
Projectlocatie: Vlissingen
Type paal: Open buispalen
Documentnummer: PB 21.0296-2a
Datum: 13 augustus 2021

Opdrachtgever: **WSP**

Opgesteld door: **Hektec BV**
Nekkerweg 63
Postbus 88
1462 ZH Middenbeemster
T: 0299 42 08 08

Documentbeheer					
Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Verificatie	Paraaf
- a	03-08-2021 13-08-2021	Ing. J. Dekker Ing. J. Dekker		P. IJnsen Beng, IEng P. IJnsen Beng, IEng	

RAPPORTAGE

Rapportnummer: HEI 21.0296-2a
Project: Nieuwe kade Quarleshaven
Locatie: Vlissingen

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Algemene gegevens	3
3	Uitgangspunten	4
4	Berekeningsresultaten	5
4.1	Sondering S26	5
4.2	Sondering S30	5
5	Conclusie	6

Bijlage(n)

- A Gegevens
- B Uitvoer AllWave
 - B.1 Allwave Uitvoer P1-S26 IHC-S200
 - B.2 Allwave uitvoer P2-S30 IHC S200



RAPPORTAGE

Rapportnummer: HEI 21.0296-2a
Project: Nieuwe kade Quarleshaven
Locatie: Vlissingen

1 Inleiding

Voor het project “Nieuwe kade Quarleshaven” te Vlissingen dienen Open buispalen te worden geheid. Voor het heien van de Open buispalen is in opdracht van WSP door Hektec BV een dynamische heianalyse opgesteld. Hierbij wordt gekeken naar de heibaarheid van de open buispalen, de keuze van het type heiblok, de slagenergie en de te verwachten kalender. Naar aanleiding van de berekening kan worden beoordeeld of de palen op diepte komen en of hiervoor het juiste heiblok is gekozen.

In rapport HEI 21.0296-1c heeft Hektec een analyse opgesteld voor het heien over de laatste 8D. In dit rapport is een analyse opgesteld voor het volledige traject.

Ten opzichte van rapport HEI 21.0296-1c is het paalpuntniveau gewijzigd, daarnaast is voor buispaal 2 de sondering gewijzigd van S38 naar S30. Ook is het heiblok gewijzigd van een Delmag D200 diesel hamer naar een IHC S200 hydraulische hamer.

De in het rapport gehanteerde uitgangspunten dienen door de opdrachtgever gecontroleerd te worden.

1.1 Wijziging

Dit rapport is een wijziging op rapport PB 21.0296-2, d.d. 03-08-2021. De volgende wijzigingen zijn doorgevoerd;

- Er zijn tekstuele wijzigingen doorgevoerd.



RAPPORTAGE

Rapportnummer: HEI 21.0296-2a
Project: Nieuwe kade Quarleshaven
Locatie: Vlissingen

2 Algemene gegevens

Aangeleverde gegevens

- [1] Paalspecificaties aangeleverd door WSP, d.d. 03-03-2021
- [2] Sonderingen aangeleverd door WSP, van der Straaten geotechniek BV, projectnr. 210019 (sondering 26 en 38), d.d. 14-01-2021

Normen, richtlijnen en software

De volgende normen, richtlijnen en software zijn gebruikt:

- API. Recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms – working stress design. Washington, DC 2005: -, 1993.
- SBR CUR handbook hei- en trilbaarheid, Delft, april 2017
- De heianalyse wordt uitgevoerd met de het programma All Wave PDP versie 3.3.28.
 - De predictie volgt uit een golfvergelijking (wave-equation) volgens een hamer-paal-grond model. De golfvergelijking is gebaseerd op de Methode der Karakteristieken.
 - Invoer van de hamergegevens (afmetingen valgewicht, etc.) volgt uit de bibliotheek van het softwareprogramma.
 - De invoer van de paalgegevens volgt uit de aangeleverde documenten.
 - De invoer van het bodemprofiel is op basis van de sondeerwaarden en de relevante dynamische parameters voor schachtwrijving en voetweerstand.

RAPPORTAGE

Rapportnummer: HEI 21.0296-2a
Project: Nieuwe kade Quarleshaven
Locatie: Vlissingen

3 Uitgangspunten

Grondprofiel

Voor de invoer van het grondprofiel is gebruik gemaakt van sondering 26 behorende bij buispaal 1 en sondering 30 behorende bij buispaal 2 [1] + [2].

De conusweerstand wordt in het programma ingevoerd, waarbij de hoogte referentie ten opzichte van maaiveld is genomen. Het niveau vanaf waarvan wordt geheid is aangehouden op NAP + 4,50 m¹.

Heiblok

De heikbaarheid van de buispaal 1 en 2 zijn getoetst op basis van een hydraulische hamer IHC S200. De gegevens van het heiblok is toegevoegd in bijlage A.

Open buispalen

De paalspecificaties en de bijbehorende sonderingen zijn opgenomen in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Paalspecificaties

Sondering en paal	Paaldiameter [mm ¹]	Staalkwaliteit	Maaiveld [m t.o.v. NAP]	Paalkop [m t.o.v. NAP]	Paalpunt [m t.o.v. NAP]	Lengte paal [m ¹]
S26-P1	Ø1829/25	X70	+ 5,00	+ 5,00	- 34,00	39,00
S30-P2	Ø1829/25	X70	+ 5,00	+ 5,00	- 31,00	36,00

Traject heianalyse

Voor de sondering is de heianalyse uitgevoerd voor het volledig te heien traject.

Integriteit van de paalvoet

Om de integriteit van de paalvoet tijdens het heien te waarborgen, wordt door de API (American Petroleum Institute) een minimum wanddikte voorgeschreven door hier onderstaande formule toe te passen.

$$t = \frac{D}{100} + 6,35 \quad [mm^1]$$

Waar D, de paaldiameter is en t de wanddikte. Hieruit volgt dat de wanddikte voldoet aan de door de API gestelde voorwaarde aan minimum wanddikte. Ook om locale plooi van de paal te voorkomen wordt de optredende spanningen in de paal beperkt tot 80% van de vloeispanning van de staal.

RAPPORTAGE

Rapportnummer: HEI 21.0296-2a
Project: Nieuwe kade Quarleshaven
Locatie: Vlissingen

4 Berekeningsresultaten

Voor de genoemde sondering is een heianalyse opgesteld voor het heien van een alleenstaande paal. Bij het uitvoeren van de heianalyses is gestreefd naar het verkrijgen van een acceptabele eindkalendering van min. 15 slagen per 25 cm¹. Hiervoor wordt een refusal waarde van 200 slagen per 25 cm¹ gehanteerd. Refusal is een waarde die wordt gehanteerd voor het stagnatie van paalpenetratie.

De minimale waarden worden verkregen voor de alleenstaande paal, deze kalender zal voorkomen bij de eerste palen per te heien deel. Afhankelijk van de optredende heiverdichting zullen de vervolg palen een hogere kalenderwaarde krijgen. Echter door de juiste heivolgorde aan te houden zal de verdichting van de ondergrond minder invloed hebben op de uiteindelijke kalenderwaarde.

De heianalyse is uitgevoerd voor drie situaties. Een Best Estimate (BE), waarin de grondopbouw wordt benaderd zoals uit de sonderingen blijkt. Een onder- en een bovengrens benadering volgt uit een 20% lager versus hoger grondweerstand. Dit aangezien een heibaarheidsanalyse een predictie betreft.

4.1 Sondering S26

Uit de heianalyse voor sondering S26 volgt dat de paal bij deze sondering op diepte verkregen kan worden met een IHC S200 heiblok.

Lower Bound (LB)

Het maximaal aantal klappen per 25 cm¹ bedraagt 81 op paalpuntniveau.

De totale hei tijd bedraagt ca. 117 minuten.

De maximum optredende spanning bedraagt 188 MPa op paalpuntniveau.

Best Estimate (BE)

Het maximaal aantal klappen per 25 cm¹ bedraagt 107 op paalpuntniveau.

De totale hei tijd bedraagt ca. 134 minuten.

De maximum optredende spanning bedraagt 188 MPa op paalpuntniveau.

Upper Bound (UB)

Het maximaal aantal klappen per 25 cm¹ bedraagt 143 op paalpuntniveau.

De totale hei tijd bedraagt ca. 155 minuten.

De maximum optredende spanning bedraagt 188 MPa op paalpuntniveau.

4.2 Sondering S30

Uit de heianalyse voor sondering S26 volgt dat de paal bij deze sondering op diepte verkregen kan worden met een IHC S200 heiblok.

Lower Bound (LB)

Het maximaal aantal klappen per 25 cm¹ bedraagt 84 op paalpuntniveau.

De totale hei tijd bedraagt ca. 118 minuten.

De maximum optredende spanning bedraagt 193 MPa op paalpuntniveau.

