

Analyse resultaten van akoestische metingen op in-situ palen



Analyse resultaten van akoestische metingen op in-situ palen

Auteur(s)

Yaro Linnemann

Paul Holscher

Analyse resultaten van akoestische metingen op in-situ palen

Opdrachtgever	-TKI Deltatechnologie DEL 161
Contactpersoon	-
Referenties	TKI Deltatechnologie DEL 161
Trefwoorden	In de grond gevormde palen, akoestische metingen, kwaliteitscontrole, veldonderzoek, precisie, nauwkeurigheid

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	19-12-2025
Projectnummer	11209349-000
Document ID	11209349-000-GEO-0005
Pagina's	35
Classificatie	
Status	Definitief

Auteur(s)

Samenvatting

Bij de demonstratiedag tijdens de 11^{de} Stress Wave conferentie (2022) is onderzoek gedaan naar de kwaliteit van het akoestisch doormeten van palen. Deze techniek wordt in de praktijk veel gebruikt om de kwaliteit van funderingspalen na installatie te controleren. Bij geconstateerde afwijkingen ontstaat er echter vaak discussie tussen de opdrachtgever en de aannemer over de waarde van de meetmethode en de interpretatie van de resultaten. Dit was aanleiding voor de SW22-organisatie om nader onderzoek naar de kwaliteit en betrouwbaarheid van de akoestische meetmethode methode te faciliteren.

Ten behoeve van dit onderzoek is door de SW22-organisatie een proefveld aangebracht op de locatie van de Stress Wave conferentie. Het proefveld op de demonstratiedag heeft bestaan uit twee palenvelden met elk tien palen: tien geprefabriceerde palen die heidend zijn geïnstalleerd, en tien in de grond gevormde palen. Van elk palenveld zijn negen palen gebruikt voor akoestische metingen en is één paal gebruikt voor een proefbelasting voor draagvermogen.

In dit rapport worden de resultaten van de akoestische metingen op negen in de grond gevormde palen beschouwd. De palen zijn op locatie in de grond gevormd met buizen van 16,5m lang. De palen zijn akoestisch beproefd door vijf verschillende (anonieme) participanten.

Het doel van deze proef op de in de grond gevormde palen was inzicht te verkrijgen in de betrouwbaarheid van de bepaling van afwijkingen van de vorm van in de grond gevormde palen door middel van akoestische metingen. In dit rapport wordt de analyse van de resultaten van deze veldmetingen beschreven om een beeld te vormen van de betrouwbaarheid van de resultaten.

De meetresultaten zijn geanalyseerd door de locaties met afwijkingen en meldingen onder te verdelen in categorieën afhankelijk van of er op die locatie alleen een afwijking was (false negative), alleen een melding van een afwijking (false positive) of allebei (true positive). Dit is op twee manieren gedaan: (a) door alleen te kijken naar de locatie van de afwijkingen en (b) door te kijken naar zowel de locatie als het type van de afwijkingen.

De uitkomst van dit onderzoek is dat de resultaten van akoestische metingen op in de grond gevormde palen slechts in een minderheid van de gevallen correct zijn. Het advies is daarom om bij het bepalen van de bruikbaarheid van in de grond gevormde palen niet blind te varen op de resultaten van akoestische metingen. Ook andere informatiebronnen zoals grondonderzoek en de metingen van het stortproces dienen te worden gebruikt.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	6
1.1	Algemene opzet proefveld	6
1.2	Achtergrond van de proef op in de grond gevormde palen	6
1.3	Terminologie	6
2	Opzet veldonderzoek	8
2.1	Vorbereiding	8
2.2	Verloop van de beproeving	8
2.3	Trekken van de palen	8
3	Resultaten	9
3.1	Dataverwerking	9
3.2	Analyse aan de hand van grondonderzoek	10
3.3	Beperking tot bovenste afwijking	11
3.4	Besprekingen van resultaten	12
4	Conclusie	13
A	CPT	14
B	Visuele inspectie getrokken palen	15
C	Foto's getrokken palen	16
D	Spreadsheet participanten	21
E	Productiegegevens palen	24
E.1	Meting per paal	24
E.2	Overzicht productiegegevens	34

1 Inleiding

1.1 Algemene opzet proefveld

In de grond gevormde palen worden in bebouwde omgeving steeds vaker toegepast. De kwaliteit van deze palen kan sterk worden beïnvloed door de lokale grondomstandigheden. Het maken van deze palen vereist veel vakmanschap, waarbij verschillende parameters tijdens het productieproces worden gemonitord. Toch blijft er vaak behoefte aan een controle achteraf, waarvoor momenteel het akoestisch doormeten van de palen de meest aantrekkelijke techniek blijkt.

Hoewel deze techniek vaak wordt toegepast en er veel ervaring mee is, leidt het resultaat van de meting regelmatig tot discussies over de kwaliteit van akoestische metingen. Om dergelijke discussie te beperken is een beter inzicht in de werkelijke kwaliteit van de meting wenselijk.

Tijdens de demonstratiedag van de Stress Wave 2022 conferentie in Rotterdam heeft het consortium van Van 't Hek, Allnamics en Deltares op de Maasvlakte een proefveld ontwikkeld dat tot doel heeft bij te dragen aan het inzicht van de kwaliteit van akoestische metingen.

Het proefveld bestond uit twee delen: tien prefab palen met verschillende dikte en lengte en tien in de grond gevormde palen met verschillende mogelijke afwijkingen. Dit rapport gaat in op de achtergrond en verwerking van de resultaten van het deel met de in de grond gevormde palen. Het onderzoek naar de resultaten van de prefab palen wordt beschreven in rapport 11209349-000-GEO-0004. De algemene opzet van de demonstratiedag wordt verder beschreven in rapport 11209349-000-GEO-0003.

Deze activiteit is mede gefinancierd door TKI Deltatechnologie uit de PPS-innovatie programmasubsidie van het Ministerie van Economische Zaken.

1.2 Achtergrond van de proef op in de grond gevormde palen

Er is een poging gedaan om de betrouwbaarheid van de akoestische methode te bepalen in het vinden van afwijkingen van de vorm van in de grond gevormde palen. Hierbij zijn de beoordelingen van de participanten vergeleken met de daadwerkelijke afwijkingen in de palen.

Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd in samenwerking met van 't Hek en Allnamics en mede gefinancierd door TKI Deltatechnologie uit de PPS-innovatie programmasubsidie van het Ministerie van Economische Zaken

1.3 Terminologie

In dit rapport worden de termen afwijking en defect gebruikt om te verwijzen naar eigenschappen van het akoestische meetsignaal en de staat van de paal. Afwijkingen worden in dit rapport als volgt gecategoriseerd:

1. Wanneer er bij de akoestische meting een reflectie geconstateerd wordt die niet van de paalpunt is, is er sprake van een afwijking in het meetsignaal.
2. Deze afwijking in het meetsignaal kan komen door de grond of door de paal. Wanneer de oorzaak van de afwijking in de paal te vinden is, is er sprake van een afwijking in de paalvorm. Wanneer een gegeven afwijking in het meetsignaal bij alle palen in het veld voorkomt suggereert dit dat de afwijking door de grond komt.

3. Wanneer een afwijking in de paalvorm het gevolg heeft dat de paal niet bruikbaar is voor het beoogde doel, is er sprake van een defect in de paal.

In het palenveld van de demonstratiedag hadden de meeste palen verschillende afwijkingen, aangezien deze afwijkingen in elk geval verdikkingen waren en daarom geen negatief effect hadden op het draagvermogen, is er geen sprake van defecten.

2 Opzet veldonderzoek

2.1 Voorbereiding

Ter voorbereiding van het onderzoek is er een proefveld opgezet waarin tien CFA (Continuous Flight Auger) palen gemaakt zijn. Voorafgaand aan de installatie is op elke paalpositie een sondering uitgevoerd (zie bijlage A voor de sondering ter plekke van paal S27 als voorbeeld). Deze palen zijn gemaakt in buizen van 16,5 meter lang en zouden daarom in principe allemaal dezelfde lengte moeten hebben. Om er voor te zorgen dat er afwijkingen zijn om te meten is er aan de aannemer (Van 't Hek) die de palen gemaakt heeft de instructie doorgegeven om expres fouten te maken in het productieproces. Bijlage E.1 geeft voor elke paal de gegevens die tijdens de installatie zijn gemeten. Bijlage E.2 geeft een overzicht van de palen en de bedoelde afwijkingen. Deze gegevens waren niet bekend bij de deelnemers aan de testmetingen.

In de veldproef hebben de participanten hun meetresultaten ingevuld op een standaard spreadsheet, te zien in bijlage D. Hier is ruimte om per paal aan te geven (a) of er afwijkingen in de paalvorm zijn, (b) waar deze afwijkingen zijn en (c) wat voor afwijkingen het zijn. Ook is er per afwijking gevraagd hoe zeker de participant is over diens resultaat, dit kan een beeld geven van hoe goed de participanten in kunnen schatten of hun meetresultaat klopt. Het proces is initieel volledig anoniem verlopen, en naast de genoteerde resultaten was er ten tijde van deze verwerking geen informatie bekend over de participanten.

2.2 Verloop van de beproeving

Tijdens de demonstratiedag hebben zeven participanten de palen akoestisch doorgemeten en de resultaten genoteerd op een spreadsheet. Van de tien in de grond gevormde palen waren er slechts negen gebruikt omdat op één van de palen een proefbelasting werd uitgevoerd.

2.3 Trekken van de palen

Na afloop van de demonstratiedag zijn de palen uit de grond verwijderd. De meeste palen zijn gebroken uit de grond gekomen, het is onduidelijk of ze al gebroken waren voor het trekken of dat dit als gevolg van het trekken gebeurd is. Het is wel bekend dat in de grond gevormde palen meestal niet het proces van uit de grond verwijderen intact doorstaan. Het is daarom aannemelijk dat de palen zijn gebroken bij het trekken. Bijlage C geeft een impressie van de afwijkingen in de getrokken palen.

