



Meerpalen Voormeer

Berekeningsrapportage

Opdrachtgever: Stadswerk072 NV
Referentie: INFR220449-R002
Revisie: 1
Datum: 24 november 2022

Iv-Infra b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document:	Meerpalen Voormeer
Ondertitel document:	Berekeningsrapportage
Referentie:	INFR220449-R002
Revisie:	1
Datum:	24 november 2022
Opdrachtgever:	Stadswerk072 NV
Projectnummer opdrachtgever:	
Project:	INFR220449



Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1.	Projectomschrijving en locatie	4
1.2.	Doel van het document	4
1.3.	Object omschrijving	5
2	Eisen, uitgangspunten en randvoorwaarden	7
2.1.	Documenten	7
2.2.	Gebruikte software	7
2.3.	Levensduur en corrosie	7
2.4.	Peilen	8
2.5.	Scheepvaart	8
2.6.	Toegepaste materialen	8
2.7.	Vervormingen	8
3	Modellering / schematisering	9
3.1.	Meerpaal	9
3.1.1.	Bodemopbouw	9
4	Energie en belastingen	10
4.1.1.	Afmeerenergie binnenvaart CEMT IV	10
4.1.2.	Belastingen uit trossen	10
5	Resultaten	11
5.1.	Toetsing buispalen	11
5.1.1.	Sterktetoets	11
5.1.2.	Vervorming	11
5.2.	Boldervoorziening	12
BIJLAGEN		13
A.	Sonderingen	13
B.	Berekening afmeerenergie	14
C.	Berekeningsrapportage D-Sheet Piling	15

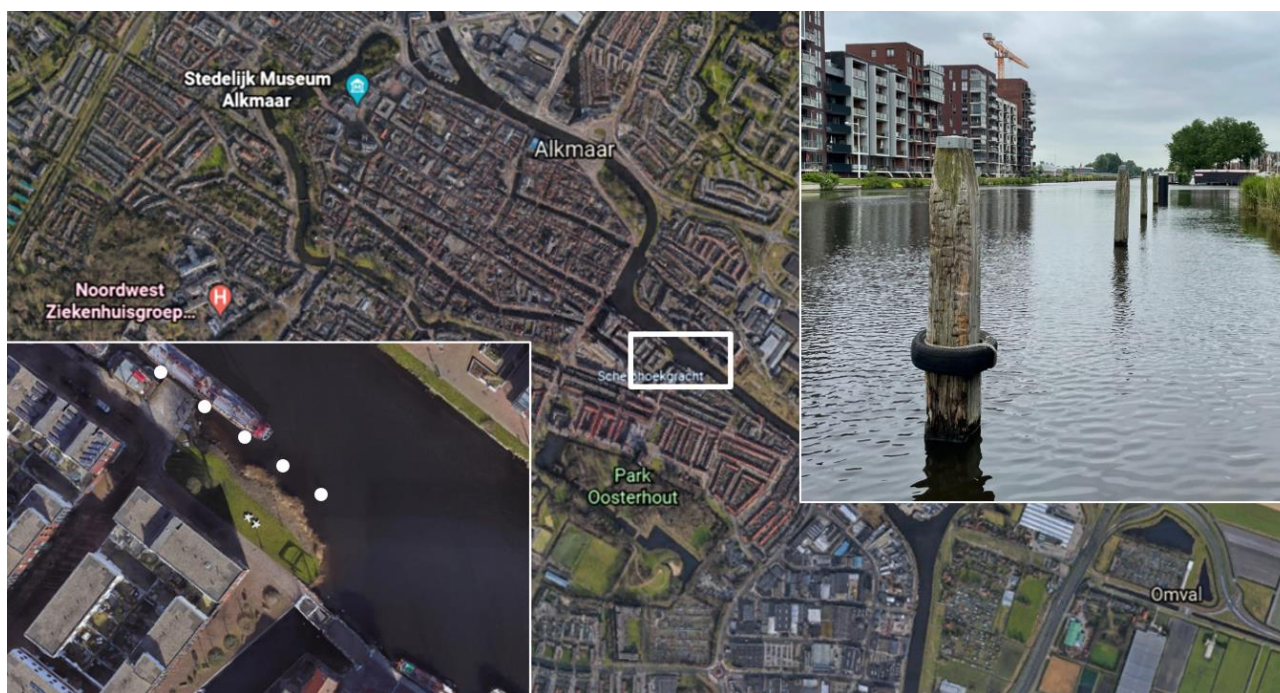
1 Inleiding

1.1. Projectomschrijving en locatie

De huidige houten meerpalen van de gemeente Alkmaar bij Voormeer zijn aan het einde van de levensduur. Ten behoeve van de veiligheid en functionaliteit dienen de meerpalen te worden vervangen.

Stadswerk072 heeft Iv-Infra eind 2021 gevraagd een schetsontwerp op te stellen voor een additionele meerpaal in het verlengde van de huidige palen bij Voormeer. Het ontwerp van deze meerpaal is gebaseerd op de overige reeds vervangen (d.d. 2015) palen in het Noordhollandschkanaal. De stalen meerpaal is in mei 2022 aangebracht. De nieuw te realiseren meerpalen worden gelijk uitgevoerd aan deze reeds aangebrachte paal bij Voormeer.

In onderstaande figuur is de projectlocatie aangegeven, de meerpalen staan in het Noordhollandschkanaal.



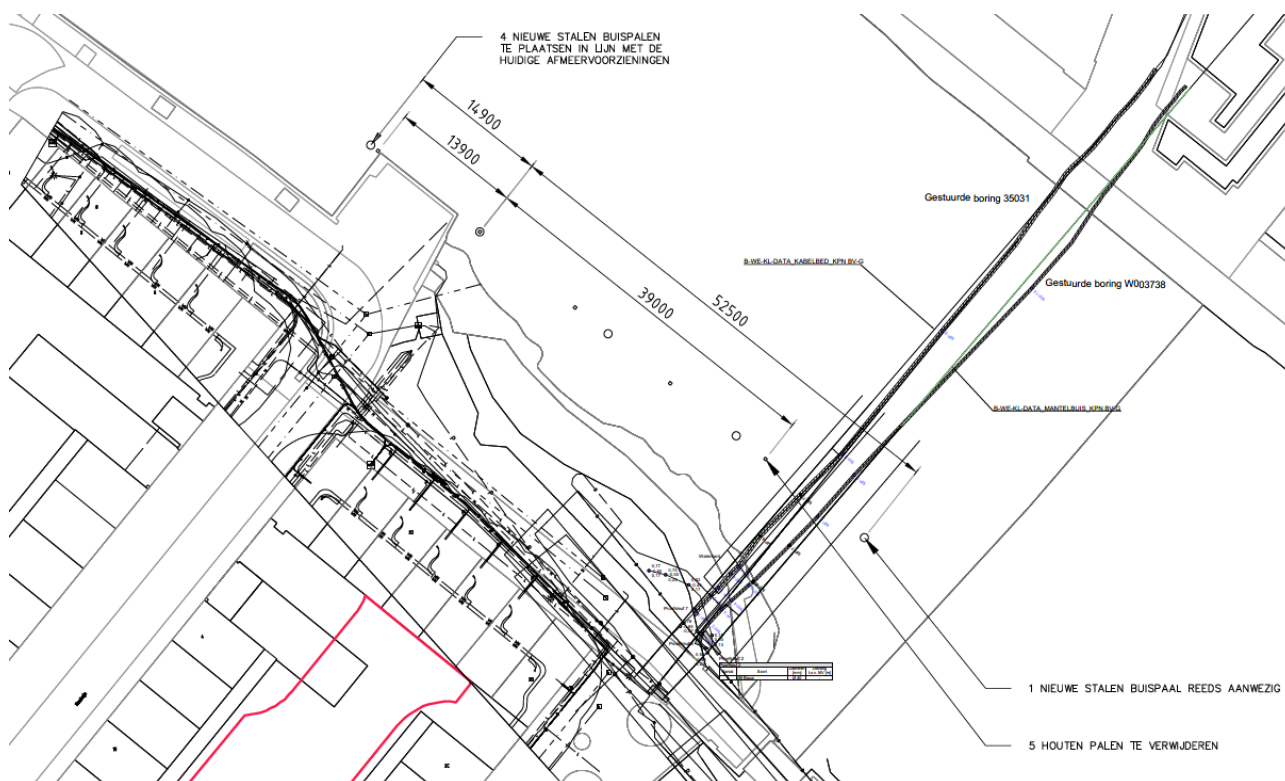
Figuur 1.1 - Projectlocatie

1.2. Doel van het document

In deze rapportage zijn de uitgangspunten en de resultaten van de berekeningen opgenomen ten behoeve van de nieuw te realiseren meerpalen. In de berekeningen is de krachtwerking in de constructie bepaald. Aan de hand daarvan zijn de constructieonderdelen gedimensioneerd en getoetst. De betreft de buispaal en de bolder.

1.3. Object omschrijving

In de huidige situatie zijn in totaal 5 houten meerpalen aanwezig en 1 nieuwe stalen meerpaal. De 5 houten meerpalen worden verwijderd en er dienen 4 nieuwe stalen meerpalen voor in de plaats te komen. In de nieuwe situatie zijn dan in totaal 5 meerpalen aanwezig.

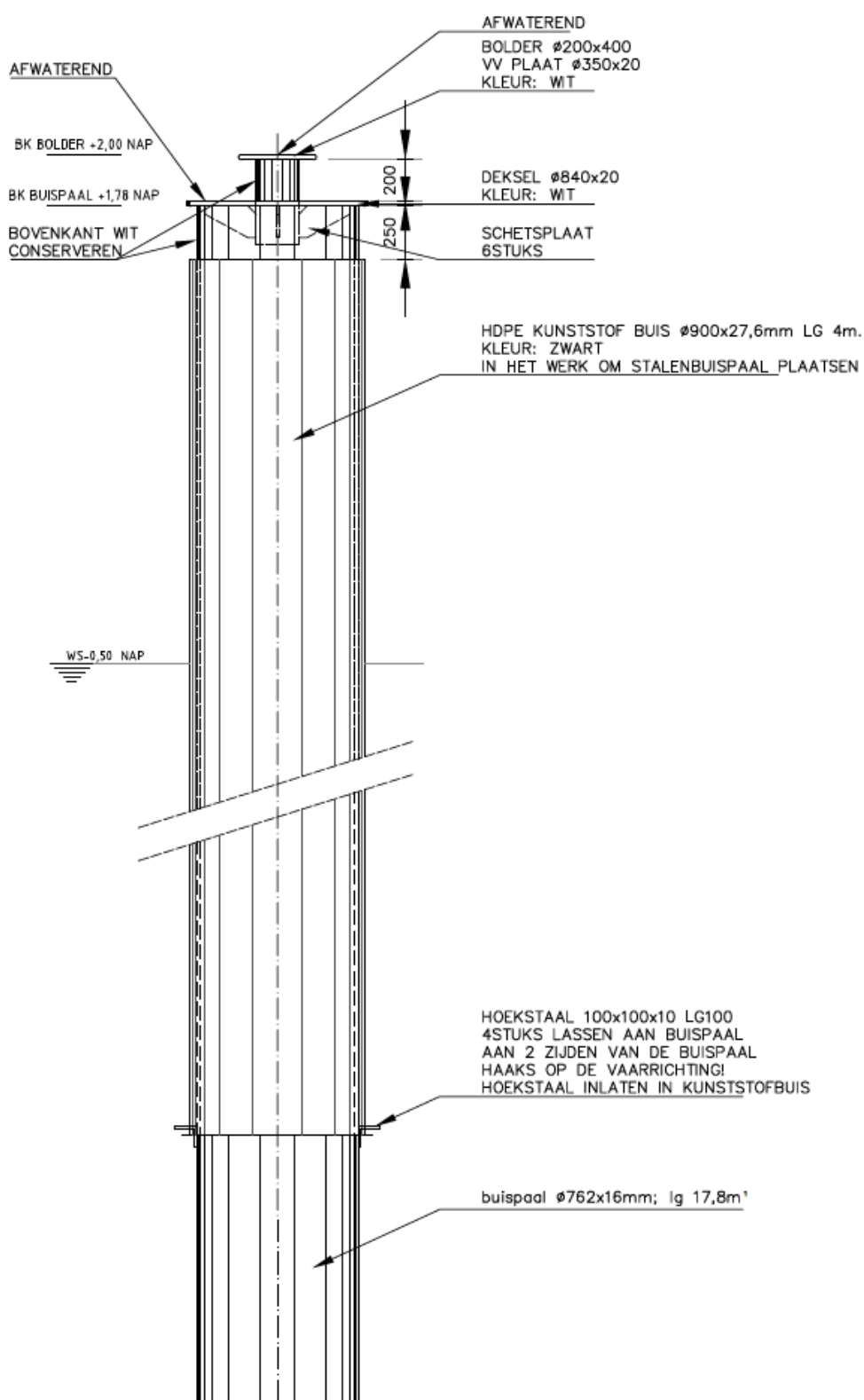


Figuur 1.2 – Overzicht meerpalen bij Voormeer

De nieuwe meerpalen worden uitgevoerd in staal. De palen worden d.m.v. heien tot de berekende diepte in de bodem van het kanaal gebracht. Om de stalen buis wordt vanaf bovenkant meerpaal tot ca. 2,5 m onder waterniveau een kunststof mantel aangebracht. Deze kunststof mantel beschermt de paal en zorgt voor een spreiding van de belasting op de paal vanuit de scheepvaart.

Bovenop de paal komt een bolder voor het vastleggen van de schepen aan de palen.

Zie Figuur 1.3 voor het ontwerp van de meerpalen.



Figuur 1.3 – Meerpalen bij Voormeer



2 Eisen, uitgangspunten en randvoorwaarden

2.1. Documenten

Hieronder volgen de gebruikte documenten, tekeningen, normen en richtlijnen.

	Document / Tekening	Versie / datum
1	INFR210413 - Berekeningsrapportage Afmeerpaal Voormeer.pdf	11 januari 2022
2	BM210611 - Geotechnisch waterbodemonderzoek	23 november 2021

Tabel 2.1 – Projectdocumenten

	Normen en richtlijnen	
3	NEN-EN 1990	Grondslagen voor het constructieve ontwerp
4	NEN-EN 1991-1-1	Belastingen op constructies
5	NEN-EN 1993-1-1	Ontwerp en berekeningen van staalconstructies
6	NEN-EN 1997-1	Geotechnisch ontwerp – Algemene regels
7	CUR 166	Damwandconstructies
8	RVW 2020	Richtlijnen Vaarwegen
9	EAU 2012	Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways

Tabel 2.2 – Normen en richtlijnen

2.2. Gebruikte software

- Mathcad 15
- D-Sheet Piling 18.1.1.2

2.3. Levensduur en corrosie

De staalconstructies van de meerpalen dienen minimaal een levensduur van 60 jaar te hebben.