Best Estimate (BE)

Het maximaal aantal klappen per 25 cm¹ bedraagt 114 op paalpuntniveau.

De totale hei tijd bedraagt ca. 141 minuten.

De maximum optredende spanning bedraagt 194 MPa op paalpuntniveau.

Upper Bound (UB)

Het maximaal aantal klappen per 25 cm¹ bedraagt 165 op paalpuntniveau.

De totale hei tijd bedraagt ca. 173 minuten.

De maximum optredende spanning bedraagt 195 MPa op paalpuntniveau.

RAPPORTAGE

Rapportnummer: HEI 21.0296-2a
Project: Nieuwe kade Quarleshaven
Locatie: Vlissingen

5 Conclusie

Uit de heianalyse voor sondering S26 en S30 volgt dat de paal bij deze sonderingen op diepte gebracht kan worden met een hydraulische hamer IHC S200.

In onderstaande tabel wordt een overzicht van de heianalyse weergegeven. In bijlage B is de uitvoer van Allwave toegevoegd.

Tabel 5.1: Resultaat haalbaarheid

Sondering	Paal diameter [mm ²]	p.p.n. [NAP]	Heiblok	Klappen per 25 cm ¹	Totaal aantal klappen	Maximale spanning [MPa]	Tijdsduur [min.]
S26 (LB)	Ø1829/25	- 34,00	S200	81	4.664	188	117
S26 (BE)				107	5.356	188	134
S26 (UB)				143	6.332	188	155
S30 (LB)	Ø1829/25	- 31,00	S200	84	4.734	193	118
S30 (BE)				114	5.664	194	141
S30 (UB)				165	6.905	195	173

Opmerking:

- Uit de praktijk is gebleken, dat afwijkingen in kalenderwaarden kunnen optreden. De oorzaak ligt onder andere in de heivolgorde van de palen. Bij korte afstand van de palen zal de laatste paal over het algemeen een hogere kalender geven, aangezien de grond hier al meer is verdicht. Daarnaast heeft het optreden van wateroverspanningen rondom de paal ook invloed op de kalendering. In de heianalyse wordt dit effect buiten beschouwing gelaten. Indien in de praktijk geconstateerd wordt dat de paal niet op diepte komt of dat de kalenderwaarden te hoog worden dient in overleg met de hoofdaannemer en de hoofdconstructeur te worden besloten of de paal hoger kan blijven staan.
- Er is geen rekening gehouden met een specifieke heiprotocol; in alle gevallen is ervan uitgegaan dat de heihamer over het volledige traject is ingesteld op dezelfde nominale slagenergie.
- Inzet van andere gelijkwaardige heihamer dan in dit rapport beschouwde type is in principe mogelijk. Desondanks, is uitvoering van een aanvullende predictie aan te raden.

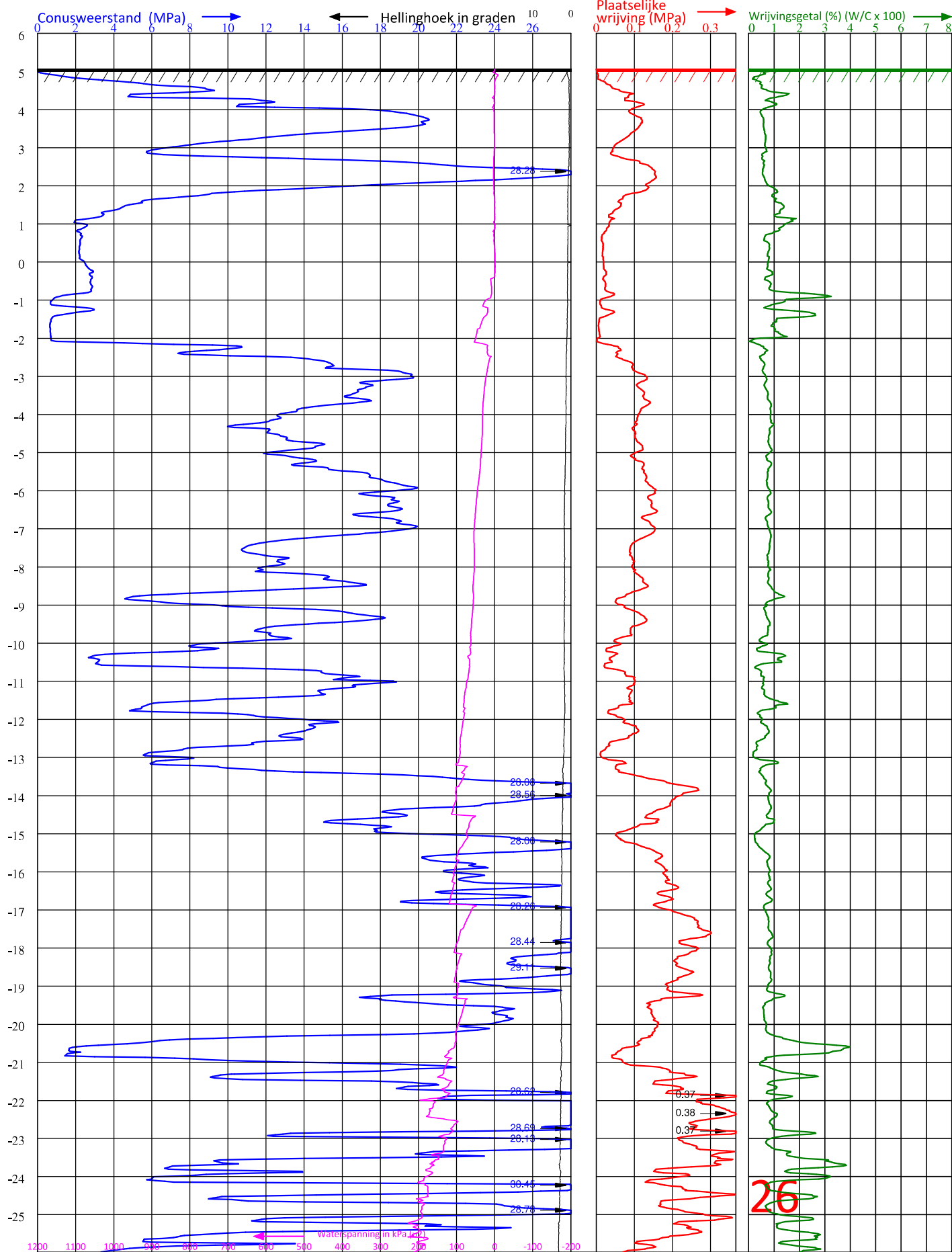
A Gegevens

Buispaal 1: “Lange paal”

Omschrijving	Type/afmeting	Van	Tot
Buispaal	Ø1829 – 25 mm X70	NAP+5,0m	NAP-34,0m
Totaal gewicht buispaal	43,4 ton		
Totale lengte buispaal	39,0m		
Sondering	26		

Buispaal 2: “korte paal”

Omschrijving	Type/afmeting	Van	Tot
Buispaal	Ø1829 – 25 mm X70	NAP+5,0m	NAP-31,0m
Totaal gewicht buispaal	40,0 ton		
Totale lengte buispaal	36,0m		
Sondering	30		