Na het trekken van de palen zijn ze geïnspecteerd op afwijkingen. Deze afwijkingen zijn in kaart gebracht om te kunnen bepalen of de akoestische metingen een correct beeld gaven van de staat waarin de palen voor verwijdering verkeerden. Van de negen palen hadden vier palen geen afwijking. Van de overige vijf palen hadden drie palen één verdikking, had één paal drie verdikkingen en één paal zelfs vijf verdikkingen. In totaal gaat het dus om 11 afwijkingen waarvan enkel verdikkingen. Een overzicht hiervan is gegeven in Bijlage B.

3 Resultaten

3.1 Dataverwerking

Voor elke paal-participant combinatie zijn de beoordelingen van de afwijkingen in vier categorieën verdeeld. Dit zijn de categorieën (1) correct, (2) false negative, (3) false positive en (4) verkeerde richting. Als een melding van een afwijking binnen 1,5m van een daadwerkelijke afwijking zit wordt dit gezien als correct of een verkeerde richting. Een correcte melding is een melding waarvan zowel de locatie als het type afwijking (verdikking/insnoering) kloppen, een verkeerde richting is een melding op de juiste locatie, maar het verkeerde type afwijking. Een false positive is wanneer er een afwijking in de paalvorm aangegeven is door de participant aan de hand van de meting maar in de realiteit geen afwijking is. Een false negative is wanneer er geen afwijking aangegeven is door de participant aan de hand van de meting maar op die locatie wel een afwijking is in werkelijkheid. Deze Engelstalige termen worden verder in dit rapport ook gebruikt omdat er geen veelgebruikte Nederlandse vertalingen voor zijn.

In Tabel 3.1 is het resultaat van deze verdeling te zien.

Tabel 3.1 Aantal meldingen per categorie

Categorie:	Correct	False Negative	False Positive	Verkeerde richting
Aantal:	10	55	42	12

Bij het globaal bekijken van de resultaten per categorie is het direct opmerkelijk dat het aantal correcte meldingen gering is. Ook is er te zien dat er bijna twee keer zo vaak een verkeerde richting aangegeven wordt als een juiste. Ook is er te zien dat het aantal false negative resultaten groter is dan het aantal false positive resultaten, dit geeft aan dat de gevoeligheid in de interpretatie wellicht laag is.

De resultaten zijn nader geanalyseerd voor twee verschillende situaties: een situatie waarbij alleen de aantallen en locaties van de afwijkingen uitmaken, en een situatie waarbij de soorten afwijkingen ook uitmaken. In de eerste situatie worden de meldingen met verkeerde richting als correct gezien, in de tweede situatie wordt een verkeerde richting gezien als zowel een false positive en een false negative.

In deze twee situaties zijn twee waardes bepaald om de betrouwbaarheid te analyseren. Dit zijn de kans dat een afwijking ook echt bestaat wanneer deze gemeld wordt (de Positive Predictive Value PPV) en de kans dat een bestaand afwijking gemeld wordt (de True Positive Rate TPR).

Tabel 3.2 geeft de resultaten.

Tabel 3.2 betrouwbaarheidswaardes aan de hand van de akoestische metingen

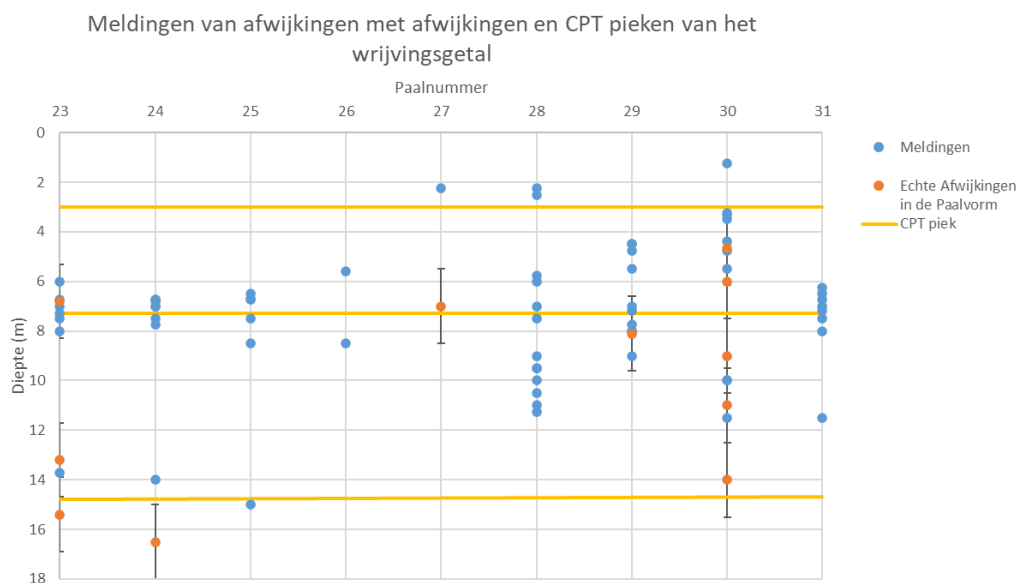
	Richting maakt uit	Richting maakt niet uit
PPV	16%	34%
TPR	13%	29%

Bij het bekijken van de resultaten in Tabel 3.2 valt het op dat de situatie waar de richting wel meegenomen wordt een bijna drie keer zo lage waarde heeft voor de PPV en de TPR, de oorzaak hiervan is het eerder genoemde verschil tussen het aantal correcte meldingen en verkeerde richting meldingen. Het is mogelijk dat de oorzaak van veel verkeerde richting meldingen een gevolg is van het zoeken naar insnoeringen door de participanten, insnoeringen hebben namelijk meer negatieve consequenties voor de bruikbaarheid van een paal dan verdikkingen.

3.2 Analyse aan de hand van grondonderzoek

De overgang tussen verschillende grondlagen heeft op twee verschillende manieren een invloed op de resultaten van een akoestische meting betonnen palen. Als eerste is er een indirecte invloed, veranderingen in grondlagen zorgen vaak voor de vorming van afwijkingen in paalvorm bij het maken van de palen. Als tweede is er de directe invloed, een verandering in de grondeigenschappen heeft namelijk een vergelijkbaar effect op de geluidsgolf als een afwijking in de paal.

In Figuur 3.1 is te zien waar de akoestische metingen afwijkingen aangaven (blauwe stip) en waar de afwijkingen daadwerkelijk zaten volgens de inspectie na het trekken van de palen (rode stip). Op de echte afwijkingen staat een errorbar, deze geeft aan binnen welk bereik een melding in de vorige paragraaf als correct beschouwd wordt. De horizontale lijnen vallen samen met pieken van het wrijvingsgetal uit de sonderingen. Deze pieken geven veelal aan dat er een dunne laag klei of veen te vinden is, en dus een zekere overgang tussen zandlagen.



Figuur 3.1 Locaties van gemelde en daadwerkelijke afwijkingen tegen de diepte vanaf paalkop.

In de figuur is te zien dat er erg veel meldingen zijn rondom de CPT piek op een diepte van 7 meter, zowel in de gevallen waar hier ook daadwerkelijk een afwijking te vinden is als in de gevallen waar de paal als vrijwel glad bepaald is. Dit geeft aan dat de overgang tussen grondlagen daar moeilijk te onderscheiden is van een afwijking in de paal. Opmerkelijk is dat in twee van de vier palen waar er wel rond die diepte een afwijking te vinden was er juist geen meldingen zijn rond dat punt, dit zijn palen 27 en 30.

3.3 Beperking tot bovenste afwijking

Een van de bekende beperkingen van de akoestische PIT is dat het lastig is om onder een eerste afwijking door te kijken naar verdere afwijkingen. Bij twee van de palen in dit onderzoek zijn er meerdere afwijkingen van de paalvorm aanwezig. In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt tussen de uitkomsten van het onderzoek voor deze twee palen in de initiële vorm (dus met alle afwijkingen) en in een variatie waar alleen tot aan de bovenste afwijking gekeken wordt. Dit betekent dat bij de laatstgenoemde aanpak alle meldingen die zich dieper bevinden dan de eerste afwijking in de paalvorm zoals na het trekken van de palen visueel geconstateerd niet meegenomen worden in de analyse. Bij de palen met slechts een enkele afwijking in de paalvorm is overigens geen sprake van meldingen die dieper liggen dan de bandbreedte om de afwijking waarin een melding als correct gezien wordt. Tabel 3.3 en Tabel 3.4 tonen voor de twee palen met meerdere afwijkingen een vergelijking tussen de originele analyse en de analyse waarbij alleen de eerste afwijking in de paalvorm meegenomen wordt.

Tabel 3.3 Aantal meldingen per categorie voor paal 23

Categorie:	Correct	False Negative	False Positive	Verkeerde richting
Alle meldingen:	1	14	0	6
Alleen eerste afwijking:	1	1	0	5

Tabel 3.4 Aantal meldingen per categorie voor paal 30

Categorie:	Correct	False Negative	False Positive	Verkeerde richting
Alle meldingen:	6	26	1	3
Alleen eerste afwijking:	3	1	1	3

In de tabellen is te zien dat voornamelijk het aantal false negative afwijkingen afneemt, dit komt doordat de diepere afwijkingen lastig te zien zijn en daardoor veel gemist worden. Bij paal 30 neemt ook het aantal correcte meldingen sterk af, dit kan komen doordat er bij deze paal vijf afwijkingen waren, waardoor de kans groter wordt dat de eerste afwijking over het hoofd wordt gezien. Tabel 3.5 toont het totaalbeeld van alle palen nadat de diepere afwijkingen in deze twee palen achterwege gelaten zijn.