De constructies komen in het water te staan. Dit betekent dat corrosie kan optreden. Volgens de CUR166 bedraagt de corrosie, voor schoon zoet water (rond de waterlijn), 1,40mm/100jaar. Dit betekent een totale afname van de wanddikte aan de buitenzijde van de paal van 0,84mm.

Aangezien het maximum moment onder het bodemniveau optreedt en de kans op corrosie op die diepte erg klein is, is er geen overdikte benodigd.

Een overdikte van 2mm wordt toegepast op de bolder om slijtage door trossen op te vangen.



2.4. Peilen

- Waterstand: NAP -0,50m
- Maatgevend Hoogwater: NAP -0,30m
- Maatgevend Laagwater: NAP -0,70m
- Waterbodemdiepte: ca. NAP -3,10m tot -3,60m

2.5. Scheepvaart

Voor de schepen worden de volgende afmetingen en massa's aangenomen (CEMT klasse IV):

- Breedte: 9,60m
- Lengte: 86,00m
- Diepgang: 3,00m
- Tonnage: 1500ton
- Afmeersnelheid: 0,25m/s

Voor de troskrachten op bolders wordt 120kN gehanteerd.

2.6. Toegepaste materialen

- Buispaal: S355J0/J2
- Kunststofmantel: HDPE

2.7. Vervormingen

Er wordt geen eis gesteld aan de maximale vervorming van de meerpalen.



3 Modelling / schematisering

3.1. Meerpaal

De meerpaal is gemodelleerd in het rekenprogramma D-Sheet. Met behulp van dit rekenprogramma is het benodigde inheinniveau, de vervorming van de paal en de kracht in de paal bepaald. De meerpaal is getoetst op aanvaarbelasting (troskrachten zijn niet maatgevend en buiten beschouwing gelaten).

Met behulp van het programma Mathcad 15, Rekenblad Botskrachtberekening – vrijstaande paal op basis van “Ontwerp schutsluizen – RWS, wordt de aanvaarbelasting en de verplaatsing bepaald. De aanvaarbelasting wordt op zijn beurt ingevoerd in het model in D-Sheet. Dit levert weer een verplaatsing op in het D-Sheet-model. Door een iteratief proces toe te passen tussen Mathcad 15 en D-Sheet, worden uiteindelijk gelijke waardes gevonden.

3.1.1. Bodemopbouw

De bodemopbouw is aan de hand van de sonderingen bepaald, zie bijlage A. In totaal zijn er 2 sonderingen gemaakt, de toetsing is uitgevoerd o.b.v. sondering 02.

Paaltype	Stalen buispaal												
Deq	0,762												
R	0,381												
R0	0,3												
										Reductie in verband met groepswerking:		0%	
Voormeer	S02												
Sondering	S02												
Grondsoort	Van	Tot	Yn/Yd	φ'	δ	c'	qc	Em	alpha	Beddingconstante*	Deq	kh**	
	[NAP]	[NAP]	[kN/m3]	[°]	[°]	[kN/m2]	MPa	MPa	-	[kN/m3]	[m]	[kN/m]	
	slib	bodem	-5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	zand	-5,5	-7,5	17/19	30	20	0	7,0	5,95	0,33	25090	0,76	19118
	klei	-7,5	-10,5	17/17	22,5		1	2,0	5,00	0,67	13276	0,76	10116
	zand	-10,5	-17,0	18/20	32,5	21,7	0	15,0	12,75	0,33	53763	0,76	40968
	zand	-17,0		18/20	32,5	21,7	0	13,0	11,05	0,33	46595	0,76	35505

* Horizontale beddingsconstante inclusief schelpwerking

** Horizontale paalveer: beddingsconstante x Deq x 1 m paallengte.

Figuur 3.1 – Bodemopbouw o.b.v. sonderingen S02

Omdat gebruik gemaakt is van D-Sheet zijn alleen de ϕ' , de c' en Em gebruikt. De diameter van de palen wordt in D-Sheet ingevoerd waarna D-Sheet hiermee verder rekent. De parameters hoeven dus niet specifiek aangepast te worden indien bijvoorbeeld een andere paaldiameter wordt gekozen.



4 Energie en belastingen

De meerpaal dient in staat te zijn de energie vanuit afmerende schepen op te nemen. Daarnaast wordt de paal belast door troskrachten vanuit reeds afgemeerde schepen.

4.1.1. Afmeerenergie binnenvaart CEMT IV

De afmeerenergie vanuit de binnenvaart is berekend m.b.v. de methode voor een vrijstaande paal uit het boek 'Ontwerp van schutsluizen' van Rijkswaterstaat. Deze methode geeft twee opties om de energie te berekenen. De maatgevende methode dient gekozen te worden om de optredende krachten te berekenen.

Afhankelijk van de stijfheid van de paal en de bodem kan met de maatgevende energie de optredende kracht op de paal worden berekend. De stijfheid is in het programma D-Sheet bepaald. De belastingfactor t.b.v. de optredende kracht bedraagt 1,0. Dit omdat de belasting als een bijzondere belasting wordt gezien. De rekenwaarde is dus gelijk aan de representatieve waarde.

Het afmeren van het maatgevende schip resulteert, in het geval van de bodemopbouw behorende bij sondering S02, in een belasting van ca. 203 kN.

4.1.2. Belastingen uit trossen

De troskracht is volgens de uitgangspunten maximaal 120 kN.

De veiligheidsfactor voor de verankering van de bolder en dus ook voor de paal bedraagt 1,5. De rekenwaarde van de troskracht bedraagt: $F_{d,tros,paal} = 1,5 \cdot 120 \text{ kN} = 180 \text{ kN}$.

De veiligheidsfactor voor de bolder zelf bedraagt 1,3. De rekenwaarde voor de troskracht bedraagt dan: $F_{d,tros,bolder} = 1,3 \cdot 120 \text{ kN} = 156 \text{ kN}$. Voor de toetsing van de bolder kan de belasting horizontaal en onder een hoek van maximaal 45° aangrijpen.

5 Resultaten

5.1. Toetsing buispalen

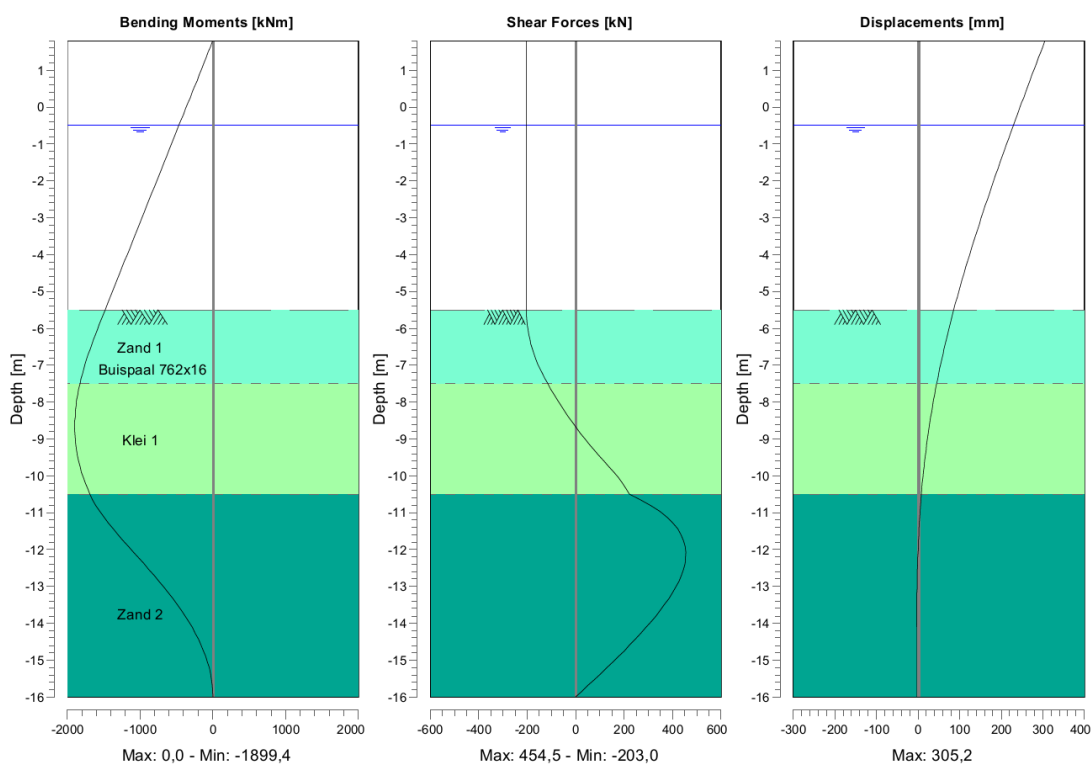
5.1.1. Sterktetoets

Momentcapaciteit buispaal Ø762x16mm, sterkteklasse S355:

Zonder corrosiereductie: $M_{Rd} = 2432 \text{ kNm}$ (vanaf 1 m onder bodemniveau)

Inclusief Corrosiereductie: $M_{Rd} = 2260 \text{ kNm}$ (van bk afmeerpaal tot 1 m onder bodemniveau)

Moments/Forces/Displacements



Figuur 5.1 – Buispaalberekening D-Sheet

Het maximaal optredende moment bedraagt ca. 1899 kNm en treedt op ter hoogte van NAP -9,0m.

Toetsing:

$$UC = \frac{1899}{2432} = 0,8 < 1,0 \text{ VOLDOET}$$

5.1.2. Vervorming

De vervorming van de buispaal ter plaatse van de bovenzijde paal bedraagt ca. 305 mm.



5.2. Boldervoorziening

In onderstaande berekeningen wordt de bolder getoetst. Voor de bolder zelf geldt een veiligheidsfactor van 1,3 en voor de overige onderdelen van 1,5 (e.e.a. conform de EAU). In de berekening is uitgegaan van een veiligheidsfactor van 1,5.

Toetsing moment in bolder t.p.v. bovenkant buispaal

Diameter buis D 198 mm (2 mm slijtagereductie)

gekozen wanddikte 28 mm

$F_{rep,tros,bolder}$ 120 kN

$F_{d,tros,bolder;bev}$ 180 kN

aangrijpingspunt 200 mm boven bovenkant buispaal

$M_{rep,tros,bolder}$ 24 kNm

$M_{d,tros,bolder}$ 36 kNm

$\tau_{rep,tros;bolder}$ 16 N/mm²

$\tau_{d,tros;bolder}$ 24 N/mm²

$\sigma_{rep,tros;bolder}$ 43 N/mm²

$\sigma_{d,tros;bolder}$ 64 N/mm²

Von Mises_{rep,tros;bolder} 51 N/mm²

Von Mises_{d,tros;bolder} 77 N/mm²

UC	0,22
----	------

Toetsing overdracht dwarskracht vanuit bolder naar bovenplaat buispaal

Dikte bovenplaat 18 mm (2 mm slijtagereductie)

Omtrek bolderbuis 622 mm

Bolderbuis zit 200 mm in buispaal 'ingeklemd'

Ongunstige aanname: 1/3 van de buisomtrek zorgt voor overdracht van kracht

1/3 omtrek 207 mm

Schuifkracht V_d 360 kN t.p.v. bovenplaat buispaal

$\tau_{d;bovenpl;buispaal}$ 96 N/mm²

UC	0,47
----	------

Toetsing schetsplaat onder bovenplaat buispaal

Dikte schetsplaat 12 mm

Hoogte schetsplaat 150 mm

Aantal per kant 3 st

Schuifkracht V_d 360 kN t.p.v. bovenplaat buispaal

Schuifkracht per schetsplaat V_d 120 kN t.p.v. bovenplaat buispaal

$\tau_{d;schetspl}$ 67 N/mm²

UC	0,33
----	------



BIJLAGEN

A. Sonderingen

Geotechnisch waterbodemonderzoek

Voormeer, Vlielandbrug, Wachtpalen Vlielandburg en Koedijkervlotbrug te Alkmaar

JS/BM210611/COP.02506.01.02

Auteur: J. Slaghuis

Opdrachtgever

 Stadswerk072
 De heer J. Blokland
 Postbus 9009
 1800 GA ALKMAAR


01	Definitief	23 november 2021	JS		MBO		JS	
Versie	Status	Datum vrijgave	Auteur	Paraaf	Verificatie	Paraaf	Vrijgave	Paraaf

INHOUDSOPGAVE

- √ Tabel uitgevoerd werk met bijzonderheden/afwijkingen
- √ Locatietekeningen
- √ Sondeergrafieken (conform NEN-EN-ISO 22476-1)

Tabel uitgevoerd werk

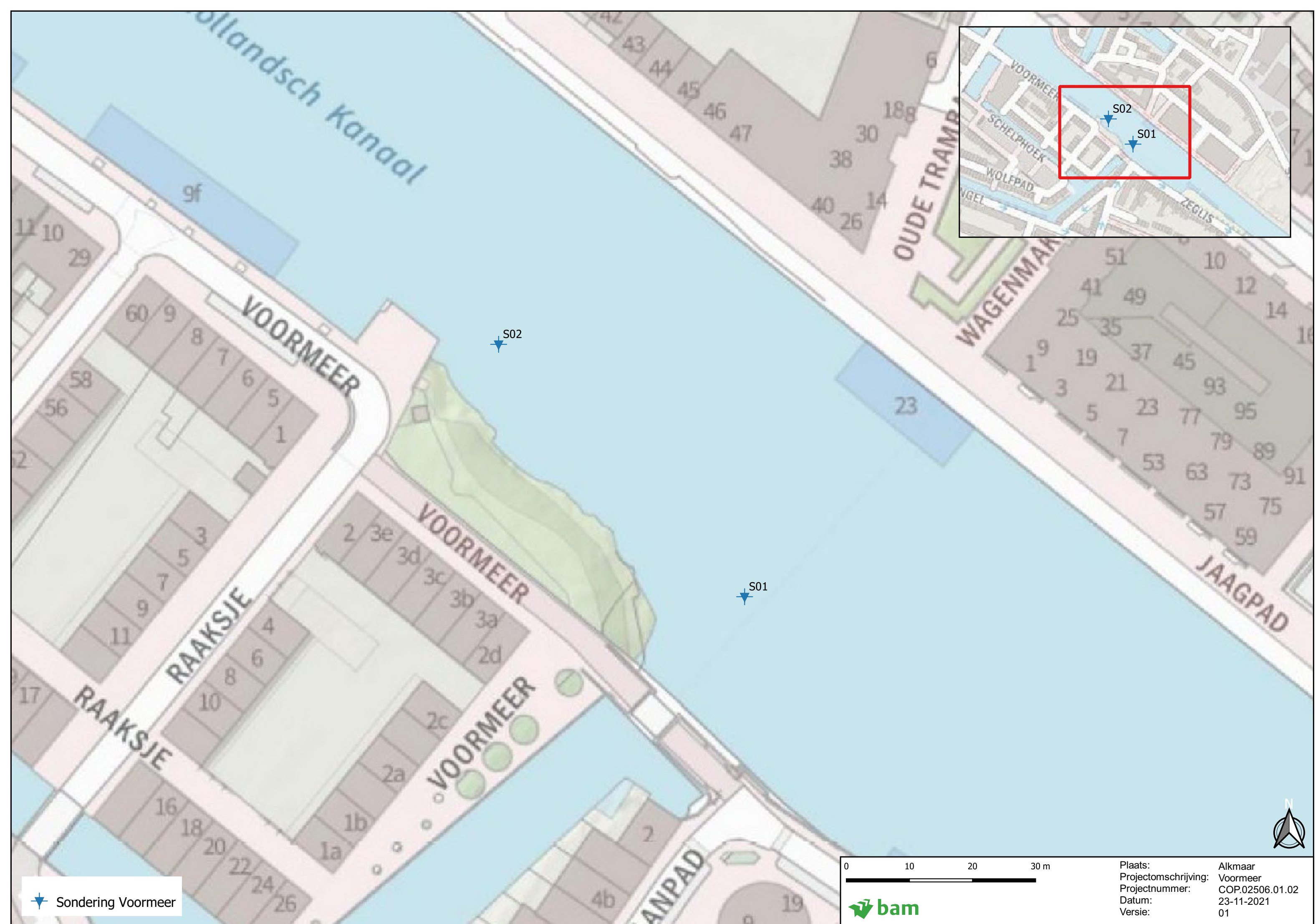
Overzicht sonderingen t.b.v. project "Diverse locaties te Alkmaar" (COP.02506.01.02)