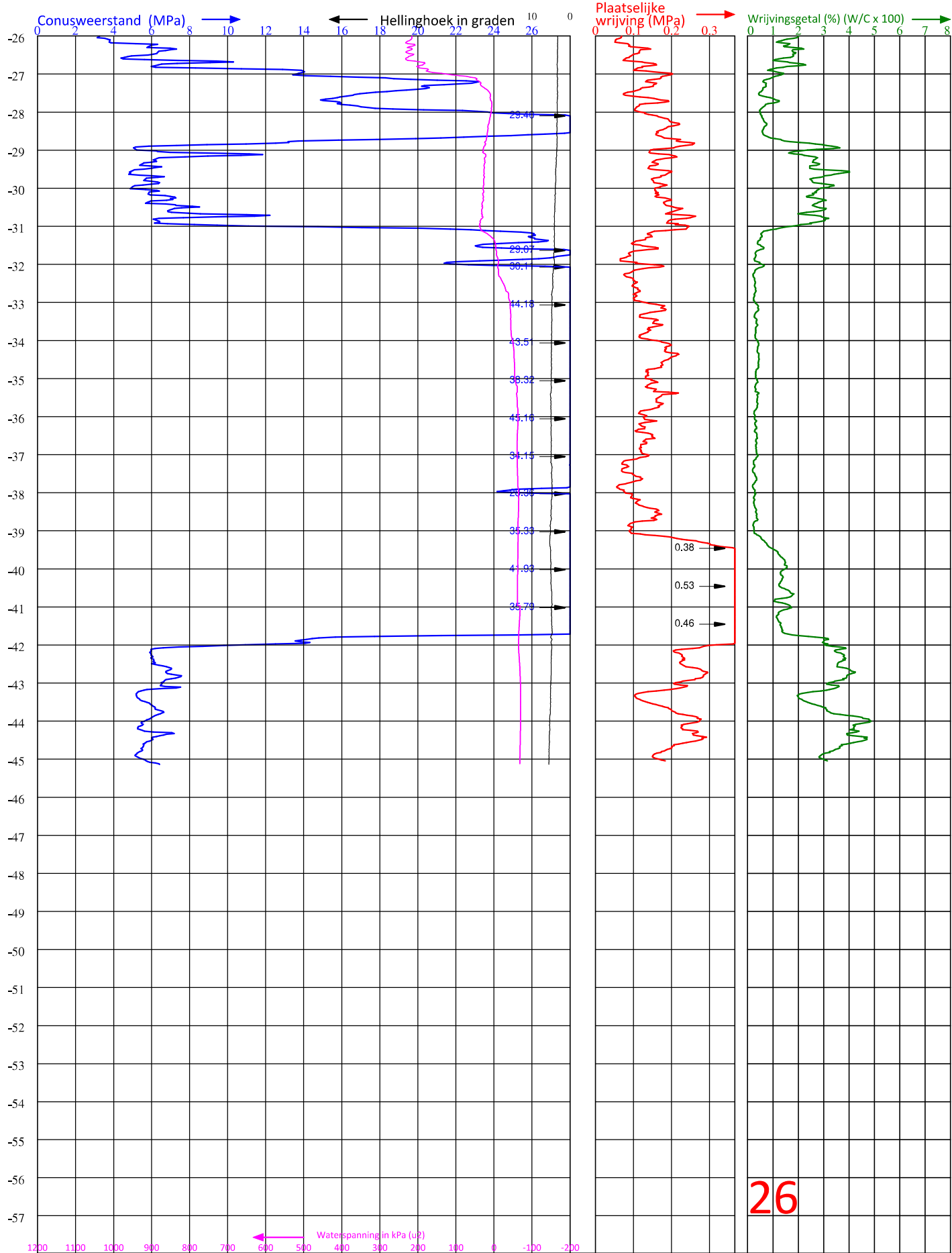
Diepteschaal: 75 mm = 1 m1

**VAN DER STRAATEN**
GEOTECHNIEK B.V.**Postbus 5**
4417 ZG Hansweert**Telefoon (0031) 113-382510**
E-mail : info@vd-straaten.nl

PLAATS : RITTHEM
LOCATIE : SCHOTLANDWEG
OPDRACHTGEVER : NORTH SEA PORT
PROJECTNUMMER : **210019**
ID SONDERING : **26**

HOOGTE MAAIVELD : **5.06** m1 t.o.v. **NAP**
GRONDWATERSTAND : m1- MAAIVELD
DATUM : 14-1-2021
TIJD : 11:56
X-COÖRDINAAT (RD) : **37894.09**

CONUS TYPE : I-CFXYP20-15
ID CONUS : 201222
SONDERING VOLGENS : - NEN-EN-ISO 22476-1
- TOEPASSINGSKLASSE 3
Y-COÖRDINAAT (RD) : **387298.69**



26

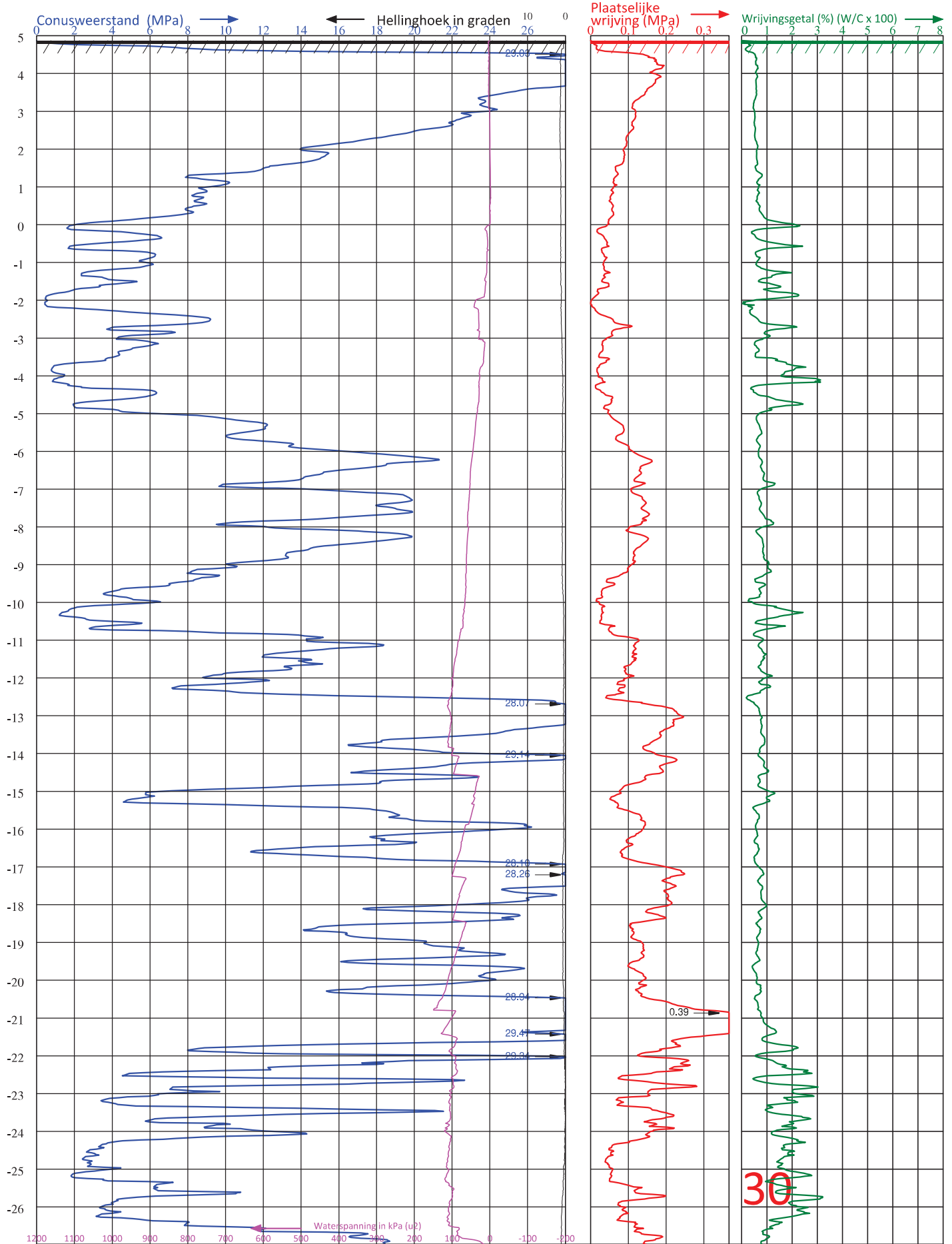
Diepteschaal: 75 mm = 1 m1

**VAN DER STRAATEN**
GEOTECHNIEK B.V.**Postbus 5**
4417 ZG Hansweert**Telefoon (0031) 113-382510**
E-mail : info@vd-straaten.nl

PLAATS : RITTHEM
LOCATIE : SCHOTLANDWEG
OPDRACHTGEVER : NORTH SEA PORT
PROJECTNUMMER : **210019**
ID SONDERING : **26**

HOOGTE MAAVELD : **5.06** m1 t.o.v. **NAP**
GRONDWATERSTAND : m1- MAAVELD
DATUM : 14-1-2021
TIJD : 11:56
X-COÖRDINAAT (RD) : **37894.09**

CONUS TYPE : I-CFXYP20-15
ID CONUS : 201222
SONDERING VOLGENS : - NEN-EN-ISO 22476-1
- TOEPASSINGSKLASSE 3
Y-COÖRDINAAT (RD) : **387298.69**