Tabel 3.5 Aantal meldingen per categorie wanneer alleen de eerste afwijking per paal meegenomen wordt

Categorie:	Correct	False Negative	False Positive	Verkeerde richting
Alle meldingen:	10	55	42	12
Alleen eerste afwijking:	7	17	42	11

In deze tabel is te zien dat deze twee palen een sterke invloed hadden op het aantal gemiste afwijkingen waardoor de totale hoeveelheid false negative met circa tweederde afneemt. De veranderingen in deze aantallen leiden ook tot veranderingen van de betrouwbaarheidswaardes, Tabel 3.6 toont de betrouwbaarheidswaardes wanneer alleen de eerste afwijking per paal meegenomen wordt.

Tabel 3.6 betrouwbaarheidswaardes aan de hand van de akoestische metingen wanneer alleen de eerste afwijking per paal meegenomen wordt

	Richting maakt uit	Richting maakt niet uit
--	--------------------	-------------------------

PPV	12%	30%
TPR	20%	51%

In tabel 3.6 is te zien dat de afname van het aantal correcte meldingen zonder verandering van het aantal vals positieve meldingen zorgt voor een afname van de PPV, het relatieve effect is groter bij de categorie “richting maakt uit” omdat er meer verandering is in het aantal correcte meldingen dan het aantal verkeerde richting meldingen. De TPR neemt in deze variatie juist toe ten opzichte van de basissituatie. De oorzaak hiervan is dat het aantal gemiste afwijkingen sterker afgenomen is dan het aantal correcte meldingen, dit betekent dat wanneer er alleen gezocht wordt naar de eerste afwijking per paal er een groter percentage van de bestaande afwijkingen gevonden wordt.

3.4 Besprekingen van resultaten

In deze paragraaf worden de beperkingen van de eerder gegeven resultaten op een rij gezet.

De eerste beperking is dat er maar een beperkte hoeveelheid meetresultaten is. Er waren namelijk maar zeven participanten en negen meetbare palen, waarvan vijf palen afwijkingen hadden. Ook hebben de meeste afwijkingen kleine afmetingen, en zijn het allemaal verdikkingen zonder dat er ook insnoeringen aanwezig zijn. Als gevolg kunnen deze resultaten maar een beperkt beeld geven van de bruikbaarheid van de akoestische methode. Ook is de grond waarin de palen gevormd zijn relatief homogeen met uitzondering van de drie kleilagen. Dit zijn goede omstandigheden voor het maken van in de grond gevormde palen, dit betekent dat de afwijkingen expres aangebracht moesten worden. Het gevolg hiervan is dat de afwijkingen mogelijk niet op dezelfde wijze voorkomen als wanneer ze van nature voorkomen. De afwijkingen waren tevens vrij klein. Doordat kleine afwijkingen minder grote reflecties veroorzaken, zijn deze ook moeilijker te vinden met de akoestische test.

Een van de meest significante beperkingen van de akoestische methode voor PIT is dat er over het algemeen niet verder gekeken kan worden na een afwijking. Om de invloed die deze beperking op de resultaten van dit onderzoek heeft te kwantificeren is er ook een analyse uitgevoerd waarbij alle meldingen en afwijkingen die onder de bandbreedte van de eerste afwijking vallen achterwege gelaten worden. Deze aanvullende analyse laat zien dat het percentage van afwijkingen dat succesvol gedetecteerd wordt sterk toeneemt wanneer alleen de eerste afwijking meegenomen wordt.

4 Conclusie

Er zijn door zeven participanten akoestische metingen uitgevoerd op negen in de grond gevormde palen om de betrouwbaarheid van dit soort metingen bij het detecteren van afwijkingen te bepalen.

De resultaten zijn beperkt door een laag aantal metingen en een grondopbouw die vrij ideaal is voor het maken van in de grond gevormde palen. Dit betekent dat de resultaten mogelijk niet representatief zijn doordat er weinig natuurlijke afwijkingen hebben kunnen ontstaan.

Er is gezien dat de akoestische metingen vrij lage waardes behalen voor de Positive Predictive Value en de True Positive Rate. Dit geeft aan dat er zowel een grote kans is op het missen van bestaande afwijkingen als het aangeven van afwijkingen die niet bestaan.

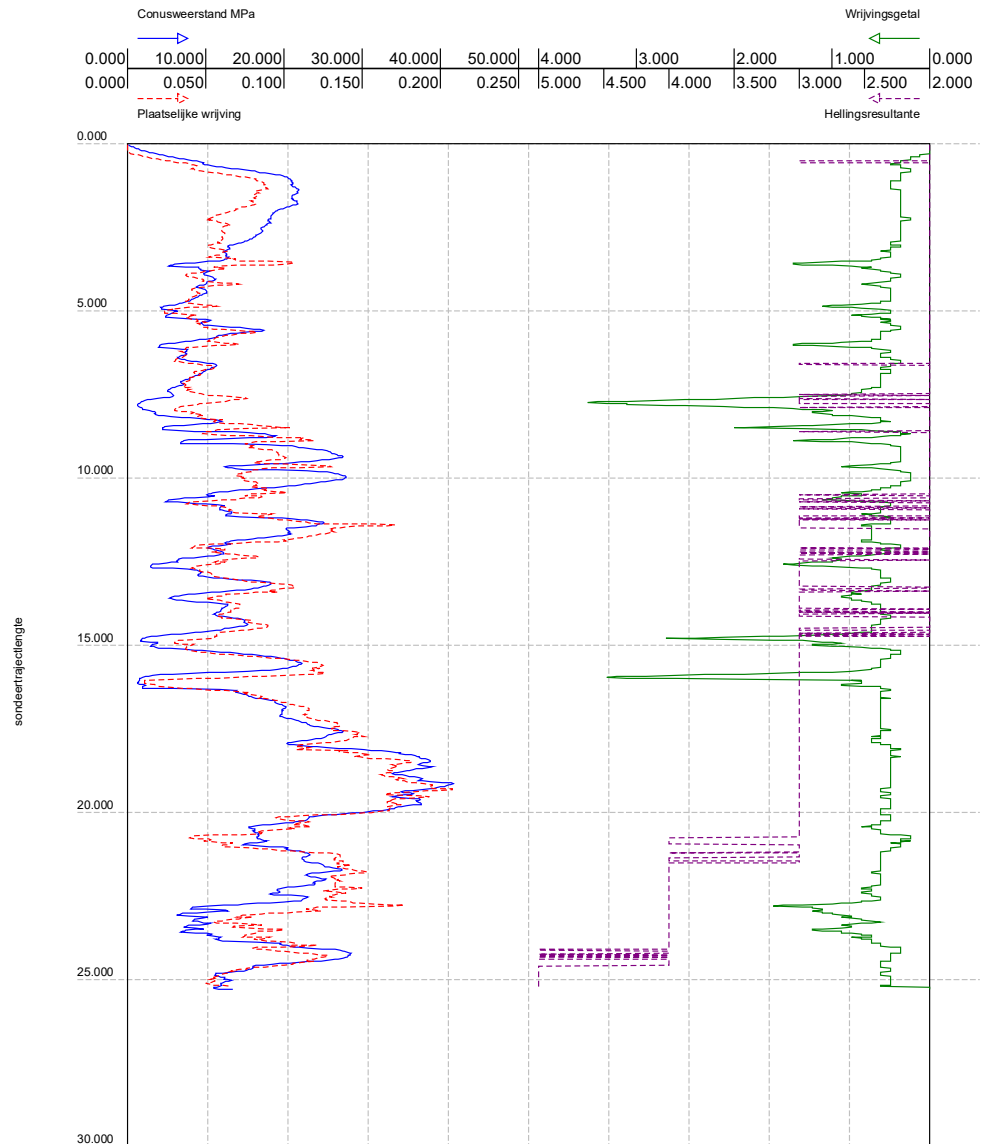
Er is ook gezien dat een overgang tussen grondlagen kan zorgen voor een groot aantal valse positieve meldingen van afwijkingen. Dit geeft aan dat het moeilijk is om het verschil te zien tussen een verandering in grondeigenschappen en een afwijkende paal. Hierbij komt ook dat de overgangen tussen grondlagen vaak juist de plekken zijn waar afwijkingen ontstaan. Dit betekent dat de meeste afwijkingen zich op een plaats zullen bevinden die lastig te overzien is.

Wanneer enkel de meest ondiepe afwijking van een paal onderzocht wordt is er te zien dat een groter deel van de resterende afwijkingen gevonden wordt, omdat het met een akoestische meetmethode lastig is om verder te kijken dan de eerste grote reflectie. In de praktijk kan dit betekenen dat een dieper liggend defect gemaskeerd wordt door een ondiep liggende afwijking die geen negatief effect heeft op de draagkracht van de paal.

Concluderend is het beeld dat een akoestische meting van in de grond gevormde palen slechts een beperkte indicatie geeft van de daadwerkelijke afwijkingen onder de omstandigheden van deze veldproef. Het is bij het toepassen van deze conclusie op andere locaties echter van belang dat dit resultaat beïnvloed wordt door factoren als de grondopbouw, de soort afwijkingen en de afmetingen van de afwijkingen. In situaties waar deze omstandigheden sterk verschillen van deze veldproef kan een andere betrouwbaarheid optreden.

Aan de hand van deze resultaten is de aanbeveling om kritisch te kijken naar de resultaten van akoestische metingen op in de grond gevormde palen. In dit onderzoek is namelijk maar 29% van de bestaande afwijkingen gevonden, en was er bij 34% van de afwijkingmeldingen ook daadwerkelijk een afwijking te vinden. Wanneer enkel de meest ondiepe afwijking in acht genomen wordt zijn dit respectievelijk 51% en 30%.