Datum: 22 november 2021

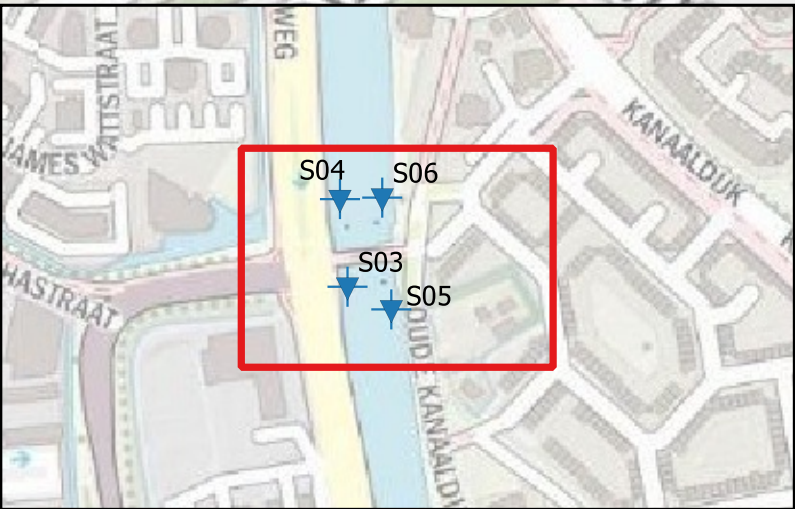
Object	Materieel	Activiteit	Datum uitvoering	Diepte m +/- bodem	Bodem t.o.v. N.A.P.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Opmerking
Sonderingen								
S01	Onderzoekschip	Sondering TE1	22 november 2021	21.98	-3.08	112393	515664	-
S02	Onderzoekschip	Sondering TE1	22 november 2021	21.46	-3.58	112354	515704	-
S03	Onderzoekschip	Sondering TE1	22 november 2021	21.99	-3.08	111405	518122	-
S04	Onderzoekschip	Sondering TE1	22 november 2021	21.81	-3.18	111400	518180	-
S05	Onderzoekschip	Sondering TE1	22 november 2021	21.54	-3.48	111434	518107	-
S06	Onderzoekschip	Sondering TE1	22 november 2021	21.06	-4.03	111428	518181	-
S07	Onderzoekschip	Sondering TE1	18 november 2021	21.68	-3.39	111392	518351	-
S08	Onderzoekschip	Sondering TE1	18 november 2021	21.23	-3.79	111391	518383	-
S09	Onderzoekschip	Sondering TE1	18 november 2021	20.90	-4.14	111390	518417	-
S10	Onderzoekschip	Sondering TE1	18 november 2021	21.49	-3.54	111388	518448	-
S11	Onderzoekschip	Sondering TE1	18 november 2021	20.82	-4.24	111548	519366	-
S12	Onderzoekschip	Sondering TE1	18 november 2021	21.34	-3.85	111553	519434	-
S13	Onderzoekschip	Sondering TE1	18 november 2021	21.66	-3.39	111571	519365	-
S14	Onderzoekschip	Sondering TE1	18 november 2021	21.49	-3.70	111579	519430	-



Locatietekeningen



★ Sondering Voormeer



HELDERSEWEG

HELDERSEWEG

HELDERSEWEG

HELDERSEWEG

VLIELANDBRUG

HOVENIERSTRAAT

S04

S06

S03

S05

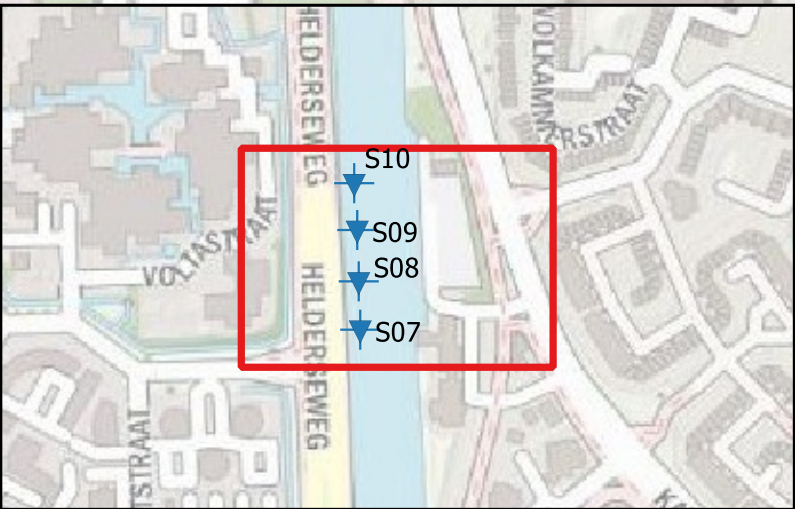
➤ Sondering Vlielandbrug

0 10 20 30 m



Plaats: Alkmaar
Projectomschrijving: Vlielandbrug
Projectnummer: COP.02506.01.02
Datum: 23-11-2021
Versie: 01





S10

S09

S08

S07

HELDERSEWEG
HELDERSEWEG

Noordholla

KANAALDIJK

KANAALDIJK

303

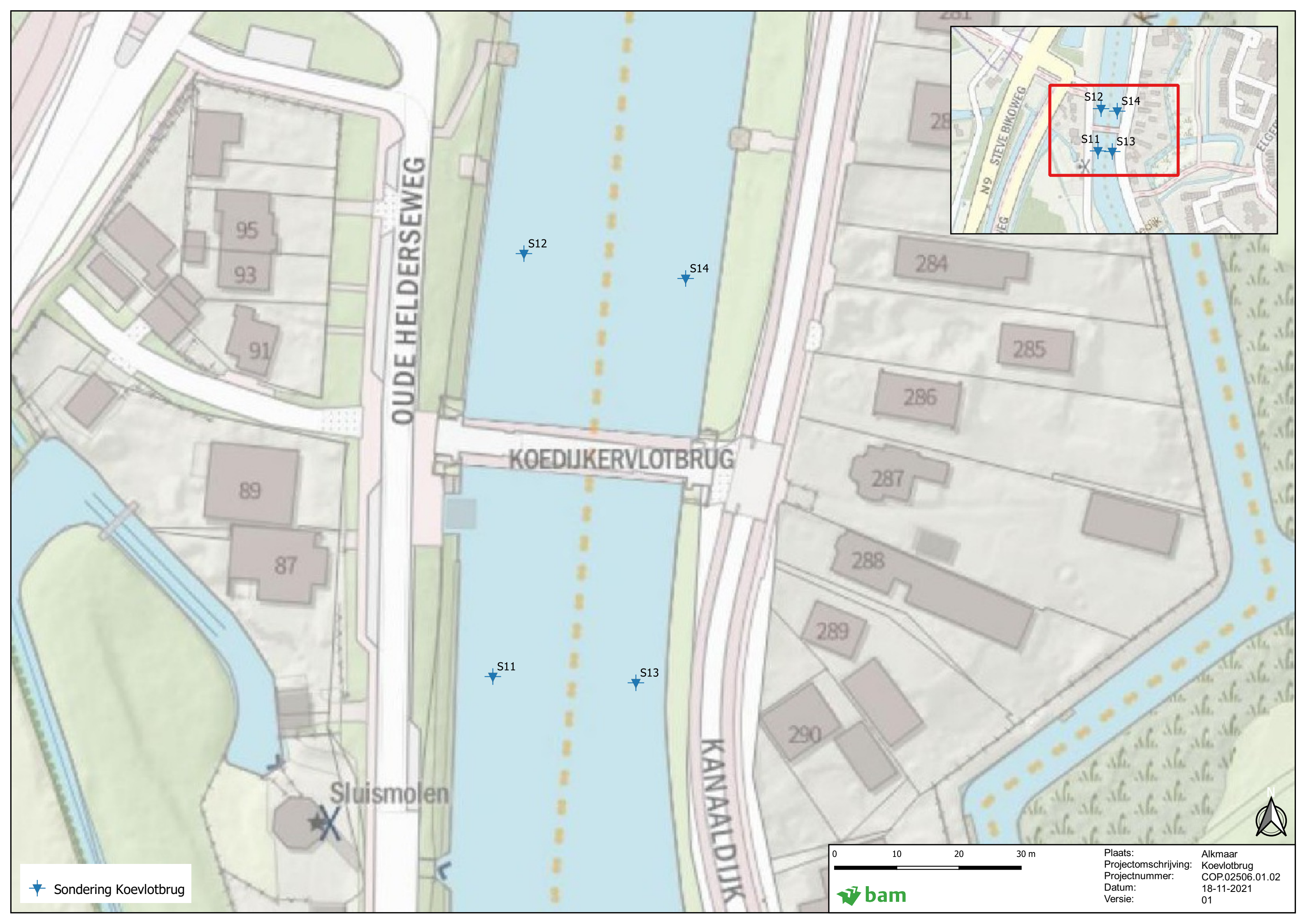
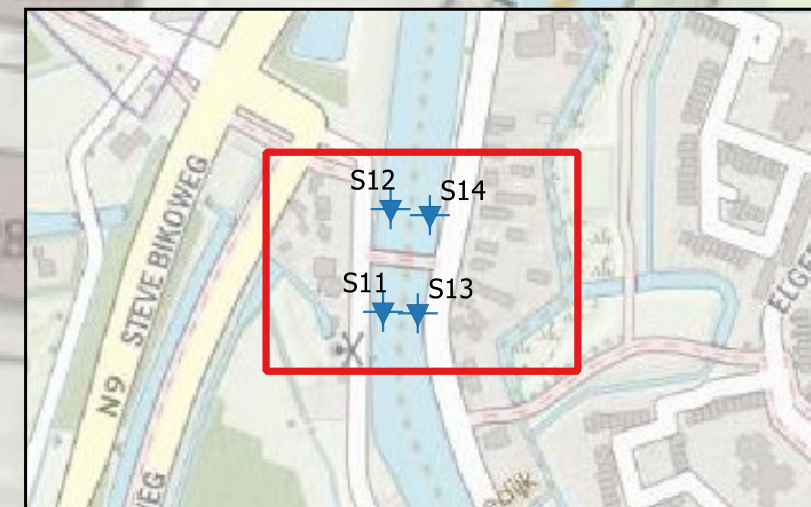
✦ Sondering wachtpalen Vlielandbrug

0 10 20 30 m

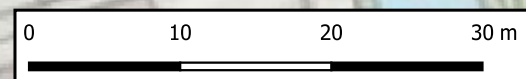


Plaats: Alkmaar
Projectomschrijving: Wachtp. Vlielandbrug
Projectnummer: COP.02506.01.02
Datum: 23-11-2021
Versie: 01