Diepteschaal: 75 mm = 1 m1

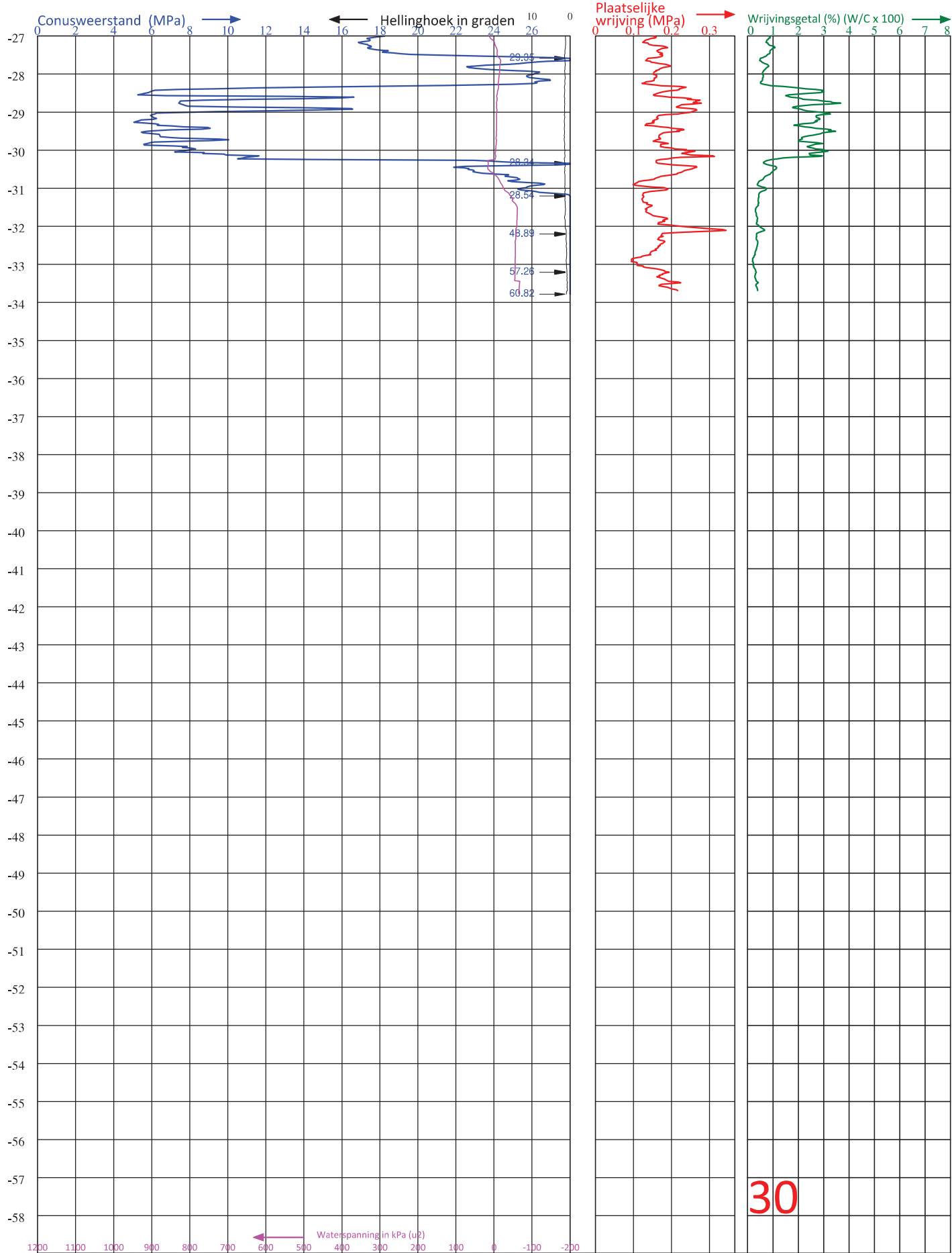

VAN DER STRAATEN
 GEOTECHNIEK B.V.

Postbus 5
4417 ZG Hansweert
Telefoon (0031) 113-382510
E-mail : info@vd-straaten.nl

 PLAATS : RITTHEM
 LOCATIE : SCHOTLANDWEG
 OPDRACHTGEVER : NORTH SEA PORT
 PROJECTNUMMER : **210019**
 ID SONDERING : **30**

 HOOGTE MAAVELD : **4.87** m1 t.o.v. **NAP**
 GRONDWATERSTAND : m1- MAAVELD
 DATUM : 19-1-2021
 TIJD : 13:45
 X-COÖRDINAAT (RD) : **37807.8007**

 CONUS TYPE : I-CFXYP20-15
 ID CONUS : 201223
 SONDERING VOLGENS : - NEN-EN-ISO 22476-1
 - TOEPASSINGSKLASSE 3
 Y-COÖRDINAAT (RD) : **387244.8728**



30


VAN DER STRAATEN
 GEOTECHNIEK B.V.

 Postbus 5
 4417 ZG Hansweert

 Telefoon (0031) 113-382510
 E-mail : info@vd-straaten.nl

 PLAATS : RITTHEM
 LOCATIE : SCHOTLANDWEG
 OPDRACHTGEVER : NORTH SEA PORT
 PROJECTNUMMER : 210019
 ID SONDERING : 30

 HOOGTE MAAVELD : 4.87 m1 t.o.v. NAP
 GRONDWATERSTAND : m1- MAAVELD
 DATUM : 19-1-2021
 TIJD : 13:45

X-COÖRDINAAT (RD) : 37807.8007

 CONUS TYPE : I-CFXYP20-15
 ID CONUS : 201223
 SONDERING VOLGENS : - NEN-EN-ISO 22476-1
 - TOEPASSINGSKLASSE 3

Y-COÖRDINAAT(RD) : 387244.8728

TECHNICAL DATA

IMPERIAL

HAMMER S SERIES		S-30	S-40	S-70	S-90	S-120	S-150	S-200	S-280	S-350	S-500	S-600
Max. blow energy	lb.ft	22,127	29,503	51,630	66,381	88,508	110,635	147,513	206,518	258,147	368,783	442,539
Min. blow energy*	lb.ft	2,213	2,950	5,163	6,638	8,885	11,063	14,751	20,652	28,765	36,848	44,254
Blowrate	bl/min	65	65	50	46	44	44	45	45	40	45	44
Ram weight	s	3,527	4,850	7,716	9,921	13,668	16,534	22,046	29,982	36,000	55,115	66,138
Hammer weight	s	8,599	10,362	18,298	21,348	31,526	35,714	56,878	67,240	72,000	126,764	141,093
Length of hammer	ft	20.00	22.47	24.28	26.43	26.79	29.2	29.84	34.09	37,35	39.18	41.72
Oil flow	g/min	46	46	66	66	122	122	185	185	211	423	476
Power pack type		P 175	P 175	P 250	P 250	P 460	P 460	P 700	P 700	P 700	O.R.	O.R.

HAMMER S SERIES		S-800	S-1200	S-1400	S-1800	S-2000	S-2500	S-3000	S-4000
Max. blow energy	lb.ft	590,056	885,079	1032,952	1327,618	1475,131	1843,905	2212,686	2950,248
Min. blow energy*	lb.ft	59,005	88,508	103,259	132,762	147,513	199,141	281,748	292,812
Blowrate	bl/min	45	40	35	35	35	32	35	36
Ram weight	s	88,183	132,275	152,116	198,413	220,459	275,577	330,693	440,924
Hammer weight	s	182,981	308,642	326,279	454,145	487,213	573,201	639,340	947,987
Length of hammer	ft	47.93	46.91	52,79	54.17	56.87	62.42	68.09	66.96
Oil flow	g/min	581	871	871	871	1.162	1.162	1.347	1.744
Power pack type		O.R.	O.R.	O.R.	O.R.	O.R.	O.R.	O.R.	O.R.

HAMMER SC SERIES		SC-110	SC-150	SC-200
Max. blow energy	lb.ft	81,132	110,635	147,513
Min. blow energy*	lb.ft	8,113	11,063	14,751
Blowrate	bl/min	45	45	45
Ram weight	s	17,416	24,250	29,982
Hammer weight	s	31,085	41,226	58,422
Length of hammer	ft	18.88	21.75	18.8
Oil flow	g/min	122	122	185
Power pack type		P 460	P 460	P 700

POWER PACK TYPE		P-175	P-250	P-460	P-700
Max. pressure	psi	4,351	5,076	4,786	4,931
Max. oil flow	g/min	46	66	122	185
Power	hp	150	228	526	700
Length	ft	8.57	11.48	13.22	15.91
Width	ft	3.94	5.05	5.07	6.23
Height	ft	5.82	6.71	7.30	7.69
Net. Weight	lbs	5,551	7,495	11,905	14,550
Weight incl. fuel and oil	lbs	8,378	9,921	14,991	20,943

**The standard minimal energy setting is about 10% of the hammer’s maximum energy.
When using the high frequency/low energy mode, the energy can be reduced to a minimum of 2% to 5%.*

METRIC

HAMMER S SERIES		S-30	S-40	S-70	S-90	S-120	S-150	S-200	S-280	S-350	S-500	S-600
Max. blow energy	kNm (KJ)	30	40	70	90	120	150	200	280	350	500	600
Min. blow energy*	kNm (KJ)	3	4	7	9	12	15	20	31	39	55	66
Blowrate	bl/min	65	65	50	46	44	44	45	45	20	45	44
Ram weight	ton	1.5	2.2	3.5	4.5	6	7.5	10	14	18	25	30
Hammer weight	ton	4	4.7	8.5	10	14.5	16.5	27	31	36	60	65
Length of hammer	mm	6,100	6,762	7,418	8,168	8,296	8,986	9,130	10,390	11,384	11,943	12,745
Oil flow	l/min	175	175	250	250	460	460	700	700	700	1600	1800
Power pack type		P 175	P 175	P 250	P 250	P 460	P 460	P 700	P 700	P 700	O.R.	O.R.