A CPT



BRO-ID: CPT000000217581
 Verticale verschuiving: 5.110 (NAP)
 Lokaal verticaal referentiepunt: maaiveld
 Aangeleverde coördinaten: 58614.670, 438265.320 (urn:ogc:def:crs:EPSG::28992)

B Visuele inspectie getrokken palen

**Avegaar
47 cm**

S23	A5	Op 6,8 m onder de kop 10 cm verdikt, op 13,2 meter ook circa 10 cm verdikt en ook op 15,4 meter een circa 10 cm verdikking.
S24	V5	Dikke paalvoet
S25	A4	Vrijwel glad
S26	V4	Vrijwel glad
S27	A3	Op 7 m onder de kop 5 cm verdikt
S28	V3	Vrijwel glad
S29	A2	Op 8,1 m onder de kop een verdikking van 10 cm Van 3,8 m tot 5,5 m circa 8 cm verdikking, op 6 m onder kop een rand van 15 cm en
S30	V2	op 9 m kleine verdikking, 11 m kleine verdikking en op 14 m weer een verdikking
S31	A1	Vrijwel glad
S32	V1	Op 14 m onder de kop verdikking van circa 10 cm

C Foto's getrokken palen

In deze bijlage zijn de foto's van de getrokken palen te zien









D Spreadsheet participanten

Cast in-situ piles

Assumed wave speed (m/s)

(for the Cast in-situ piles)

pile	defect [-]	defect 1				defect 2				defect 3				defect 4			
		type1 [-]	top1 [m]	bottom1 [m]	reliability1 [-]	type2 [-]	top2 [m]	bottom2 [m]	reliability2 [-]	type3 [-]	top3 [m]	bottom3 [m]	reliability3 [-]	type4 [-]	top4 [m]	bottom4 [m]	reliability4 [-]
S23																	
S24																	
S25																	
S26																	
S27																	
S28																	
S29																	
S30																	
S31																	

Cast in-situ piles

Assumed wave speed (m/s) Participant B

(for the Cast in-situ piles)

pile	defect [-]	defect 1				defect 2				defect 3				defect 4			
		type1 [-]	top1 [m]	bottom1 [m]	reliability1 [-]	type2 [-]	top2 [m]	bottom2 [m]	reliability2 [-]	type3 [-]	top3 [m]	bottom3 [m]	reliability3 [-]	type4 [-]	top4 [m]	bottom4 [m]	reliability4 [-]
S23	nee																
S24	ja	scheur	6,8	6,8													
S25																	
S26																	
S27																	
S28	ja	insnoering	5,5	6,5		toename	9	10									
S29	ja	toename	4	5		toename	6,6	7,7									
S30	ja	insnoering	3,1	4		toename	9,2	10,7									
S31	ja	toename	5,9	7,1													

Cast in-situ piles

Assumed wave speed (m/s) :
(for the Cast in-situ piles)

Participant H

pile	defect [-]	defect 1				defect 2				defect 3				defect 4			
		type1 [-]	top1 [m]	bottom1 [m]	reliability1 [-]	type2 [-]	top2 [m]	bottom2 [m]	reliability2 [-]	type3 [-]	top3 [m]	bottom3 [m]	reliability3 [-]	type4 [-]	top4 [m]	bottom4 [m]	reliability4 [-]
S23	yes	slight neck	8	8													
S24	yes	neck	7	7													
S25	yes	enlargement	6,7	6,7													
S26	yes	enlargement	5,6	5,6													
S27	no																
S28	no																
S29	no																
S30	yes	slight neck	3,3	3,3													
S31	yes	enlargement	7,2	7,2													

Cast in-situ piles

Assumed wave speed (m/s) : 3800
(for the Cast in-situ piles)

Participant D

pile	defect [-]	defect 1				defect 2				defect 3				defect 4			
		type1 [-]	top1 [m]	bottom1 [m]	reliability1 [-]	type2 [-]	top2 [m]	bottom2 [m]	reliability2 [-]	type3 [-]	top3 [m]	bottom3 [m]	reliability3 [-]	type4 [-]	top4 [m]	bottom4 [m]	reliability4 [-]
S23	Yes	reduced diameter	6,5	7													
S24	Yes	reduced diameter	6,5	7													
S25	Yes	reduced diameter	6,5	7													
S26	no																
S27	Yes	reduced diameter	2	2,5	uncertain												
S28	Yes	reduced diameter	2	2,5		enlarged diameter	10	11	certain								
S29	Yes	reduced diameter	7,5	8													
S30	Yes	Crack	1	1,5	Certain												
S31	Yes	enlarged diameter	6,5	7													

Cast in-situ piles

Assumed wave speed (m/s) : 3800

Participant E

(for the Cast in-situ piles)

pile	defect [-]	defect 1				defect 2				defect 3				defect 4			
		type1 [-]	top1 [m]	bottom1 [m]	reliability1 [-]	type2 [-]	top2 [m]	bottom2 [m]	reliability2 [-]	type3 [-]	top3 [m]	bottom3 [m]	reliability3 [-]	type4 [-]	top4 [m]	bottom4 [m]	reliability4 [-]
S23	Yes	Small Constriction	7	7	Hesitating												
S24	Yes	Small constriction	7	7	Hesitating												
S25	Yes	Small constriction	7	8	Hesitating												
S26	No																
S27	No																
S28	Yes	Small tickening	10	10	Hesitating												
S29	Yes	Constriction	8	8	Certain	Small tickening	4,5	5	Certain								
S30	Yes	Small tickening	4,5	5	Certain												
S31	Yes	Small constriction	7	7	Hesitating												

All the possible defects at 7m could be a bigger change in ground layers, because its visible at multiple piles.

Cast in-situ piles

Assumed wave speed (m/s) :


Participant G

(for the Cast in-situ piles)

pile	defect [-]	defect 1				defect 2				defect 3				defect 4			
		type1 [-]	top1 [m]	bottom1 [m]	reliability1 [-]	type2 [-]	top2 [m]	bottom2 [m]	reliability2 [-]	type3 [-]	top3 [m]	bottom3 [m]	reliability3 [-]	type4 [-]	top4 [m]	bottom4 [m]	reliability4 [-]
S23	yes	neck	6,2	8,4	high	insnoering	14	13,4	medium								
S24	yes	neck	7	8,5	high	neck	12,5	15,5									
S25	yes	bulge	6	7	high	insnoering	14	16	medium								
S26	no																
S27	no																
S28	yes	neck	2	3	high	neck	6	8	mdium	neck	8	10	medium	neck	10	12	medium
S29	yes	bulge(?)	7	9	high												
S30	yes	bulge	3,8	5	high												
S31	yes	bulge	7	8	high												

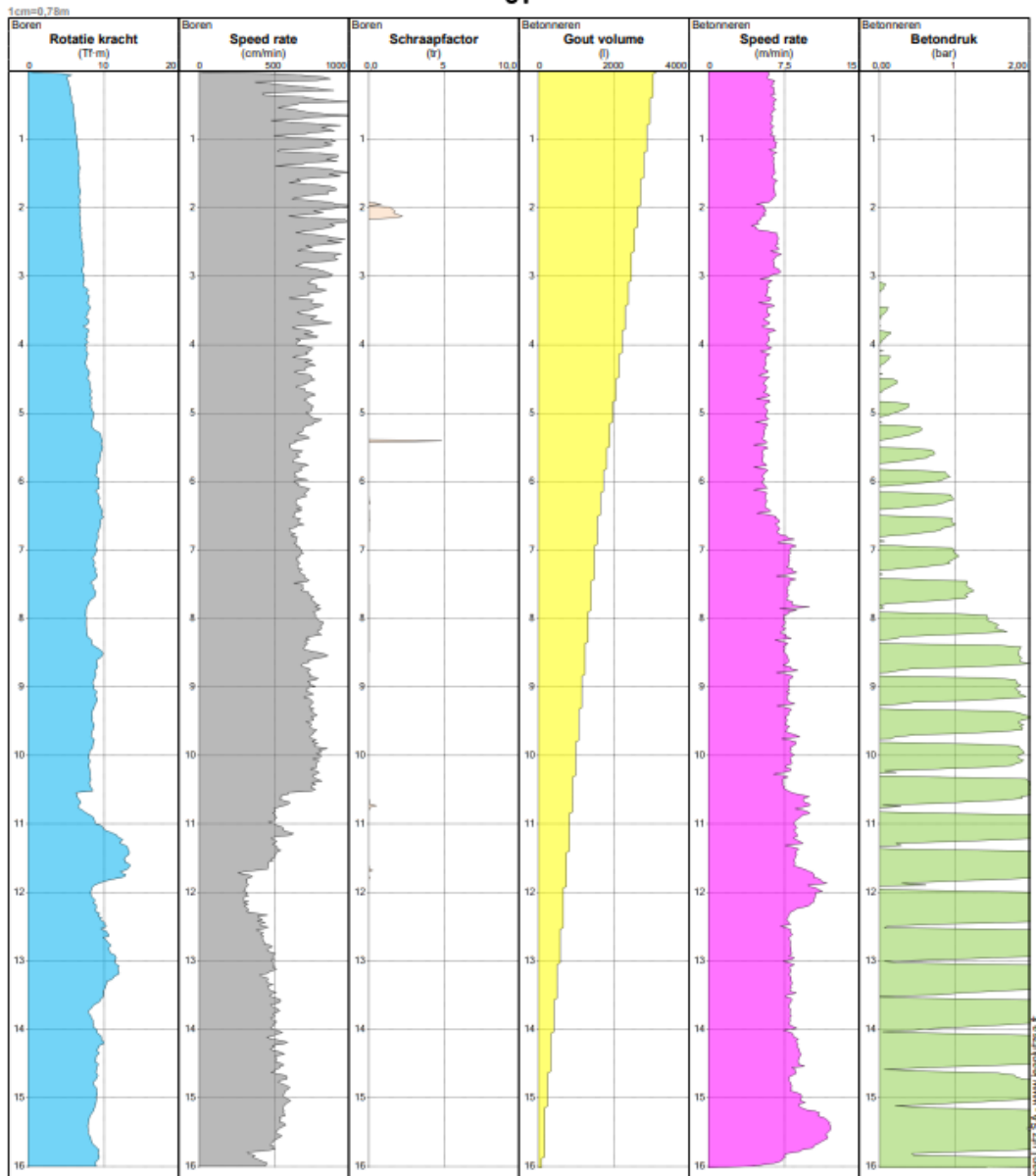
E Productiegegevens palen


E.1 Meting per paal

	MAASVLAKTE (Contract:22.1453)	
	Startdatum : 2-9-2022 10:16:39 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,05 m Concreet volume : 3,198 m3	Drilling start : 2-9-2022 10:16:40 Drilling end : 2-9-2022 10:27:34 Concreting start : 2-9-2022 10:27:34 Concreting end : 2-9-2022 10:35:56 Totale Duur : 00:19:17