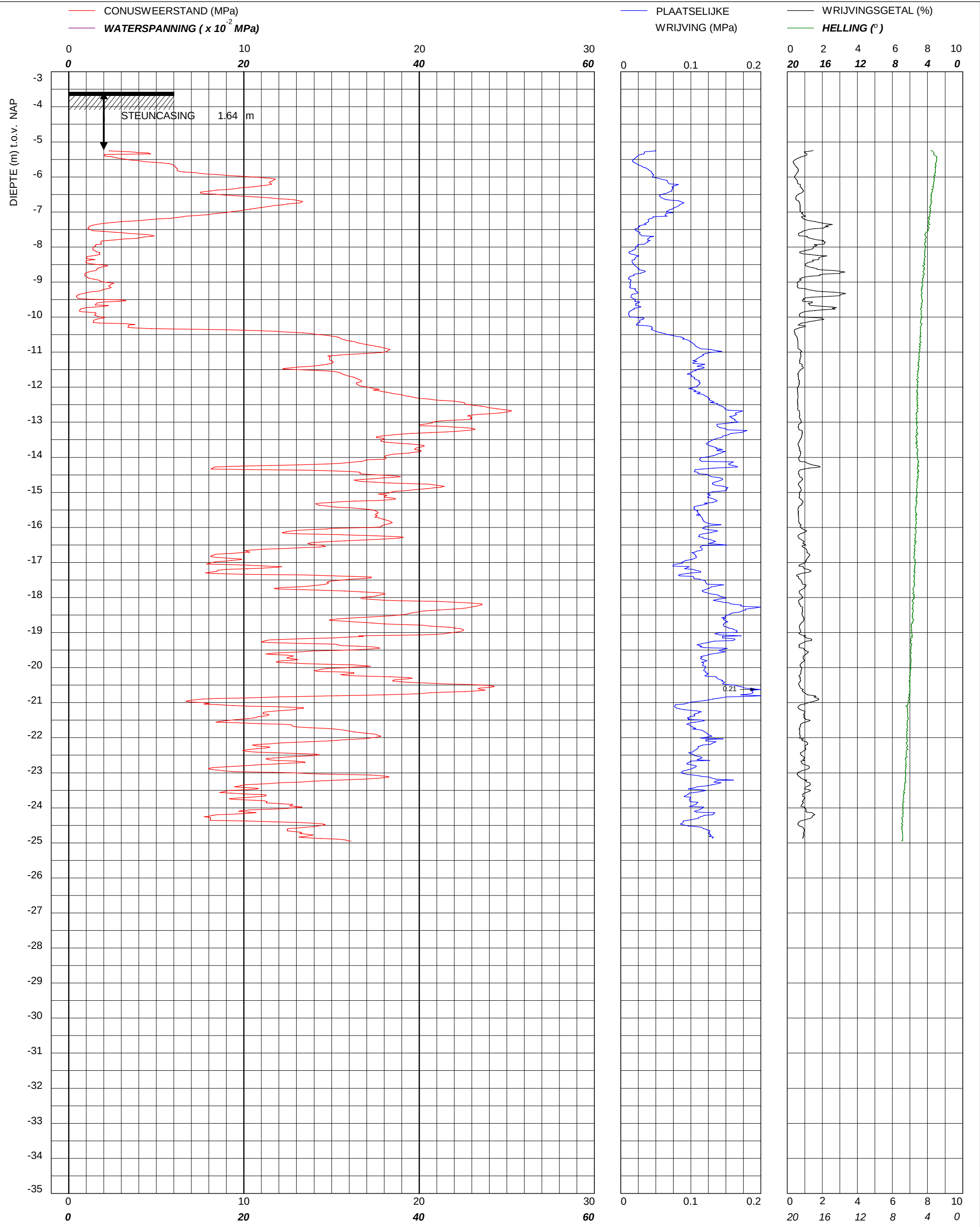
✦ Sondering Koevlotbrug



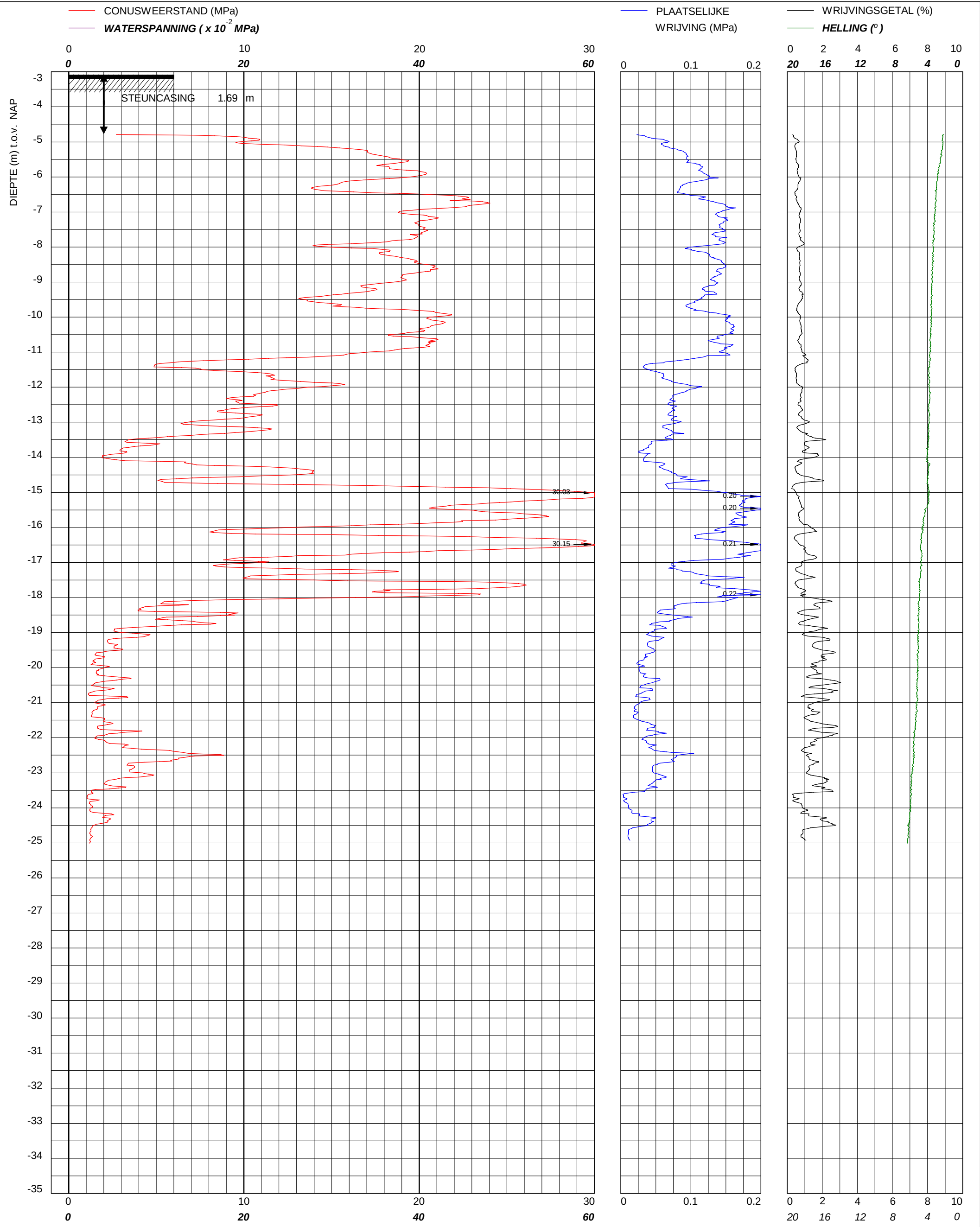
Plaats:	Alkmaar
Projectomschrijving:	Koevlotbrug
Projectnummer:	COP.02506.01.02
Datum:	18-11-2021
Versie:	01



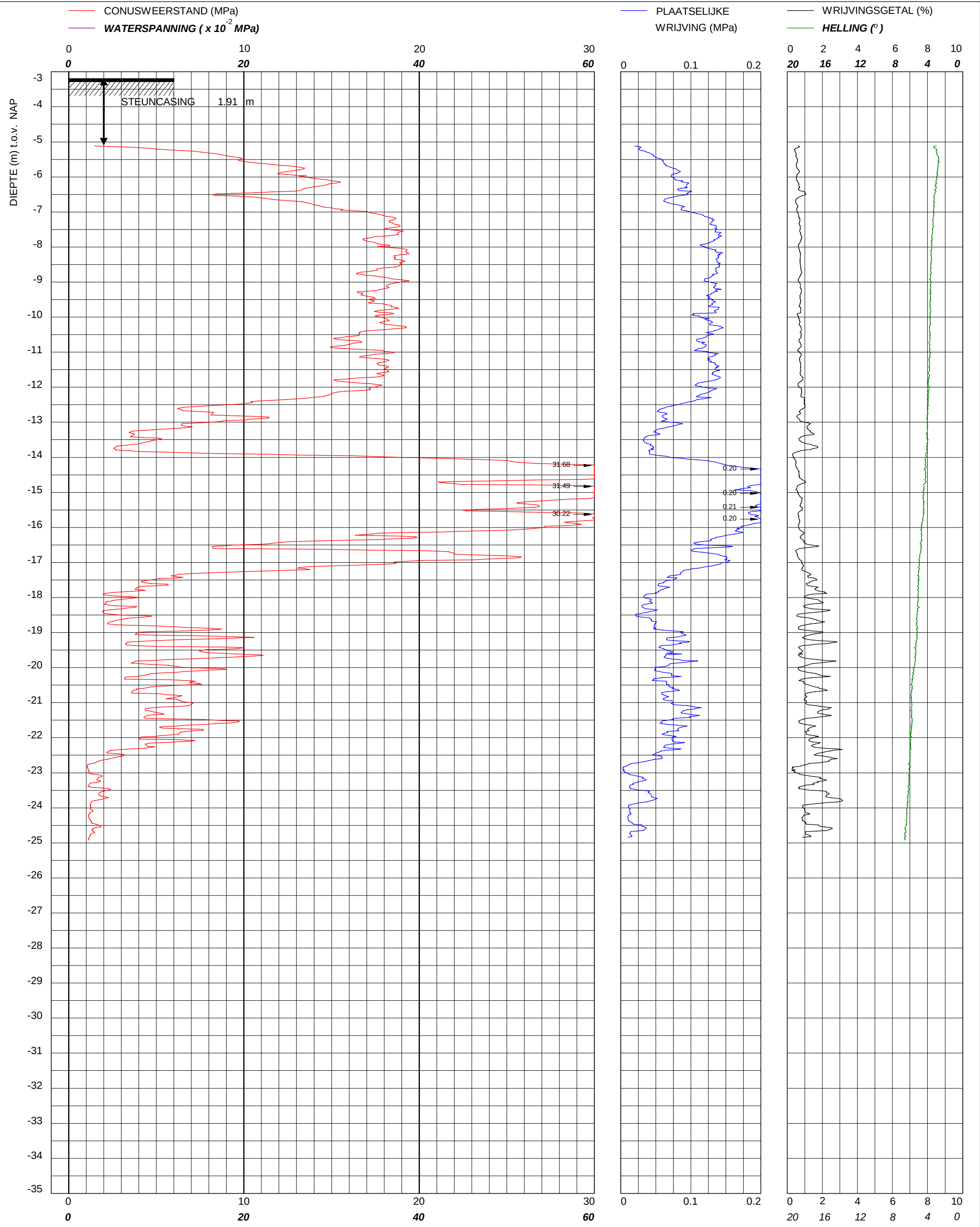
Sondeergrafieken



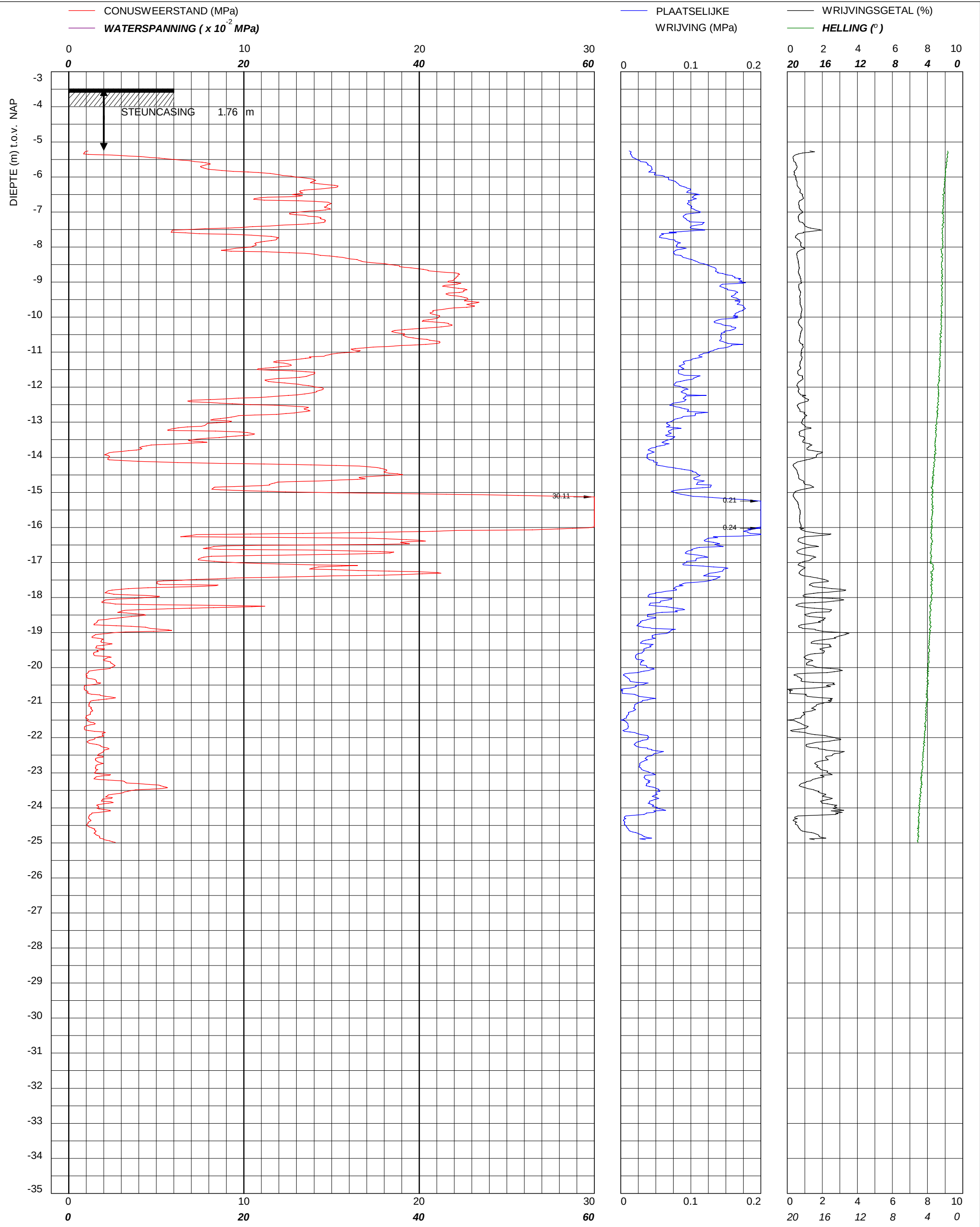
 infra BAM Infraconsult BV © copyright Toetsenbordweg 11 1033 MZ AMSTERDAM Telefoon (020) 410 85 43 Email info.infra@bam.com	Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2	Water diepte	3.05 m	X	112354	Opdrachtnummer :
	Stadswerken072 Diverse locaties te Alkmaar	Bodem	-3.58 m NAP	Y	515704	02506.01.02
		Uitvoeringsdatum		22-11-2021		Locatiecode :
		Printdatum		22-11-2021		S02