HAMMER S SERIES		S-800	S-1200	S-1400	S-1800	S-2000	S-2500	S-3000	S-4000
Max. blow energy	kNm (KJ)	800	1,200	1,400	1,800	2,000	2,500	3,000	4,000
Min. blow energy*	kNm (KJ)	88	132	154	198	220	270	382	397
Blowrate	bl/min	45	38	35	35	35	32	35	36
Ram weight	ton	40	60	70	90	100	125	150	200
Hammer weight	ton	85	145	150	215	230	260	290	430
Length of hammer	mm	14,535	14,300	14,945	16,630	17,370	19,025	20,755	20,410
Oil flow	l/min	2,200	3,300	3,300	3,300	4,400	4,400	5,100	6,600
Power pack type		O.R.	O.R.	O.R.	O.R.	O.R.	O.R.	O.R.	O.R.

HAMMER SC SERIES		SC-110	SC-150	SC-200
Max. blow energie	kNm (KJ)	110	150	200
Min. blow energy*	kNm (KJ)	11	15	20
Blowrate	bl/min	45	45	45
Ram weight	ton	8	11	14
Hammer weight	ton	16	19,5	29
Length of hammer	mm	5,660	6,445	5,975
Oil flow	l/min	460	460	700
Power pack type		P 460	P 460	P 700

POWER PACK TYPE		P-175	P-250	P-460	P-700
Max. pressure	bar	300	350	330	340
Max. oil flow	l/min	175	250	460	700
Power	kW	110	168	328	515
Length	mm	2,613	3,500	4,015	4,850
Width	mm	1,200	1,540	1,689	1,900
Height	mm	1,783	2,044	2,225	2,346
Net. Weight	ton	2.5	3.4	5.4	6.6
Weight incl. fuel and oil	ton	3.8	4.5	6.8	9.5

**The standard minimal energy setting is about 10% of the hammer’s maximum energy.
When using the high frequency/low energy mode, the energy can be reduced to a minimum of 2% to 5%.*

No rights may be derived from the specifications given in this brochure. Changes may be made at any time without notice as a result of product changes or updates. All specifications are stated with reservations for conversion or printing errors.