31

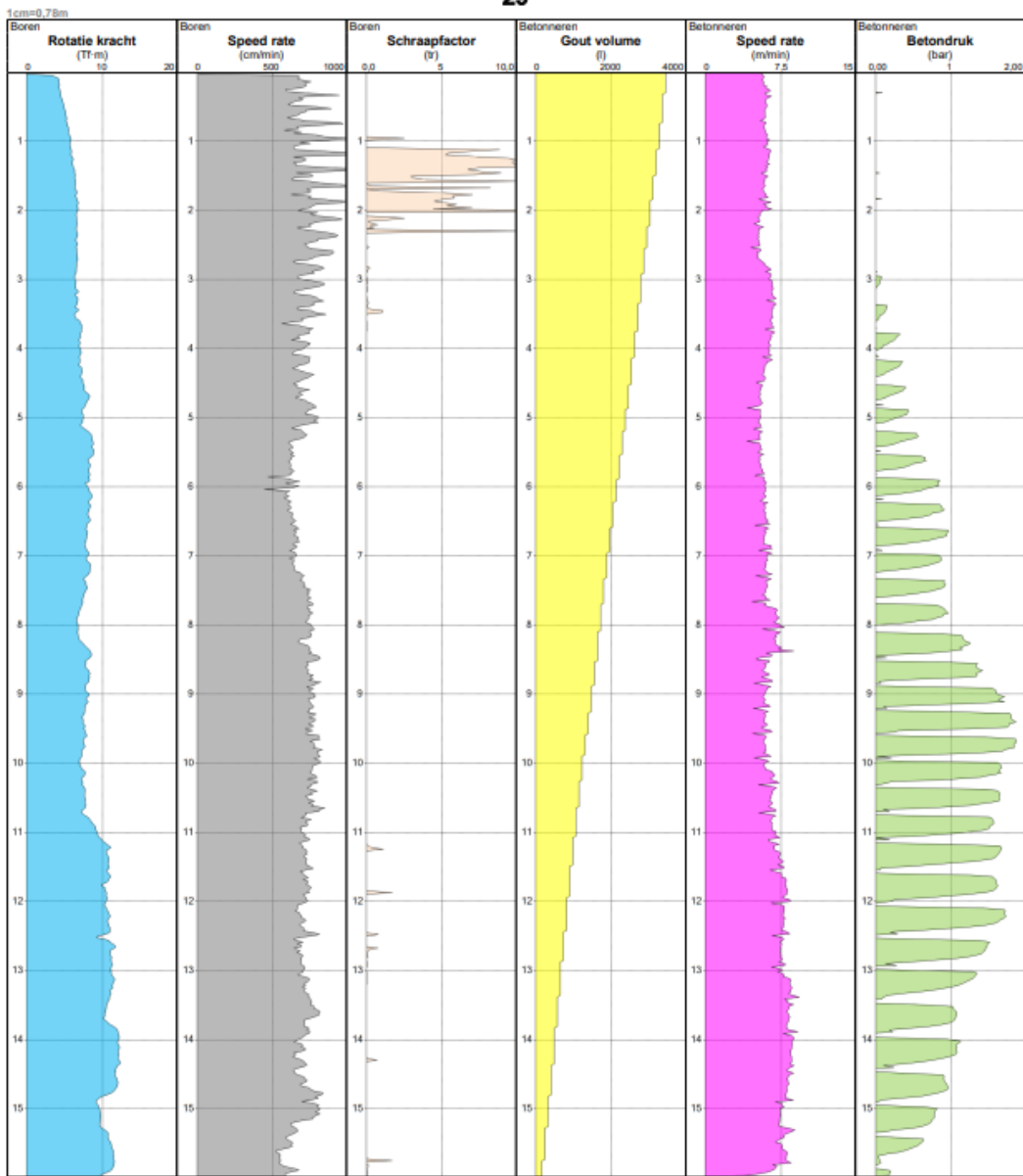
Allen voor Identificatie/Diagram 1788 TCT 8.0.09




	MAASVLAKTE (Contract:22.1453)	
	Startdatum : 2-9-2022 10:37:11 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,01 m Concreet volume : 3,608 m3	Drilling start : 2-9-2022 10:37:12 Drilling end : 2-9-2022 10:39:59 Concreting start : 2-9-2022 10:39:59 Concreting end : 2-9-2022 10:50:44 Totale Duur : 00:13:33

29

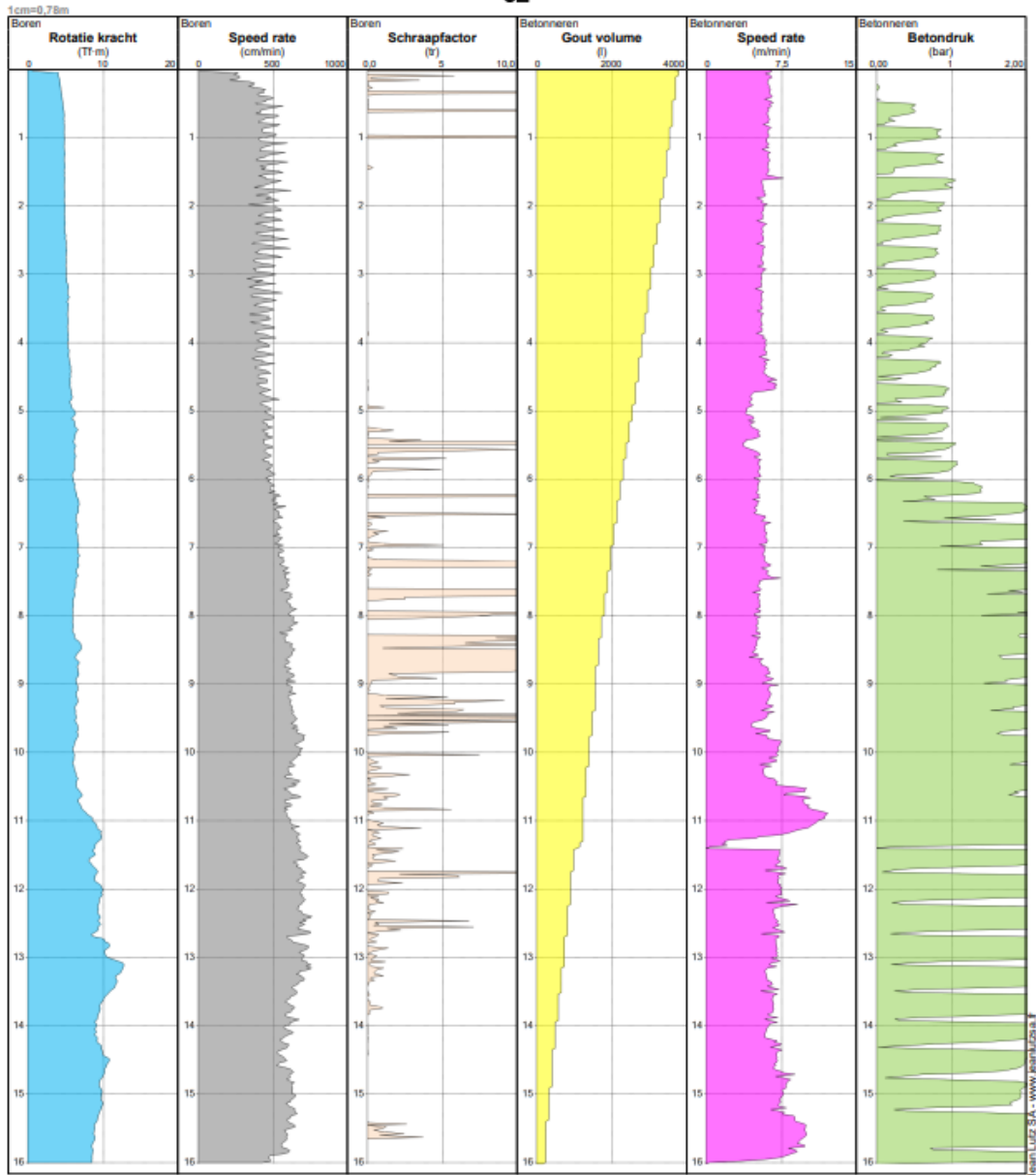
Allen voor Identen/DialogMX 1788 TCT 8.0.09




	MAASVLAKTE		(Contract:22.1453)
	Startdatum : 2-9-2022 10:51:04 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,03 m Concreet volume : 3,936 m3	Drilling start : 2-9-2022 10:51:05 Drilling end : 2-9-2022 10:55:37 Concreting start : 2-9-2022 10:55:37 Concreting end : 2-9-2022 12:58:28 Totale Duur : 02:07:24	