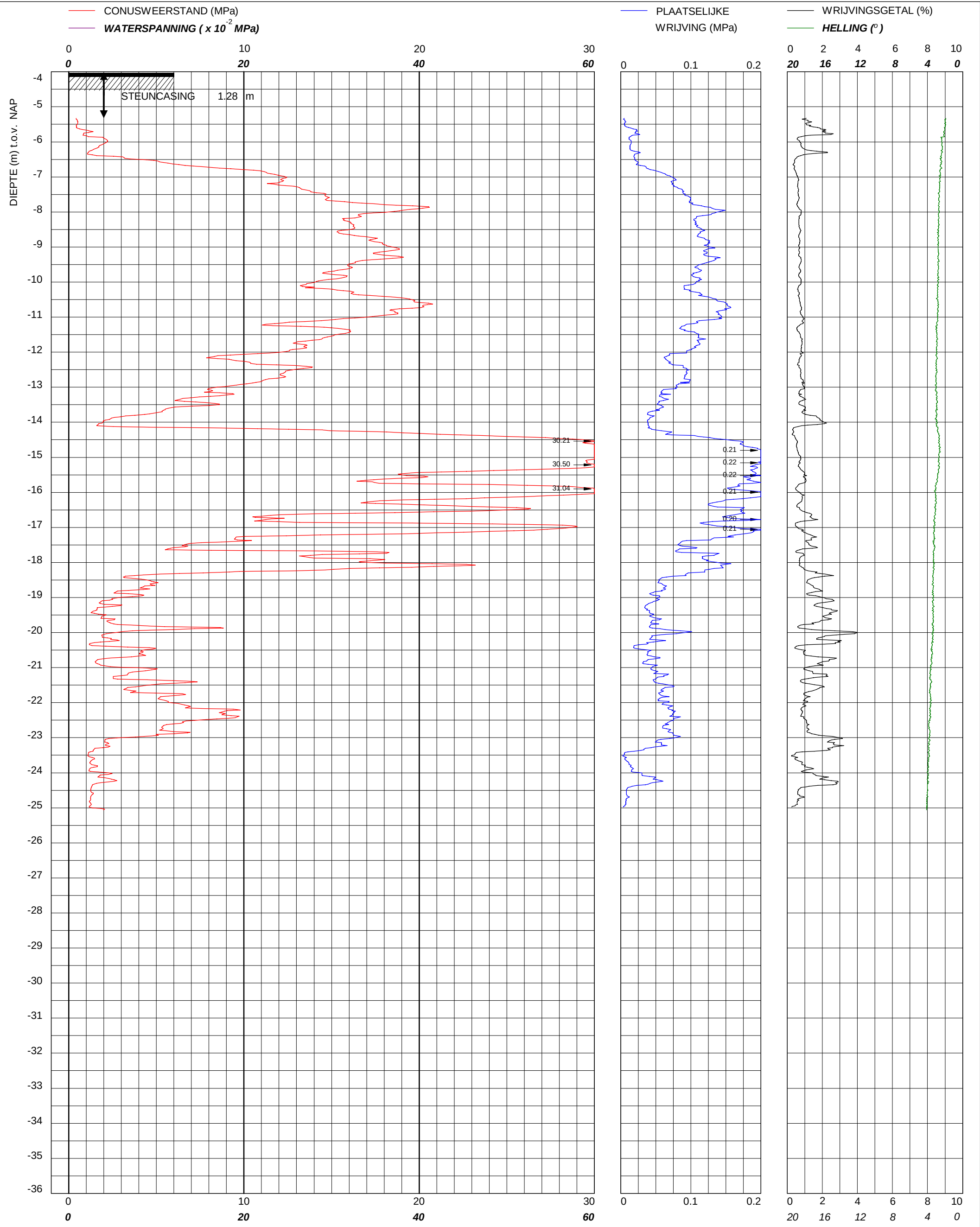
 infra BAM Infraconsult BV © copyright Toetsenbordweg 11 1033 MZ AMSTERDAM Telefoon (020) 410 85 43 Email info.infra@bam.com	Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2	Water diepte	2.55 m	X	111405	Opdrachtnummer :
	Stadswerken072 Diverse locaties te Alkmaar	Bodem	-3.08 m NAP	Y	518122	02506.01.02
		Uitvoeringsdatum		22-11-2021		Locatiecode :
		Printdatum		22-11-2021		S03



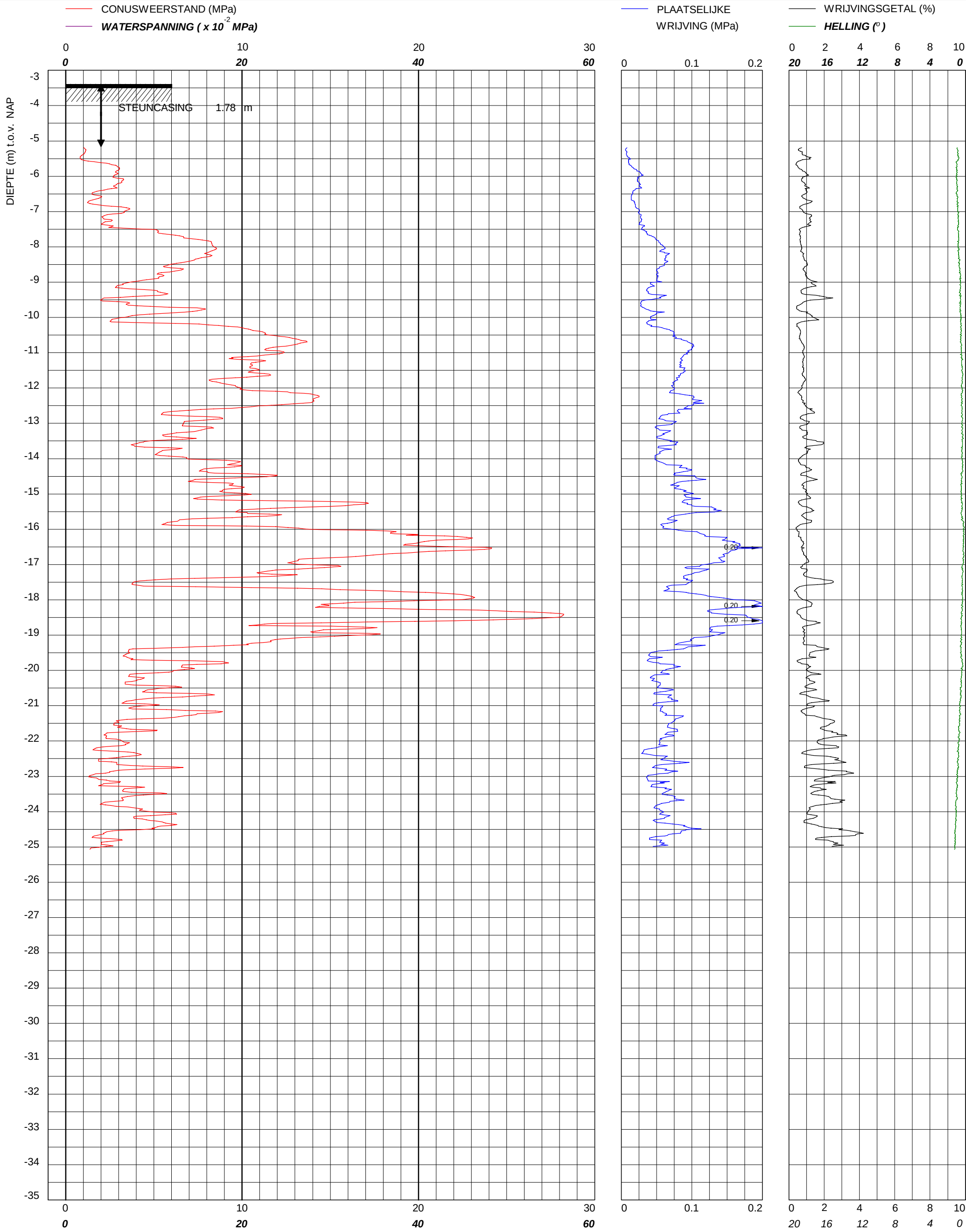
 infra BAM Infraconsult BV © copyright Toetsenbordweg 11 1033 MZ AMSTERDAM Telefoon (020) 410 85 43 Email info.infra@bam.com <td>Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2</td> <td>Water diepte</td> <td>2.65 m</td> <td>X</td> <td>111400</td> <td>Opdrachtnummer :</td>	Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2	Water diepte	2.65 m	X	111400	Opdrachtnummer :
	Stadswerken072 Diverse locaties te Alkmaar	Bodem	-3.18 m NAP	Y	518180	02506.01.02
		Uitvoeringsdatum		22-11-2021		Locatiecode :
		Printdatum		22-11-2021		S04



 bam infra BAM Infraconsult BV © copyright Toetsenbordweg 11 1033 MZ AMSTERDAM Telefoon (020) 410 85 43 Email info.infra@bam.com	Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2	Water diepte	2.95 m	X	111434	Opdrachtnummer :
	Stadswerken072 Diverse locaties te Alkmaar	Bodem	-3.48 m NAP	Y	518107	02506.01.02
		Uitvoeringsdatum		22-11-2021		Locatiecode :
		Printdatum		22-11-2021		S05



 bam infra BAM Infraconsult BV © copyright Toetsenbordweg 11 1033 MZ AMSTERDAM Telefoon (020) 410 85 43 Email info.infra@bam.com	Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2	Water diepte	3.50 m	X	111428	Opdrachtnummer :
	Stadswerken072 Diverse locaties te Alkmaar	Bodem	-4.03 m NAP	Y	518181	02506.01.02
		Uitvoeringsdatum		22-11-2021		Locatiecode :
		Printdatum		22-11-2021		S06



BAM Infraconsult BV
Toetsenbordweg 11
1033 MZ AMSTERDAM
Telefoon (020) 410 85 43
Email info.infra@bam.com

© copyright

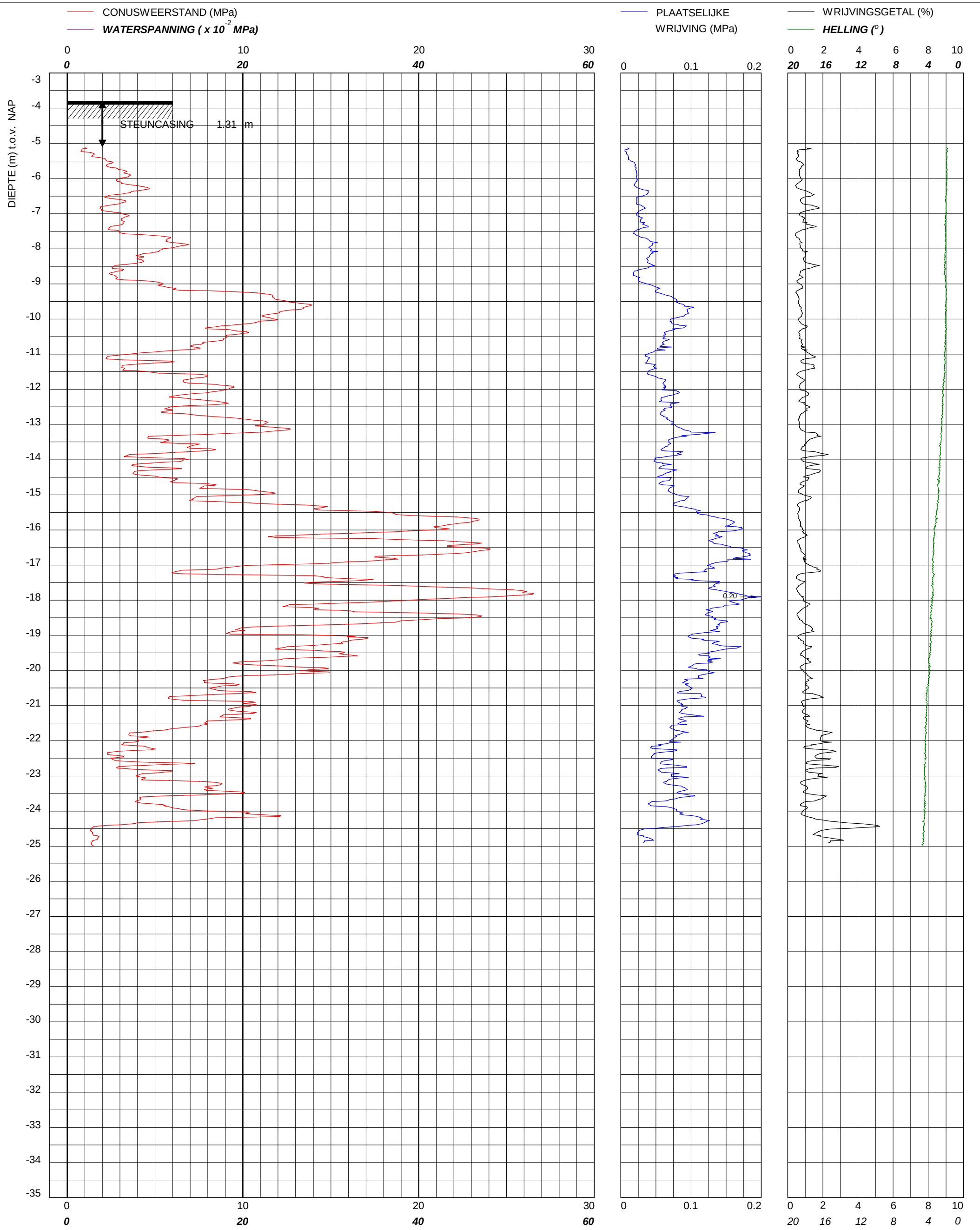
Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3
Conus S17054, Ac: 1.500 mm2

Stadswerken072
Diverse locaties te Alkmaar

Water diepte	2.90 m	X	111392
Bodem	-3.39 m NAP	Y	518351
Uitvoeringsdatum		18-11-2021	
Printdatum		19-11-2021	

Opdrachtnummer :
02506.01.02

Locatiecode :
S07




infra

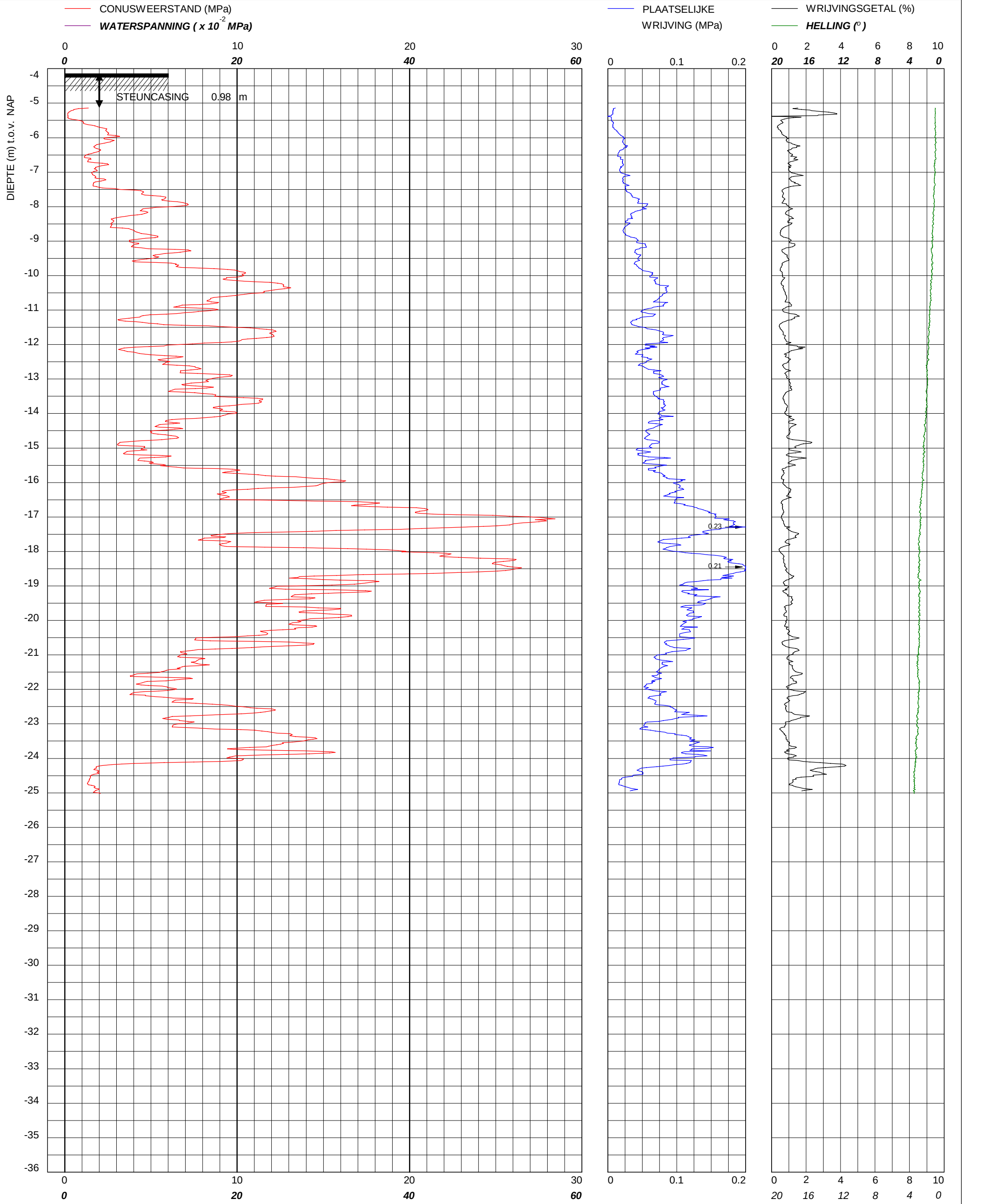
BAM Infraconsult BV © copyright
Toetsenbordweg 11
1033 MZ AMSTERDAM
Telefoon (020) 410 85 43
Email info.infra@bam.com

Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3
Conus S17054, Ac: 1.500 mm2

Stadswerken072

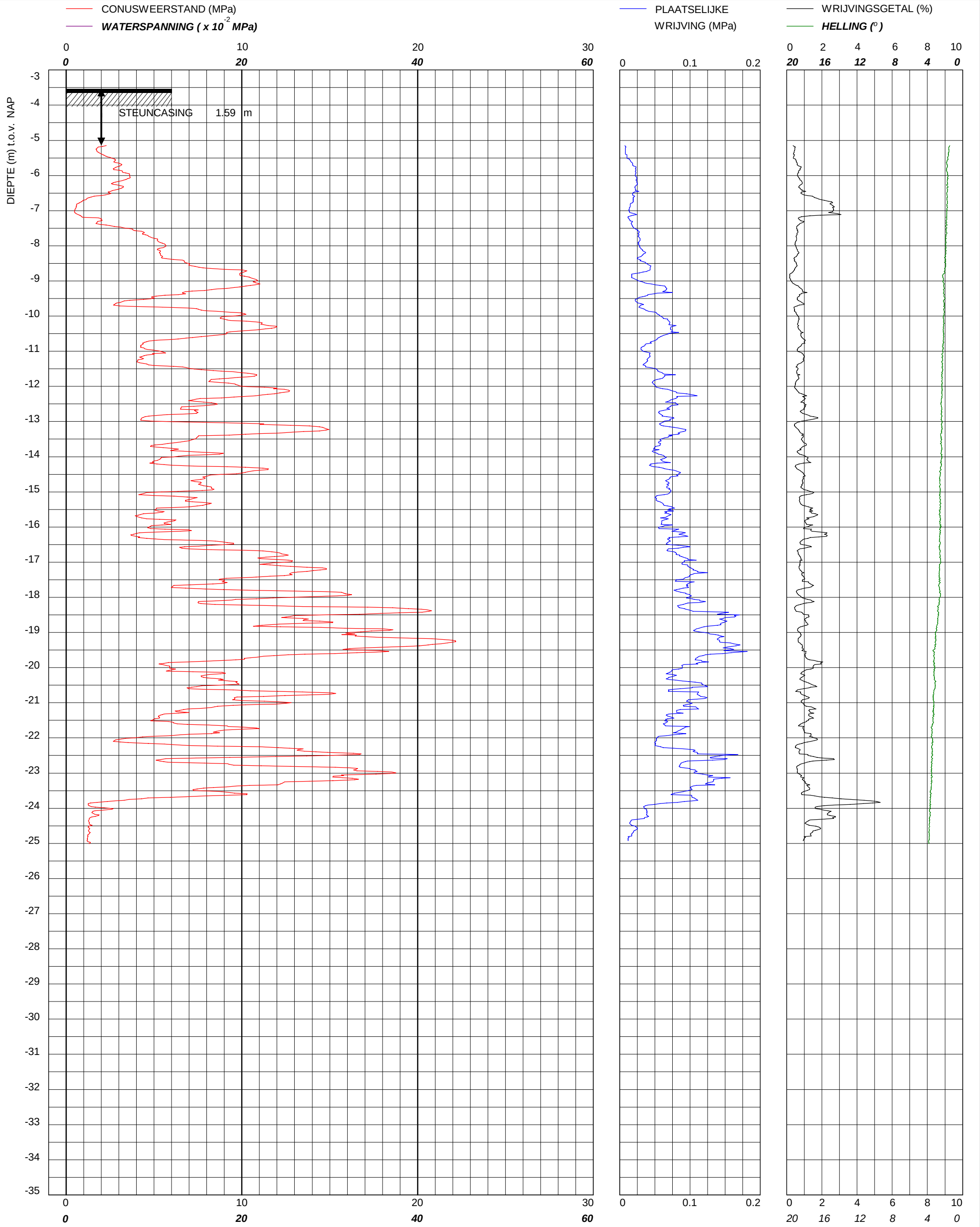
Diverse locaties te Alkmaar

Water diepte	3.30 m	X	111391	Opdrachtnummer : 02506.01.02
Bodem	-3.79 m NAP	Y	518383	
Uitvoeringsdatum		18-11-2021		Locatiecode : S08
Printdatum		19-11-2021		



 bam infra BAM Infraconsult BV © copyright Toetsenbordweg 11 1033 MZ AMSTERDAM Telefoon (020) 410 85 43 Email info.infra@bam.com	Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2	Water diepte	3.65 m	X	111390	Opdrachtnummer : 02506.01.02
	Stadswerken072 Diverse locaties te Alkmaar	Bodem	-4.14 m NAP	Y	518417	
		Uitvoeringsdatum		18-11-2021		Locatiecode : S09
		Printdatum		19-11-2021		

Stadswerken072
Diverse locaties te Alkmaar





BAM Infraconsult BV © copyright

Toetsenbordweg 11
1033 MZ AMSTERDAM
Telefoon (020) 410 85 43
Email info.infra@bam.com

Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3
Conus S17054, Ac: 1.500 mm2

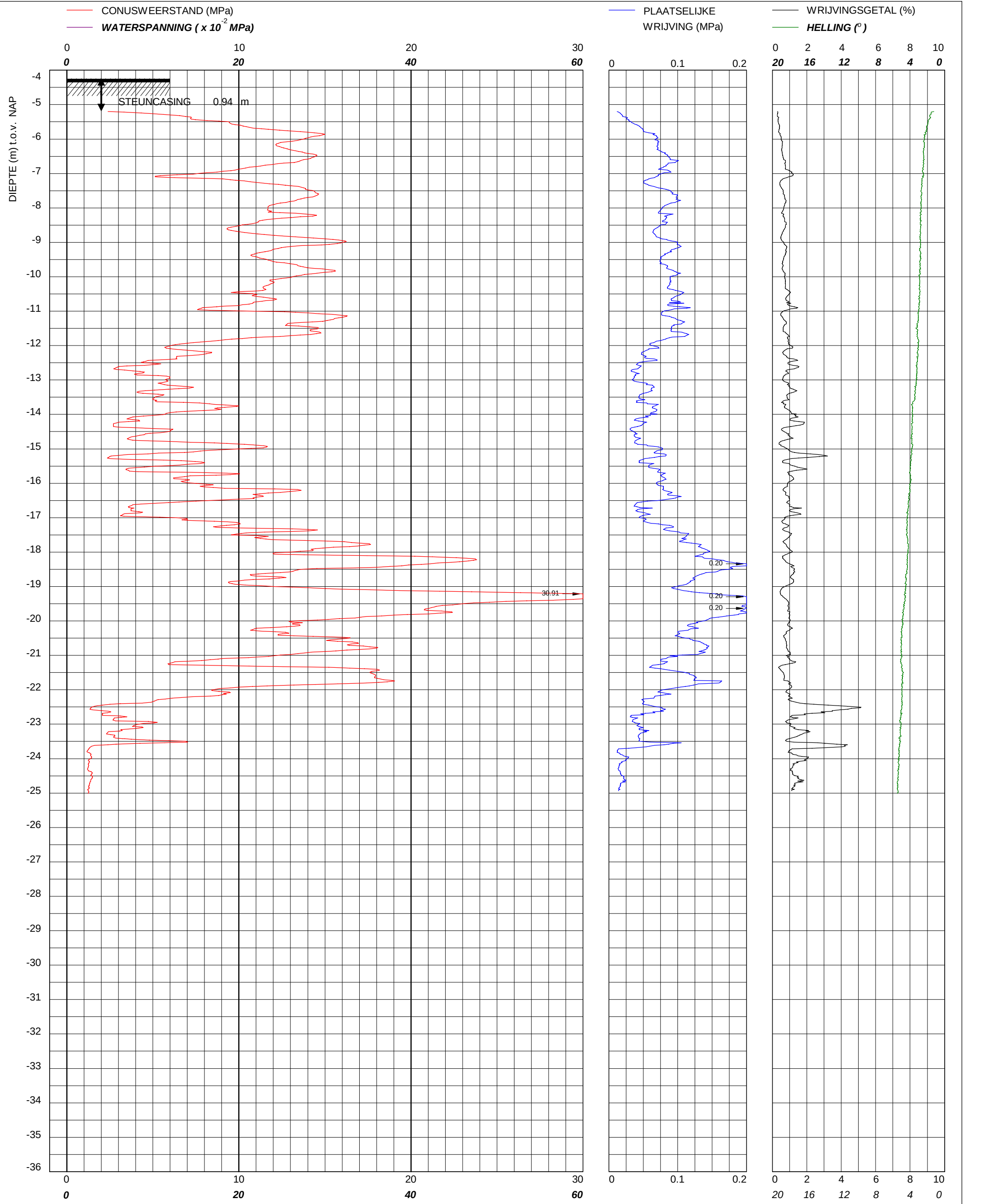
Stadswerken072

Diverse locaties te Alkmaar

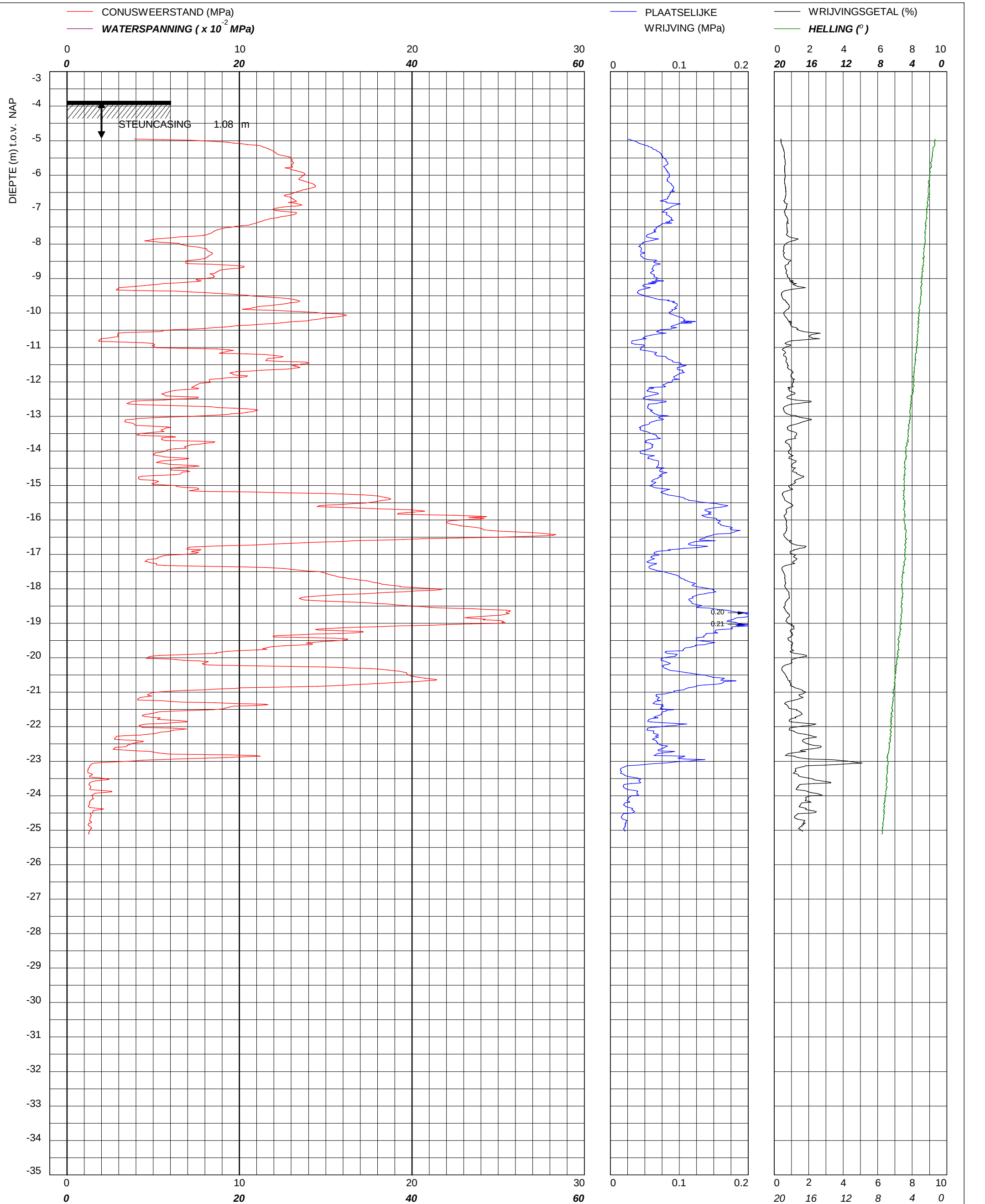
Water diepte	3.05 m	X	111388
Bodem	-3.54 m NAP	Y	518448
Uitvoeringsdatum		18-11-2021	
Printdatum		19-11-2021	

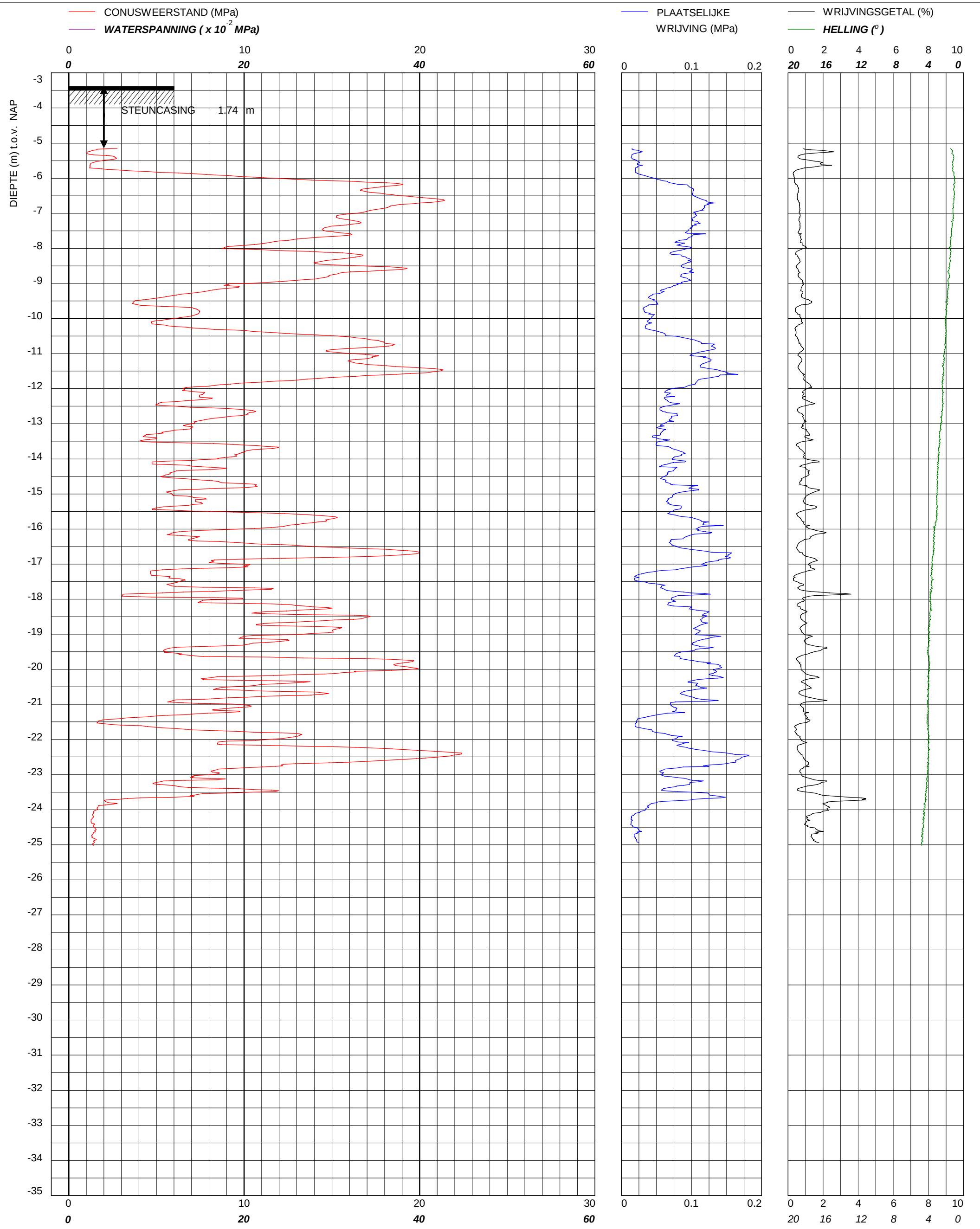
Opdrachtnummer :
02506.01.02

Locatiecode :
S10

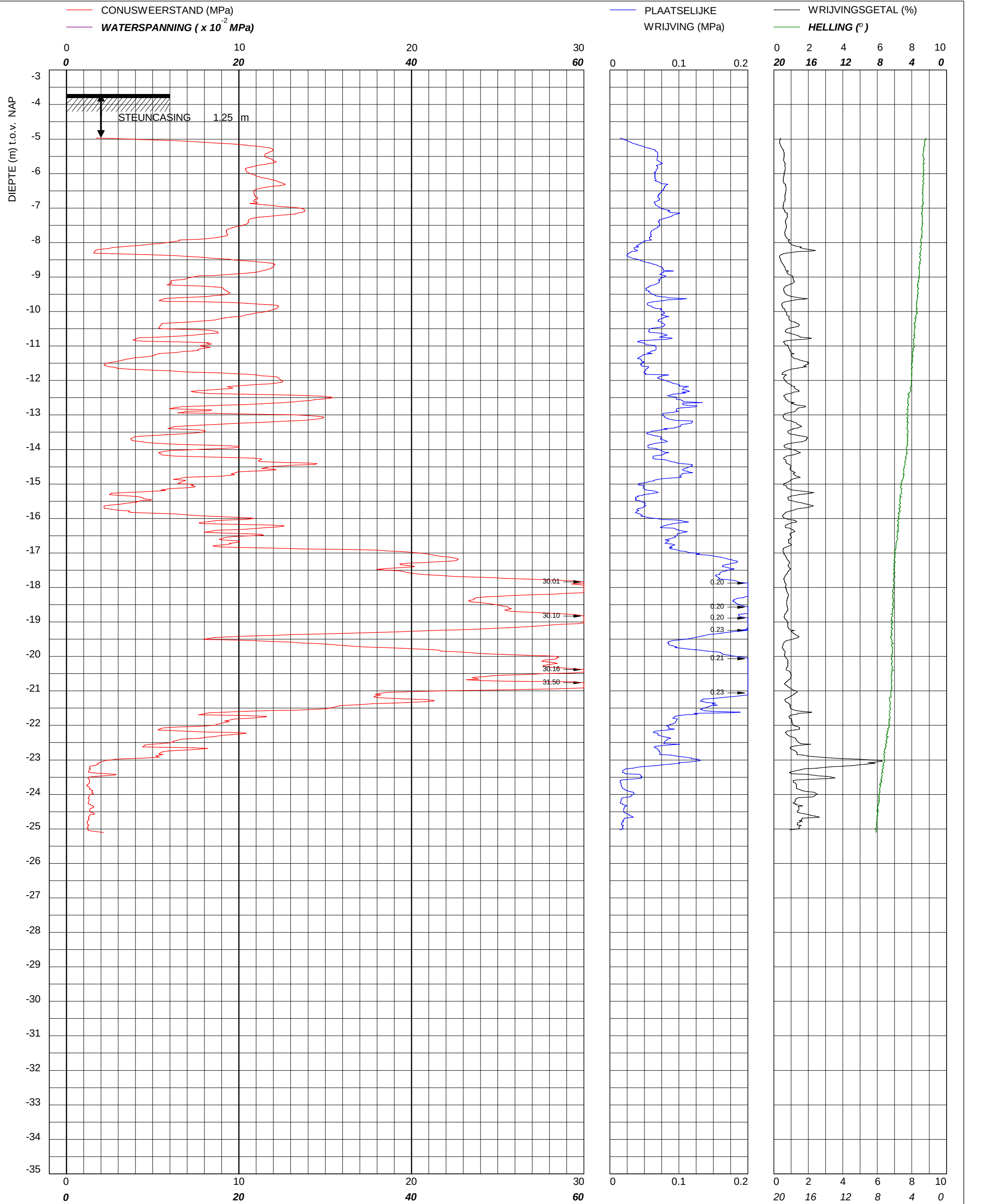


 bam infra BAM Infraconsult BV © copyright Toetsenbordweg 11 1033 MZ AMSTERDAM Telefoon (020) 410 85 43 Email info.infra@bam.com	Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2	Water diepte	3.75 m	X	111548	Opdrachtnummer :
	Stadswerken072 Diverse locaties te Alkmaar	Bodem	-4.24 m NAP	Y	519366	02506.01.02
		Uitvoeringsdatum		18-11-2021		Locatiecode :
		Printdatum		18-11-2021		S11





 infra BAM Infraconsult BV © copyright Toetsenbordweg 11 1033 MZ AMSTERDAM Telefoon (020) 410 85 43 Email info.infra@bam.com	Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3 Conus S17054, Ac: 1.500 mm2	Water diepte	2.90 m	X	111571	Opdrachtnummer :
	Stadswerken072 Diverse locaties te Alkmaar	Bodem	-3.39 m NAP	Y	519365	02506.01.02
		Uitvoeringsdatum		18-11-2021		Locatiecode :
		Printdatum		18-11-2021		S13






BAM Infraconsult BV © copyright
Toetsenbordweg 11
1033 MZ AMSTERDAM
Telefoon (020) 410 85 43
Email info.infra@bam.com

Sondering TE1 volgens NEN-EN-22476-1 klasse 3
Conus S17054, Ac: 1.500 mm2

Stadswerken072
Diverse locaties te Alkmaar

Water diepte	3.20 m	X	111579	Opdrachtnummer : 02506.01.02
Bodem	-3.7 m NAP	Y	519430	
Uitvoeringsdatum		18-11-2021		Locatiecode : S14
Printdatum		18-11-2021		



B. Berekening afmeerenergie



Botskrachtberekening - Vrijstaande paal

Binnenvaart

Gegevens

Lengte schip

Breedte schip

Diepgang schip

Massa schip

Arm massacentrum - paal

Wrijvingshoek (tg $\beta = 0,3$)

Waterdiepte

veerstijfheid tpv botspunt (volgend uit model)

Snelheid schip op botspunt loodrecht op remmingwerk

Algemene rekenparameters

$$b := \frac{b_s}{2}$$

$$I := \frac{1}{12} \cdot m_s \cdot l_s^2$$

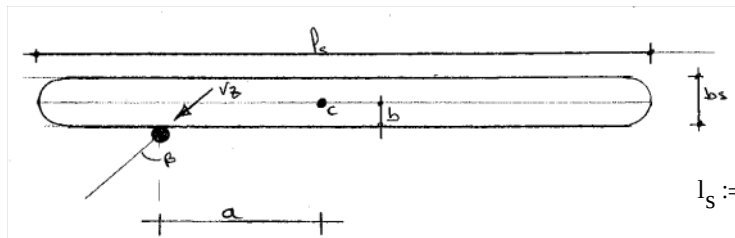
Rekenparameters voor Methode I

$$C_{md} := \left(1 + m_s \cdot a \cdot \frac{a - b \cdot \tan(\beta)}{I} \right)^{-1}$$

$$C_{mw} := 1.1 + 0.05 \cdot d_s \cdot (h - d_s) \cdot m^{-2}$$

$$m_{m.I} := C_{md} \cdot C_{mw} \cdot m_s$$

$$\omega_I := \sqrt{\frac{k}{m_{m.I}}}$$



$$l_s := 86 \cdot m$$

$$b_s := 9.5 \cdot m$$

$$d_s := 3.0 \cdot m$$

$$m_s := 1500000 \cdot kg$$

$$a := \frac{2}{3} \cdot \frac{l_s}{2} \quad a = 29 \cdot m$$

$$\beta := 16.7 \cdot \text{deg}$$

$$h := 3.1 \cdot m$$

$$k := \frac{203 \cdot kN}{305.2 \cdot mm} \quad k = 665 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$v_y := 0.25 \cdot \frac{m}{s}$$

$$b = 4.75 \cdot m$$

$$I = 0.92 \cdot 10^9 \cdot kg \cdot m^2$$

$$C_{md} = 0.44$$

$$C_{mw} = 1.1$$

$$m_{m.I} = 738 \cdot 10^3 \cdot kg$$

$$\omega_I = 0.95 \cdot Hz$$



Rekenparameters voor Methode II

$$r := \sqrt{a^2 + b^2} \quad r = 29.1 \text{ m}$$

$$k_T := 0.29 \cdot l_s \quad k_T = 24.9 \text{ m}$$

$$C_m := 1 + 2 \cdot \frac{d_s}{b_s} \quad C_m = 1.63$$

$$C_e := \frac{k_T^2}{r^2 + k_T^2} \quad C_e = 0.42$$

$$C_s := 0.95$$

$$m_{m.II} := C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot m_s \quad m_{m.II} = 0.99 \cdot 10^6 \cdot \text{kg}$$

$$\omega_{II} := \sqrt{\frac{k}{m_{m.II}}} \quad \omega_{II} = 0.82 \cdot \text{Hz}$$

Botsbelasting volgens methode I

$$\text{Maximum botskracht op remmingwerk} \quad F_{y.I} := m_{m.I} \cdot v_y \cdot \omega_I \quad F_{y.I} = 175 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Maximum energie remmingwerk} \quad E_{y.I} := \frac{1}{2} \cdot m_{m.I} \cdot v_y^2 \quad E_{y.I} = 23 \cdot \text{kJ}$$

$$\text{Doorbuiging remmingwerk tpv botspunt} \quad y_I := \frac{F_{y.I}}{k} \quad y_I = 263 \cdot \text{mm}$$

Botsbelasting volgens methode II

$$\text{Maximum botskracht op remmingwerk} \quad F_{y.II} := m_{m.II} \cdot v_y \cdot \omega_{II} \quad F_{y.II} = 202 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Maximum energie remmingwerk} \quad E_{y.II} := \frac{1}{2} \cdot m_{m.II} \cdot v_y^2 \quad E_{y.II} = 31 \cdot \text{kJ}$$

$$\text{Doorbuiging remmingwerk tpv botspunt} \quad y_{II} := \frac{F_{y.II}}{k} \quad y_{II} = 304 \cdot \text{mm}$$

$$A_{y.II} := \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{y.II}^2}{k} \quad A_{y.II} = 31 \cdot \text{kJ}$$



C. Berekeningsrapportage D-Sheet Piling

Report for D-Sheet Piling 18.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 7/19/2022
Time of report: 9:48:52 AM
Report with version: 18.1.1.2

Date of calculation: 7/19/2022
Time of calculation: 9:48:18 AM
Calculated with version: 18.1.1.2

File name: N:\..\04 Producten\02 Berekening\Afmeerpaal Voormeer Ø762x16mm ppn -16

Project identification: INFR220449 - Remmingwerk Vlielandbrug, Voormeer
Meerpalen Voormeer
Ø762x16mm ppn -16