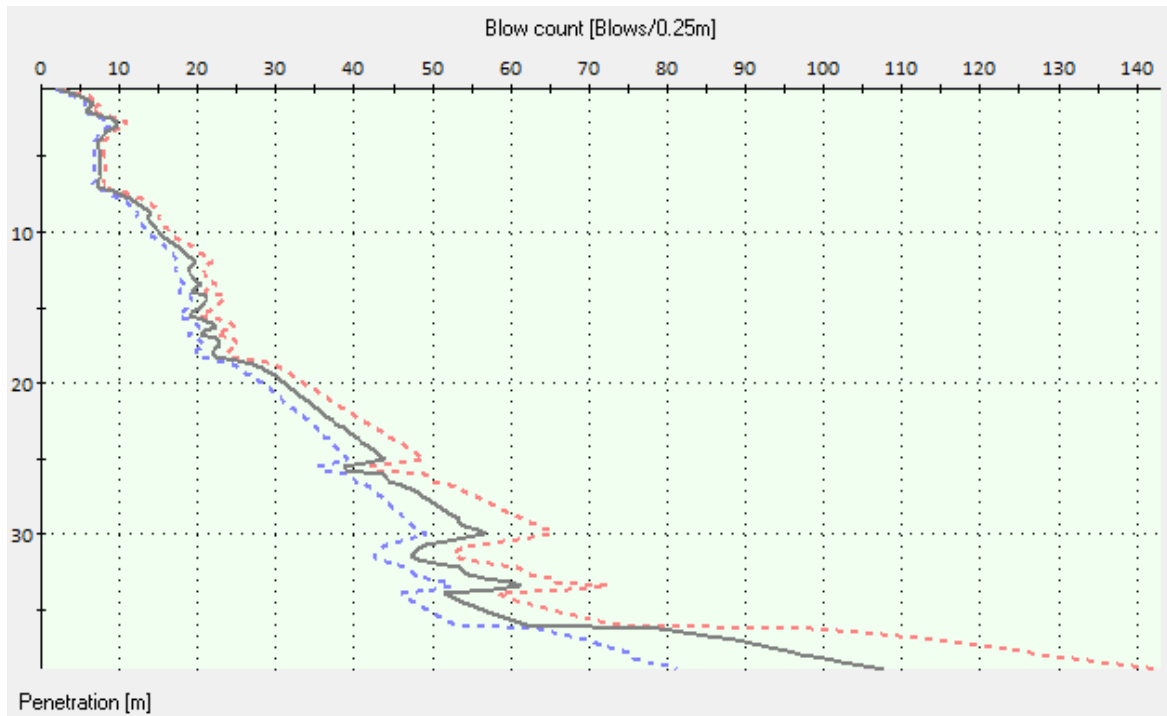


B Uitvoer AllWave

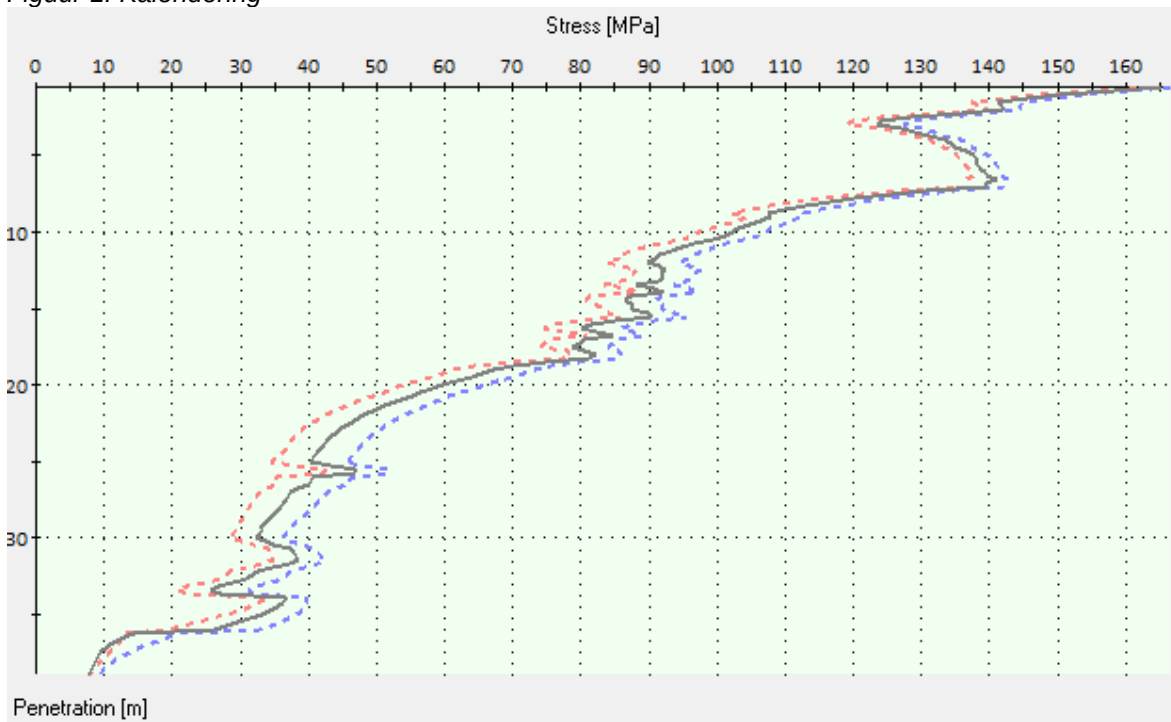


B.1 Allwave Uitvoer P1-S26 IHC-S200

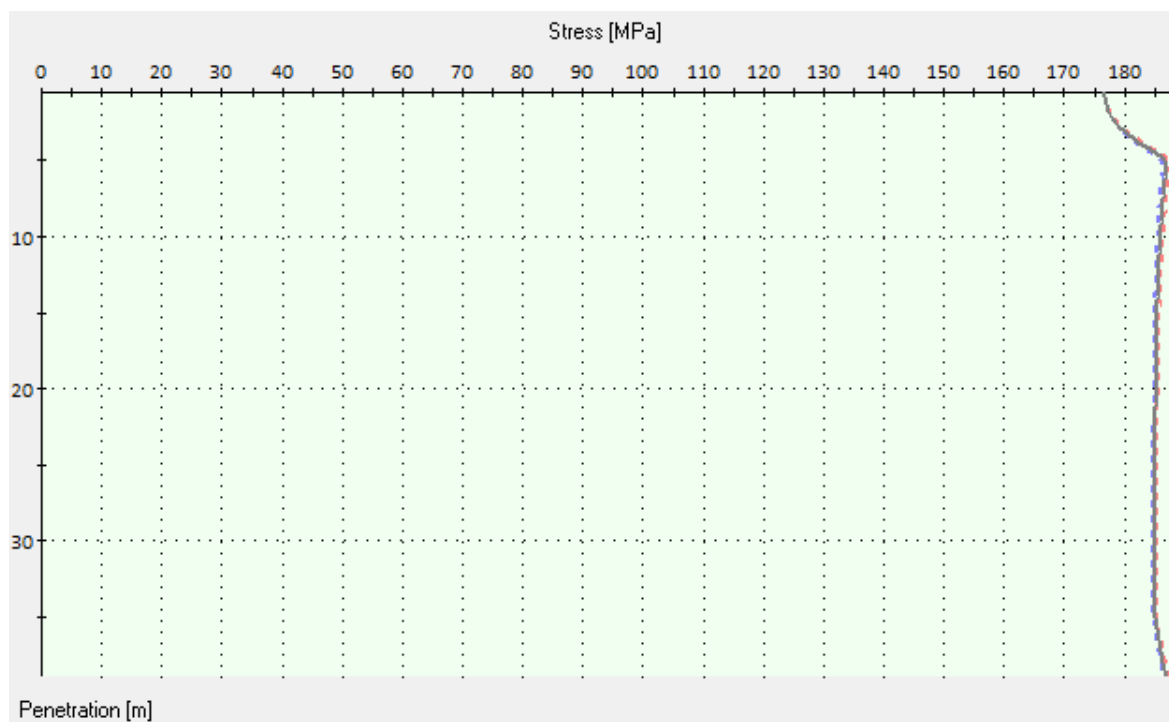
Sondering 26, enkele paal, open stalen buispaal Ø1829/25 mm¹
 Delmag D200 p.p. niveau NAP -34,00 m¹