32

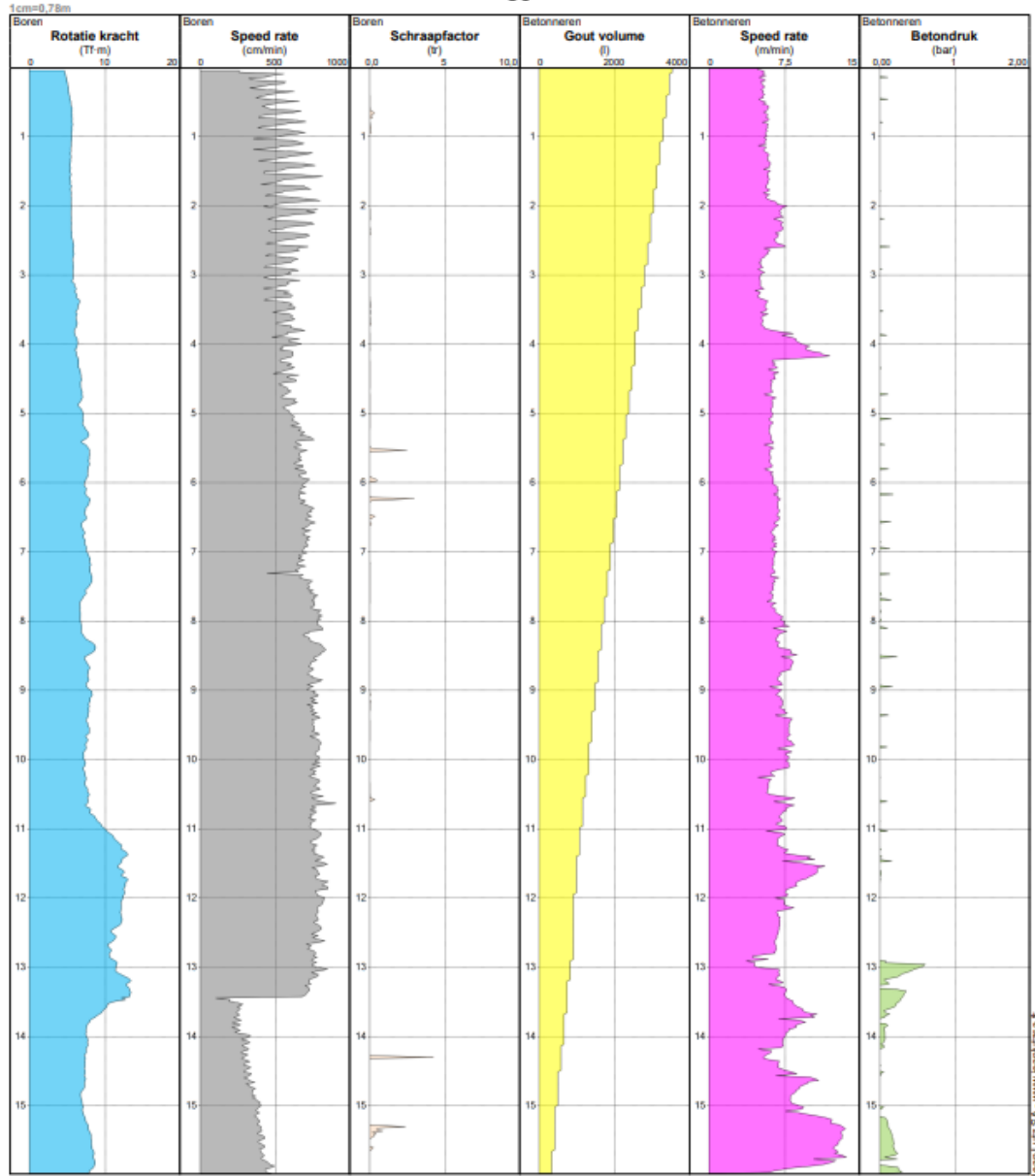
Allen voor Idanten/DialogMX 1788 TCT 8.0.00




	MAASVLAKTE (Contract 22.1453)	
	Startdatum : 2-9-2022 12:59:57 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,03 m Concreet volume : 3,608 m3	Drilling start : 2-9-2022 13:00:53 Drilling end : 2-9-2022 13:04:37 Concreting start : 2-9-2022 13:04:37 Concreting end : 2-9-2022 13:10:13 Totale Duur : 00:10:17

30

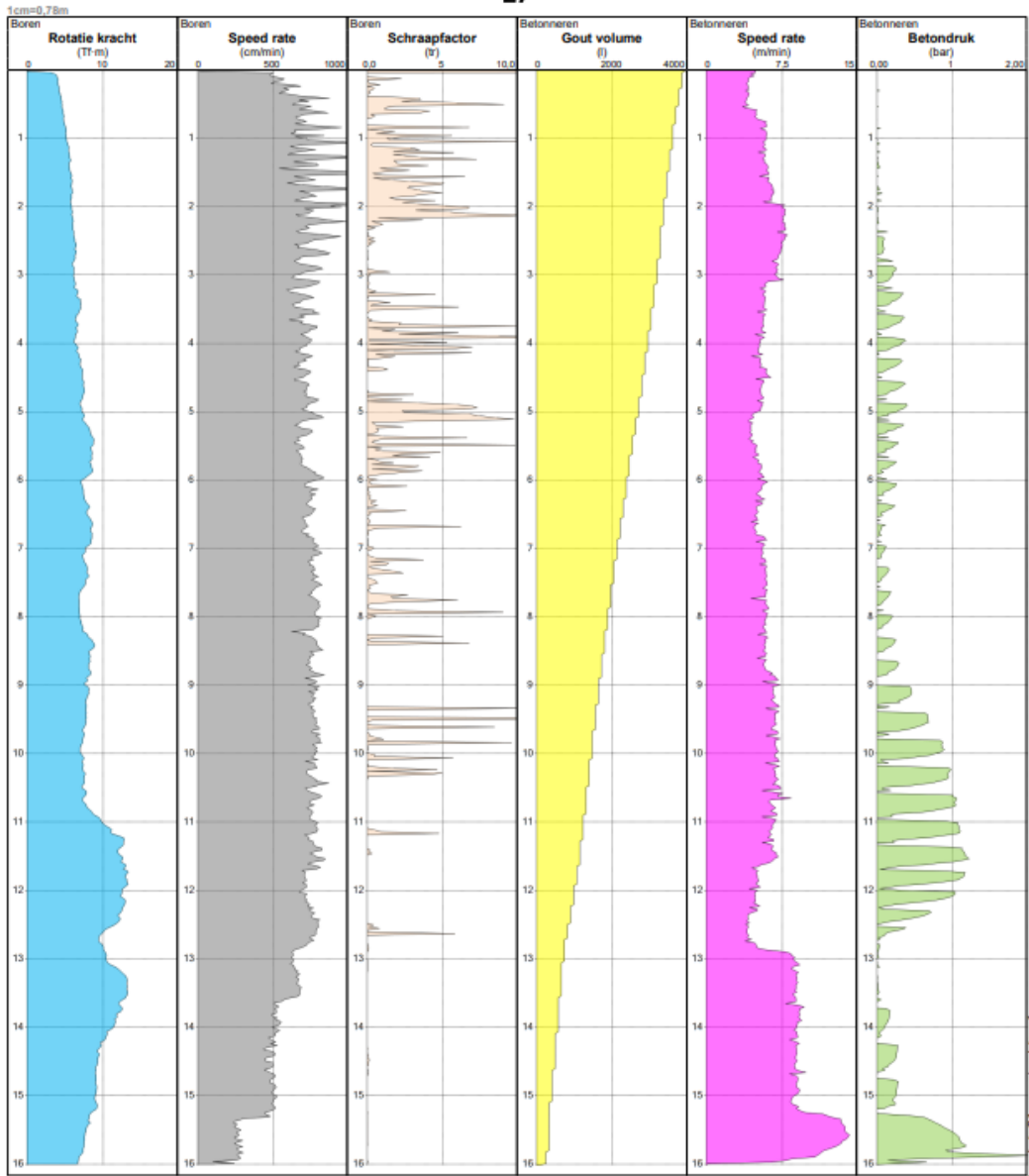
Allen voor Identen/DiaglogX 1788 TCT 8.0.09




	MAASVLAKTE (Contract:22.1453)	
	Startdatum : 2-9-2022 13:11:42 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,02 m Concreet volume : 4,100 m3	Drilling start : 2-9-2022 13:11:43 Drilling end : 2-9-2022 13:14:21 Concreting start : 2-9-2022 13:14:21 Concreting end : 2-9-2022 13:21:17 Totale Duur : 00:09:35

