

Geotechnisch funderingsadvies

Project Nieuwbouw woning + bijgebouw aan de Polderdijk te Herwen

Opdrachtnummer 21.6569
Rapport 21.6569R01
Datum 9 december 2021

Opdrachtgever De heer T.H.G. Welman
Heuvelakkerstraat 11
6913 AA Aerd

Constructeur 2-Stroom
Nijmegen/Pannerden

Bijlagen - Voorbeeldberekening paal draagvermogen
- Geotechnisch onderzoek

Adres Dijkstraat 8-II
6701 CJ Wageningen
Telefoon +316 39 327 585

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

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

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



1.0 INLEIDING

Op 10 september 2021 ontving Atellus Grondmechanica van de heer Welman de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch grondonderzoek alsmede het uitbrengen van een funderingsadvies ten behoeve van de nieuwbouw van een vrijstaande woning en een bijgebouw te Herwen.

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

2.0 PROJECTOMSCHRIJVING

De projectlocatie is gelegen aan de polderdijk tussen nummer 81 en 83 te Herwen. De locatie is momenteel braakliggend en bevindt zich aan de rand van bebouwd gebied. De dichtst nabij de nieuwbouwwoning gesitueerde bebouwing bevindt zich op een afstand van ca. 20 meter. Het bijgebouw zal binnen een afstand van ca. 2 meter van bestaande bebouwing komen te staan. Nadere gegevens omtrent de exacte afstand tot deze bebouwing, de aard, de conditie en funderingswijze van de bebouwing zijn ons niet bekend. Voor de ligging van de projectlocatie wordt verwezen naar de situatietekening die in de bijlage is toegevoegd.

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

Het plan omvat de bouw van een nieuwbouwwoning met een grondvlak van ca. 145 m². De nieuwbouw zal worden opgetrokken in een bouwlaag en een zolderverdieping, deels onder een schuine kap. In het ontwerp is onder de gehele begane grond een souterrain voorzien. Het begane grondpeil van de nieuwbouw is aangenomen op ca. NAP +15,8 m. Het peil van het souterrain bedraagt volgens opgave bouwpeil -3,1 m, overeenkomend met ca. NAP +12,7 m. Uitgaande van een vloerdikte van ca. 0,3 m bedraagt het aanlegniveau van de souterrainvloer ca. NAP +12,4 m.

De rekenwaarden van paalbelastingen op druk zijn vooralsnog aangenomen op $F_c/d = 150$ tot 600 kN.

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

3.0 GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek is uitgevoerd op 23 november 2021 en heeft bestaan uit 4 sonderingen. De sonderingen zijn uitgevoerd m.b.v. een elektrische (kleefmantel)conus met hellingmeter, conform norm NEN-EN 1997-2 met aanvullingsnorm NEN 9997-2. De conusweerstand is hierbij continu elektrisch gemeten en geregistreerd. Bij alle sonderingen is naast de conusweerstand ook de plaatselijke mantelwrijving elektrisch gemeten en geregistreerd. De relatie tussen conusweerstand en plaatselijke wrijving, het wrijvingsgetal, geeft beneden het grondwaterniveau een indicatie van de verschillende grondsoorten. De sondeerresultaten zijn weergegeven op de grafieken die zijn toegevoegd in de bijlagen, waarbij de diepte is uitgezet t.o.v. NAP.



Aanvullend op het sondeeronderzoek is een ondiepe handboring verricht ter nadere verkenning van de toplagen en bepaling van de actuele grondwaterstand. Op basis van een veldclassificatie is een boorbeschrijving gemaakt, die eveneens is toegevoegd aan de bijlage.

Vanwege de ligging nabij een waterkering, zijn de sondeer- en boorgaten, na afloop van het onderzoek afgedicht met 3 m¹ kleistaven.

De sondeerlocaties, welke door de sondeerploeg in het terrein zijn uitgezet en gewaterpast t.o.v. NAP, zijn tezamen met enkele referentiepunten aangegeven op de situatietekening. Als basis heeft hiervoor gediend de door de opdrachtgever verstrekte tekening.

4.0 TERREIN- EN GRONDGESTELDHEID

Ten tijde van het onderzoek varieerde de maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties van NAP +12,8 m tot NAP +12,4 m.

Op basis van het grondonderzoek kan de grondopbouw globaal als volgt worden omschreven: Van het maaiveld tot ca. NAP +9,7 m wordt een bovenlaag aangetroffen bestaande uit klei. Hieronder worden tot de maximaal verkende diepte overwegend vaste en minder vaste zandafzettingen aangetoond. Plaatselijk en op wisselende diepte komen in dit pakket teruggangen in de conusweerstand voor, die vermoedelijk worden veroorzaakt door kleihoudende zand- en zandhoudende kleiafzettingen en door afzettingen met een geringere pakkingsdichtheid of een grovere gradatie.

In het boorgat werd tijdens het grondonderzoek de actuele grondwaterstand waargenomen op NAP +9,8 m. Dit betreft een éénmalige waarneming welke mogelijk iets verstoord is door het boren. Door, onder andere, wisselingen in neerslagoverschot zijn fluctuaties van de grondwaterstand mogelijk.

5.0 FUNDERINGSADVIES

Gezien de aangetroffen grondopbouw en de aard van de bebouwing komt voor onderhavig project uitsluitend een fundering op palen in aanmerking. In dit rapport is een fundering op mortelschroefpalen geadviseerd en nader uitgewerkt.

Tijdens de uitvoering worden bij dit paaltype nagenoeg geen trillingen opgewekt en is er vanuit dit oogpunt geen risico voor schade aan bebouwing in de omgeving.

Door het bevoegd gezag zoals bijvoorbeeld het waterschap kunnen randvoorwaarden worden opgelegd aan werkzaamheden in de nabijheid van een waterkering zoals bijvoorbeeld sloop-, grond-, bouw- en funderingswerkzaamheden. In sommige gevallen kan het nodig zijn dat middels specifieke berekeningen wordt aangetoond dat aan bepaalde randvoorwaarden wordt voldaan.