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	3
2.1 Overview of Maxima	3
3 Input Data	4
3.1 General Input Data	4
3.2 Pile Properties	4
3.2.1 General properties	4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	4
3.2.3 Maximum allowable moments	4
3.3 Outline	5
3.4 Horizontal Forces	5
3.5 Water Level	5
3.6 Surface	5
3.7 Soil Material Properties	5
3.8 Soil Material Properties calculated using Brinch Hansen	6
3.9 Modulus of Subgrade Reaction	6
4 Calculation Results	7
4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	7
4.2 Moments, Forces and Displacements	7
4.3 Charts of Stresses	8
4.4 Stresses	9

2 Summary

2.1 Overview of Maxima

Displacement	Moment	Shear force	Mob. perc. moment	Mob. perc. resistance
[mm]	[kNm]	[kN]	[%]	[%]
305,2	-1899,35	454,53	0,0	14,0

3 Input Data

3.1 General Input Data

Model Single pile; Pile loaded by forces
 Unit weight of water 9,81 kN/m³

3.2 Pile Properties

Length 17,80 m
 Level top side 1,80 m
 Number of sections 1

3.2.1 General properties

Section name	From	To	Material type	Diameter
	[m]	[m]		[m]
Buispaal 762x16	-16,00	1,80	Steel	0,76

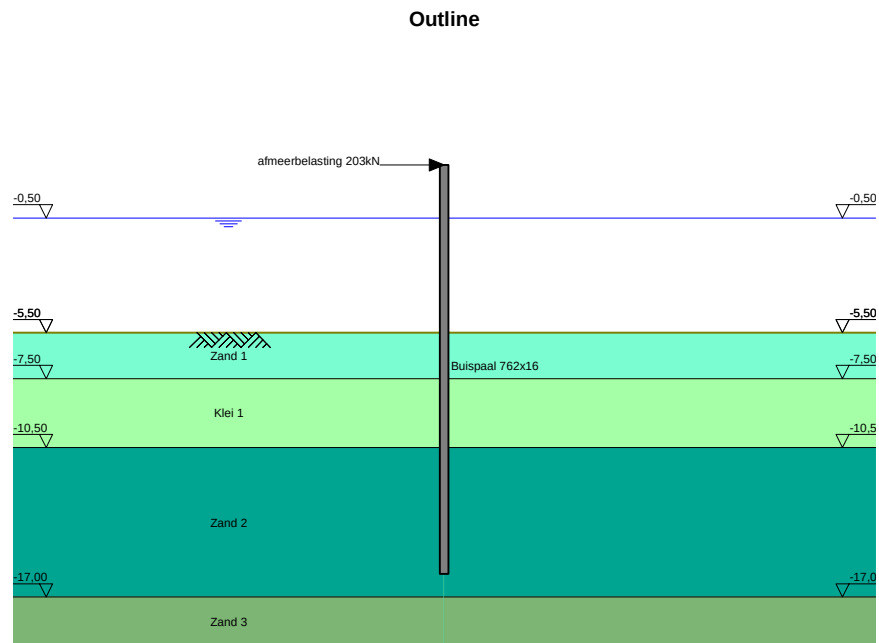
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI	Red. factor on EI	Corrected elas. stiffness EI	Note to reduction factor
	[kNm ²]	[-]	[kNm ²]	
Buispaal 762x16	5,4804E+05	1,00	5,4804E+05	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr _{char;el}	Modification factor	Material factor	Red. factor allow. moment	Mr _{d;el}
	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[kNm]
Buispaal 762x16	2432,00	1,00	1,00	1,00	2432,00

3.3 Outline



3.4 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
afmeerbelasting...	1,80	203,00

3.5 Water Level

Water level: -0,50 [m]

3.6 Surface

Surface level: -5,50 [m]

3.7 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
Zand 1	-5,50	17,00	19,00	0,00	30,00	Yes
Klei 1	-7,50	17,00	17,00	1,00	22,50	Yes
Zand 2	-10,50	18,00	20,00	0,00	32,50	Yes
Zand 3	-17,00	18,00	20,00	0,00	32,50	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Zand 1	-5,50	0,00	0,00	6,34	0,00	0,00
Klei 1	-7,50	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00
Zand 2	-10,50	0,00	0,00	14,89	0,00	0,00
Zand 3	-17,00	0,00	0,00	44,65	0,00	0,00

3.8 Soil Material Properties calculated using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m ²]
Zand 1	-5,50	0,00
Klei 1	-7,50	4,61
Zand 2	-10,50	0,00
Zand 3	-17,00	0,00

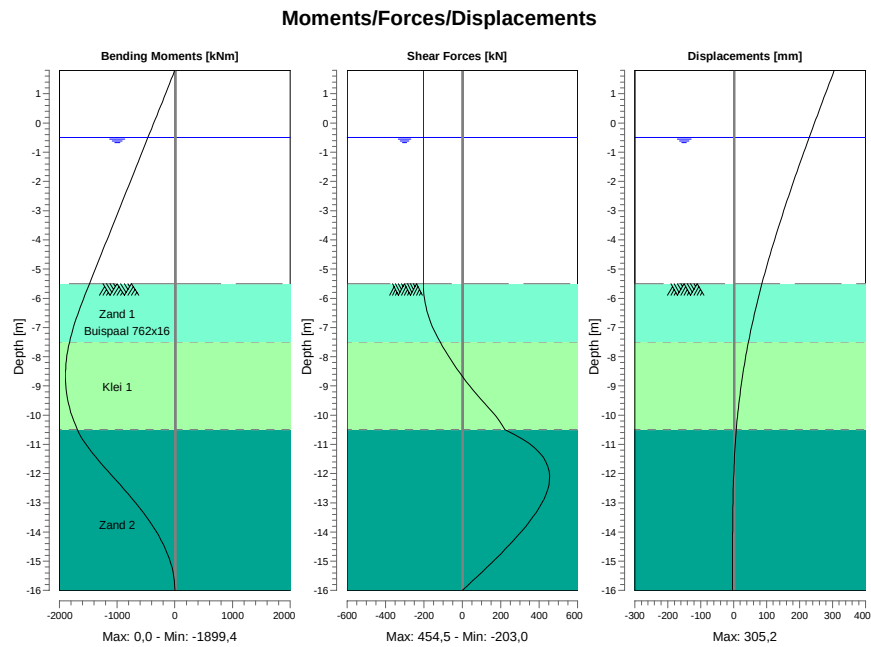
3.9 Modulus of Subgrade Reaction

Layer name	Level [m]	Ménard used	E-Mod Ménard [kN/m ²]	Soil type Ménard	Branch 1	
					Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Zand 1	-5,50	Yes	5950,00	Sand	25119,42	25119,42
Klei 1	-7,50	Yes	5000,00	Clay	13301,97	13301,97
Zand 2	-10,50	Yes	12750,00	Sand	53827,34	53827,34
Zand 3	-17,00	Yes	11050,00	Sand	46650,36	46650,36

4 Calculation Results

Number of iterations: 5

4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



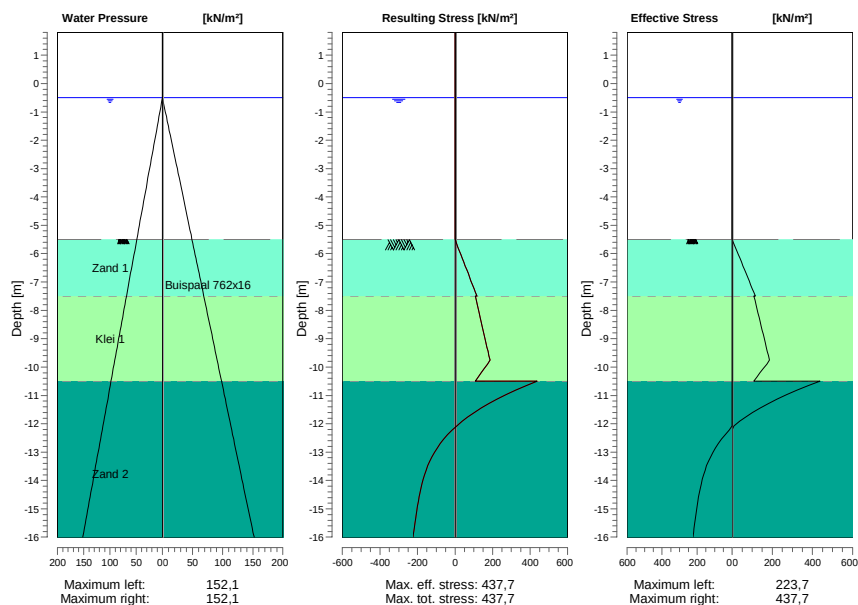
4.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	1,80	0,00	-203,00	305,2
1	1,03	-155,63	-203,00	279,6
2	1,03	-155,63	-203,00	279,6
2	0,27	-311,27	-203,00	254,3
3	0,27	-311,27	-203,00	254,3
3	-0,50	-466,90	-203,00	229,3
4	-0,50	-466,90	-203,00	229,3
4	-1,33	-636,07	-203,00	202,6
5	-1,33	-636,07	-203,00	202,6
5	-2,17	-805,23	-203,00	176,8
6	-2,17	-805,23	-203,00	176,8
6	-3,00	-974,40	-203,00	152,0
7	-3,00	-974,40	-203,00	152,0
7	-3,83	-1143,57	-203,00	128,5
8	-3,83	-1143,57	-203,00	128,5
8	-4,67	-1312,73	-203,00	106,3
9	-4,67	-1312,73	-203,00	106,3
9	-5,50	-1481,90	-203,00	85,9
10	-5,50	-1481,90	-203,00	85,9

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
10	-6,17	-1615,05	-193,16	70,9
11	-6,17	-1615,05	-193,16	70,9
11	-6,83	-1735,08	-163,65	57,2
12	-6,83	-1735,08	-163,65	57,2
12	-7,50	-1828,88	-114,47	44,9
13	-7,50	-1828,88	-114,47	44,9
13	-8,25	-1889,71	-45,28	32,8
14	-8,25	-1889,71	-45,28	32,8
14	-9,00	-1893,12	38,66	22,7
15	-9,00	-1893,12	38,66	22,7
15	-9,75	-1828,03	137,36	14,5
16	-9,75	-1828,05	137,69	14,5
16	-10,50	-1690,33	221,88	8,1
17	-10,50	-1690,32	221,77	8,1
17	-11,29	-1435,32	401,72	3,3
18	-11,29	-1435,32	401,55	3,3
18	-12,07	-1092,34	454,53	0,2
19	-12,07	-1092,34	454,40	0,2
19	-12,86	-742,33	426,16	-1,8
20	-12,86	-742,33	426,07	-1,8
20	-13,64	-435,20	349,83	-2,9
21	-13,64	-435,20	349,78	-2,9
21	-14,43	-199,54	246,86	-3,5
22	-14,43	-199,54	246,83	-3,5
22	-15,21	-51,21	128,74	-3,9
23	-15,21	-51,22	128,73	-3,9
23	-16,00	0,00	0,00	-4,2
Max		-1893,12	454,53	305,2
Max, minor nodes incl.		-1899,35	454,53	305,2

4.3 Charts of Stresses

Stress States



4.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob* [%]	Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob* [%]
1	1,80	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	1,03	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	1,03	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,27	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	0,27	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	-0,50	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	-0,50	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	-1,33	0,00	8,18	-		0,00	8,18	-	
5	-1,33	0,00	8,18	-		0,00	8,18	-	
5	-2,17	0,00	16,35	-		0,00	16,35	-	
6	-2,17	0,00	16,35	-		0,00	16,35	-	
6	-3,00	0,00	24,52	-		0,00	24,52	-	
7	-3,00	0,00	24,52	-		0,00	24,52	-	
7	-3,83	0,00	32,70	-		0,00	32,70	-	
8	-3,83	0,00	32,70	-		0,00	32,70	-	
8	-4,67	0,00	40,88	-		0,00	40,88	-	
9	-4,67	0,00	40,88	-		0,00	40,88	-	
9	-5,50	0,00	49,05	-		0,00	49,05	-	
10	-5,50	0,00	49,05	A		0,00	49,05	P	
10	-6,17	0,00	55,59	A		38,83	55,59	P	
11	-6,17	0,00	55,59	A		38,83	55,59	P	
11	-6,83	0,00	62,13	A		77,66	62,13	P	
12	-6,83	0,00	62,13	A		77,66	62,13	P	
12	-7,50	0,00	68,67	A		116,48	68,67	P	
13	-7,50	0,00	68,67	A		108,44	68,67	P	
13	-8,25	0,00	76,03	A		134,33	76,03	P	
14	-8,25	0,00	76,03	A		134,33	76,03	P	
14	-9,00	0,00	83,39	A		160,21	83,39	P	
15	-9,00	0,00	83,39	A		160,21	83,39	P	
15	-9,75	0,00	90,74	A		186,10	90,74	P	
16	-9,75	0,00	90,74	A		186,10	90,74	P	
16	-10,50	0,00	98,10	A		108,16	98,10	-	51
17	-10,50	0,00	98,10	A		437,70	98,10	-	74
17	-11,29	0,00	105,81	A		180,28	105,81	-	25
18	-11,29	0,00	105,81	A		180,28	105,81	-	25
18	-12,07	0,00	113,52	A		9,46	113,52	-	1
19	-12,07	0,00	113,52	A		9,46	113,52	-	1
19	-12,86	95,15	121,22	-	10	0,00	121,22	A	
20	-12,86	95,15	121,22	-	10	0,00	121,22	A	
20	-13,64	154,53	128,93	-	14	0,00	128,93	A	
21	-13,64	154,53	128,93	-	14	0,00	128,93	A	
21	-14,43	187,16	136,64	-	16	0,00	136,64	A	
22	-14,43	187,16	136,64	-	16	0,00	136,64	A	
22	-15,21	207,25	144,35	-	16	0,00	144,35	A	
23	-15,21	207,25	144,35	-	16	0,00	144,35	A	
23	-16,00	223,73	152,06	-	16	0,00	152,06	A	

*

Stat
MobStatus (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
Percentage passive mobilized

End of Report



Waarderweg 40
2031 BP Haarlem
Nederland

Pettelaarpark 10-15
5216 PD 's-Hertogenbosch
Nederland

Nevelgaarde 10
3436 ZZ Nieuwegein
Nederland

iv-Infra b.v.
Trapezium 322
3364 DL Sliedrecht
Nederland

Trompstraat 36a
9190 Stekene
België

Westervoortsedijk 73
Gebouw CB
6827 AV Arnhem
Nederland

www.iv-infra.nl
Telefoon +31 88 943 3200
Postbus 135
3360 AC Sliedrecht
officemanagement@iv-infra.nl