27

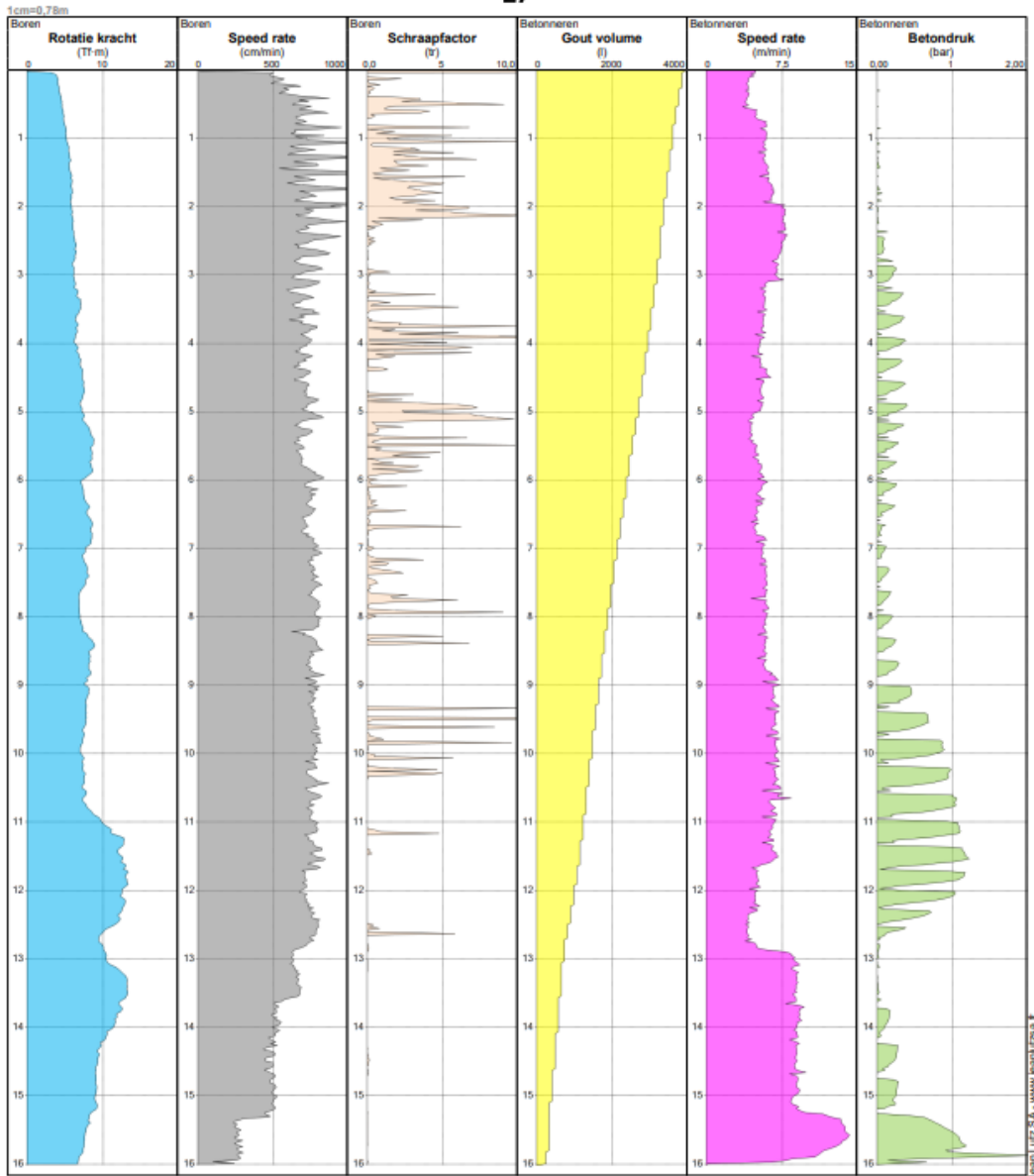
Allen voor klanten/DialogMX 1786 TCT 6.0.06




	MAASVLAKTE (Contract:22.1453)	
	Startdatum : 2-9-2022 13:11:42 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,02 m Concreet volume : 4,100 m3	Drilling start : 2-9-2022 13:11:43 Drilling end : 2-9-2022 13:14:21 Concreting start : 2-9-2022 13:14:21 Concreting end : 2-9-2022 13:21:17 Totale Duur : 00:09:35

27

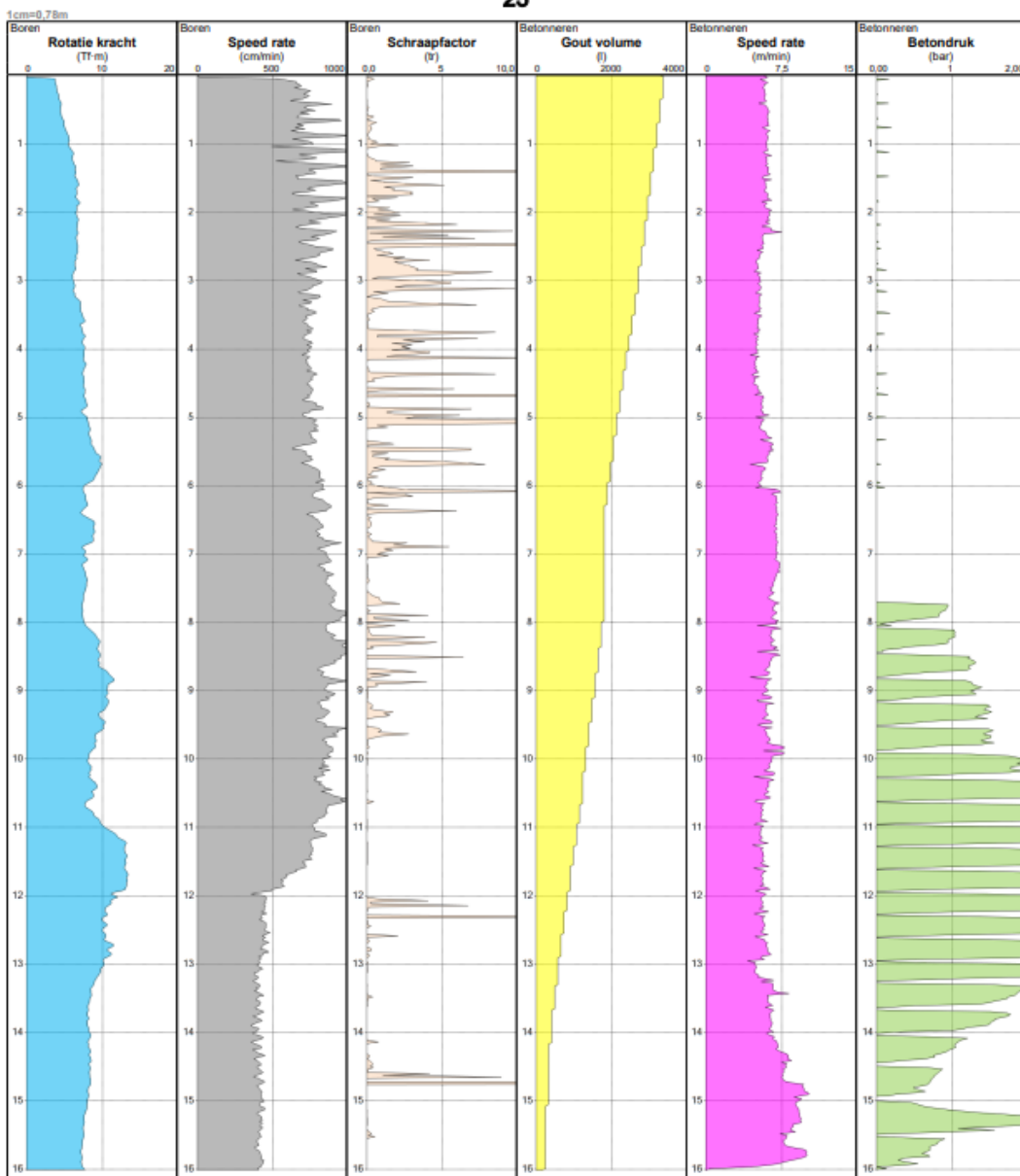
Allen voor klanten/DialogMX 1786 TCT 6.0.06




	MAASVLAKTE (Contract:22.1453)	
	Startdatum : 2-9-2022 13:42:07 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,02 m Concreet volume : 3,444 m3	Drilling start : 2-9-2022 13:42:08 Drilling end : 2-9-2022 13:44:48 Concreting start : 2-9-2022 13:44:48 Concreting end : 2-9-2022 13:50:29 Totale Duur : 00:08:23

25

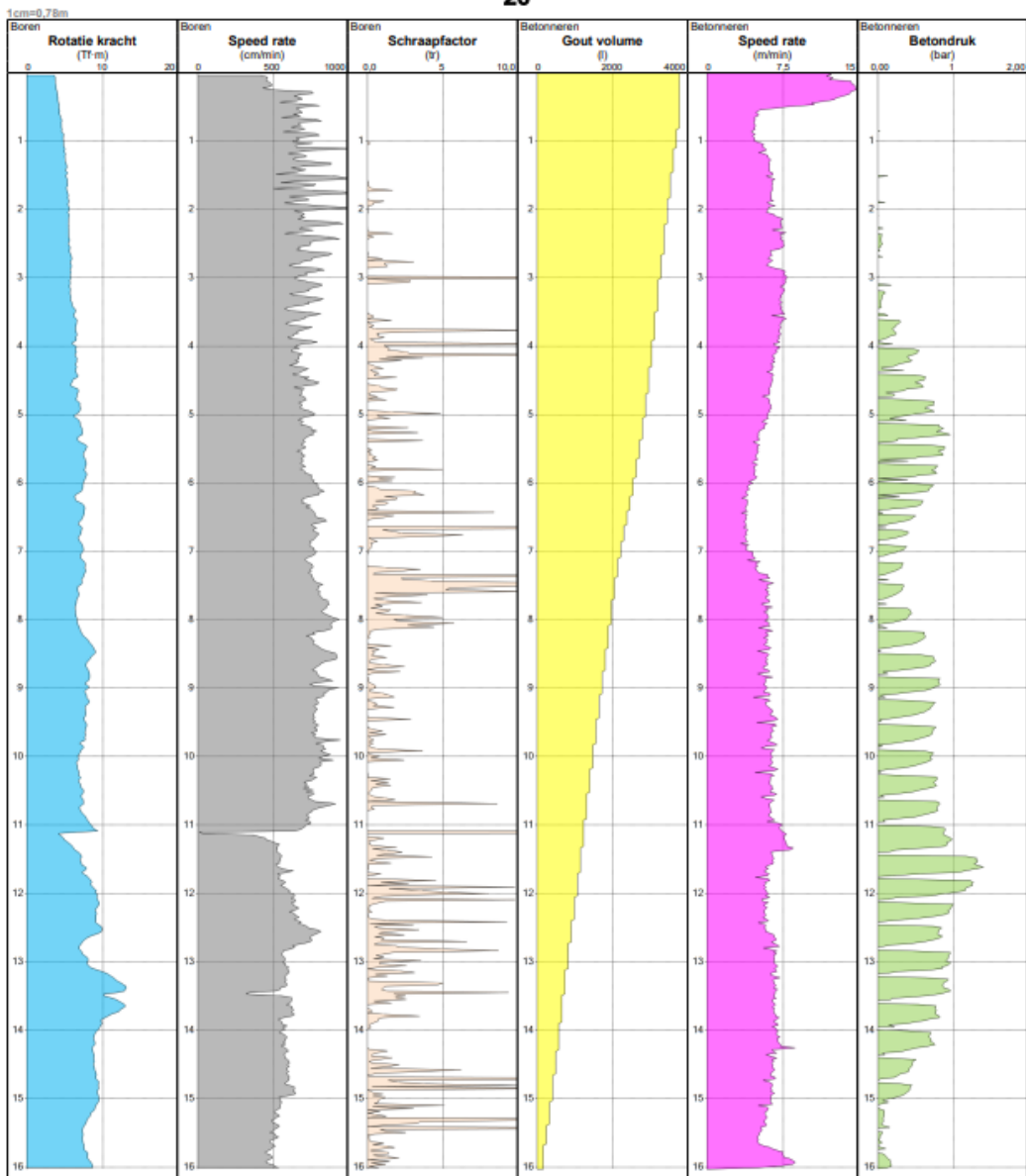
Allen voor Masten/DialogMX 1786 TCT 8.0.09