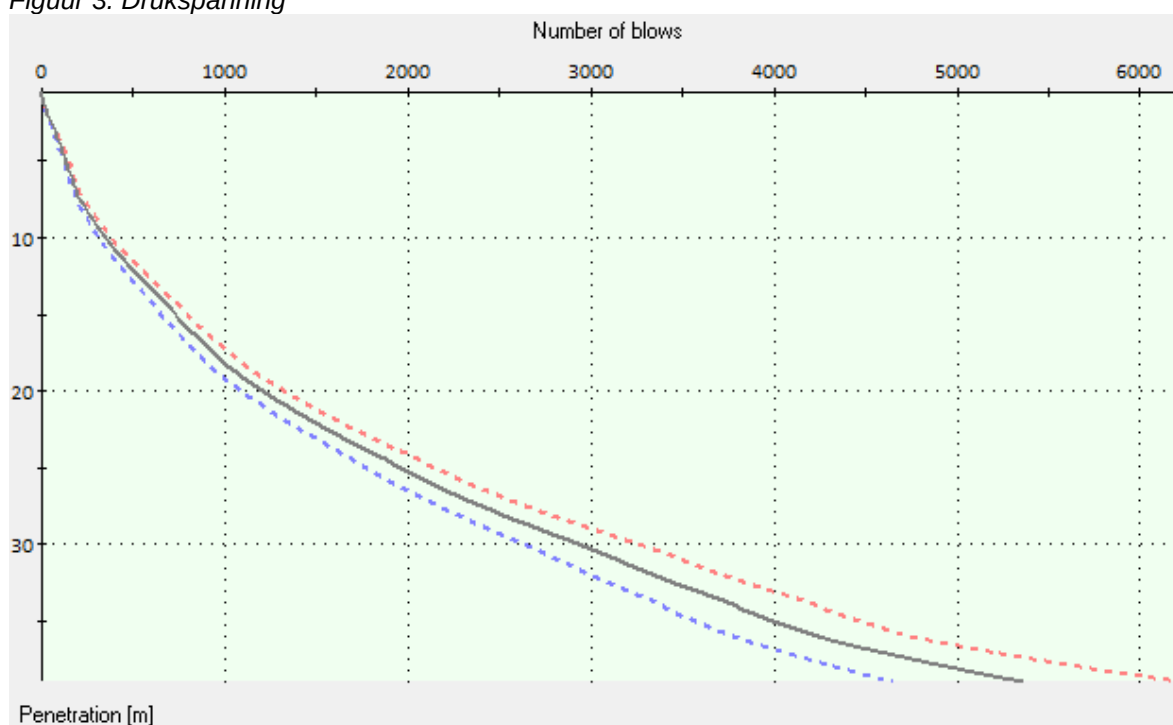
Figuur 1. Kalendering



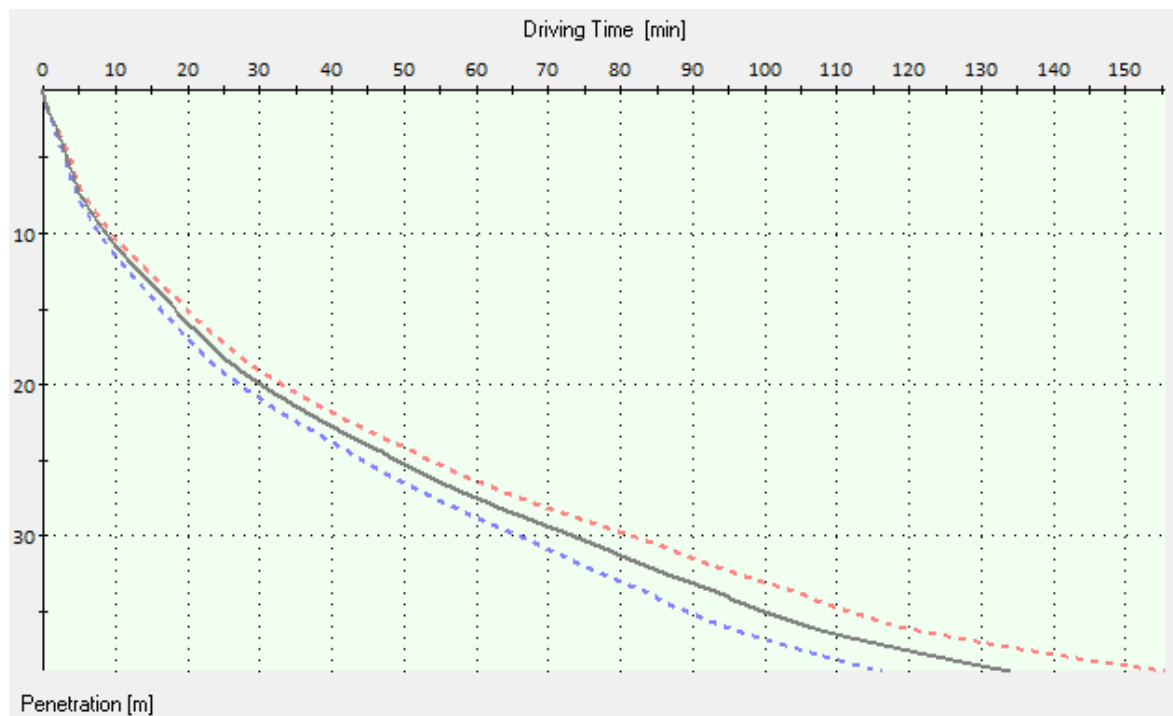
Figuur 2. Trekspanning



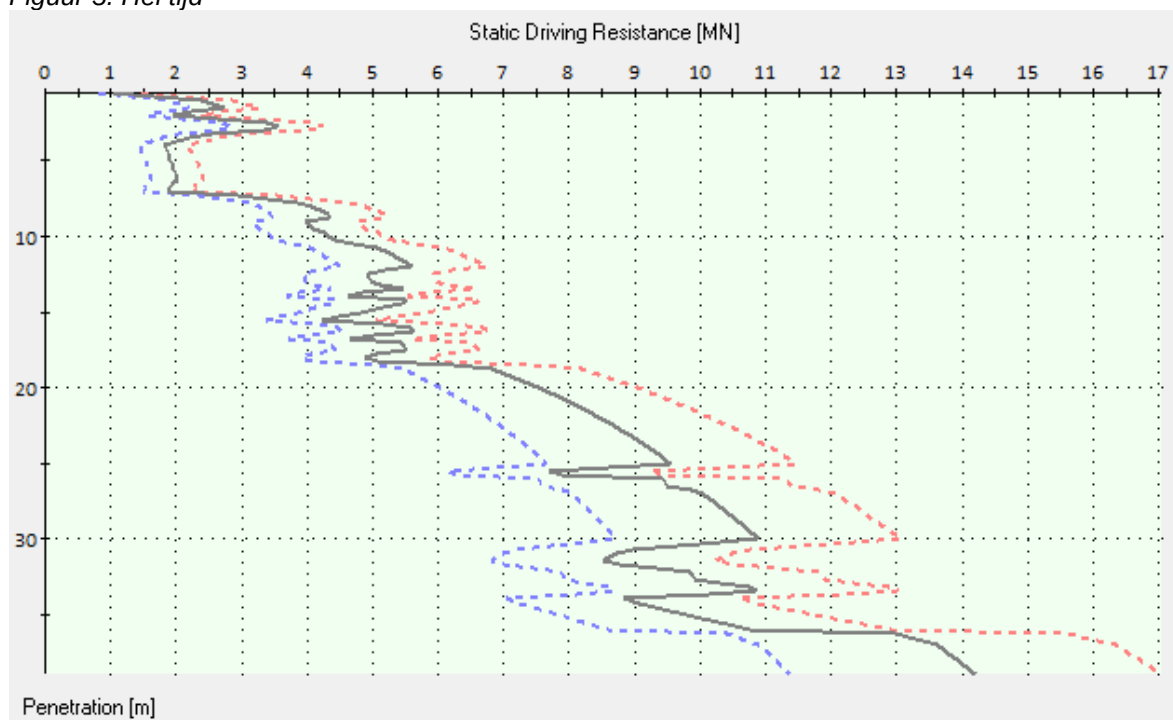
Figuur 3. Drukspanning



Figuur 4. Totaal aantal klappen



Figuur 5. Hei tijd

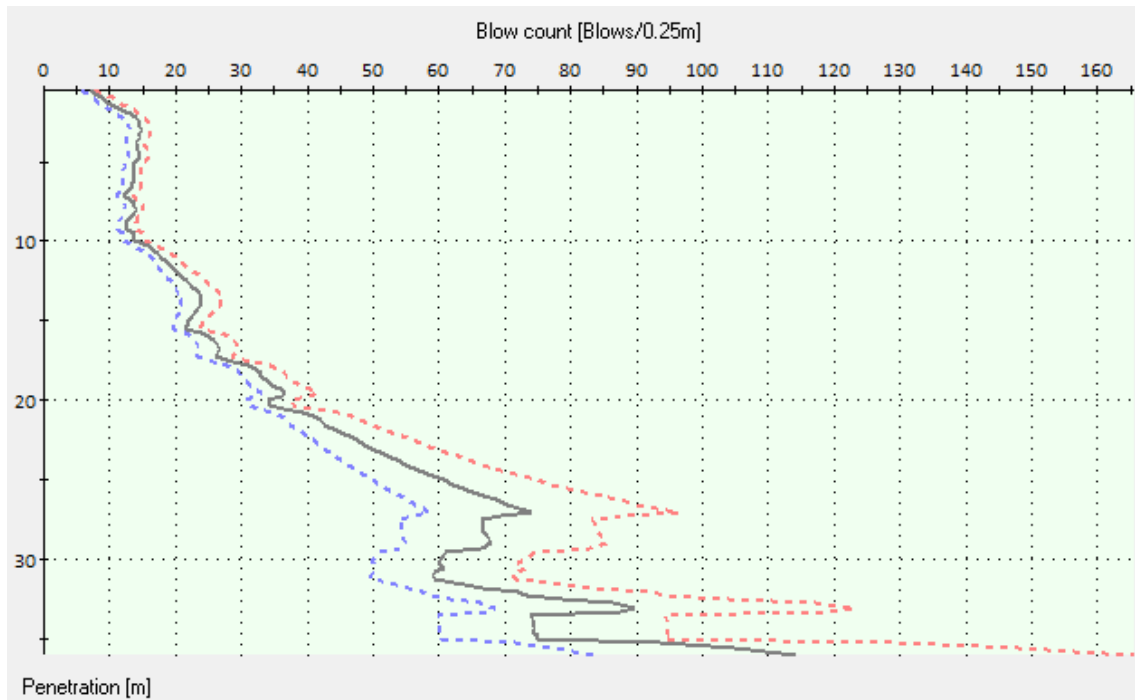


Figuur 6. SRD

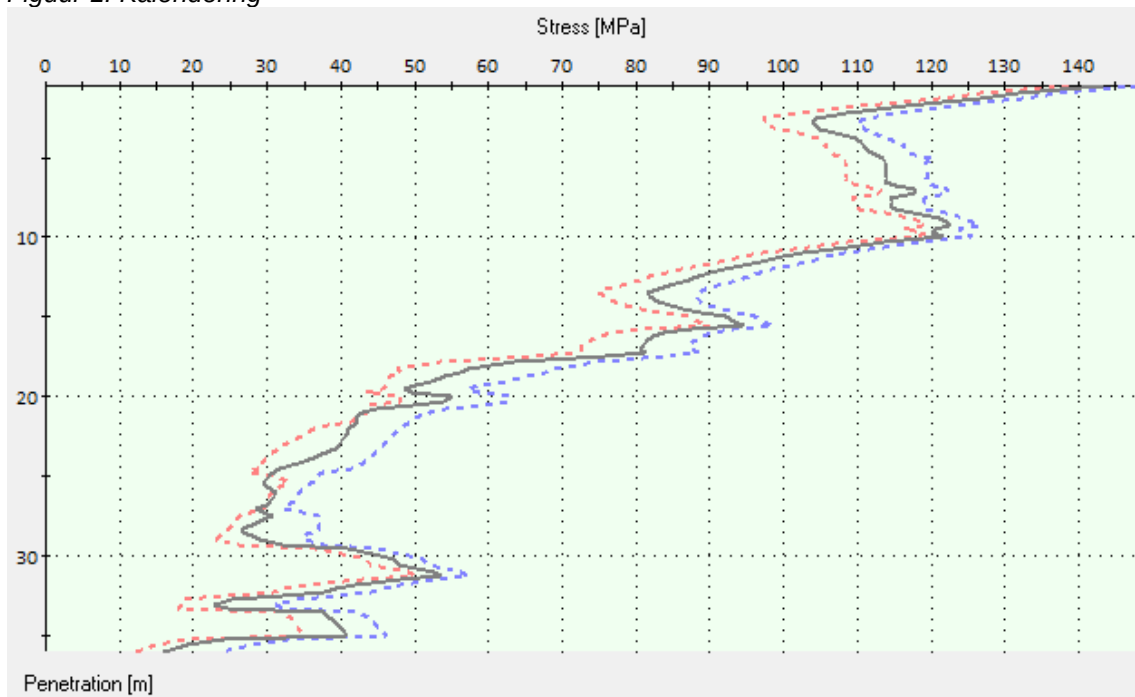


B.2 Allwave uitvoer P2-S30 IHC S200

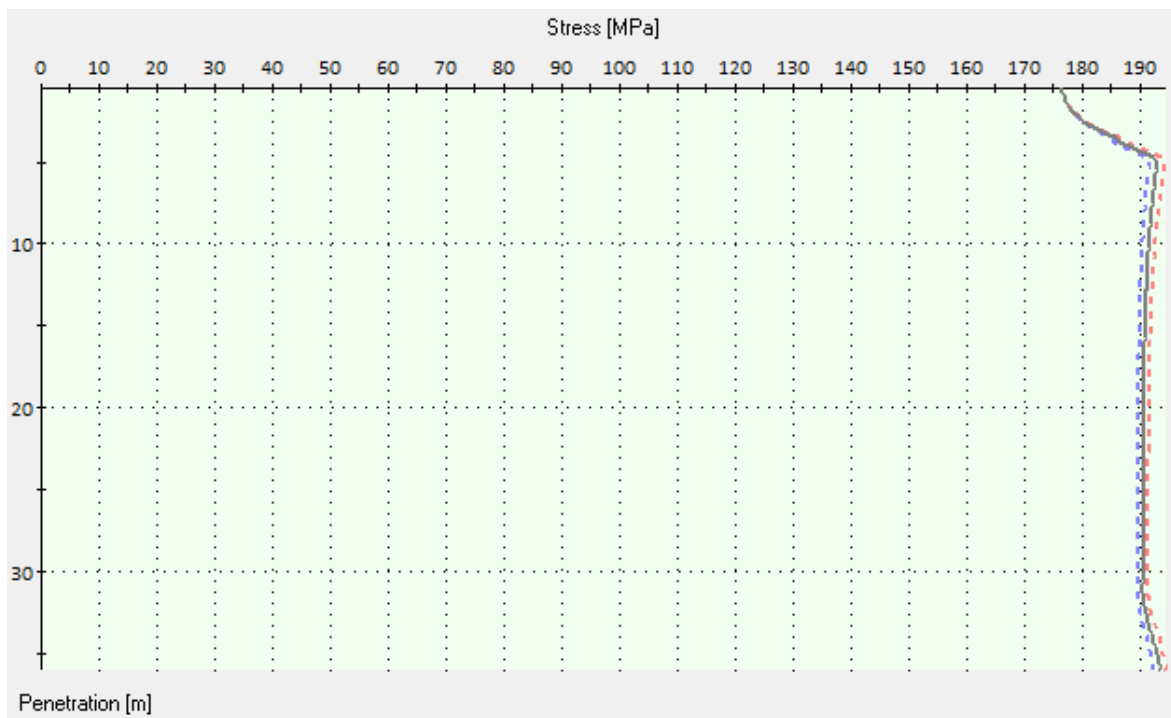
Sondering 30, enkele paal, open stalen buispaal Ø1829/25 mm¹
IHC S200, p.p. niveau NAP -34,00 m¹



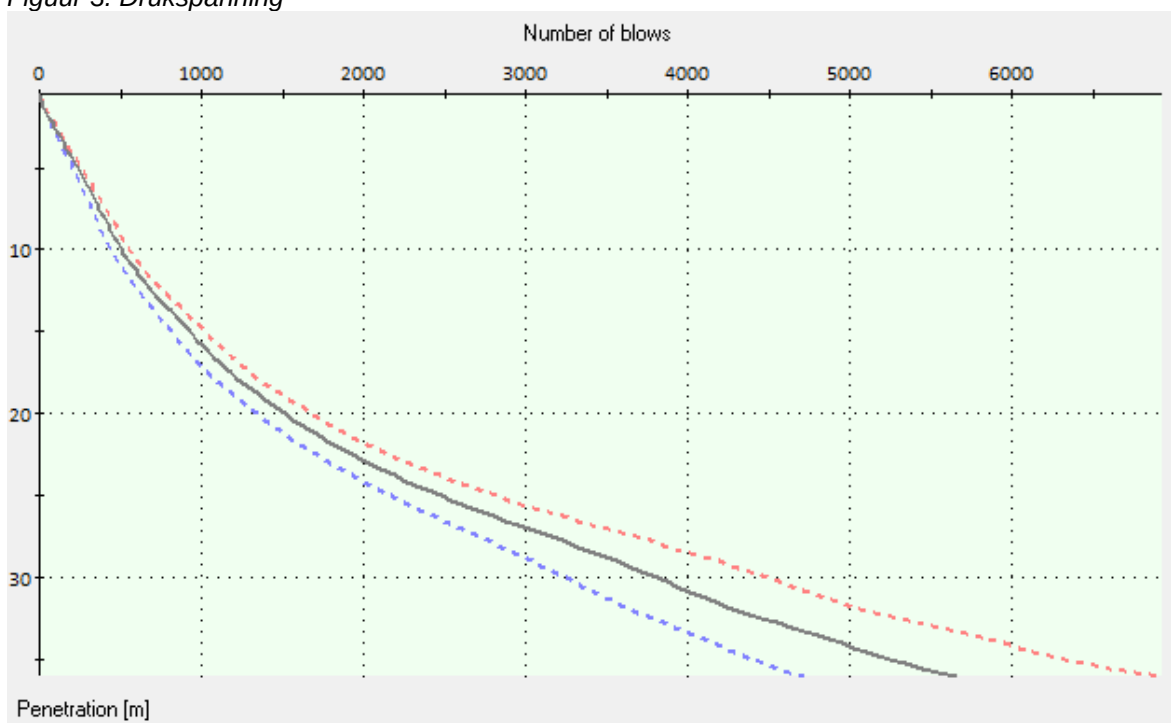
Figuur 1. Kalendering



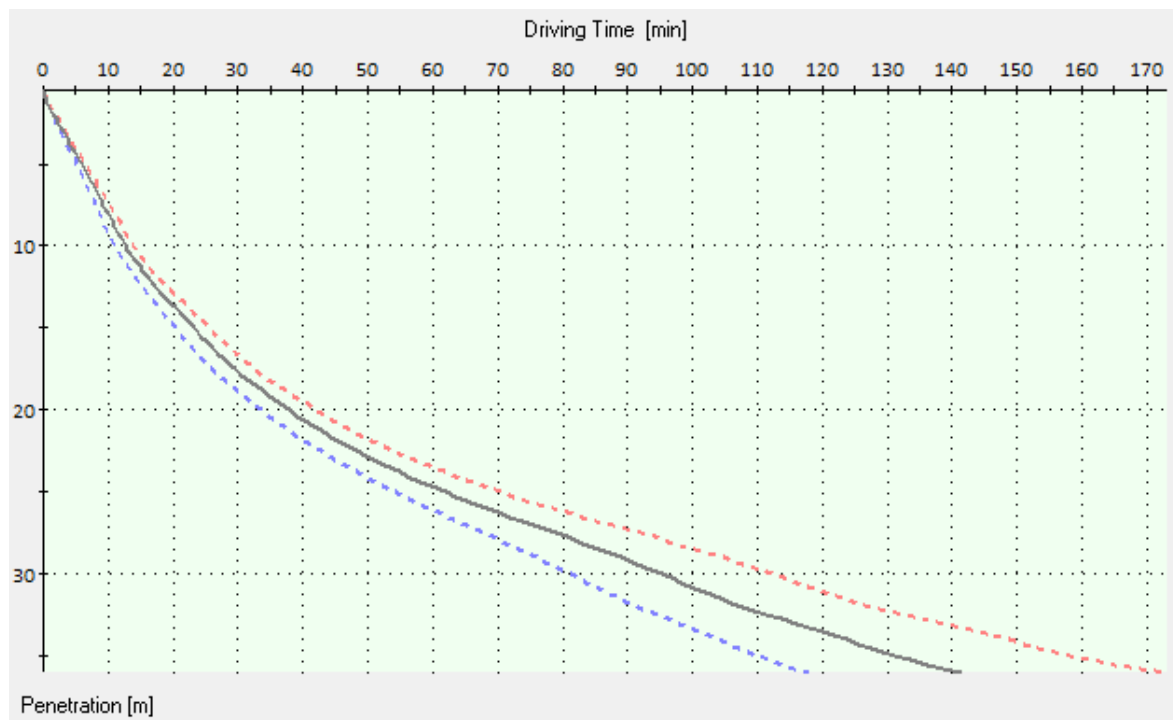
Figuur 2. Trekspanning



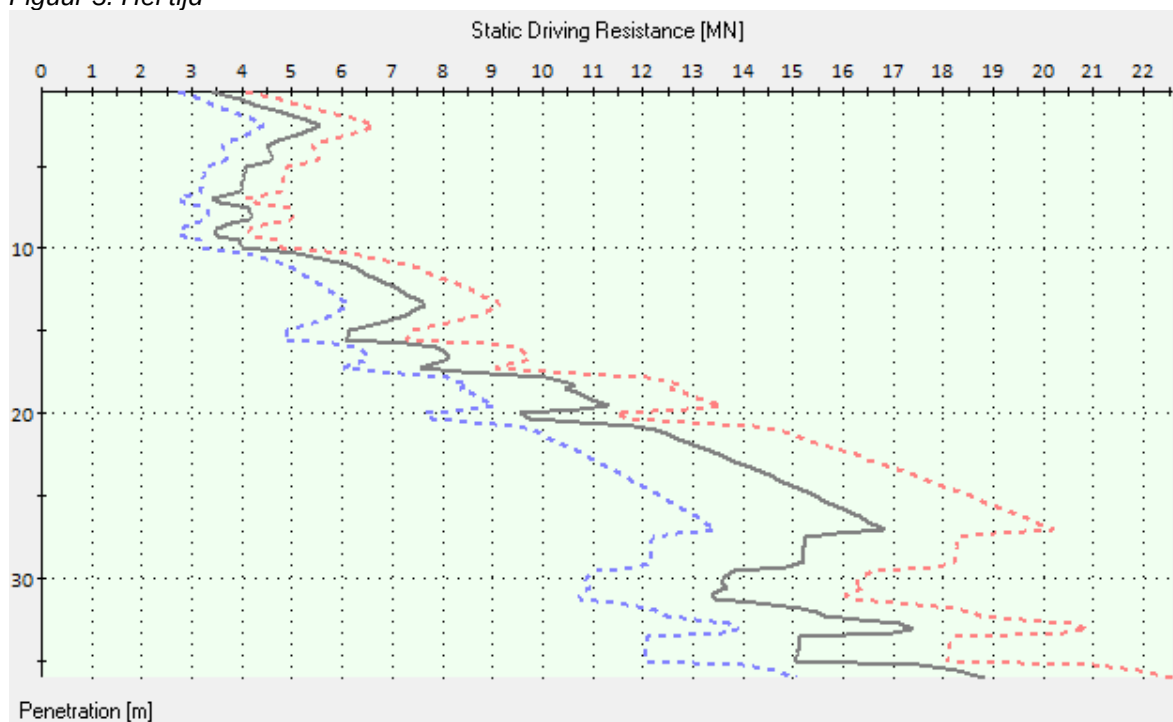
Figuur 3. Drukspanning



Figuur 4. Totaal aantal klappen



Figuur 5. Hei tijd



Figuur 6. SRD