Geadviseerd wordt om bij het bevoegd gezag (Waterschap Rijn en IJssel) tijdig na te gaan of specifieke regelgeving van toepassing is en/of randvoorwaarden worden gesteld aan de geplande werkzaamheden.

UITGANGSPUNTEN

-) Projectgegevens zoals beschreven in hoofdstuk 2.
-) Situering nieuwbouw zoals weergegeven op de situatietekening in de bijlage.
-) Funderingselementen worden verticaal centrisch belast.



-) Het advies is opgesteld op basis van NEN 9997-1 (juni 2016). Genoemde norm bevat de NEN-EN 1997-1 (Eurocode 7 – geotechnisch ontwerp – Deel 1 : Algemene regels) en de bijbehorende nationale bijlage.
-) de veiligheid / gevolgklasse (NEN-EN 1990): CC2 RC2
-) de Geotechnische Categorie (NEN 9997-1, 2.1): GC2
-) aanname stijfheid bebouwing: niet-stijf
-) Fundering op mortelschroefpalen.
-) Voor de berekening van de draagkracht zijn de volgende factoren aangehouden:
 - paalklasse punt $\beta_p = 0,56$
 - paalvoetvorm $\phi = 1,0$
 - paalvoetdwarsdoorsnede $s = 1,0$
 - paalklasse schacht $\beta_s = 0,006$
-) Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
-) Er is rekening gehouden met negatieve kleef op de palen.
-) Het effect van horizontale belastingen op de palen (bijvoorbeeld bij maaiveldniveauverschillen aan weerszijden van de bebouwing) valt niet binnen het kader van de opdracht.
-) Gezien de sterkte van de kleilagen in combinatie met de lage grondwaterstand worden er, als gevolg van de relatief smalle opvulstrook tussen woning en dijk, geen significante horizontale gronddeformaties verwacht en deze kleilagen.
-) De berekende paal draagvermogens dienen door de constructeur op basis van NEN-EN 1992-1-1 te worden gecontroleerd op toelaatbare betonspanningen.
-)

EISEN TEN AANZIEN VAN STABILITEIT EN VERVORMINGEN

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

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

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

BEREKENINGSMETHODE

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

-Bepaling van de rekenwaarde van de negatieve kleef

Voor dit project is, in verband met de aangetroffen bodemgesteldheid, rekening gehouden met het optreden van negatieve kleef langs de paalschachten tot een niveau van NAP +9,7 m.



-Bepaling van de maximale draagkracht van een paal

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

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

waarin:

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

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

De positieve schachtwrijving is ontleend aan de doorgaande zandlagen waarin de palen worden gefundeerd.

-Bepaling van de karakteristieke waarde van de draagkracht

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

$$R_{c;k} = \text{Min} \{ (R_{c;cal;gem} / \epsilon_3); (R_{c;cal;min} / \epsilon_4) \}$$

waarin:

$$\begin{aligned} R_{c;k} &= \text{de karakteristieke waarde van het draagvermogen.} \\ R_{c;cal;gem} &= \text{het berekende gemiddelde draagvermogen van de in beschouwing genomen groep sonderingen.} \\ R_{c;cal;min} &= \text{het laagst berekende draagvermogen van de in beschouwing genomen groep sonderingen.} \\ \epsilon_3 / \epsilon_4 &= \text{factor, afhankelijk van het aantal sonderingen (NEN 9997-1, Tabel A.10a)} \end{aligned}$$

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

- Bepaling van de rekenwaarde voor de maximale draagkracht

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

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

waarin:

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

RESULTATEN DRAAGVERMOGEN

Er is uitgegaan van mortelschroefpalen met schachtdiameters van 300; 350 en 400 mm.



In onderstaande tabel is per sondering voor de geadviseerde paalpunniveaus en per schachtafmeting de rekenwaarde van de netto draagkracht gepresenteerd.

Tabel 1: Paalpunniveaus en rekenwaarden netto draagkracht mortelschroefpalen.

Sondering	Paalpunniveau [m t.o.v. NAP]	Rekenwaarde netto draagkracht (R _{c;d})* [kN]		
		300 mm	350 mm	400 mm
1	+7,0	200	260	320
	+6,5	200	270	350
	+6,0	280	360	440
	+5,5	280	360	440
	+1,5	390	480	570
	+1,0	400	490	590
	+0,5	410	500	610
	0,0	440	540	650
2	+7,0	250	330	410
	+6,5	250	330	420
	+6,0	360	400	490
	+5,5	360	400	490
	+1,5	450	550	660
	+1,0	450	550	650
	+0,5	480	590	710
	0,0	550	680	820
3	+7,0	270	360	470
	+6,5	390	490	610
	+6,0	400	490	610
	+5,5	400	480	510
4	+7,0	320	410	530
	+6,5	410	530	640
	+6,0	420	530	640
	+5,5	420	530	650

Opgemerkt wordt dat palen onder de rand van de kelder aan de voorzijde van de woning én aan de zijkanten ter plaatse van de ophoging in zeker mate extra kunnen worden belast door negatieve kleef langs de kelderwand. Uit berekening volgt dat deze negatieve kleef per strekkende meter kelderwand: $F_{nk;d} = 24 \text{ kN/m}^1$ bedraagt. De kleef is daarbij gerekend over een traject van NAP +15,7 tot +12,4 m, uitgaande van een aanvulling met zand. Tevens worden de palen in het voornoemde traject extra belast met negatieve kleef als gevolg van een verhoogde korrelspanning door het gewicht van de aanvulling. Geadviseerd wordt om voor deze palen een extra negatieve kleef in rekening te brengen van 40 kN per m^1 paalomtrek.

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

In tegenstelling tot bijvoorbeeld prefab betonpalen is er tijdens de installatie van mortelschroefpalen een sterk verminderde controle op de vastheid van de grondlagen. Geadviseerd wordt om zoveel als mogelijk gebieden van gelijk paalpunniveau aan te houden en eventuele plaatselijke overcapaciteit qua draagvermogen te accepteren.

TOETSING

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

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



VEERCONSTANTEN

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

Voor sondering 2 zijn, voor een paalpunt niveau van NAP +1,0 m, de navolgende indicatieve waarden berekend :

Paalafmeting in mm:	F _k in kN:	Veerconstante voor paalkopzakking in MN/m ¹ :
300	330	k = 50 à 55
350	410	k = 60 à 65
400	480	k = 70 à 75

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

6.0 UITVOERING MORTELSCHROEFPALEN

Bij de toepassing van mortel- of betonschroefpalen dient voor de installatie hiervan een hierin gespecialiseerd, gerenommeerd aannemingsbedrijf te worden ingeschakeld. Geadviseerd wordt de eerste paal zo dicht mogelijk bij een sondering te installeren.

Het waargenomen installatiegedrag voor wat betreft draaimoment, morteldruk en verbruikte hoeveelheid specie kan in combinatie met het sondeerbeeld een indicatie vormen voor de controle van tussen de sonderingen te installeren palen. Tijdens het boren dient de boorsnelheid van de avegaar afgestemd te zijn op de snelheid van inbrengen.

Er mag niet meer grond omhoog geschroefd worden dan strikt noodzakelijk (verdringingsvolume van de avegaar), zodat de ontspanning van de grond zoveel mogelijk beperkt blijft. Tijdens het trekken van de avegaar dient er op te worden toegezien dat continu druk op de mortel gehandhaafd blijft, zodat een regelmatige opbouw van de paalschacht wordt verkregen. Geadviseerd wordt de betondruk continu te registreren. De snelheid van trekken van de avegaar en het opvullen van het boorgat dient in overeenstemming te zijn met de capaciteit van de betonpomp. Een controle op de aard van de bodemlagen verkrijgt men door visuele inspectie van de uitkomende grond, waarbij de paalpunt in de zandlagen dient te staan.

Van iedere paal dienen tenminste de bovengenoemde gegevens en het bereikte paalpuntniveau te worden genoteerd.

Ter voorkoming van welvorming in de vers gestorte palen, dienen de mortelschroefpalen te worden geïnstalleerd vanaf een zodanig werkniveau dat het verschil tussen de (bemalen) freatische grondwaterstand op dit werkniveau en de stijghoogte van het grondwater in het diepe zandpakket (funderingslaag) niet groter is dan 0,5 m. Zo nodig dienen de palen dus vanaf een tussenniveau of vanaf het bestaande maaiveldniveau (of hoger) te worden geïnstalleerd. De palen dienen in ieder geval te worden afgestort tot aan het werkniveau. Een eventuele overlengte dient naderhand te worden gesneld. Hierbij dient rekening te worden gehouden met het aanbrengen van een eventuele overlengte aan wapening, aangezien de paal na het snellen nog over de minimaal vereiste wapeningslengte dient te beschikken.



Deskundig toezicht tijdens het gehele installatieproces is een vereiste.

Voor nadere gegevens omtrent de installatie van de palen wordt verwezen naar de KIWA beoordelingsrichtlijn voor in de grond gevormde palen BRL-2356 (K-237/01), bijlage A en de NEN-EN 1536.

Ter controle wordt geadviseerd in ieder geval een deel van de palen (ca 25 %) akoestisch door te meten. Deze testen geven informatie over de paallengte, doorsnedevariaties, scheuren en andere inhomogeniteiten.

Gebleken is dat met deze testmethode meestentijds, alhoewel niet altijd, eventuele gebreken zijn op te sporen tegen geringe kosten. Voorts zij het benadrukt dat het akoestisch doormeten informatie verschaft over de fysieke kwaliteit van de palen alsmede over de dimensies ervan, doch niet over het paal draagvermogen.

Atellus Grondmechanica

Ing. A. Terluin
Adviseur geotechniek



VOORBEELDBEREKENING NEGATIEVE KLEEF

- gehanteerde sondering : 2
- paaltype : mortelschroefpaal
- schachtafmeting : 300 mm

Voor de berekening is ervan uitgegaan dat de bodem samendrukbaar is tot een niveau van NAP +9,7 m. De daaronder gelegen lagen zijn dermate zanderig dat hierin geen zetting en derhalve geen negatieve kleeft zijn te verwachten.

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

Berekening negatieve kleeft

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

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

$$= 16 \text{ kN.}$$

waarin:

		in dit geval:
h_1	= dikte van de ophooglaag of de droge zone van de bodem	2,6 m
h_2	= dikte van de samendrukbare lagen	0,1 m
$K_{o;1} \cdot \tan \Omega$	= product van de representatieve waarde van de neutrale gronddruk factor met de tangens van de wrijvingshoek tussen paal en grond voor de ophooglaag	0,25 -
$K_{o;2} \cdot \tan \Omega$	= idem voor de samendrukbare lagen	0,25 -
$\exists'_{v;1}$	= representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onder de ophooglaag	45,2 kN/m ²
$\exists'_{v;2}$	= idem onder de samendrukbare lagen	45,9 kN/m ²
O_s	= omtrek van de paalschacht	0,94 m

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

$$F_{nk;d} = F_{s;nk;rep} \cdot \uparrow_{r;nk}$$

$$= 16 \text{ kN}$$

waarin:

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



VOORBEELDBEREKENING VAN HET DRAAGVERMOGEN CONFORM NEN 9997-1

Voor de berekening van het draagvermogen is in dit voorbeeld, voor de berekening van de maximale draagkracht, sondering 2 aangehouden.

Paaltype	: mortelschroefpaal		
Paalgegevens	: paalpuntniveau	- NAP +1,0 m	paalomtrek (O_p) - 0,94 m
	: schachtafmeting	- 300 mm	voetoppervlak (A_{punt}) - 0,0707 m ²

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

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

waarbij:

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

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

Maximale draagkracht van de paalpunt

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

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

waarin:

A_{punt}	=	oppervlakte van de paalpunt (m ²)
$q_{b;max}$	=	maximale puntweerstand (NEN 9997-1) (kN/m ²)

waarbij:

$$q_{b;max} = \frac{1}{2} B \mathfrak{S}_p B \wp B s B [\frac{1}{2} B (q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}) + q_{c;III;gem}]$$

waarin rekening houdend met het paaltype:

$\mathfrak{S}_p$	=	0,56 (paalfactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)
$\wp$	=	1,0 (paalvoetvormfactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)
s	=	1,0 (vormfactor van de doorsnede paalvoet, volgens tabel 7.c NEN 9997-1)

en de uit de sondering bepaalde waarden:

$q_{c;I;gem}$	=	gemiddelde conusweerstand over een traject van 0,7 à 4d onder de punt. In dit geval 10,16 MN/m ² .
$q_{c;II;gem}$	=	minimale conusweerstand binnen het traject van 0,7 à 4d onder de punt. In dit geval 7,50 MN/m ² .
$q_{c;III;gem}$	=	gemiddelde minimale conusweerstand over een traject van 8d boven de punt. In dit geval 2,00 MN/m ² .

zodat:

$$q_{b;max} = 3,033 \text{ MN/m}^2 \text{ en}$$

$$R_{b;cal;max} = 214 \text{ kN}$$



Maximale positieve schachtwrijving

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

$$R_{S;cal;max} = O_p B I B \zeta_S B q_{c;gem}$$

waarin:

$$\begin{aligned} O_S &= \text{omtrek van de paalschacht, voor het beschouwde paaltype 0,94 m} \\ I &= \text{lengte waarover schachtwrijving in rekening wordt gebracht, in dit geval 8,5 m} \\ \zeta_S &= 0,006 \text{ (paalklassefactor, volgens tabel 7.c van NEN 9997-1)} \\ q_{c;gem} &= \text{de gemiddelde conusweerstand in de tot de schachtwrijving bijdragende} \\ &\quad \text{zandlagen, in dit geval 11,77 MN/m}^2. \end{aligned}$$

zodat:

$$R_{S;cal;max} = 0,94 \text{ m} B 8,5 \text{ m} B 0,006 B 11,77 B 10^3 \text{ kN/m}^2 = 566 \text{ kN}$$

Maximale draagkracht van de paal

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

$$\begin{aligned} R_{c;cal} &= R_{b;cal;max} + R_{S;cal;max} \\ \text{dus:} \\ R_{c;cal} &= 214 \text{ kN} + 566 \text{ kN} = 780 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Bepaling karakteristieke waarde, uitgaande van draagvermogen per sondering

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

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \epsilon_3$$

Voor het onderhavige project is uitgegaan van $\epsilon_3 = 1,39$ (NEN 9997-1, Tabel A.10a/b)

$$R_{c;k} = 780 \text{ kN} / 1,39 = 561 \text{ kN}$$

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

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

dus:

$$R_{c;d} = 561 / 1,20 = 468 \text{ kN}.$$

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

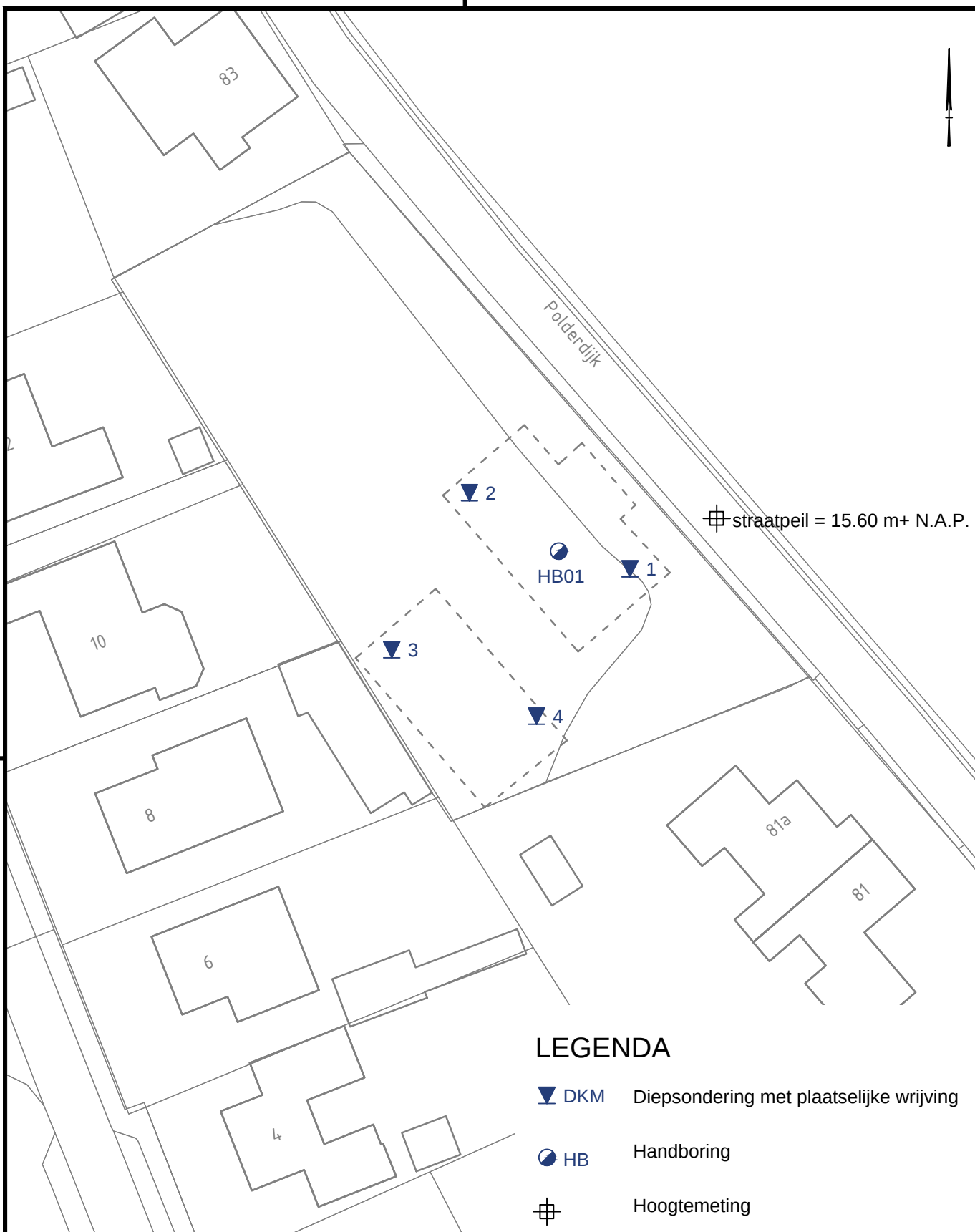
$$F_{c;d}^{TM} = R_{c;d} - F_{nk;d}$$

met:

$$F_{nk;d} = \text{rekenwaarde maatgevende negatieve kleef, in dit geval: 16 kN}$$

dus:

$$F_{c;d}^{TM} = 468 - 16 = 452 \text{ kN (in de tabel afgerond op 450 kN).}$$



LEGENDA

-  DKM Diepsondering met plaatselijke wrijving
-  HB Handboring
-  Hoogtemeting

Getekend door EVDV	Schaal 1 : 500	Formaat A4	Blad 1	Aantal 1	Wijziging 23.11.21 MBK
Projectnr. 21-6569	Documenttype TEKENING	Datum uitgifte 29.09.21			- -

Project

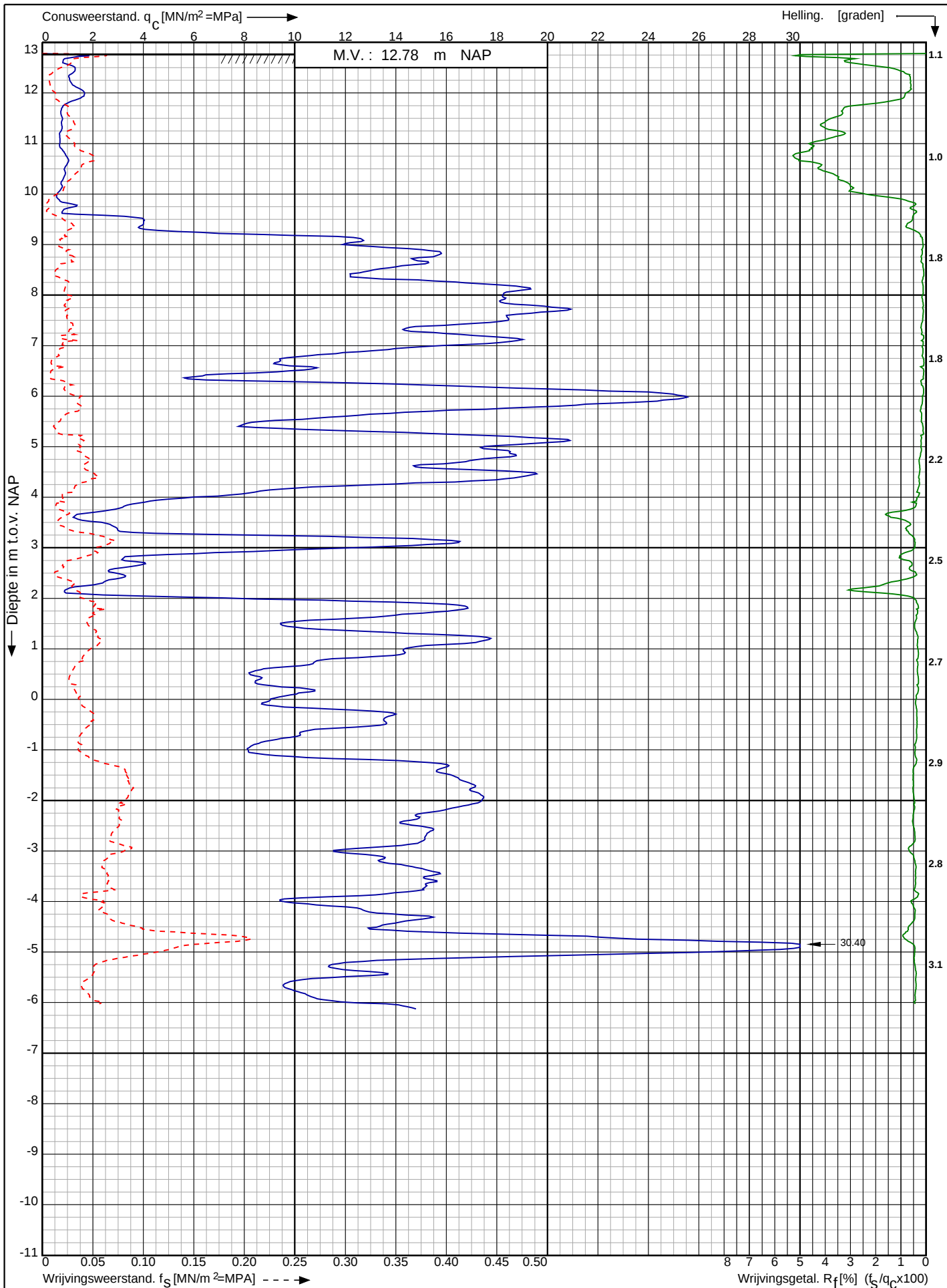
Nieuwbouw woning en bijgebouw aan de Polderdijk
te Herwen

0 5 10 15 20m

Conusserienummer: 001342

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

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



Nieuwbouw woning en bijgebouw aan de Polderdijk te Herwen

RD-coördinaten : X = 204355.86 Y = 433240.45

Opdr. nr. : 21-6569

Datum uitv. : 23-11-2021

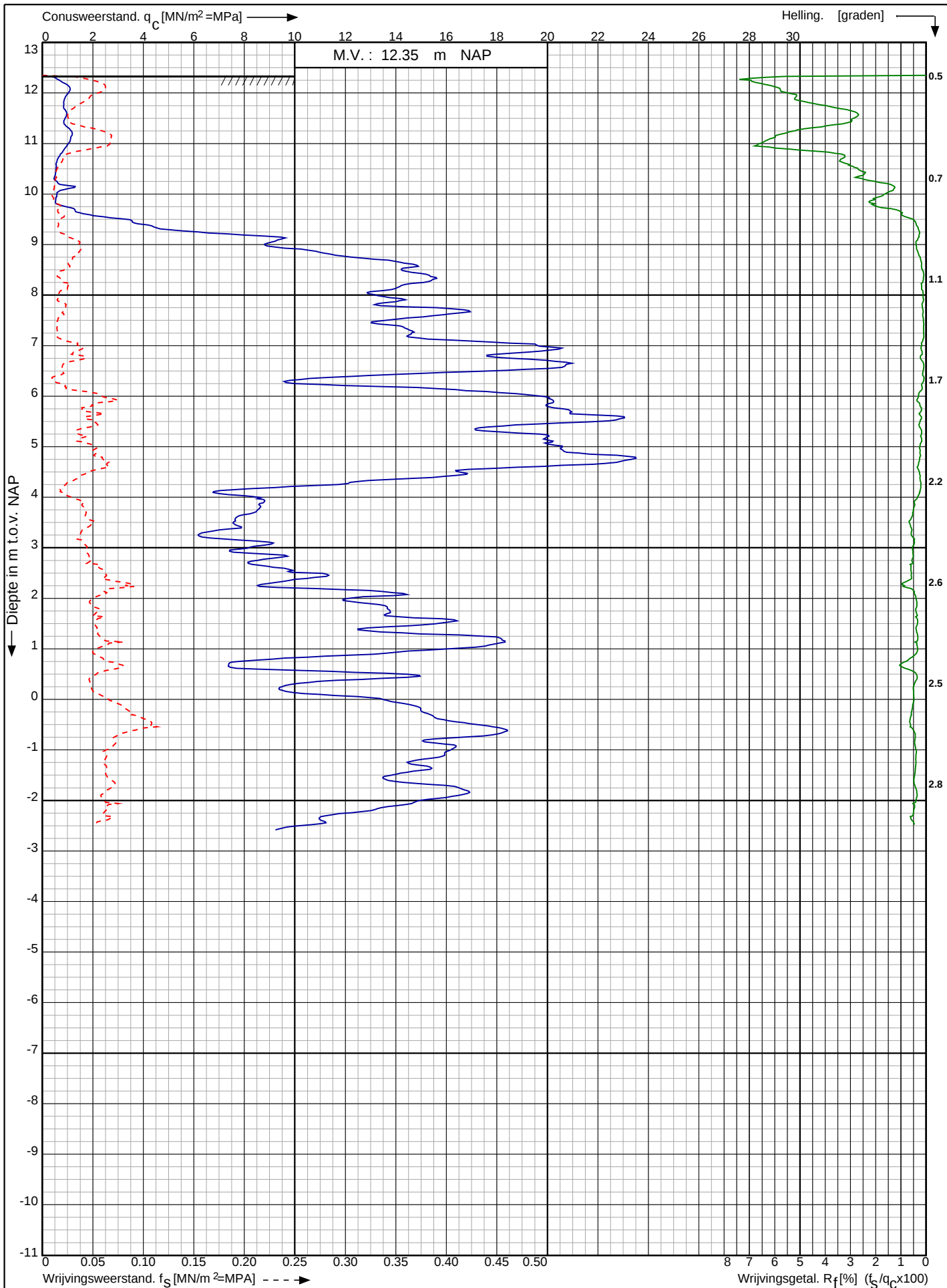
Sond. nr. : 1

Atellus
Grondmechanica
+316 393 27 585

Conusserienummer: 001342

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

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



Nieuwbouw woning en bijgebouw aan de Polderdijk te Herwen

RD-coördinaten : X = 204341.03 Y = 433247.47

Opdr. nr. : 21-6569

Datum uitv. : 23-11-2021

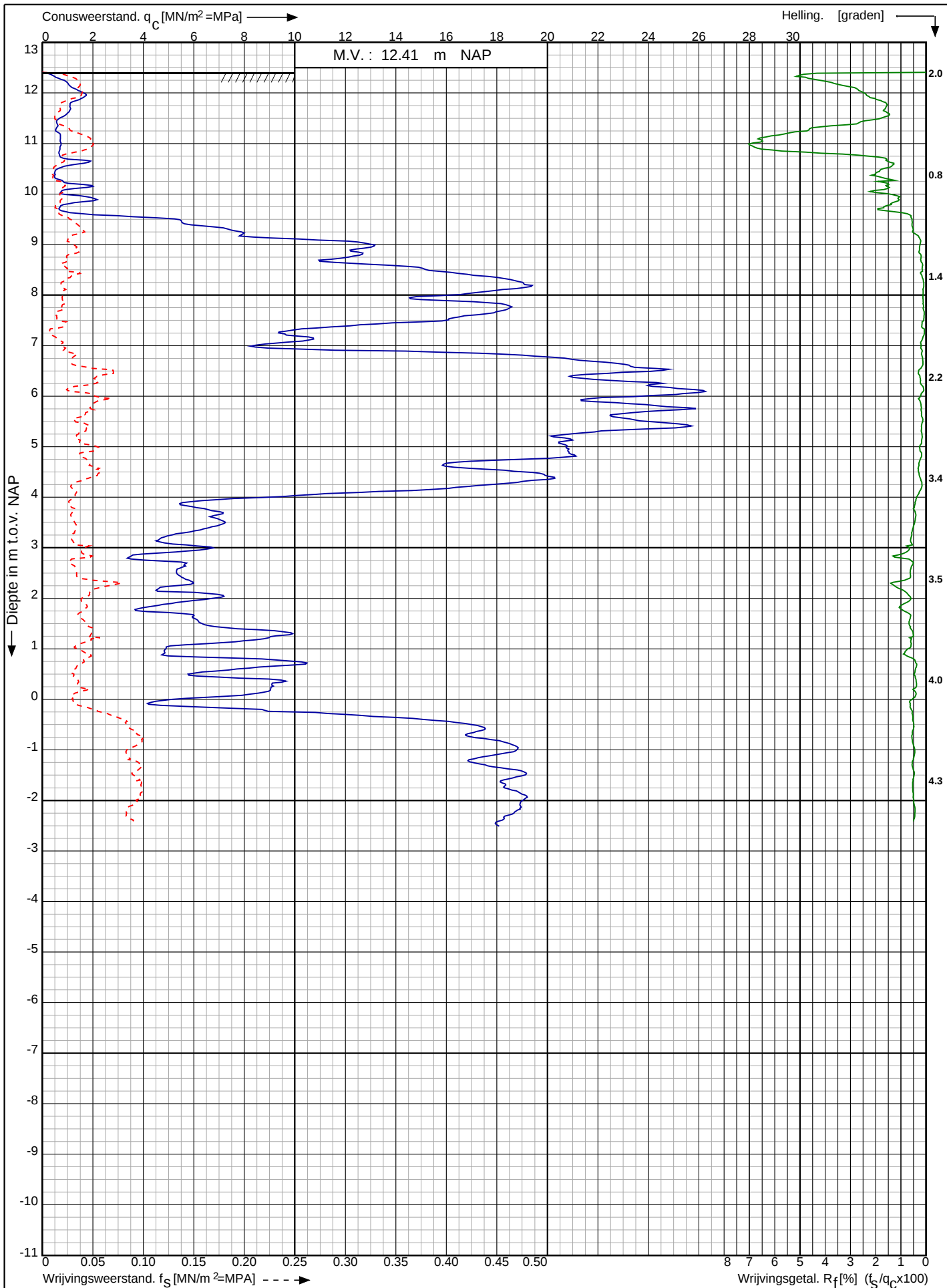
Sond. nr. : 2

Atellus
Grondmechanica
+316 393 27 585

Conusserienummer: 001342

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

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



Nieuwbouw woning en bijgebouw aan de Polderdijk te Herwen

RD-coördinaten : X = 204333.85 Y = 433232.96

Opdr. nr. : 21-6569

Datum uitv. : 23-11-2021

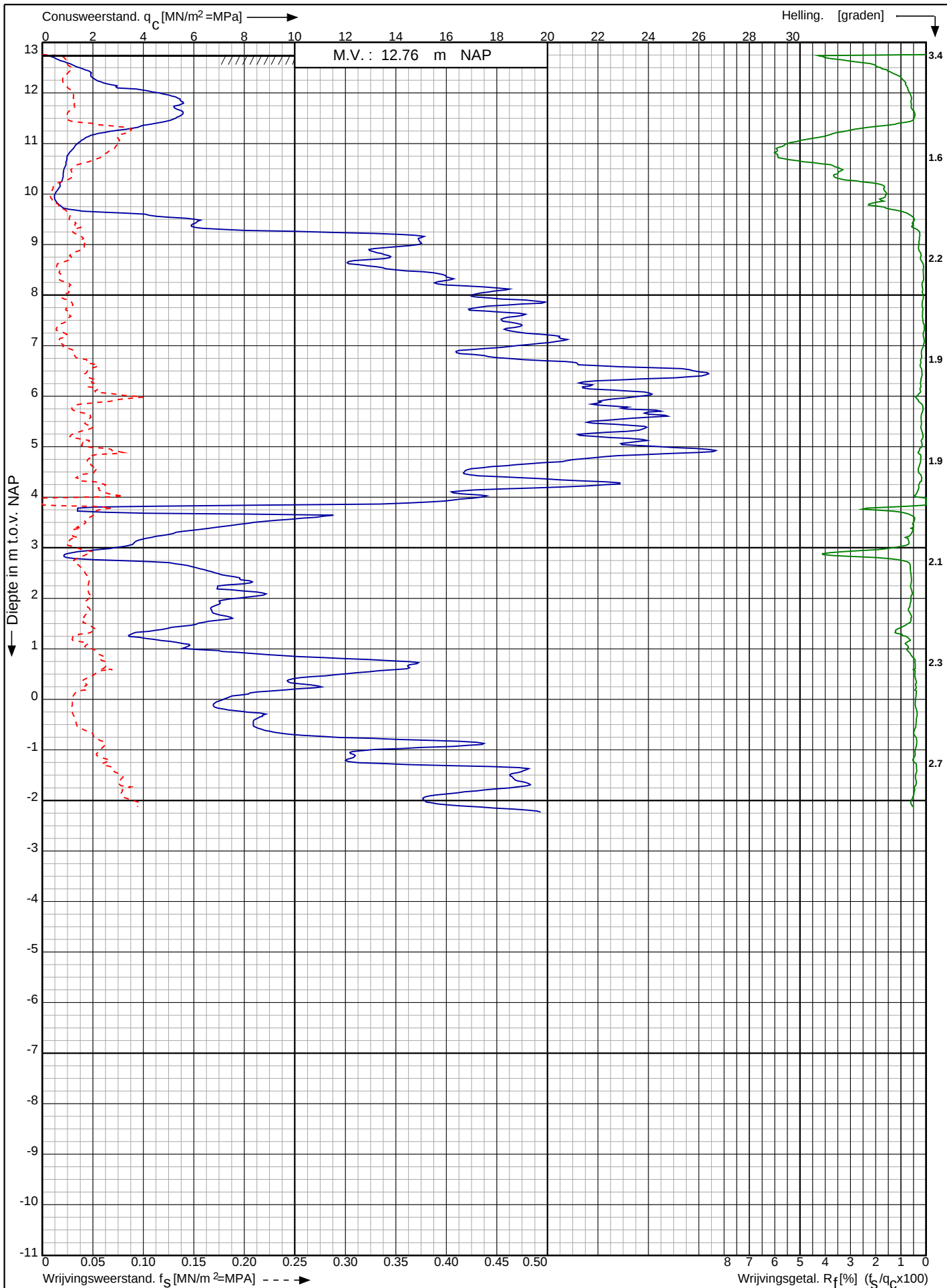
Sond. nr. : 3

Atellus
Grondmechanica
+316 393 27 585

Conusserienummer: 001342

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

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



Nieuwbouw woning en bijgebouw aan de Polderdijk te Herwen

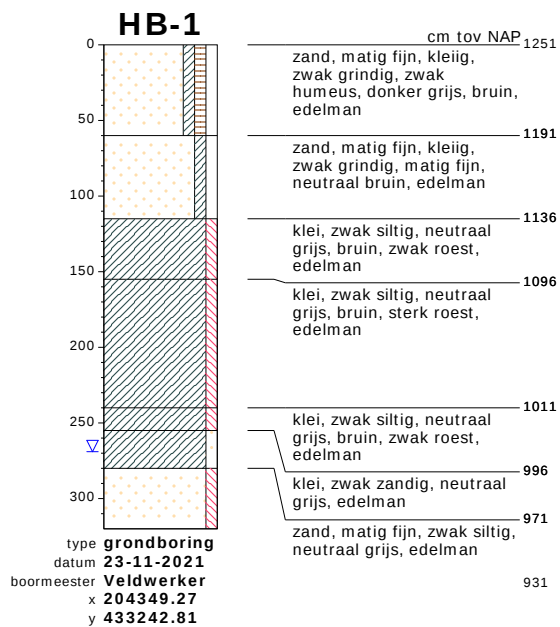
RD-coördinaten : X = 204347.23 Y = 433226.84

Opdr. nr. : 21-6569

Datum uitv. : 23-11-2021

Sond. nr. : 4

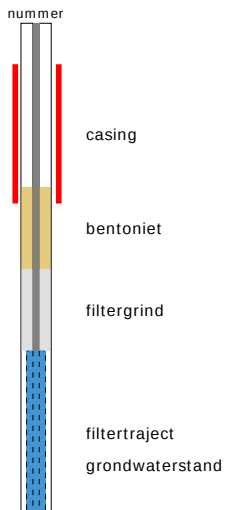
Atellus
Grondmechanica
+316 393 27 585



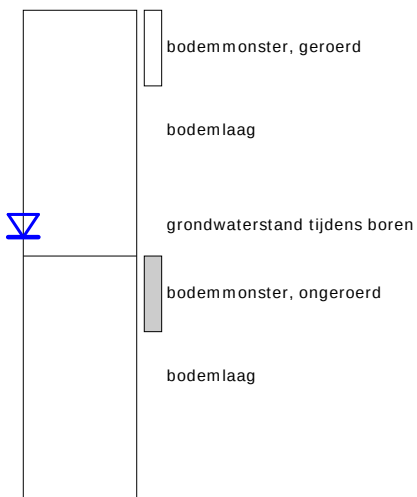
bodemprofielen **schaal 1:50**

onderzoek **Nieuwbouw woning en bijgebouw aan de Polderdijk te Herwen**
projectcode **21-6569**
getekend conform **NEN 5104**

PEILBUIS



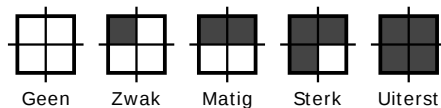
BORING



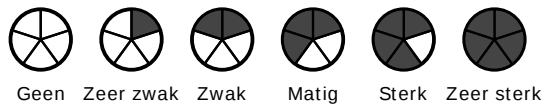
links= cm-maaiveld

rechts= cm + NAP

OLIE OP WATER REACTIE



GEUR INTENSITEIT



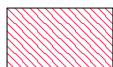
GRONDSOORTEN



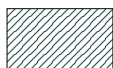
GRIND, grindig (G,g)



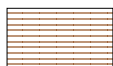
ZAND, zandig (Z,z)



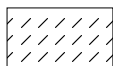
LEEM, siltig (L,s)



KLEI, kleilig (K,k)



VEEN, humeus (V,h)



slib

MATE VAN BIJMENGING



zwak - (0-5%)



matig - (5-15%)



sterk - (15-50%)



uiterst - (> 50%)

VERHARDINGEN



asfalt, beton, klinkers, tegels
stelconplaat, ondoordringbare laag

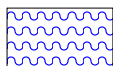
GRADATIE ZAND

uf = uiterst fijn (63-105 um)
zf = zeer fijn (105-150 um)
mf = matig fijn (150-210 um)
mg = matig grof (210-300 um)
zg = zeer grof (300-420 um)
ug = uiterst grof (420-2000 um)

OVERIG



bodemvreemde bestandsdelen aanwezig



water

GRADATIE GRIND

f = fijn (2-5.6 mm)
mg = matig grof (5.6-16 mm)
zg = zeer grof (16-63 mm)

BESCHRIJVING BODEMLAAG

pid = foto ionisatie detector
bv = bodemvocht
ow = olie op water