	MAASVLAKTE (Contract 22.1453)	
	Startdatum : 2-9-2022 13:53:27 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,05 m Concreet volume : 3,772 m3	Drilling start : 2-9-2022 13:53:28 Drilling end : 2-9-2022 13:57:30 Concreting start : 2-9-2022 13:57:30 Concreting end : 2-9-2022 14:03:05 Totale Duur : 00:09:38

26

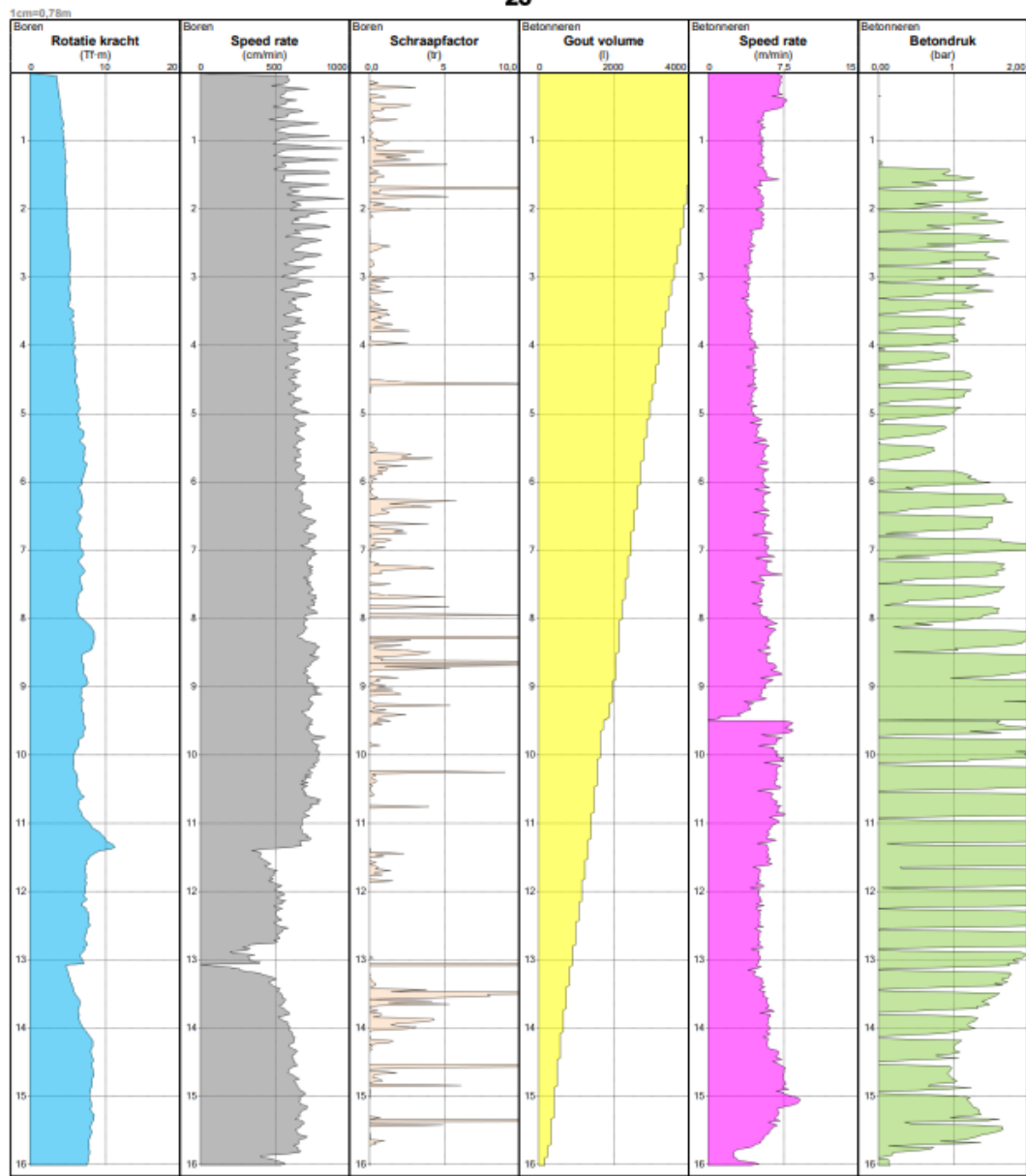
Allen voor Kantoor/DialogMX 1786 TCT 8.0.00




	MAASVLAKTE (Contract:22.1453)	
	Startdatum : 2-9-2022 14:05:48 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 16,05 m Concreet volume : 4,428 m3	Drilling start : 2-9-2022 14:05:49 Drilling end : 2-9-2022 14:09:59 Concreting start : 2-9-2022 14:09:59 Concreting end : 2-9-2022 14:44:52 Totale Duur : 00:39:05

23

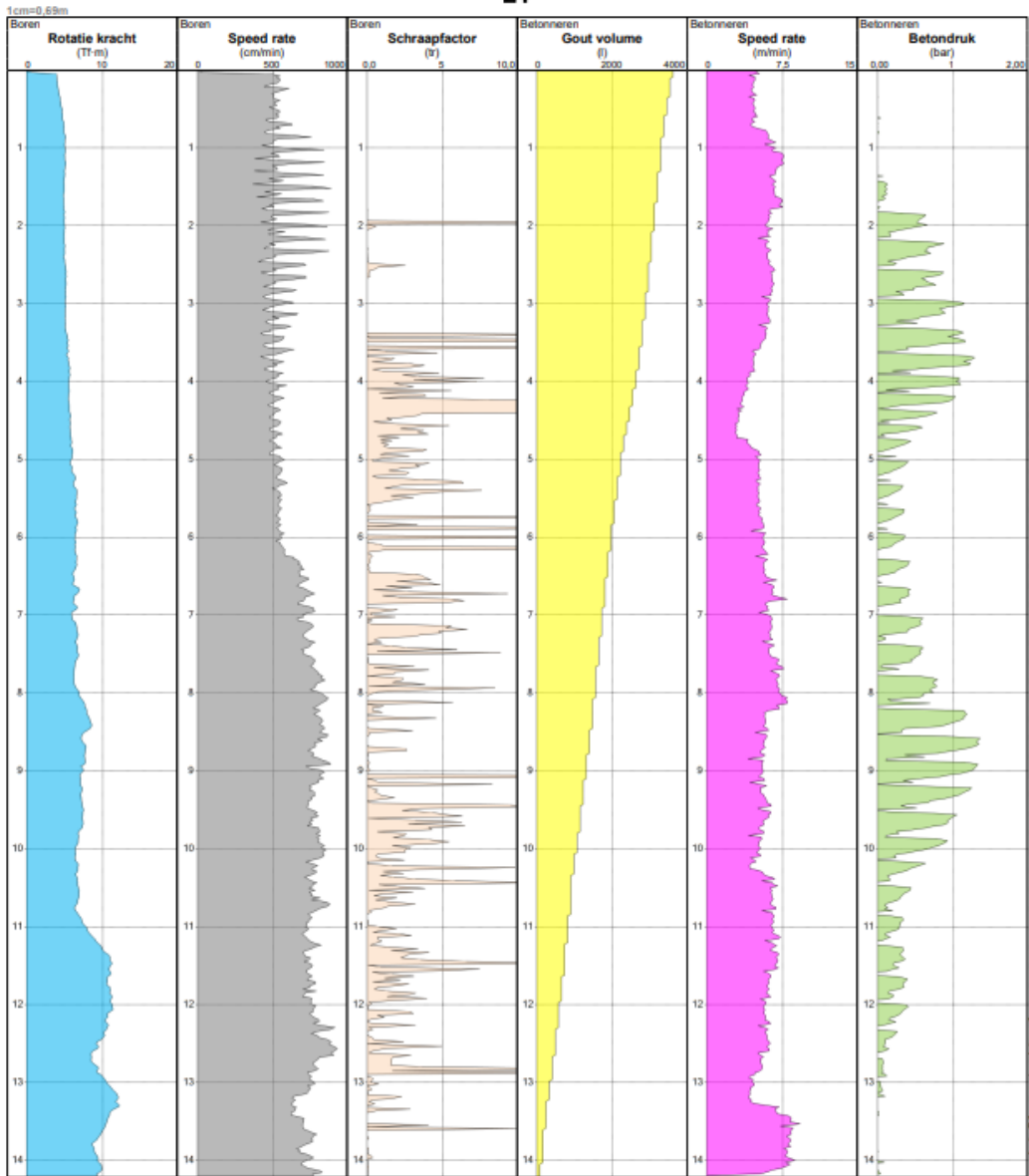
Allen voor klanten/DialogMx 1788 TCT 8.0.09



	MAASVLAKTE		(Contract:22.1453)
	Startdatum : 2-9-2022 14:45:20 Paaldiameter : 500,000 mm Paallengte : 14,22 m Concreet volume : 4,182 m3	Drilling start : 2-9-2022 14:45:21 Drilling end : 2-9-2022 14:47:56 Concreting start : 2-9-2022 14:47:58 Concreting end : 2-9-2022 14:59:29 Totale Duur : 00:14:09	

24

Allen voor Identificatie/Dialog/1788 TCT 8.0.09



Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl