

Project: Saxion Apeldoorn

Funderingsrapport

Projectgegevens

Project Saxion Apeldoorn
Onderdeel Funderingsrapport
Code 13417G
Datum 15 september 2015

Samengesteld door ing. T. Horde
Projectleider ir. R. Wenting
Adviseur

Opdrachtgever Saxion
Architect IAA-architecten
Projectmanagement

Eindverantwoording ABT bv
Arnhemsestraatweg 358 Velp
Postbus 82 6800 AB Arnhem

Geautoriseerd door ing. N.T. Loonen

Paraaf



atum	versie	omschrijving	verificatie
27-03-2015	A		
24-04-2015	B	verificatie techn. uitgangspunten	
15-09-2015	C	aanpassingen n.a.v. aanvullend grondonderzoek	

Inhoudsopgave

1.	Projectgegevens	7
1.1.	Inleiding	7
1.2.	Grondonderzoek	7
1.3.	Terrein en omgeving	8
1.4.	Bodemgesteldheid	8
1.5.	Grondwater	8
1.6.	Bouwput en bemaling	9
1.7.	Nieuwbouw	9
2.	Funderingsontwerp	10
2.1.	Algemeen	10
2.2.	Fundering op staal	10
2.2.1.	Ontwerp	10
2.3.	Berekeningen en dimensionering	11
2.3.1.	Bezwijkmechanisme (grenstoestand 1A)	11
2.3.2.	Horizontaal afschuiven	11
2.3.3.	Vervormingen: grenstoestand 1B en 2	12
2.4.	Fundering op palen	13
2.4.1.	Ontwerp	13
2.4.2.	Op druk belaste palen	13
2.4.3.	Uiterste grenstoestand 1A	13
2.4.4.	Vervormingen	14
2.4.5.	Maatgevende grenstoestand	14
2.4.6.	Op trek belaste palen	14
3.	Uitvoeringstechnische aspecten	15
3.1.	Uitvoering fundering op staal	15
3.2.	Uitvoering schroefinjectiepalen	15

lijst van bijlagen

- A. Overzichtstabel minimale ontgravingsniveaus
- B. Situatietekening grondonderzoek
- C. Resultaten grondonderzoek
- D. Voorbeeldberekening fundering op staal
- E. Resultaten paalberekening op druk en trek
- F. Richtlijnen voor het toepassen van grondverbetering
- G. Duurzaamheid

1. Projectgegevens

1.1. Inleiding

Voorliggend rapport betreft het funderingsadvies van Saxion Apeldoorn. De nieuwbouw is geprojecteerd op een terrein gelegen aan de Spoorstraat.



Figuur: locatie nieuwbouw Saxion

In het navolgende wordt achtereenvolgens ingegaan op de beschikbare projectgegevens, het funderingsontwerp en de uitvoeringstechnische aspecten.

1.2. Grondonderzoek

Het grondonderzoek ten behoeve van de nieuwbouw heeft bestaan uit in totaal 11 diepsonderingen – uitgevoerd in twee fasen– tot maximaal circa 15 beneden maaiveld. Op de situatietekening van bijlage B zijn de betreffende sondeerlocaties aangegeven. De sonderingen zijn uitgevoerd tot een diepte van NAP - 4,0 m à NAP - 9,0 m. Aanvullend zijn 4 korte sonderingen uitgevoerd tot ca. NAP + 10,0 m (5 m – mv.) om meer inzicht te verkrijgen in de vastheid van de toplagen. Rond het op de bouwlocatie aangetroffen funderingsblok zijn 3 handsonderingen uitgevoerd. De resultaten van alle sonderingen zijn gepresenteerd op de sondeergrafieken 1 t/m 11, 101 t/m 104 en 201 t/m 203 in bijlage C. Bij de sonderingen werd naast de conusweerstand tevens de plaatselijke mantelwrijving gemeten, zodat een goede indruk wordt verkregen van zowel de vastheid als de aard van de aangetroffen bodemlagen. De diepte op de sondeergrafieken is gegeven in meters ten opzichte van NAP.

De sonderingen zijn uitgevoerd in november 2014 en augustus 2015 met een elektrische conus overeenkomstig norm Eurocode 7-2 art. 4 NEN-EN-ISO-22476-1.

Er zijn twee handboringen gemaakt tot een diepte van 3 m minus maaiveld ten behoeve van een classificatie van de toplaag en het bepalen van de actuele grondwaterstand. De boringen zijn conform NEN-EN-ISO 22475-1 uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd op de boorstaat in bijlage C.

Het uitvoeren van het grondonderzoek en het uitzetten en waterpassen van de onderzoeklocaties is verzorgd door MOS grondmechanica BV. Bij de uitvoering van het terreinwerk heeft ABT een coördinerende functie vervuld.

De beoordeling van de resultaten, zoals weergegeven in het navolgende, is verricht door en onder verantwoordelijkheid van ABT. In verband met de bereikbaarheid van de bouwlocatie zijn nog niet alle benodigde sonderingen gemaakt. Na de sloop van de bestaande bebouwing en voor uitvoering dient de tweede fase van het grondonderzoek te worden uitgevoerd.

1.3. *Terrein en omgeving*

De nieuwbouw wordt gerealiseerd rond de bestaande Nettenfabriek (zie figuur op vorige pagina). Het kantoorpand van de fabriek wordt verbouwd en een gedeelte wordt gesloopt. Op de plaats van het te slopen gedeelte van de fabriek wordt nieuwbouw gerealiseerd.

Het maaiveldpeil ter plaatse van de sondeerlocaties varieerde ten tijde van het grondonderzoek van NAP +14,66 m tot NAP +15,99 m. Het gemiddelde maaiveldpeil bedroeg circa NAP +15,35 m.

Ten behoeve van de nieuwbouw is een gedeelte van de bestaande bebouwing gesloopt en is het terrein bouwrijp opgeleverd.

De nieuwbouw is gepositioneerd tussen en tegen de bestaande bebouwing. In het constructief ontwerp is dit met name van invloed op het funderingsontwerp van de nieuwbouw; de fundering van de bestaande te handhaven bebouwing ter plaatse van de geprojecteerde aansluitingen moet worden blootgegraven en ingemeten. Aan de hand van deze gegevens dienen de uitgangspunten in deze rapportage te worden geverifieerd. Op het terrein is een betonnen funderingsblok aangetroffen; afmetingen L x B x H = 7,0 m x 6,0 m x 2,7 m.

1.4. *Bodemgesteldheid*

Op basis van het beschikbare grondonderzoek kan de bodemopbouw als volgt schematisch worden weergegeven.

Tabel: Schematisch bodemprofiel

Diepte (m t.o.v. NAP)		Omschrijving
mv	-ca. + 14,0	Toplaag, plaatselijk humeus.
ca. + 14,0	-ca. + 4,5	Zand met wisselende conusweerstand, scherpe teruggangen door losgepakte of siltige lagen.
ca. + 4,5	-ca. + 0,0	Vast gepakt zandpakket.
ca. + 0,0	-ca. - 2,0	Plaatselijk teruggangen door siltige of leemhoudende lagen.
ca. - 2,0	-ca. - 9,0	Zeer vastgepakt zand.
ca. - 9,0		Maximaal verkende diepte.

Bij sondering 5 wordt vanaf maaiveld tot NAP + 10,0 m losgepakt zand aangetroffen; de sondeerlocatie bevindt zich buiten de contouren van de geprojecteerde nieuwbouw.

1.5. *Grondwater*

De freatische grondwaterstand werd tijdens de uitvoering van het grondonderzoek in de boorgaten aangetroffen op NAP +12,75; respectievelijk NAP +13,06 m. Opgemerkt wordt dat dit een eenmalige waarneming betreft. De freatische grondwaterstand kan fluctuaties vertonen, afhankelijk van aspecten als neerslagoverschot, bodemopbouw en afstand tot open water.

Op basis van peilbuisgegevens van het DINOloket uit de directe omgeving wordt voor de berekeningen in deze rapportage een maximale grondwaterstand van ca. NAP + 13,75 m aangehouden.

1.6. *Bouwput en bemaling*

Ten behoeve van de aanleg van de funderingspoeren, funderingsstroken en liftputten en het drooghouden van de bouwputbodem wordt, op basis van de in dit stadium bekende uitgangspunten, een bemaling niet noodzakelijk geacht.

Bij de aansluitingen met de belendende bebouwing zal rekening dienen te worden gehouden met de bestaande fundering. Ondergraven van de bestaande fundering is uitgesloten. Ter plaatse van de aansluiting met de bebouwing op as G is gekozen voor een paalfundering om de bestaande fundering van de belendende bebouwing in tact te kunnen laten.

1.7. *Nieuwbouw*

Het bouwpeil is gedefinieerd als het niveau van de bovenkant van de afgewerkte vloer van de begane grond. Dit peil is vastgesteld op NAP +16,24 m.

De nieuwbouw wordt op staal gefundeerd, met uitzondering van de gevellijn die zich direct naast de bestaande bebouwing aan de oostzijde van de geprojecteerde nieuwbouw bevindt. In verband met de beperkte ruimte wordt op deze as uitgegaan van een fundering op palen.

Plaatselijk is het aanbrengen van een (beperkte) grondverbetering noodzakelijk. Het aangetroffen funderingsblok wordt opgenomen in de fundering van de geprojecteerde nieuwbouw.

Voor gedetailleerde gegevens met betrekking tot de nieuwbouw wordt verwezen naar de Berekening deel A van ABT.

2. Funderingsontwerp

2.1. Algemeen

Gezien de aangetroffen bodemopbouw en de aard van de bebouwing komt een fundering op staal in aanmerking. Hierbij wordt gebruik gemaakt van funderingsstroken en poeren. Het aanlegniveau van de fundering bevindt zich in het vaste zandpakket en varieert van NAP +14,3 m tot NAP +15,5 m.

Ter plaatse van as G bevindt de geprojecteerde nieuwbouw zich direct naast aanpalende, op staal gefundeerde bebouwing. In verband met funderingswijze van de bestaande bebouwing wordt gekozen voor een trillingsarm paalsysteem: zie paragraaf 2.4.

2.2. Fundering op staal

2.2.1. Ontwerp

De vastgestelde rekenwaarden van de belasting kunnen als volgt worden samengevat:

Tabel: Paalbelastingen en paalafmetingen

Bouwdeel	Maximale rekenwaarde belasting $F_{s,d}$	
	stroken	poeren
As 1 en 12	100 kN/m	-
As A	-	1.900 kN
As F	-	2.200 kN
Stabiliteitskern	-	7.100 kN

Voor het aanlegniveau van de funderingselementen worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De stroken en poeren moeten worden aangelegd op een vorstvrij niveau van minimaal 0,80 m beneden toekomstig maaiveldpeil.
- De begane grondvloer wordt op zand aangelegd.
- Het aanlegniveau voor de poeren bedraagt bij benadering NAP 14,30 m tot NAP + 15,15 m.
- Het aanlegniveau van de funderingsstrook op as 1 en 12 bedraagt ca. NAP + 15,5 m.

Er dient plaatselijk rekening te worden gehouden met een grondverbetering in verband met de aanwezigheid van een losgepakte of humeuze laag onder het aanlegniveau van de fundering. In de toegevoegde tabel van bijlage A zijn de minimale ontgravingniveaus opgenomen tot waar de grondverbetering dient te worden uitgevoerd in geval van een hoger aanlegniveau.

Direct rond het aangetroffen funderingsblok op as F/14-15 is ontgraven om het aanlegniveau te traceren. het beeld van de handsonderingen 201 t/m 203 geeft aan dat is aangevuld met losgepakt, onverdicht zand. Het losgepakte zand dient tot NAP + 13,0 m à NAP + 13,5 m te worden verwijderd en te worden vervangen door gestabiliseerd zand: dit om het risico op verschilzakkingen te voorkomen.

In geval van twijfel over de draagkracht van de grondslag onder de stroken kunnen handsonderingen en/of handboringen worden uitgevoerd.

De resultaten van de handsonderingen moeten voldoen aan de volgende criteria:

- gelijkmatig oplopend sondeerbeeld
- de conusweerstand bedraagt minimaal 4 MPa op een diepte van 0,4 m.

Op as F/14 wordt de geprojecteerde poer gerealiseerd op het aanwezige funderingsblok. Voor de constructieve verantwoording wordt verwezen naar de berekening deel A van ABT.

Het ontwerp van de fundering heeft plaatsgevonden conform de Eurocode 7-1. De constructie moet worden ingedeeld in Geotechnische Categorie 2, gezien de aard van de

constructie, de eventuele invloedsfactoren vanuit de omgeving alsmede de aangetroffen bodemgesteldheid.

2.3. *Berekeningen en dimensionering*

Voor de fundering op staal dienen achtereenvolgens de uiterste grenstoestanden 1A en 1B te worden getoetst alsmede de bruikbaarheidsgrenstoestand 2:

uiterste grenstoestand 1A: bezwijkmechanisme in de grond;
 uiterste grenstoestand 1B: vervormingen zodanig dat voor de bouwconstructie niet meer wordt voldaan aan de eis van veiligheid;
 bruikbaarheidsgrenstoestand 2: vervormingen zodanig dat verlies aan bruikbaarheid van de bouwconstructie ontstaat alsmede schade, hoge onderhoudskosten e.d.

2.3.1. *Bezwijkmechanisme (grenstoestand 1A)*

Op basis van de aangetroffen bodemgesteldheid is de rekenwaarde van de draagkracht van de funderingsgrondslag berekend. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Berekening volgens Eurocode 7-1 artikel 6.5.2.2 voor een gedraineerde toestand.
- De cohesie in het zand wordt verwaarloosd.
- De representatieve waarde van de hoek van inwendige wrijving van het verdichte zand onder het aanlegniveau van de fundering is gesteld op $\phi = 32,5^\circ$.
- Voor het effectieve volumegewicht van de grond onder de fundering is de representatieve waarde per poer/strook bepaald, rekening houdend met de maximale grondwaterstand van NAP + 13,75 m; deze varieert van 8,6 kN/m³ tot 14,5 kN/m³.
- Voor het effectieve volumegewicht van de gronddekking is een representatieve waarde aangehouden van 17 kN/m³.
- Het fundament wordt nagenoeg centrisch belast.

In bijlage F is een voorbeeldberekening van de rekenwaarde van de draagkracht van de fundering gegeven.

De volgende tabellen vatten de berekeningsresultaten samen:

Tabel: poeren

Poerafmeting (m)	Dekking (m)	Rekenwaarde draagkracht	
		kN/m ² (*)	kN
2,0 x 2,8	0,9	470	2.630
2,4 x 2,4	0,8	460	2.650
2,4 x 2,4	0,9	500	2.880
5,0 x 8,0	0,6	500	20.000

Tabel: stroken

Strookbreedte (m)	Dekking (m)	Rekenwaarde draagkracht	
		kN/m ² (*)	kN/m
1,0	0,4	225	225

2.3.2. *Horizontaal afschuiven*

Ter plaatse van windverband op as F-13 en F14 treedt een totale horizontale belasting (H_d) op ter grootte van 135 kN.

Bij alle poeren op as F dient rekening te worden gehouden met een horizontaalkracht van maximaal 100 kN ten gevolge van aarjbelasting. Dit geeft een maximale horizontaalkracht $H_d = 235$ kN.

De toetsing van het horizontaal afschuiven volgt uit:

$$R_{r;d} = V_{s;v;d} \times \tan \delta_d$$

$R_{r;d}$ schuifweerstand [kN]

$V_{s;v;d}$ rekenwaarde van de verticale belasting [kN]

δ_d rekenwaarde van de wrijvingshoek in het contactvlak tussen de constructie en de grond

$R_{r;p;ea;h;d}$ resulterende horizontale gronddruk [kN]

Bouwdeel	Horizontale draagkracht				
	$R_{r;d}$ [kN]	$V_{s;v;d}$ [kN]	H_d [kN]	δ_{rep} [°]	δ_d [°]
	266	769	67,5	21,7	19,1

Uit de resultaten van de berekening volgt dat de weerstand tegen het afschuiven van de poer bij een minimale verticale belasting en een maximale horizontale belasting voldoet.

2.3.3.

Vervormingen: grenstoestand 1B en 2

In overeenstemming met Eurocode 7-1 artikel 6.6.2 moet rekening worden gehouden met een zakkingsverschil tussen twee afzonderlijke funderingselementen ter grootte van 50% van de gemiddelde waarde van de zakking van deze elementen. Deze verschilzakking kan optreden in verband met de heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden.

Als algemenere richtlijn voor de maximale relatieve rotatie van de draagconstructie geldt een scheefstand van respectievelijk 1: 100 voor uiterste grenstoestand 1B en 1:300 voor bruikbaarheidsgrenstoestand 2.

Aangezien de fundering direct in vast gepakte zandlagen / grondverbetering wordt gerealiseerd zullen de zakkingen zeer beperkt zijn, orde grootte maximaal 10 à 20 mm bij de zwaarst belaste poeren. Dit betekent dat aan de bovengenoemde algemene richtlijnen met betrekking tot de relatieve rotatie wordt voldaan. Nadere analyses van deze vervormingen zijn dan ook niet uitgevoerd.

Voor de sterkteberekening van de door de grond elastisch ondersteunde stroken en platen kan een beddingconstante van 10 à 20 MN/m³ worden gehanteerd. Hierbij moet rekening worden gehouden met stijfheidsverschillen, onder meer veroorzaakt door de heterogeniteit van de bodem.

Om mogelijke schade door verschilzakkingen ter plaatse van aansluitingen op de bestaande bebouwing te voorkomen dienen deze gedilateerd te worden uitgevoerd.

2.4. *Fundering op palen*

2.4.1. *Ontwerp*

Bij een fundering op palen dient te worden uitgegaan van een grondverdringend en trillingsarm paalsysteem. In dit geval wordt een fundering op schroefinjectiepalen uitgewerkt. De vastgestelde rekenwaarde van de paalbelasting bedraagt maximaal 1.000 kN druk en 280 kN trek. De invloed van de installatie van de schroefinjectiepalen naast de funderingsstrook van de bestaande bebouwing wordt verwaarloosbaar geacht.

Uitgegaan wordt van schroefinjectiepalen met diameters van 168/250/450 mm (buis / paalschacht / paalvoet). Het paalpuntniveau dient te worden gekozen in het draagkrachtige zandpakket.

Ter plaatse van de voorgenomen paalfundering zijn de sonderingen 4, 8 en 11 uitgevoerd. Het benodigde paalpuntniveau bedraagt NAP + 6,5 m à NAP + 7,5 m. Op dit paalpuntniveau wordt zowel voldaan aan de benodigde druk- als trekcapaciteit.

Het ontwerp van de fundering heeft plaatsgevonden conform de Eurocode 7-1. De constructie is hierbij als een stijf bouwwerk beschouwd. De constructie moet worden ingedeeld in Geotechnische Categorie 2, gezien de aard van de constructie, de eventuele invloedfactoren vanuit de omgeving alsmede de aangetroffen bodemgesteldheid.

2.4.2. *Op druk belaste palen*

Voor de fundering op palen dienen achtereenvolgens de uiterste grenstoestanden 1A en 1B te worden getoetst alsmede de bruikbaarheidsgrenstoestand 2:

uiterste grenstoestand 1A:	bezwijkmechanisme in de grond;
uiterste grenstoestand 1B:	vervormingen zodanig dat voor de bouwconstructie niet meer wordt voldaan aan de eis van veiligheid;
bruikbaarheidsgrenstoestand 2:	vervormingen zodanig dat verlies aan bruikbaarheid van de bouwconstructie ontstaat alsmede schade, hoge onderhoudskosten e.d.

2.4.3. *Uiterste grenstoestand 1A*

De maximale draagkracht van de paalpunt is berekend met de 4D/8D-methode van Koppejan. Voor de berekening van de draagkracht van het paalpunt geldt een paalklassefactor α_p van 0,9. De waarden van de vormfactoren β en s zijn gelijk aan 1,0. De maximale schachtwrijvingskracht is bepaald aan de hand van een percentage van de gemiddelde conusweerstand. De aan te houden paalklassefactor α_s bedraagt 0,009.

Bij de bepaling van de rekenwaarde van de maximale draagkracht is een ξ - waarde van 1,30 gehanteerd.

De uitgangspunten en resultaten van de berekeningen zijn voor gepresenteerd in bijlage E. De berekening in de betreffende tabel vindt plaats op basis van de door de geotechnisch adviseur geïnterpreteerde waarden van de paalpuntspanning en schachtwrijving vanuit de sondeergrafieken. Deze waarden worden ingevoerd in een spreadsheetprogramma, tezamen met de overige uitgangspunten voor de berekening.

2.4.4.

Vervormingen

De maximale vervorming aan de bovenzijde van de funderingspalen is vastgesteld voor zowel uiterste grenstoestand 1B als bruikbaarheidsgrenstoestand 2.

De totale vervorming is opgebouwd uit:

- Vervormingen onder de paalpunt in verband met mobilisatie van de draagkracht bij belasting van een paal: $s_{punt;d}$.
- Elastische verkorting van de paalschacht: $s_{el;d}$.
- Zakking door samendrukking van de onder het paalpuntniveau gelegen lagen: $s_{2;d}$.

De rekenwaarde van de zakking in de uiterste grenstoestand 1B van de bovenkant van de palen wordt berekend op een totaal van maximaal ca. 50 mm; zie ook de berekeningsresultaten in bijlage E.

Bij de toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestand 2 dienen de belasting- en materiaalfactoren op 1,0 te worden gesteld. Dit betekent dat voor de berekening van de vervormingen een lagere paalbelasting kan worden aangehouden, terwijl het last-zakkingsdiagram ten opzichte van grenstoestand 1B gunstiger is.

De vervorming voor de maatgevende situatie wordt berekend op een waarde van ca. 10 mm; zie ook de berekeningsresultaten in bijlage E.

Uit de toetsing blijkt dat er wordt voldaan aan de gangbare richtlijnen met betrekking tot de maximale relatieve rotatie van de draagconstructie van respectievelijk 1: 150 voor uiterste grenstoestand 1B en 1: 300 voor bruikbaarheidsgrenstoestand 2.

2.4.5.

Maatgevende grenstoestand

Concluderend kan worden gesteld dat in het onderhavige geval de maximaal realiseerbare draagkracht bepalend is voor het funderingsontwerp, dat wil zeggen: uiterste grenstoestand 1A.

2.4.6.

Op trek belaste palen

Voor de trekpalen wordt uitgegaan van schroefinjectiepalen $\varnothing$ 168/250/450 mm (buis / paalschacht / paalvoet) bij een paalpuntniveau van NAP +6,5 m à NAP + 7,5 m. De maximale rekenwaarde van de trekbelasting op de funderingspalen bedraagt 280 kN.

De trekpalen dienen te worden gedimensioneerd op basis van een drietal criteria:

- Opneembaarheid van de trekkracht door de paalschacht.
- Waarborging van evenwicht door mobilisatie van wrijving tussen grond en paalschacht, het zogenaamde schuifcriterium.
- Waarborging van evenwicht door mobilisatie van grondgewicht tussen de palen, het zogenaamde kluitcriterium.

Voor de berekeningen zijn de door Eurocode 7-1 artikel 7.6.3.3 opgestelde rekenregels gehanteerd, gebaseerd op de zogenaamde q_c -methode. Voor de paalklassefactor is een waarde van $\alpha_t = 0,009$ aangehouden. In deze berekeningsmethode is het kluitcriterium impliciet verwerkt.

Voor het bepalen van de rekenwaarde van de trekkracht is een materiaalfactor van $\gamma_{m;trek} = 1,35$ en een variatiecoëfficiënt van $\gamma_{m;var;q_c} = 1,5$ gehanteerd.

De berekeningsresultaten zijn weergegeven in bijlage E.

3. Uitvoeringstechnische aspecten

3.1. *Uitvoering fundering op staal*

Ten behoeve van de realisatie van de fundering moeten ontgravingen plaatsvinden tot aan het aanlegniveau van de stroken en poeren. Op ontgravingsniveau dient de grondslag met een trilhaat te worden verdicht in 4 kruislings gerichte gangen.

Kleihoudend of humeus materiaal op of net onder het ontgravingniveau moet worden verwijderd en worden vervangen door schoon, goed te verdichten zand. De richtlijnen voor het toepassen van grondverbetering worden in bijlage I nader gespecificeerd. Rekening dient te worden gehouden met een benodigde grondverbetering ter plaatse van de op staal gefundeerde funderingselementen tot een niveau van gemiddeld ca. NAP +14,4 m.

De draagkracht van de grondslag op het aanlegniveau van vloeren, poeren en stroken dient te worden gecontroleerd met behulp van handsonderingen en/of handboringen. Met name de aanvullingen naast ontgraven van poeren en stroken verdienen aandacht.

De resultaten van de handsonderingen moeten voldoen aan de volgende criteria:

- Gelijmatig oplopend sondeerbeeld.
- De conusweerstand bedraagt minimaal 4 MPa op een diepte van 0,4 m.

Om een goede verdichting te kunnen realiseren dient een drooglegging van minimaal 0,3 m te worden aangehouden.

Indien de ontgravingen worden uitgevoerd in de nabijheid van aanwezige infrastructuur moet de nodige voorzichtigheid in acht worden genomen. De integriteit van de infrastructuur mogen niet nadelig worden beïnvloed teneinde schade te voorkomen. In bijlage G wordt nader ingegaan op de duurzaamheidsaspecten.

Rond het aangetroffen funderingsblok op as F/14-15 dient vanaf het ontgravingsniveau te worden aangevuld met gestabiliseerd zand.

3.2. *Uitvoering schroefinjectiepalen*

De schroefinjectiepalen dienen door een hierin gespecialiseerd bedrijf te worden geïnstalleerd.

De eerste paal dient zo dicht mogelijk bij die locatie van het grondonderzoek te worden gemaakt. De palen kunnen onmiddellijk na elkaar worden vervaardigd, indien de onderlinge hart-op-hart afstand tenminste $4 \times D_{\text{voet}}$ bedraagt, met een minimum van 2 meter. Een kleinere afstand, van $2,25 \text{ á } 2,5 \times D_{\text{voet}}$ is toegestaan, als de tijd tussen het maken van de eerste en de tweede paal zodanig lang is dat de specie in de eerst gemaakte paal voldoende is opgesteven (ca. 24 uur). Bij kleine hart-op-hart-afstanden kan door de verdringing van de zandlagen zwaar schroefwerk ontstaan met het risico dat de palen niet op diepte komen. Indien er een vertragende hulpstof wordt toegepast, wordt de tijdsduur zo nodig verlengd.

Een deskundig toezicht tijdens de uitvoering is een vereiste teneinde de kwaliteit van de fundering en de uiteindelijke bebouwing te waarborgen.

Bijlage A Overzichtstabel minimale ontgravingsniveaus

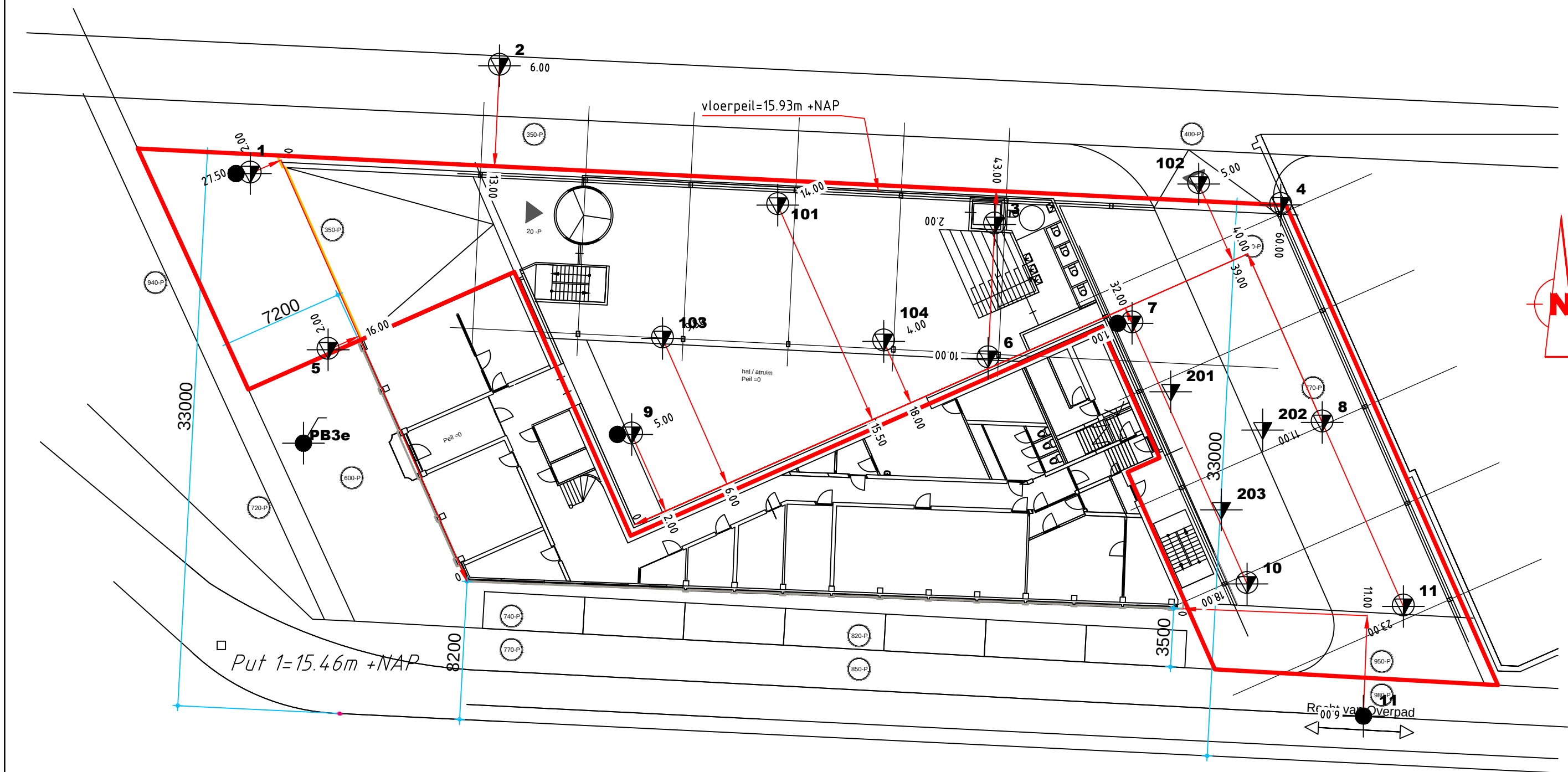
Sondering nr.	mv-peil * m + NAP	Ontgravingsniveau	
		m - maaiveld	m + NAP
1	15,76	1,06	14,70
2	15,80	-	-
3	15,92	1,72	14,20
4	15,89	1,49	14,40
5	15,63	1,33	14,30
6	15,99	1,29	14,70
7	15,58	1,33	14,25
8	14,66	0,06	14,60
9	15,18	-	-
10	14,81	0,81	14,00
11	14,83	1,33	13,50
101	15,26	0,96	14,30
102	15,63	1,43	14,20
103**	15,19	2,39	12,80
104	15,25	0,90	14,35
201	15,33	1,83	13,50
202	15,03	1,63	13,40
203	14,96	1,18	13,80

* : maaiveldpeil ten tijde van het grondonderzoek

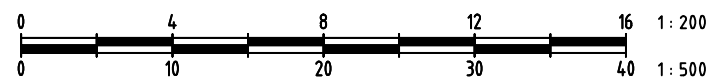
** : losse pakking t.g.v. aanvullen na sloopwerkzaamheden

De handsonderingen 201 t/m 203 zijn uitgevoerd direct naast het aangetroffen funderingsblok op as F/14-15. Vanaf het ontgravingsniveau dient tot het aanlegniveau van de fundering te worden aangevuld met gestabiliseerd zand.

Bijlage B Situatietekening grondonderzoek



onderdeel SITUATIE GRONDONDERZOEK			
uitzetten verzorgd door MOS GRONDMECHANICA			
schaal 1: 250	maten in meters	get. c.s.	
datum : 27-11-14	opdr.nr. : 1403031		
wijz. 17-08-15	Formaat : A3		



project : Nieuwbouw Saxion aan de Spoorstraat, Apeldoorn



MOS GRONDMECHANICA

Postbus 801, 3160 AA Rhoo - Telefoon (010) 5030200 - Fax (010) 5013656

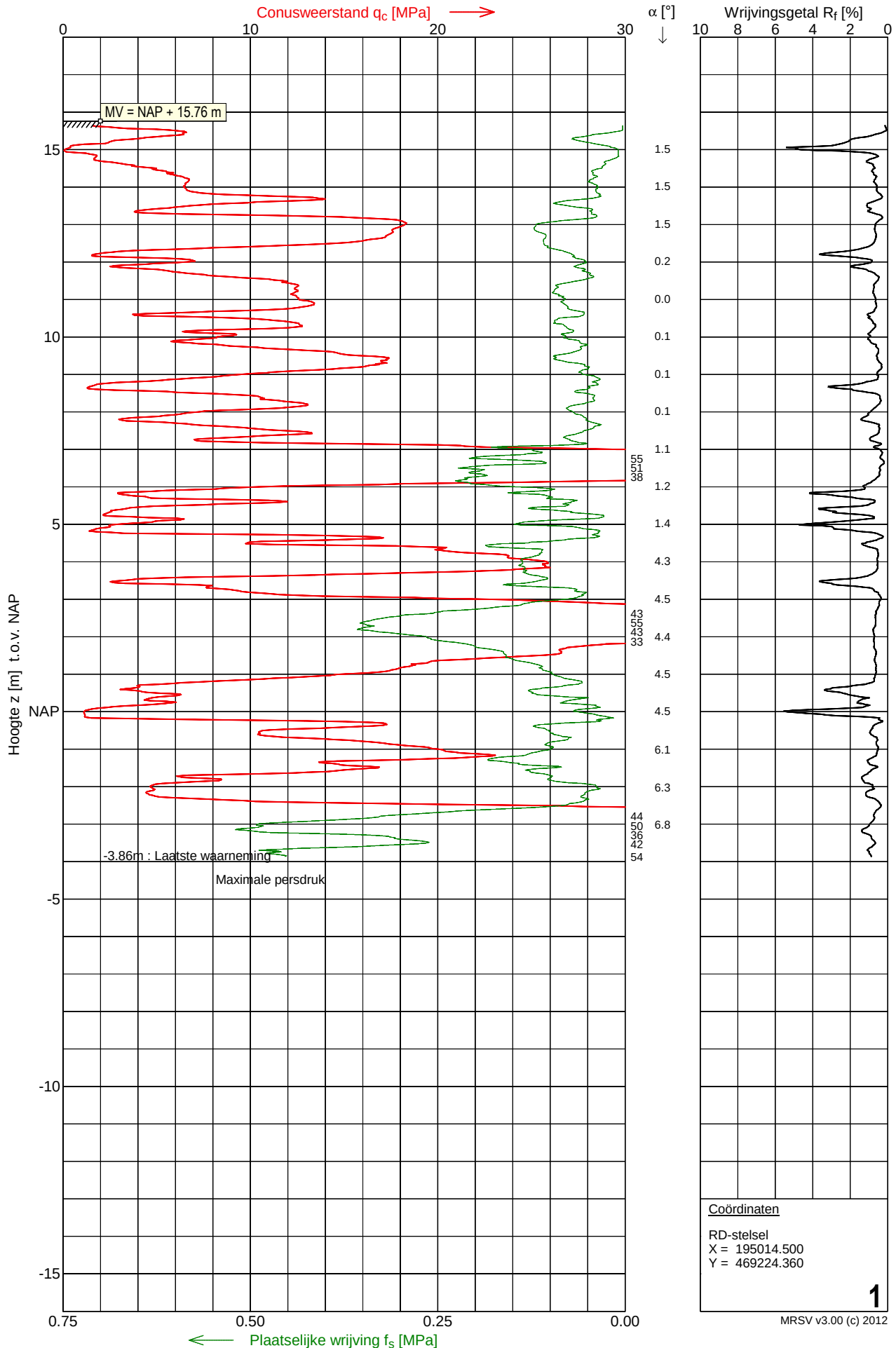
Bijlage C Resultaten grondonderzoek

Sondering 1

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 13-11-2014
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : 080312
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW6
Blad : 1 van 1

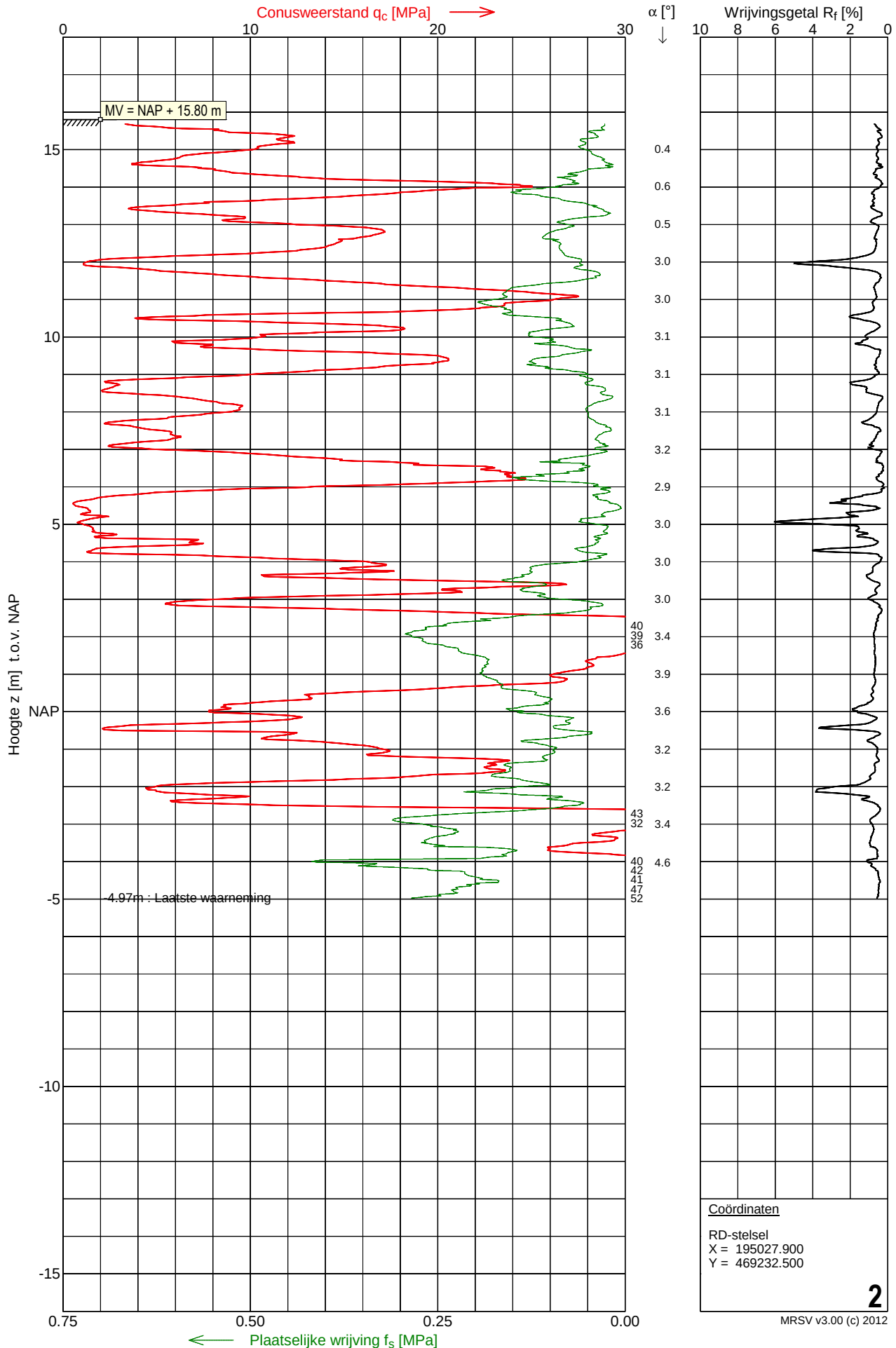


Sondering 2

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 13-11-2014
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : 080312
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW6
Blad : 1 van 1

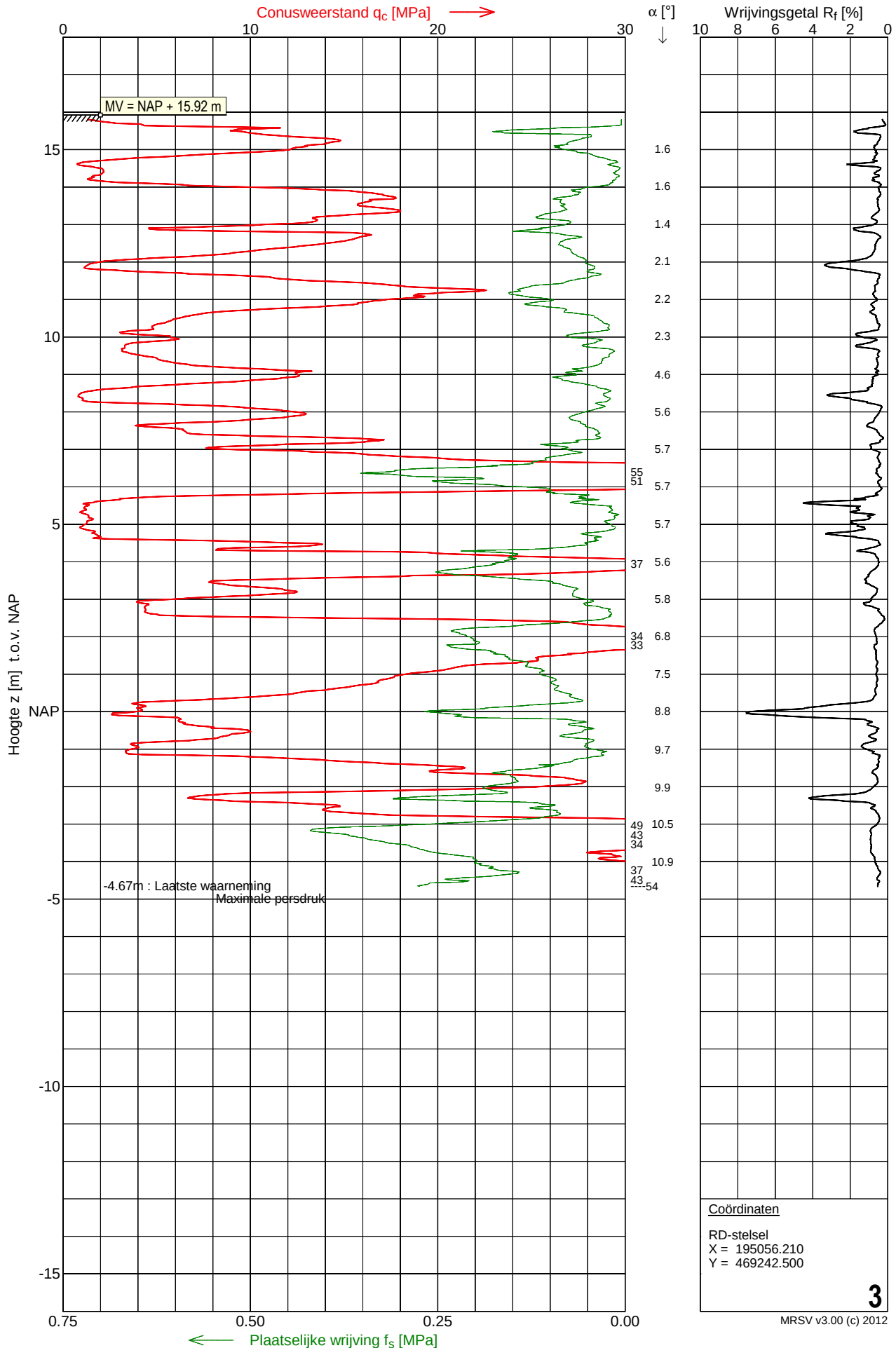


Sondering 3

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 13-11-2014
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : 080312
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW6
Blad : 1 van 1

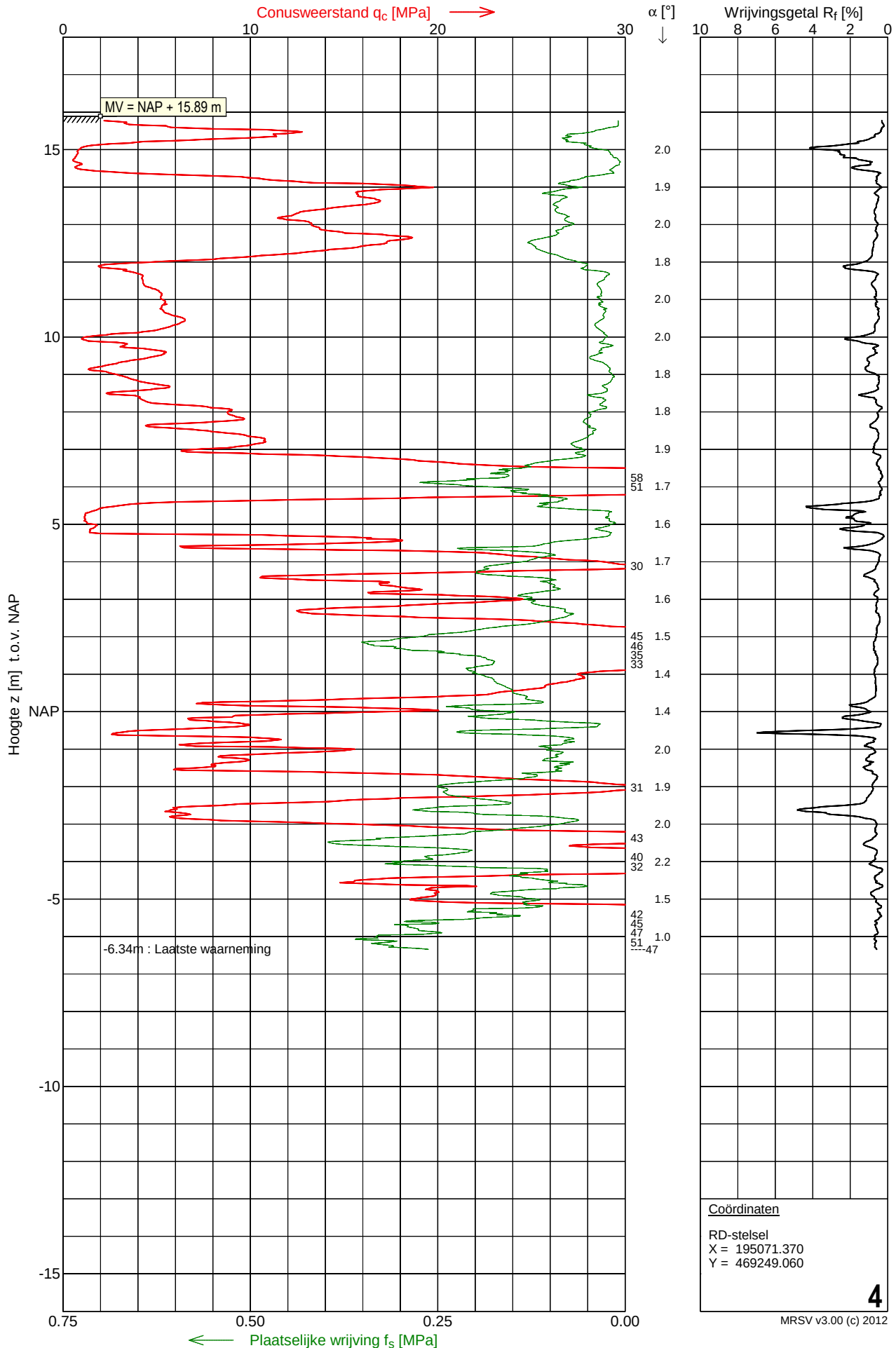


Sondering 4

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 13-11-2014
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : 080312
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW6
Blad : 1 van 1

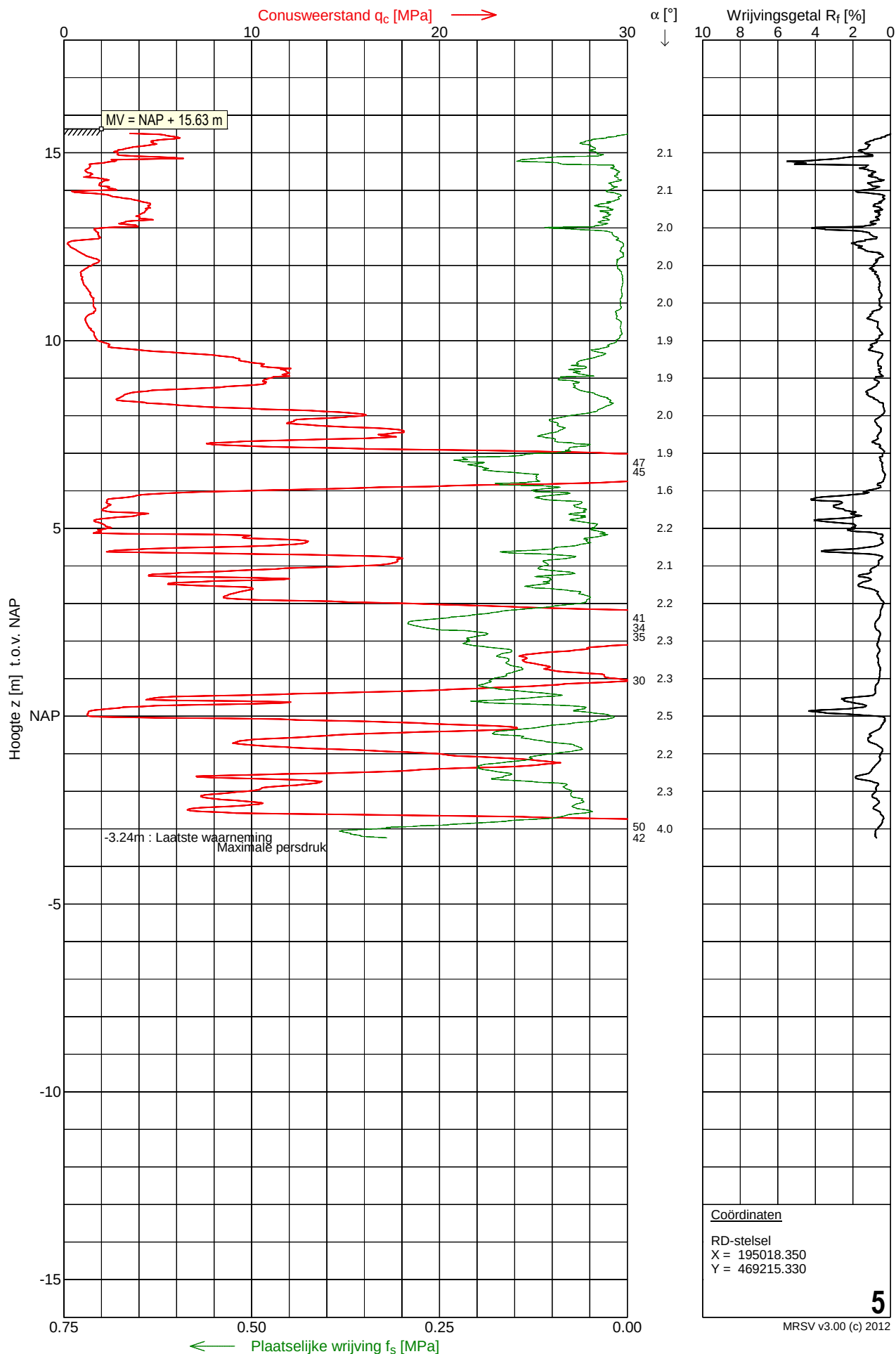


Sondering 5

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 13-11-2014
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : 080312
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW6
Blad : 1 van 1

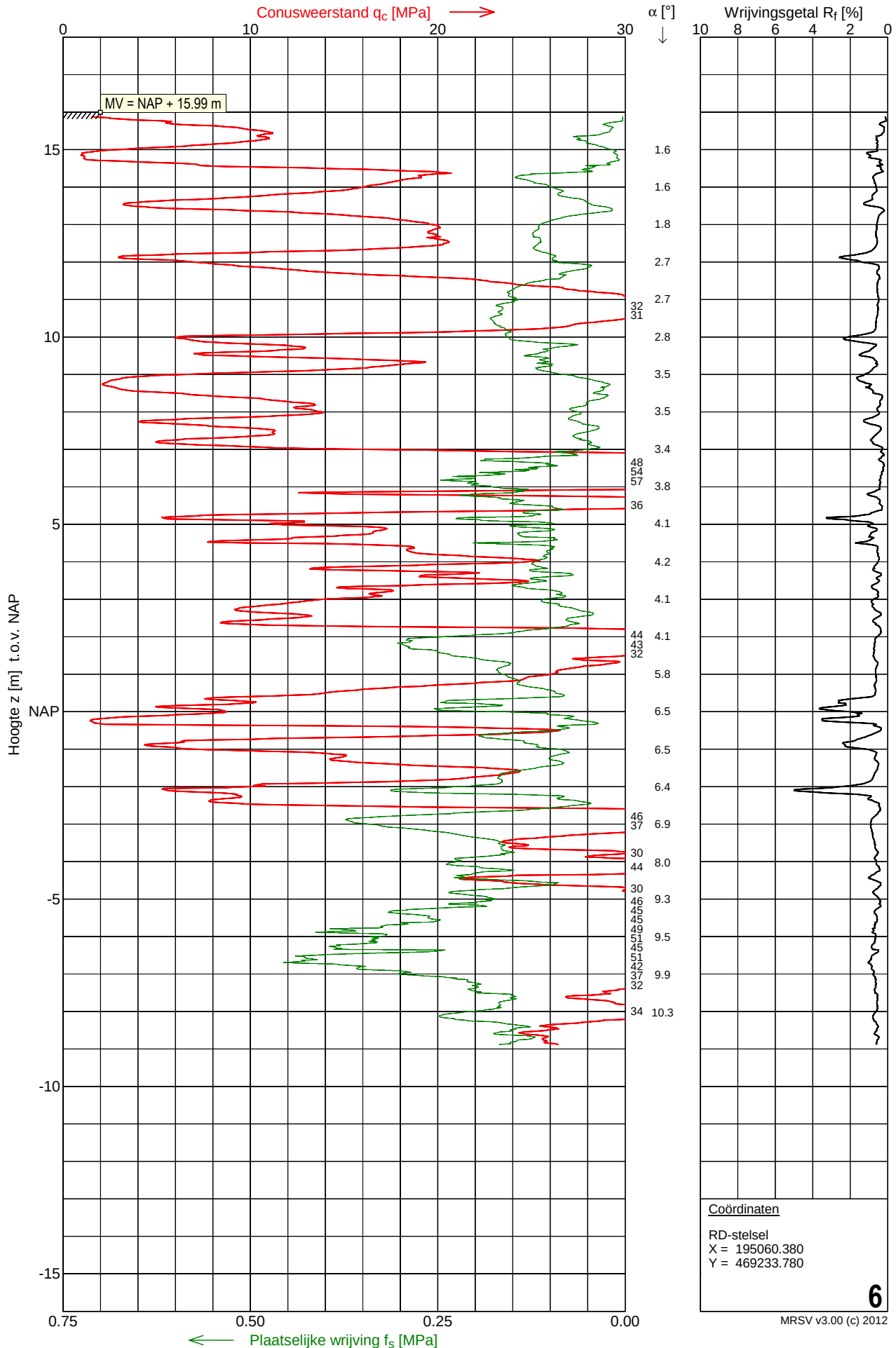


Sondering 6

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 13-11-2014
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : 080312
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW6
Blad : 1 van 1

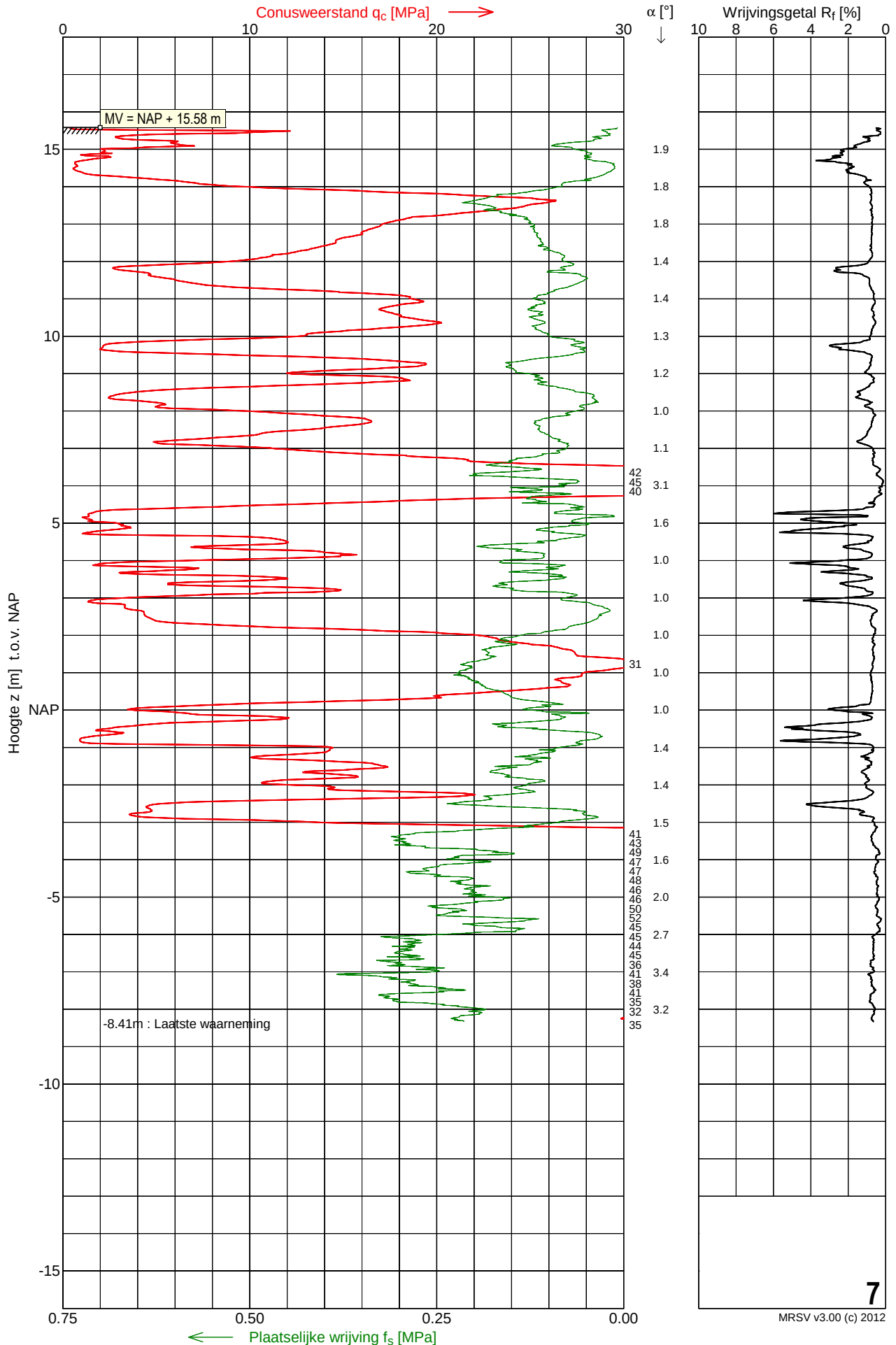


Sondering 7

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S15-CFI.405
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1

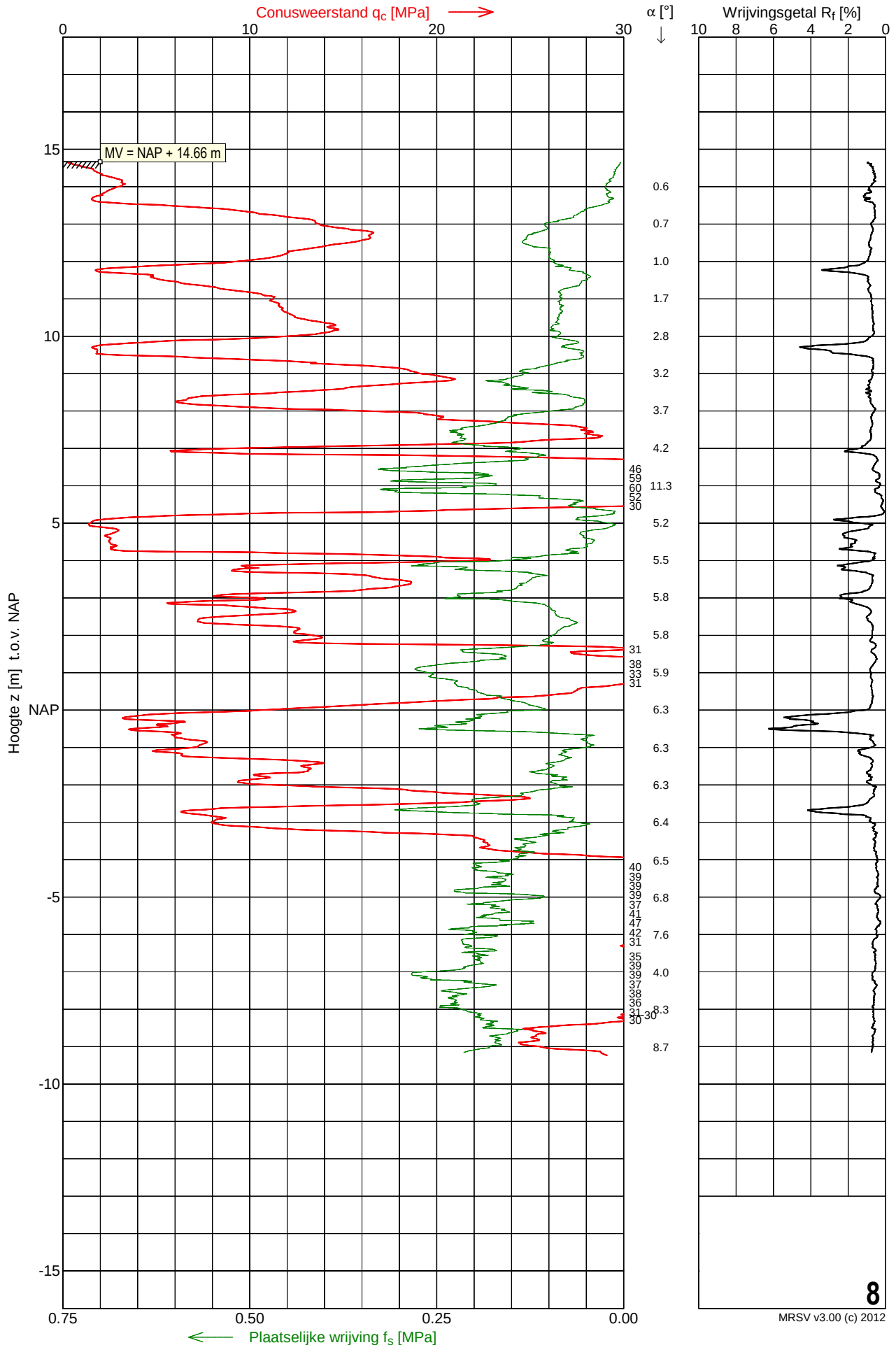


Sondering 8

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S15-CFI.405
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1

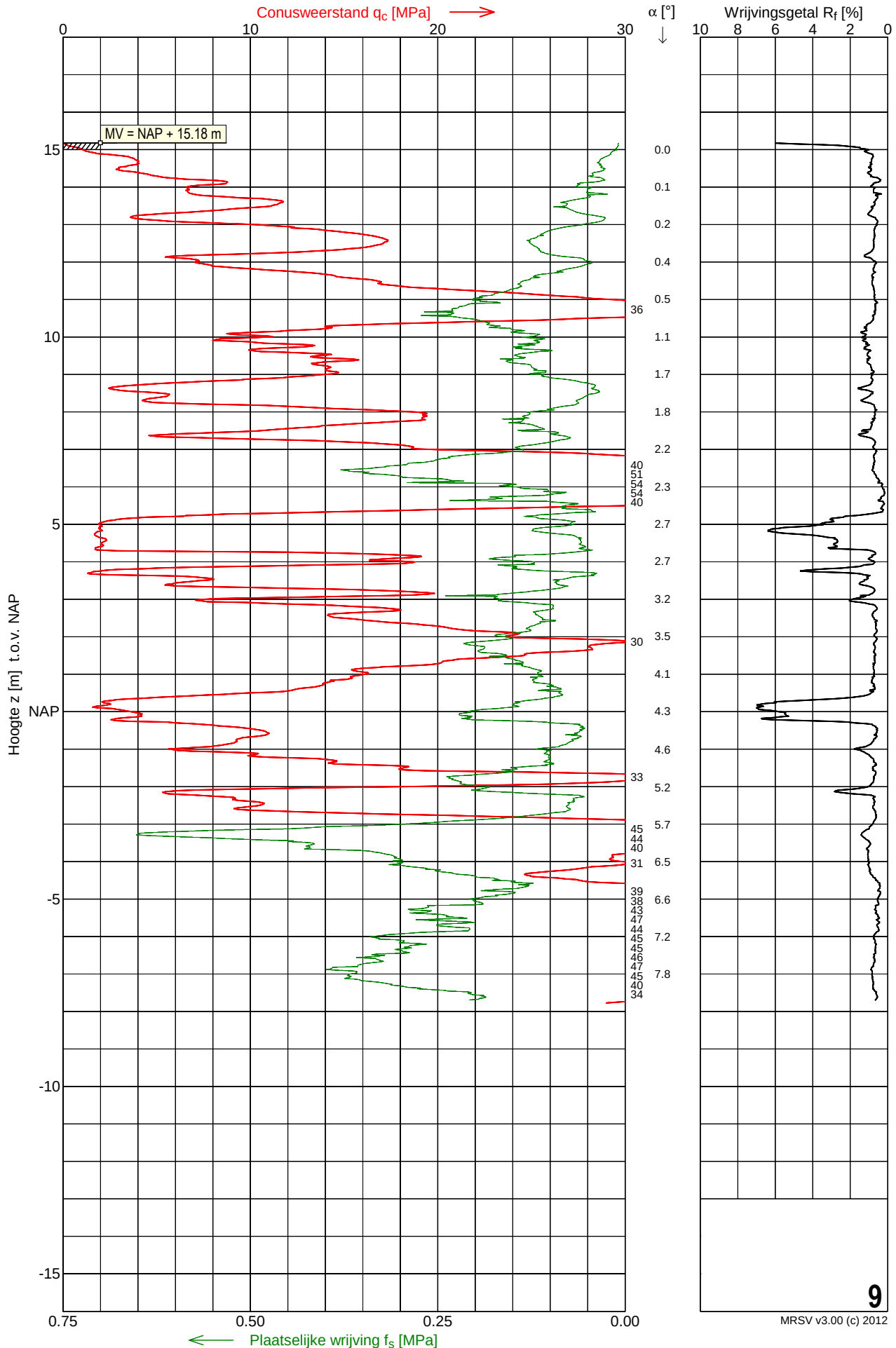


Sondering 9

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S10-CFI.471
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1

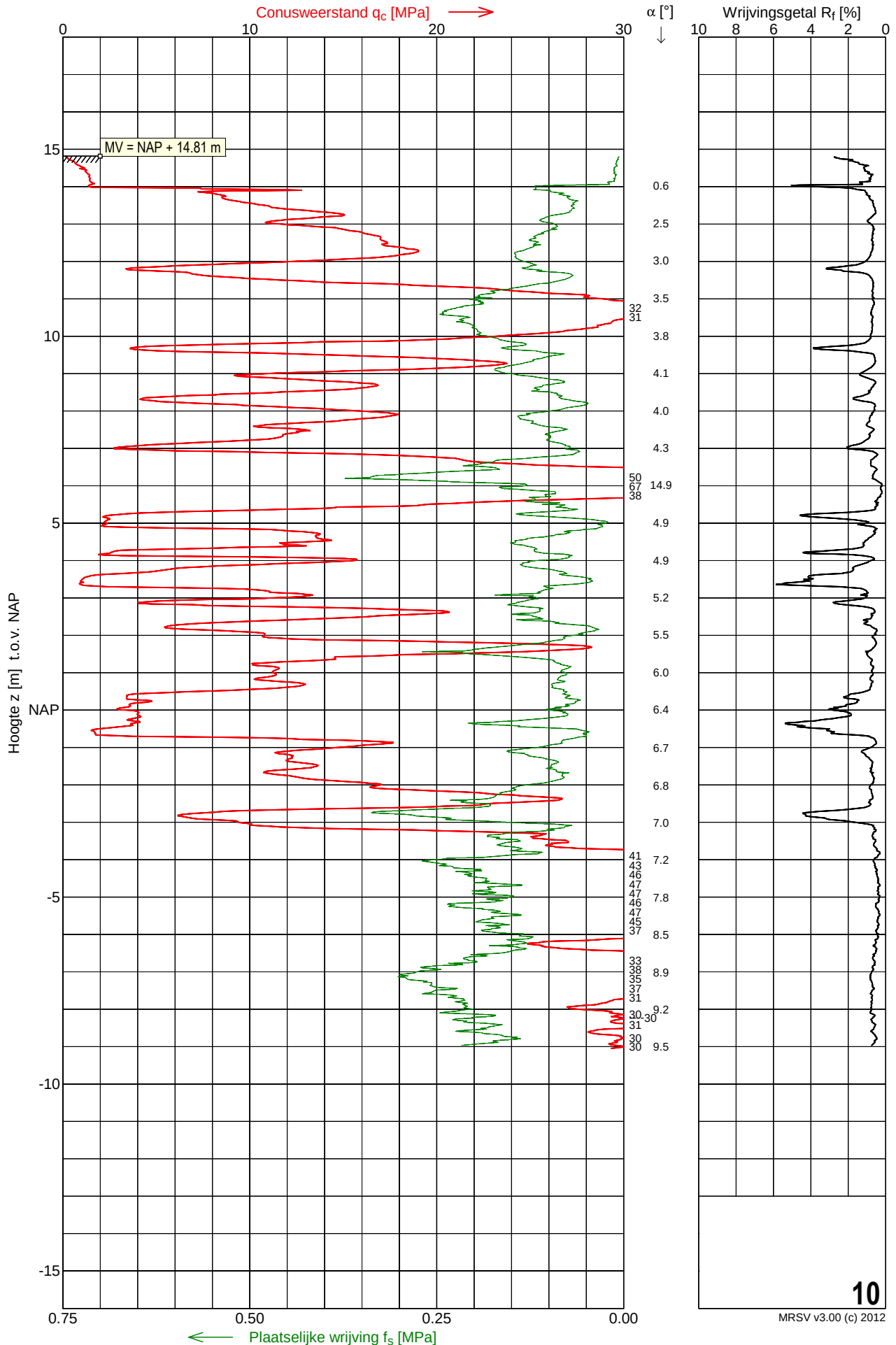


Sondering 10

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S15-CFI.405
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1

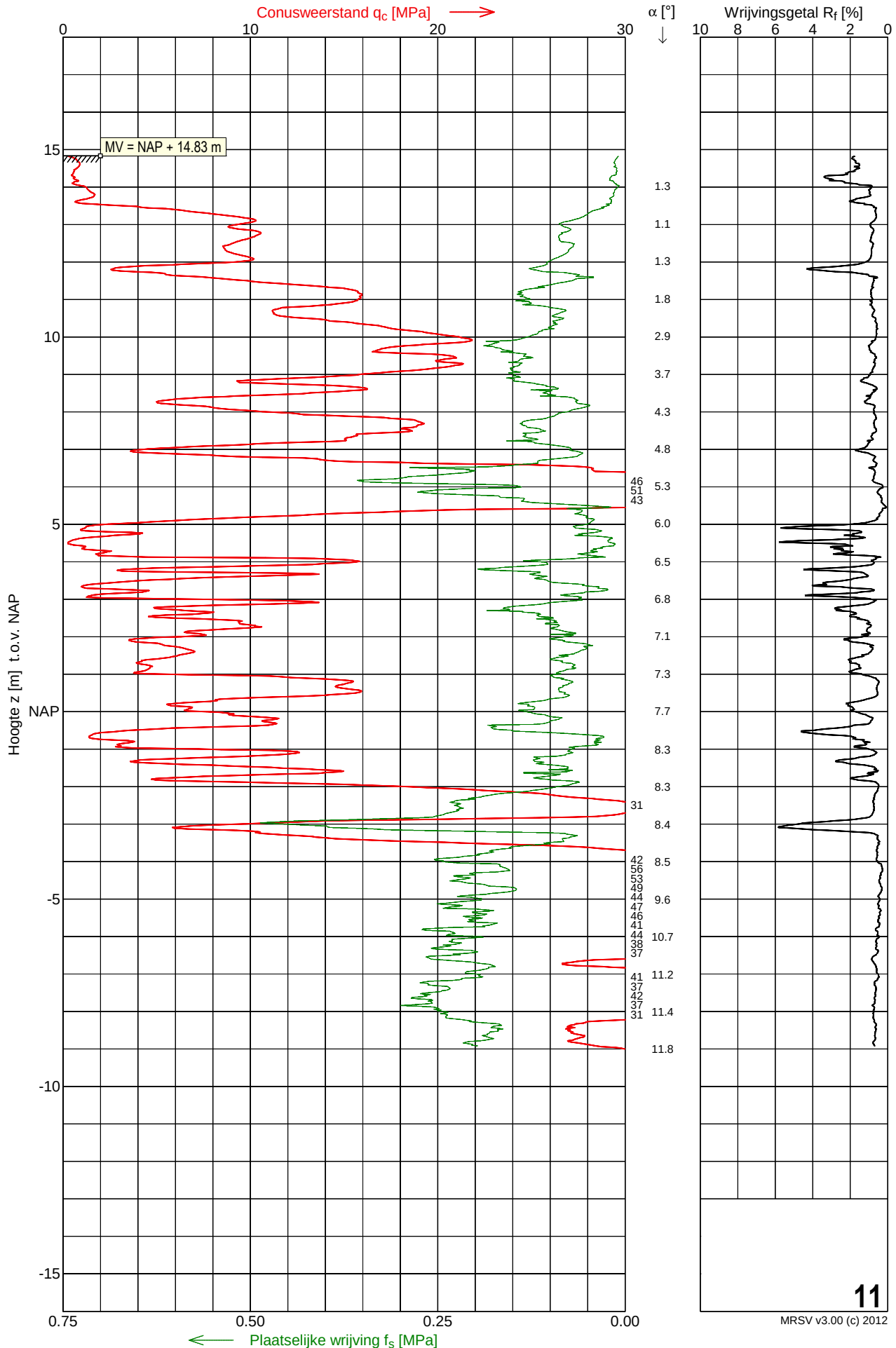


Sondering 11

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S15-CFI.405
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1500 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1

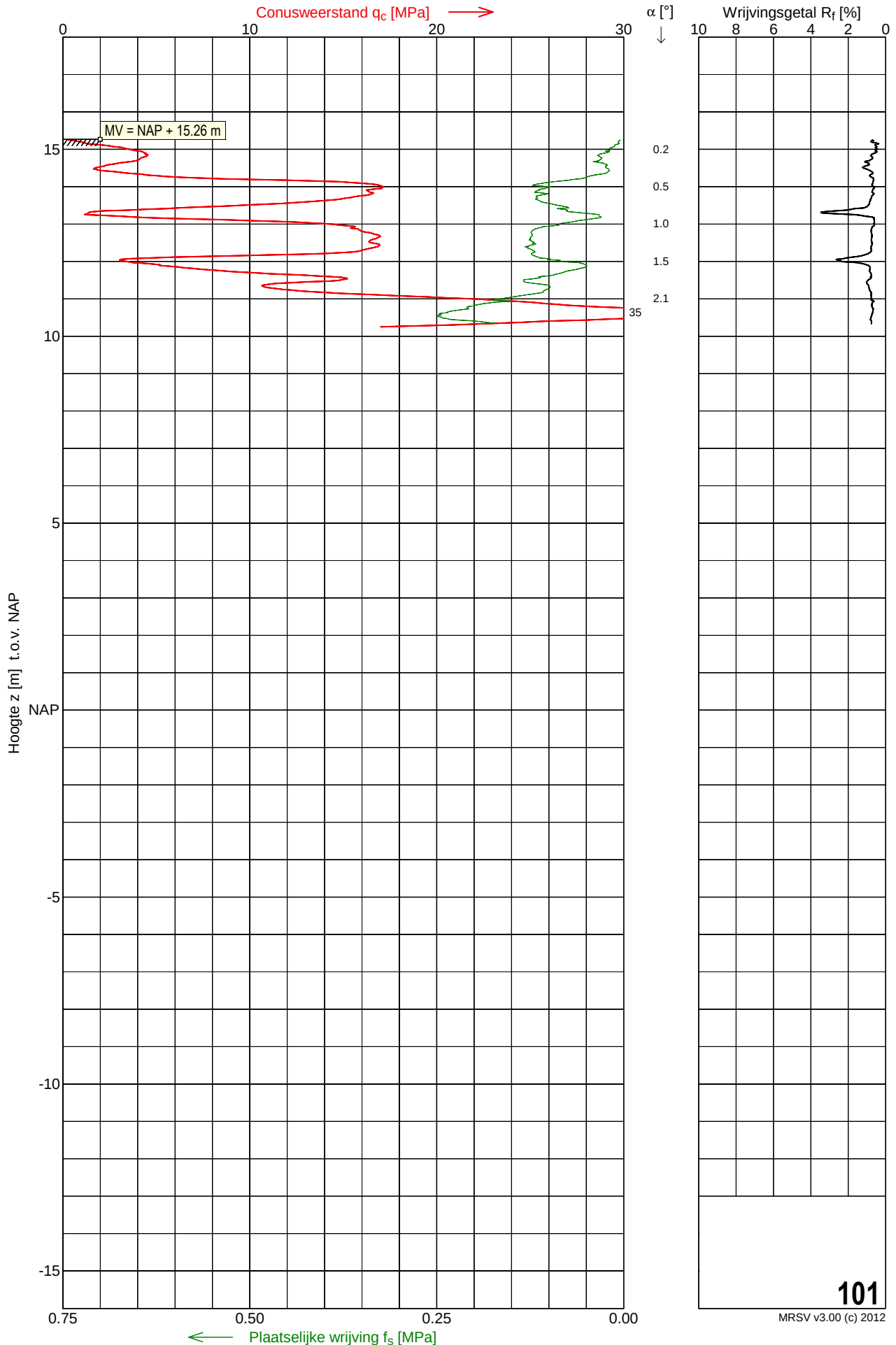


Sondering 101

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S10-CFI.471
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1

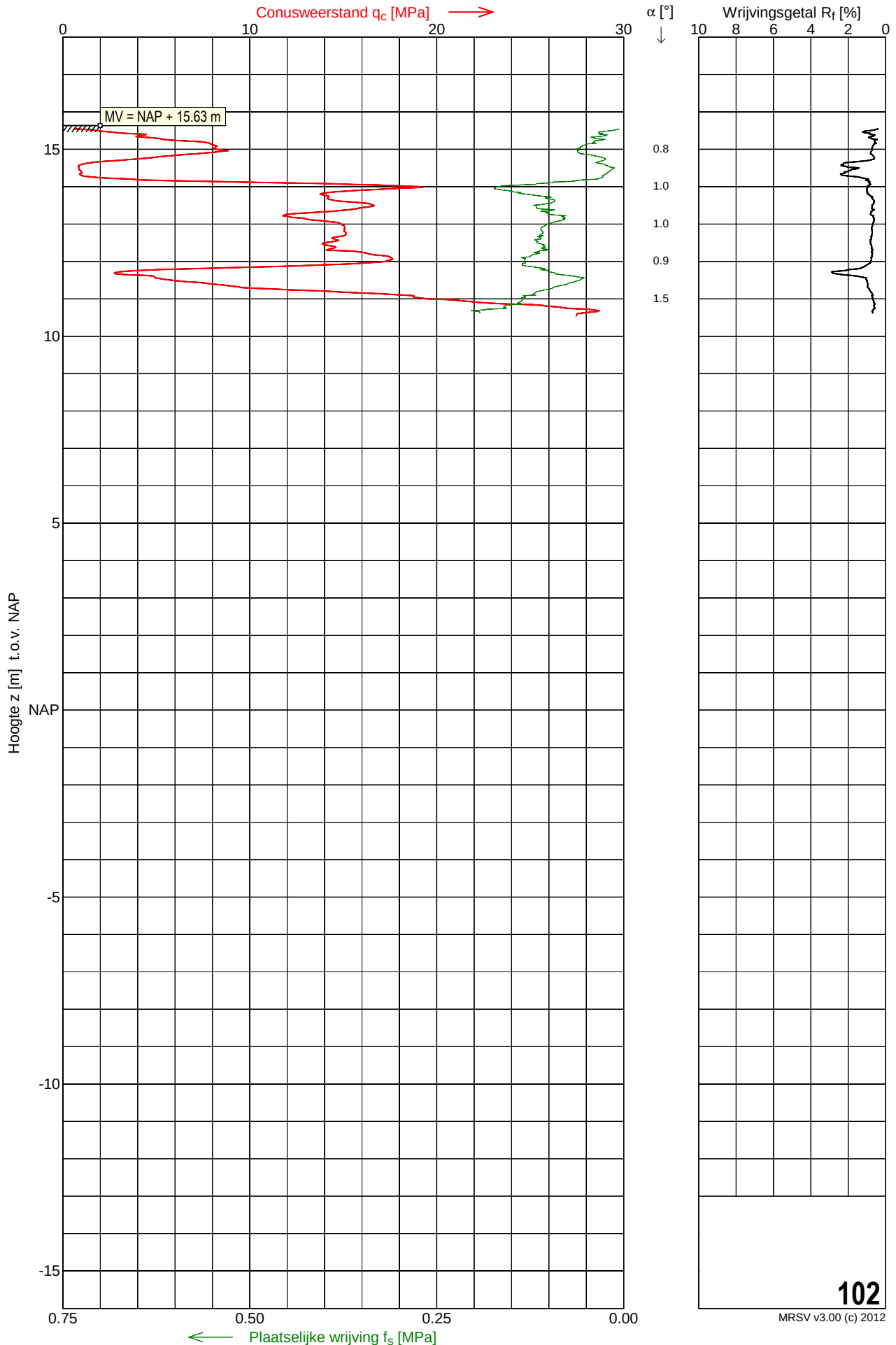


Sondering 102

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S10-CFI.471
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1

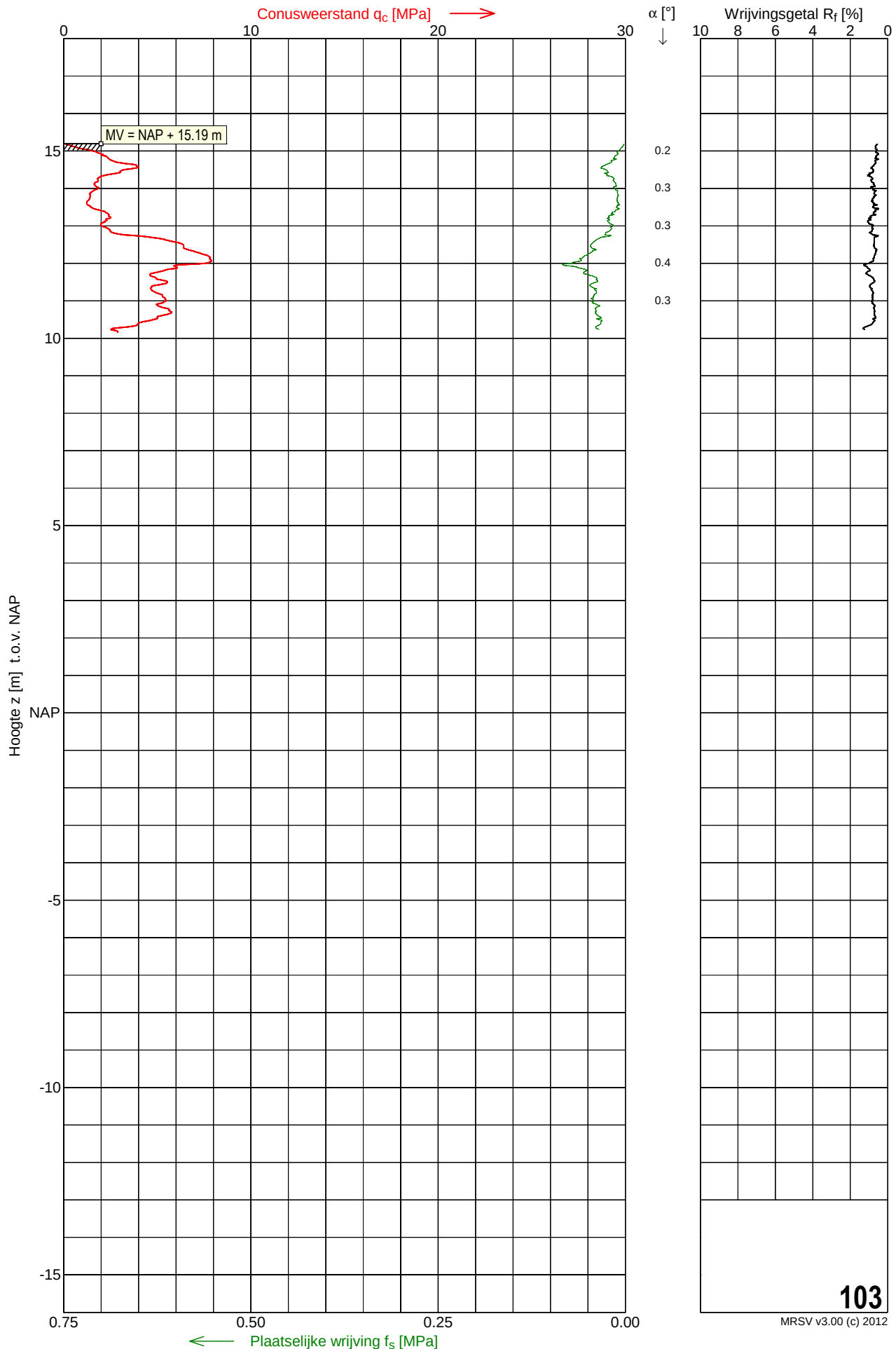


Sondering 103

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S10-CFI.471
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1

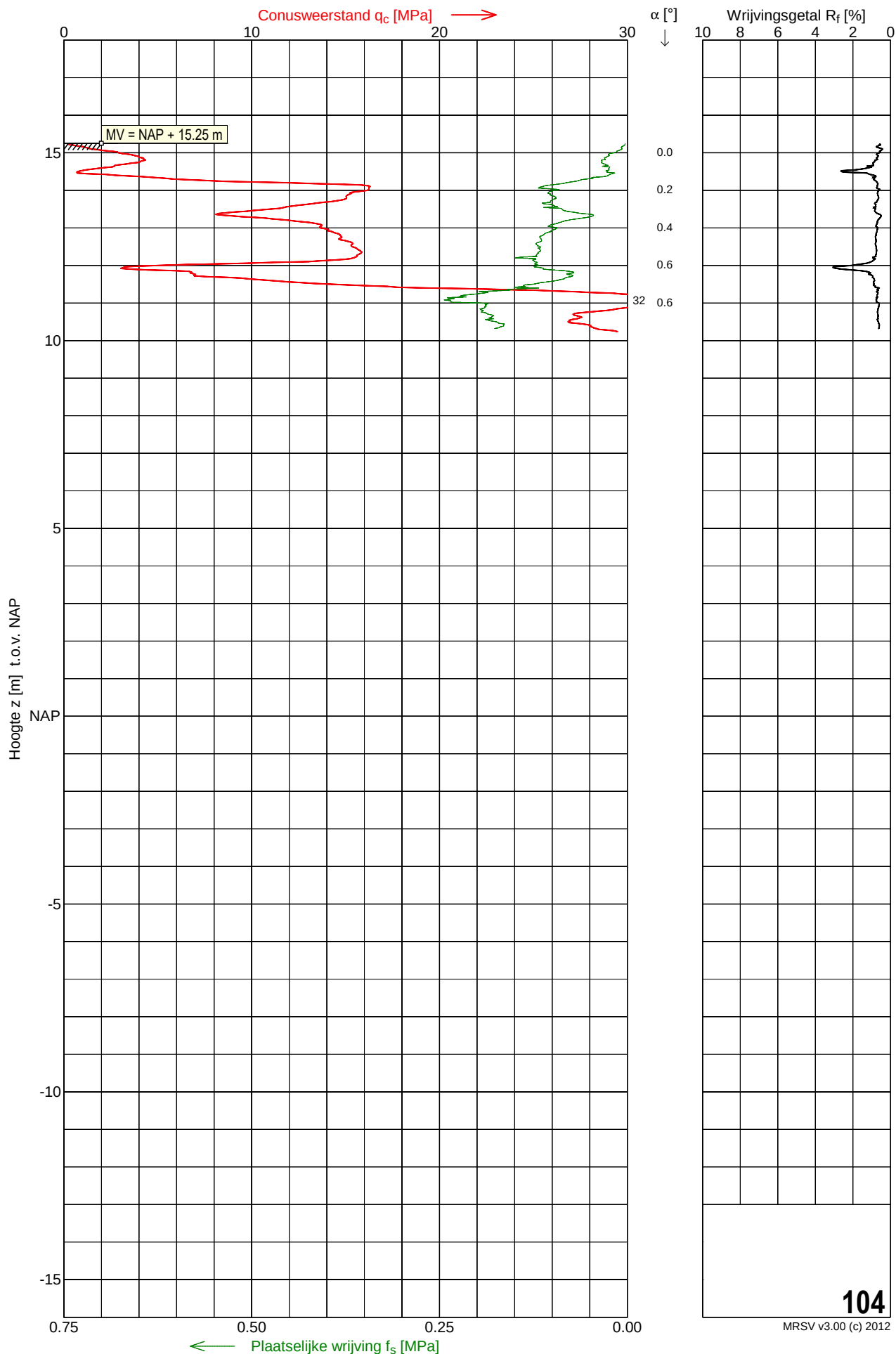


Sondering 104

Opdracht : 1403031
Plaats : Apeldoorn
Datum : 14-08-2015
Project : Saxion aan de Spoorstraat

Conus nummer : S10-CFI.471
Soort conus : Elektrisch
Opp. conuspunt : 1000 mm²

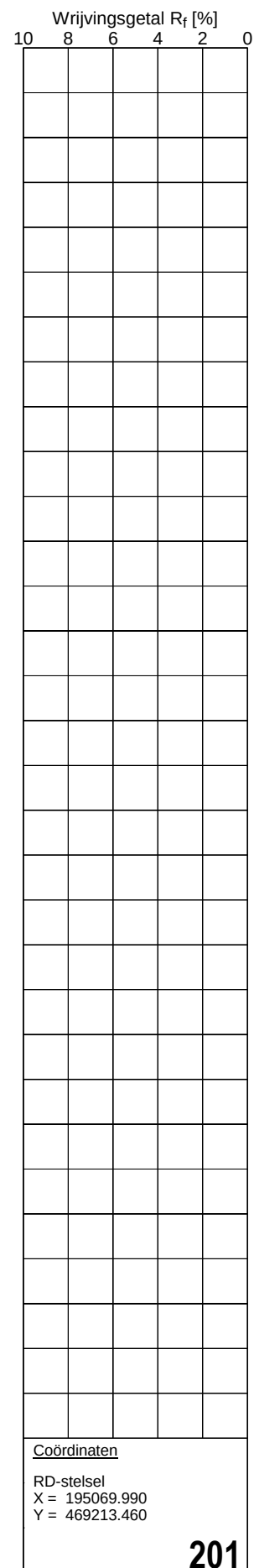
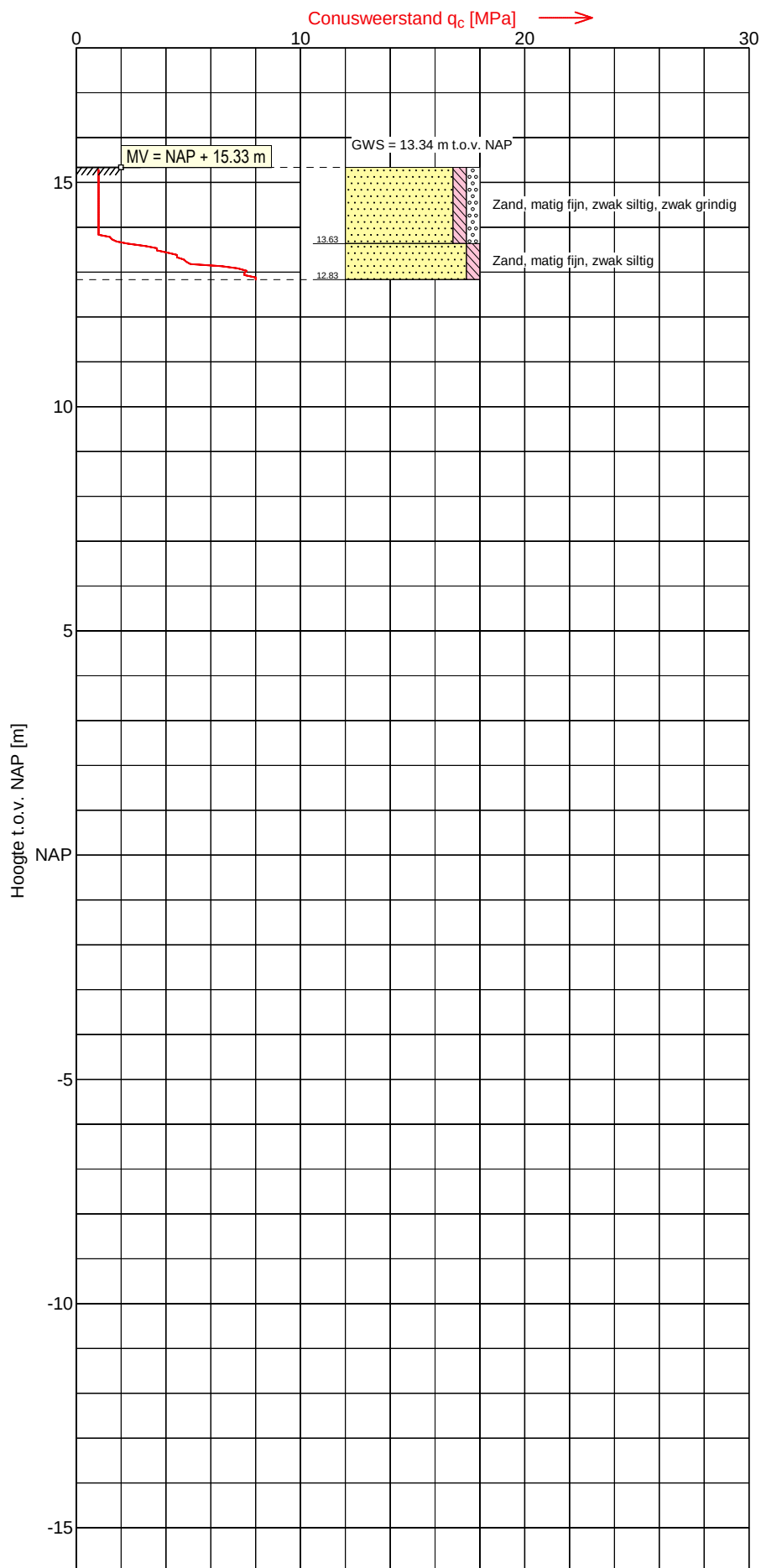
NEN-EN-ISO-22476-1
Klasse 3, type TE1
Sondeerunit : SW10
Blad : 1 van 1



Sondering 201

Opdracht : 1403031 Conus nummer : 2708139
 Plaats : Apeldoorn Soort conus : Mechanisch
 Datum : 19-08-2015
 Project : Saxion aan de Spoorstraat

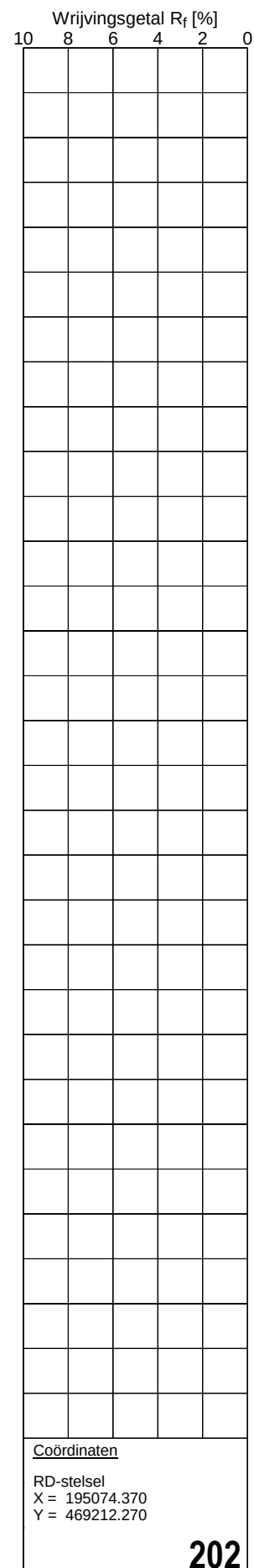
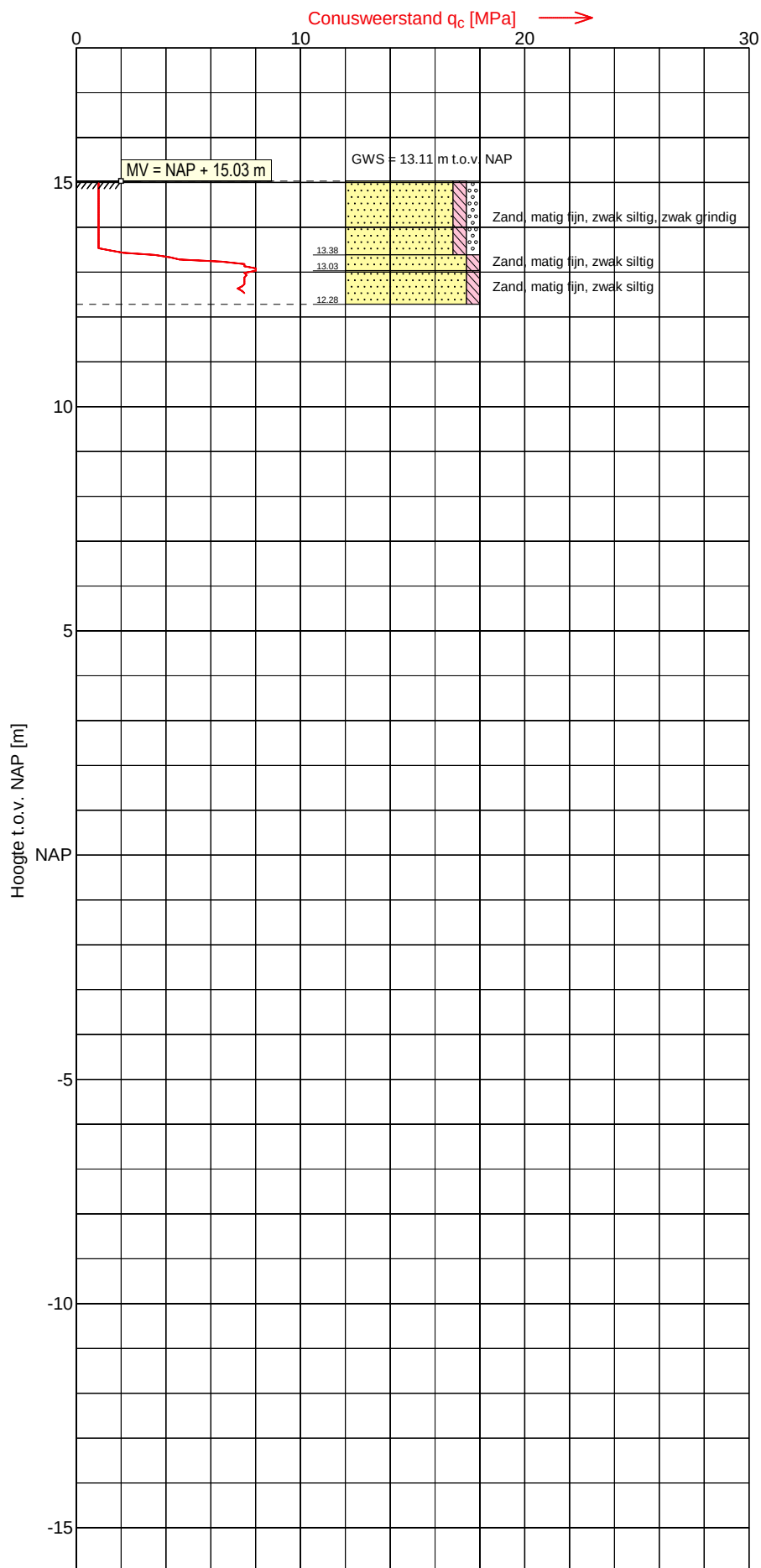
Norm : NEN3680
 Sondeerunit : Handsond.
 Blad : 1 van 1



Sondering 202

Opdracht : 1403031 Conus nummer : 2708139
 Plaats : Apeldoorn Soort conus : Mechanisch
 Datum : 19-08-2015
 Project : Saxion aan de Spoorstraat

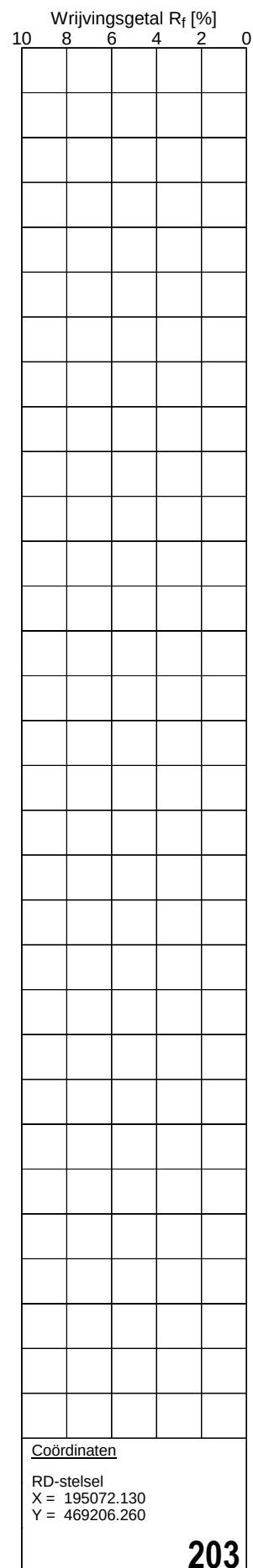
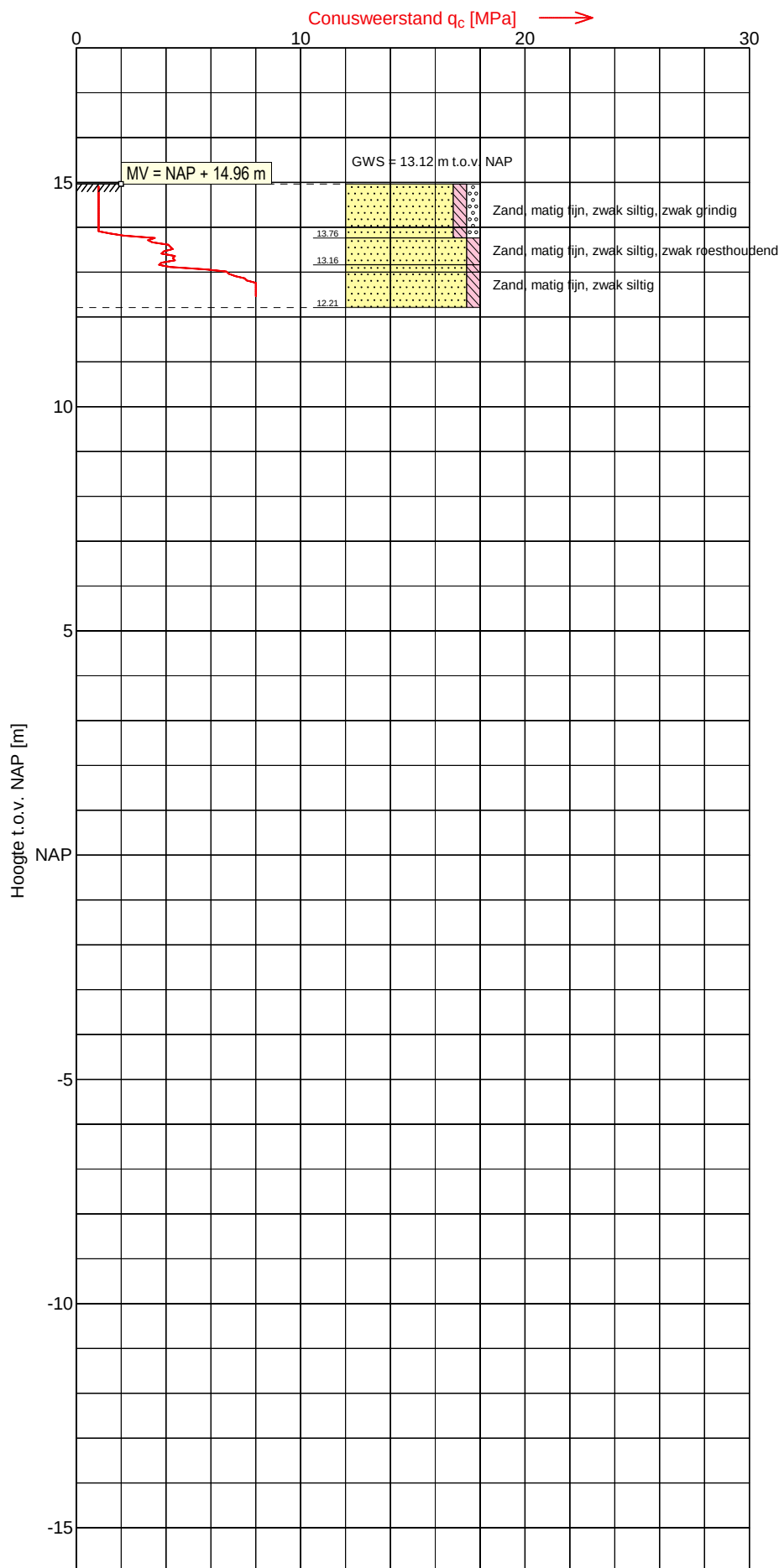
Norm : NEN3680
 Sondeerunit : Handsond.
 Blad : 1 van 1



Sondering 203

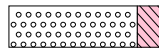
Opdracht : 1403031 Conus nummer : 2708139
 Plaats : Apeldoorn Soort conus : Mechanisch
 Datum : 19-08-2015
 Project : Saxion aan de Spoorstraat

Norm : NEN3680
 Sondeerunit : Handsond.
 Blad : 1 van 1

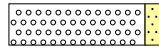


Legenda (conform NEN 5104)

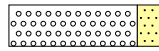
Grind



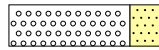
Grind, siltig



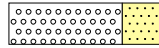
Grind, zwak zandig



Grind, matig zandig



Grind, sterk zandig



Grind, uiterst zandig

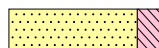
Zand



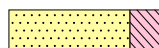
Zand, kleiig



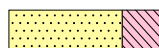
Zand, zwak siltig



Zand, matig siltig



Zand, sterk siltig



Zand, uiterst siltig

Klei



Klei, zwak siltig



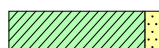
Klei, matig siltig



Klei, sterk siltig



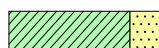
Klei, uiterst siltig



Klei, zwak zandig



Klei, matig zandig



Klei, sterk zandig

Veen



Veen, mineraalarm



Veen, mineraalarm, zwak kleiig



Veen, mineraalarm, matig kleiig



Veen, mineraalarm, sterk kleiig



Veen, mineraalarm, uiterst kleiig

Leem



Leem, zwak zandig



Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen



Zwak humeus



Matig humeus



Sterk humeus



Zwak grindig

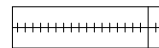


Matig grindig

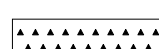


Sterk grindig

Overig



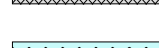
Hout



Puin



Slib



Water



lege monsterbus



bus met ongeroerd monster



grondwaterstand tijdens boren



stijghoogte in peilbuis

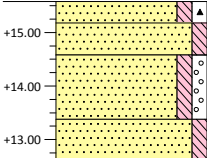


peilbuisfilter

Opdracht : 1404031
 Plaats : Enschede
 Project : Nieuwbouw woning Dr. van Damstraat 41

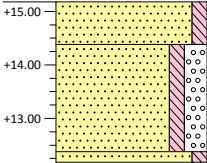
BORING : 7

Datum : 14-08-2015 X : Boormeester : HS
 GWS : NAP +13.13 m Y : Beschrijver : HS
 Maaiveld : NAP +15.58 m Norm : NEN5104
 Opmerking :

Boorprofiel	Laag nr.	Diepte [m t.o.v. NAP] van tot	Omschrijving grondlaag	Kleur
	1	1 +15.58 +15.18	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak puinhoudend	donkergeel
	2	2 +15.18 +14.58	Zand, matig fijn, zwak siltig	bruin licht
	3	3 +14.58 +13.38	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig (fijn)	geel
	4	4 +13.38 +12.58	Zand, matig fijn, zwak siltig	geel

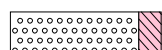
BORING : 9

Datum : 14-08-2015 X : Boormeester : HS
 GWS : NAP +12.88 m Y : Beschrijver : HS
 Maaiveld : NAP +15.18 m Norm : NEN5104
 Opmerking :

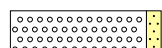
Boorprofiel	Laag nr.	Diepte [m t.o.v. NAP] van tot	Omschrijving grondlaag	Kleur
	1	1 +15.18 +14.38	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak oerhoudend	donkergeel
	2	2 +14.38 +12.38	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig grindig (fijn)	geel
	3	3 +12.38 +12.18	Zand, matig fijn, zwak siltig	grijs

Legenda (conform NEN 5104)

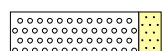
Grind



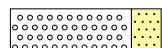
Grind, siltig



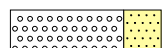
Grind, zwak zandig



Grind, matig zandig



Grind, sterk zandig



Grind, uiterst zandig

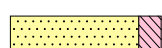
Zand



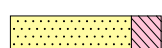
Zand, kleiig



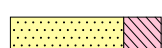
Zand, zwak siltig



Zand, matig siltig



Zand, sterk siltig



Zand, uiterst siltig

Klei



Klei, zwak siltig



Klei, matig siltig



Klei, sterk siltig



Klei, uiterst siltig



Klei, zwak zandig



Klei, matig zandig



Klei, sterk zandig

Veen



Veen, mineraalarm



Veen, mineraalarm, zwak kleiig



Veen, mineraalarm, matig kleiig



Veen, mineraalarm, sterk kleiig



Veen, mineraalarm, uiterst kleiig

Leem



Leem, zwak zandig

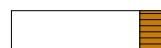


Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen



Zwak humeus



Matig humeus



Sterk humeus



Zwak grindig

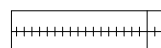


Matig grindig

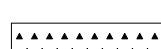


Sterk grindig

Overig



Hout



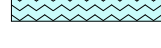
Puin



Slib



Water



lege monsterbus



bus met ongeroerd monster



grondwaterstand tijdens boren



stijghoogte in peilbuis



peilbuisfilter

Bijlage D Voorbeeldberekening fundering op staal

Project	:	SAXION APELDOORN	Werkcode	:	13417G
Onderwerp	:	poer as A	Referentie	:	hde
Bestandsnaam	:	P:\134\13417\Berekeningen\Excel\CT\150904_13417_poerA_1900kN_DEF_	Printdatum	:	3-sep-15
Versienummer	:	E 8-5-2012	Printtijd	:	14:13 h
			Adviesgroep	:	CT

b'	2,40	m
Funderingsniveau	14,95	m tov P
GWS	13,75	m tov P

Partiële factoren γ_m

γ	1,1
$\tan \phi$	1,15
c	1,6

Resultaten

	γ'_{gem} (kN/m ³)	ϕ'_{gem} (°)	c'_{gem} (kN/m ²)
design	11,3	29,0	0,0
rep.		32,5	0,0

Representatieve belastingen		
Verticaal blijvend	1220,0	kN
Verticaal veranderlijk	400,0	kN
Horizontaal		kN

z_e	4,19	m tov fund
Invloedspeil	10,76	m tov P

Laagopbouw vanaf funderingsniveau

Berekeningen

laag nr.	bovenzijde (m)	onderzijde (m)	γ_{rep} (kN/m ³)	ϕ_{rep} (°)	c_{rep} (kN/m ²)	h_i (m)	γ'_d (kN/m ³)	X (m)	$h * X$ (m ²)	$h * X * \gamma'_d$ (kN/m ¹)	$h * X * \phi'_d$ (°m ²)	$h * X * c'_d$ (kN)
1	14,95	13,75	18,0	32,5	0,0	1,20	16,4	3,6	4,3	70,5	124,9	0,0
2	13,75	12,00	18,0	32,5	0,0	1,75	6,4	2,1	3,7	23,6	107,3	0,0
3	12,00	11,00	18,0	32,5	0,0	1,00	6,4	0,7	0,7	4,7	21,4	0,0
4	11,00	10,00	18,0	32,5	0,0	0,24	6,4	0,1	0,0	0,2	0,8	0,0
5	10,00	9,00	18,0	32,5	0,0	0,00	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
						8,8	98,9	254,4	0,0			

Bepaling gewogen parameters, staalfundering
Volgens NEN 9997 paragraaf 6.5.2.2 (n)

Datum:	03-09-15	Adviseur:	hde
Versie:	01-04-12	Bestand:	P:\134\13417\Berekeningen\Excel\CT\150904_13

BEREKENING DRAAGVERMOGEN POEREN/STROKEN VOLGENS NEN 9997-1

Project	: Saxion Apeldoorn	Code:	13417G
Onderdeel	: poeren	Grondonderzoek:	Mos
Toelichting	: as A	Sondering:	3

----- INVOERGEGEVENS -----

b'	=	2,40 m	c' _{gem;rep}	=	0,0 kN/m ²
l'	=	2,40 m	β	=	graden (helling talud)
φ' _{gem;rep}	=	32,5 graden	α	=	graden (helling onderkant)
γ' _{gem} boven fund.niveau	=	17,0 kN/m ³			
gr.dekking d:	=	0,90 m	V _(g)	=	1220,0 kN
σ' _{v;rep}	=	15,3 kN/m ²	V _(q)	=	400,0 kN
			H	=	0,0 kN
			factor	=	1,35 belastingfactor hor.kracht

----- REKENWAARDEN -----

φ' _{gem;d}	=	29,0 graden	V _d	=	2247 kN
	=	0,5 radialen	H _d	=	0 kN
σ' _{v;d}	=	13,9 kN/m ²	c' _{gem;d}	=	0 kN/m ²
γ' _{gem;d} onder fund. niveau	=	11,27 kN/m ³			

----- TOELICHTING -----

b' = effectieve breedte funderingselement

l' = effectieve lengte funderingselement

φ'_{gem} = gewogen gemiddelde van inwendige wrijvingshoek (partiële factor tan φ': 1,15)

σ'_v = gewicht gronddekking (partiële factor: 1,1)

γ'_{gem} = gewogen gemiddelde van het effectief volumegewicht van de grond (partiële factor: 1,1)

c'_{gem} = gewogen gemiddelde van cohesie (partiële factor: 1,6)

β = taludhelling

V_(g) = het blijvend deel van de representatieve verticale belasting op het aanlegniveau

V_(q) = het veranderlijke deel van de representatieve verticale belasting op het aanlegniveau

H = totale representatieve horizontale belasting op aanlegniveau in de richting evenwijdig aan de funderingsbreedte

V_d = rekenwaarde van de verticale belasting op aanlegniveau
= (1.35*V_g + 1.5*V_q)

H_d = rekenwaarde van de horizontale belasting op aanlegniveau

----- BEREKENING REKENWAARDE DRAAGVERMOGEN (R_d) -----

factor	N(φ)	s (vorm)	i (helling)	λ (talud)	of	b (onderkant)
N _q , S _q , i _q , λ _q , b _q	=	16,42	1,48	1,00	1,00	1,00
N _c , S _c , i _c , λ _c , b _c	=	27,83	1,52	1,00	1,00	1,00
N _γ , S _γ , i _γ , λ _γ , b _γ	=	17,08	0,70	1,00	1,00	1,00

σ' _{max;d}	=	σ' _{v;d} * N _q * s _q * i _q * λ _q * b _q + c' * N _c * s _c * i _c * λ _c * b _c + 0,5 * γ' * N _γ * s _γ * i _γ * λ _γ * b _γ
	=	339 + 0 + 162
	=	501 kN/m ²
A'	=	5,76 m ²
R _d	=	2884 kN

V_d <= R_d → **voldoet**

intern concept	project	:	Saxion Apeldoorn	werkcode	:	13417
	onderwerp	:	poeren as F	referentie	:	hde
	opdrachtgever	:	Saxion	printdatum	:	16-sep-15
	bestandsnaam	:	P:\134\13417\Berekeningen\Excel\CT\150902_13417_BER_zetting_D10.xlsx\Invoer	printtijd	:	08:23 h
	versienummer	:	D 12-mrt-12	sondering	:	10

Invoer

Grondwaterstanden		
begin	13,00	m
eind		m

Stijghoogte onderzijde		
begin		m
eind		m

Bovenbelasting		
H	1,00	m ¹
γ _{droog}	290,00	kN/m ³
γ _{sat}	300,00	kN/m ³
P	290	kN/m ²

Belastingspreiding		
Lengte	2,4	m
Breedte	2,4	m
Niveau	14,30	m
F _{rep}	1670,4	kN

tijd	
30	jr
(of/of)	dgn

laag nr.	bovenzijde (m)	onderzijde (m)	laag (code)	omschrijving	γ _{dr} (kN/m ³)	γ _{sat} (kN/m ³)	P _g (kN/m ²)	C' (-)	C' _p (-)	C' _s (-)	c _v (m ² /s)	drained correctie (j/n)	δH (-)	δH (m)
1	14,30	14,00	w	grondverb.	18,0	20,0	27,0	500,0	500	-	1,0E-04	j	1,0	0,004
2	14,00	13,00	n	zand, vast	19,0	21,0	36,0	900,0	938	-	1,0E-02	j	1,0	0,002
3	13,00	12,00	n	zand, vast	19,0	21,0	49,0	900,0	938	-	1,0E-02	j	1,0	0,001
4	12,00	10,00	n	zand, vast	19,0	21,0	61,0	900,0	938	-	1,0E-02	j	1,0	0,001
5	10,00	5,20	m	zand	18,0	20,0	92,0	450,0	479	-	5,0E-02	j	1,0	0,001
6	5,20	4,90	j	silt/leem	17,0	18,0	109,0	35,0	44	700	5,0E-06	n	1,0	0,001
7	4,90	4,00	m	zand	18,0	20,0	118,0	450,0	479	-	5,0E-02	j	1,0	0,000
8	4,00	3,40	j	silt/leem	17,0	18,0	136,0	35,0	44	700	5,0E-06	n	1,0	0,000

Totaal	0,010
--------	-------

Hydrodynamische periode			
Lagen	Stroming (zijden)	T (dgn)	T (jr)
6	2	0	0,0
8	2	0	0,0
	2		

Grensspanningsfactor	3
----------------------	---

(geldt tevens voor zwel)

Zettingsspreadsheet
Volgens Koppejan

Bijlage E Resultaten paalberekening op druk en trek



postbus 82 6800 AB, Arnhem

tel. 026 - 36 83 111

postbus 458 2600 AL, Delft

tel. 015 - 27 03 611

www.abt.eu

info@abt.eu

Datum 03-09-15

Adviseur: hde

Versie: 01-04-12

Bestand: P:\134\13417\Berekeningen\Excel\CT\150901_13417_BER_vervorming.xlsm]invoer

BEREKENING TOELAATBARE PAALBELASTING VOLGENS NEN 9997-1

BIJLAGE

E

ALGEMEEN

Werkcode 13417
Project SAXION
Apeldoorn
Onderdeel as G
Datum 3-9-2015
Adviseur hde

BEREKENINGSFACTOREN

ξ_3 1,30
 ξ_4 1,30
 γ_t (materiaalfactor) 1,20
 α_p (paalklasse) 0,9
b (voetvorm) 1,0
s (voetverhouding) 1,0
 α_s (schachtwrijving) 0,009
Red.factor as (grof zand) 1,00
OCR-waarde 1
Red.factor ontgraving (schacht) 1,00
Red.factor ontgraving (punt) 1,00
 $\gamma_{f,nk}$ (belastingfactor negatieve kleef) 1,0

PAALGEGEVENS

Paaltype schroefinjectie
Rond/vierkant rond
Open/dichte punt dicht
Paalafmetingen
Schachtdiameter 0,450 m
Voetdiameter 0,450 m
Schachtomtrek 1,41 m
Voetoppervlak 0,159 m²

NEGATIEVE KLEEF

Rekenwaarde negatieve kleef per paal $F_{nk;d}$

0 kN

REKENWAARDE PAALBELASTING

$F_{c;d}$ (DRUK)

1000 kN

BEREKENING PAALDRAAGVERMOGEN

NEN 9777-1 artikel:		7.6.2.3 (10c)		7.6.2.3 (10i)	7.6.2.3 (10c)	7.6.2.3 (10c)		7.6.2.3 (5)	7.6.2.3 (3)	TOELAATBARE BELASTING $F_{c;d}$		Voldoet aan grens-toestand GEO
Sonde-ring nr.	Basisnivo in m t.o.v. NAP	$q_{b,max}$ punt [MPa]	$q_{b,max}$ punt;red [MPa]	$q_{s,max}$ schacht [MPa]	ΔL [m]	$R_{b;cal,max}$ punt [kN]	$R_{s;cal,max}$ schacht [kN]	$R_{c;cal}$ totaal [kN]	$R_{c;d}$ reken [kN]	TREK [kN]	DRUK [kN]	
4	6,50	5,56	5,56	0,075	6,50	884	686	1570	1007	n.v.t.	1007	ja
8	7,50	7,65	7,65	0,090	6,00	1217	763	1980	1269		1269	ja
11	7,50	4,97	4,97	0,099	6,00	791	840	1631	1045		1045	ja

gemiddelde $R_{c;cal}$

1727 kN

gemiddelde $R_{c;cal} / \xi_3$

1328 kN

$R_{c;d}$

1007 kN

kleinste $R_{c;cal}$

1570 kN

kleinste $R_{c;cal} / \xi_4$

1208 kN

$R_{c;d} - F_{nk;d}$

1007 kN

Datum	03-09-15	Adviseur:	hde
Versie:	01-04-12	Bestand:	P:\134\13417\Berekeningen\Excel\CT\[150901_13417_BER_vervorming.xlsm]inv

TOETSING AAN UITERSTE GRENSTOESTAND 1B VOLGENS NEN 9997-1

BIJLAGE E

ALGEMEEN

Werkcode 13417
Project SAXION
Apeldoorn
as G
Datum 03-09-15
Adviseur hde

MAXIMAAL PAALDRAAGVERMOGEN

$R_{b;cal;max}$ (punt) 884 kN
 $R_{s;cal;max}$ (schacht) 686 kN

FACTOREN

ξ_3 1,30
 γ_t (materiaalfactor) 1,2

PAALGEGEVENS

Paaltype schroefinjectie
Paalafmetingen Schacht 0,450 m
Voet 0,450 m
paalpuntniveau 6,50 m tov NAP

REKENWAARDEN PAALDRAAGVERMOGEN

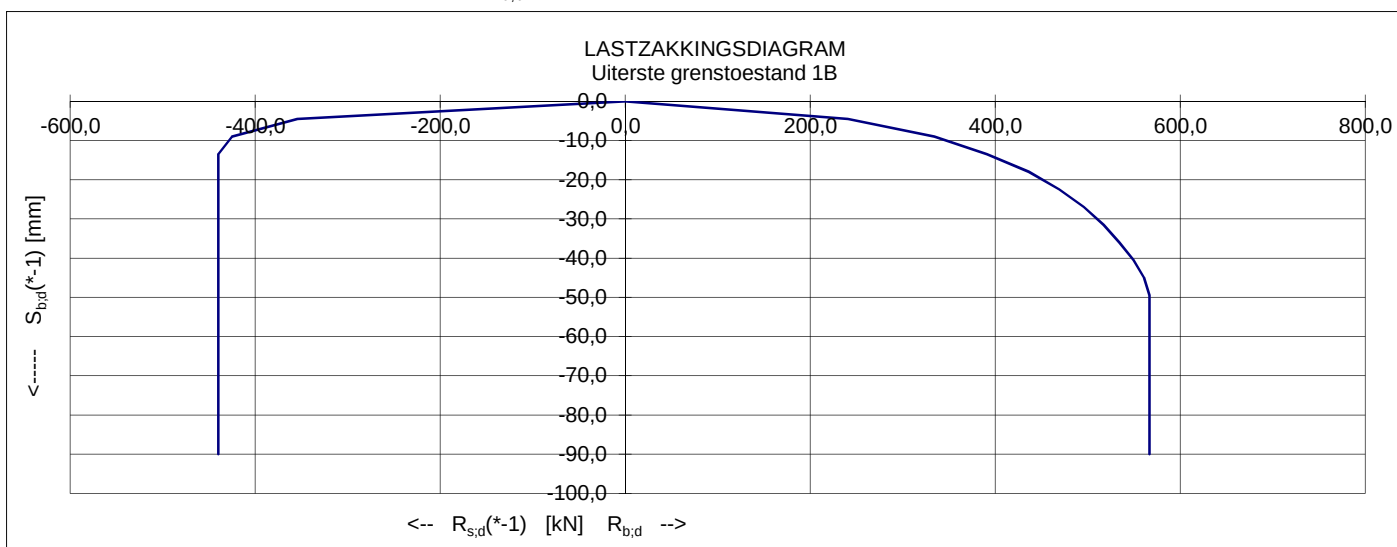
$R_{b;d}$ 567 kN
 $R_{s;d}$ 440 kN

REKENWAARDEN VAN DE BELASTING

$F_{s;d}$ 1000 kN
 $F_{nk;d}$ 0 kN
 $F_{s;tot;d}$ 1000 kN

VOLGNUMMER VAN DE SONDERING GEBRUIKT VOOR DE BEREKENING VAN DE ZAKKING:

4

LASTZAKKINGSDIAGRAM T.B.V. BEPALING $S_{b;d}$

ZAKKING

$S_{b;d}$ 44,6 mm
 $S_{el;d}$ 1,3 mm
 $S_{2;d}$ 4,9 mm +
 S_d 50,8 mm

TOETSING GRENSTOESTAND 1B

Indicatie volgens NEN 9997-1 bijlage H: $S \leq S_{req}$

S_d 51 mm
 $S_{req;d}$ 150 mm

Er wordt VOLDAAN aan de zakkings eis van grenstoestand 1B

Toetsing Rotatie volgens NEN 9997-1 art. 2.4.9 (b):

Stramienafstand toetsing rotatie: 12 m
Maximaal optredende relatieve rotatie: 1 : 709
Maximaal toegestane relatieve rotatie: 1 : 150

Er wordt VOLDAAN aan de rotatie-eis van grenstoestand 1B

Datum	03-09-15	Adviseur:	hde
Versie:	01-04-12	Bestand:	P:\134\13417\Berekeningen\Excel\CT\[150901_13417_BER_vervorming.xlsm]inv
TOETSING AAN BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTAND 2 VOLGENS NEN 9997-1			BIJLAGE E

ALGEMEEN

Werkcode 13417
Project SAXION
Apeldoorn
as G
Datum 03-09-15
Adviseur hde

MAXIMAAL PAALDRAAGVERMOGEN

$R_{b;cal;max}$ (punt) 884 kN
 $R_{s;cal;max}$ (schacht) 686 kN

FACTOREN

ξ_3 1,30
 γ_t (materiaalfactor) 1,00

PAALGEGEVENS

Paaltype schroefinjectie
Paalafmetingen Schacht 0,450 m
Voet 0,450 m
paalpuntniveau 6,50 m tov NAP

KARAKTERISTIEKE WAARDEN PAALDRAAGVERMOGEN

$R_{b;k}$ (punt) 680 kN
 $R_{s;k}$ (schacht) 528 kN

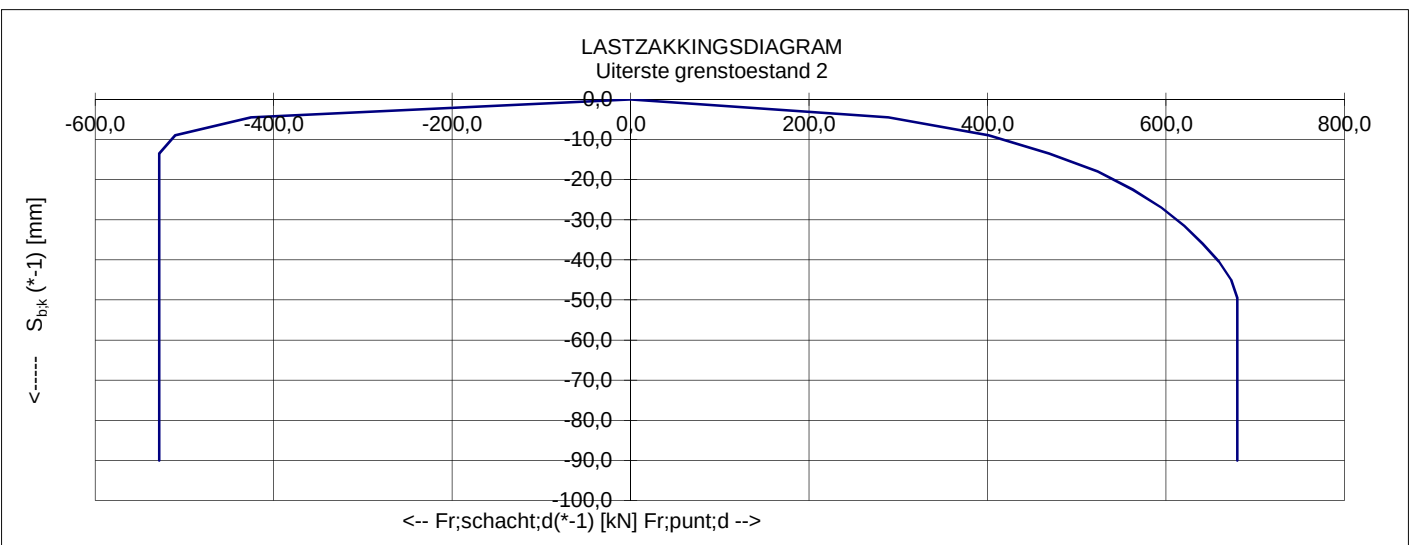
KARAKTERISTIEKE WAARDEN VAN DE BELASTING

$F_{s;k}$ 740 kN
 $F_{nk;k}$ 0 kN
 $F_{s;tot;k}$ 740 kN

VOLGNUMMER VAN DE SONDERING GEBRUIKT VOOR DE BEREKENING VAN DE ZAKKING:

4

LASTZAKKINGSDIAGRAM T.B.V. BEPALING $W_{punt;d}$



ZAKKING

S_b 5,1 mm
 S_{el} 0,9 mm
 S_2 3,6 mm +
 S 9,6 mm

TOETSING GRENSTOESTAND 2

Indicatie volgens NEN 9997-1 bijlage H: $S \leq S_{req}$

S 10 mm
 S_{req} 50 mm

Er wordt VOLDAAN aan de zakkings eis van grenstoestand 2

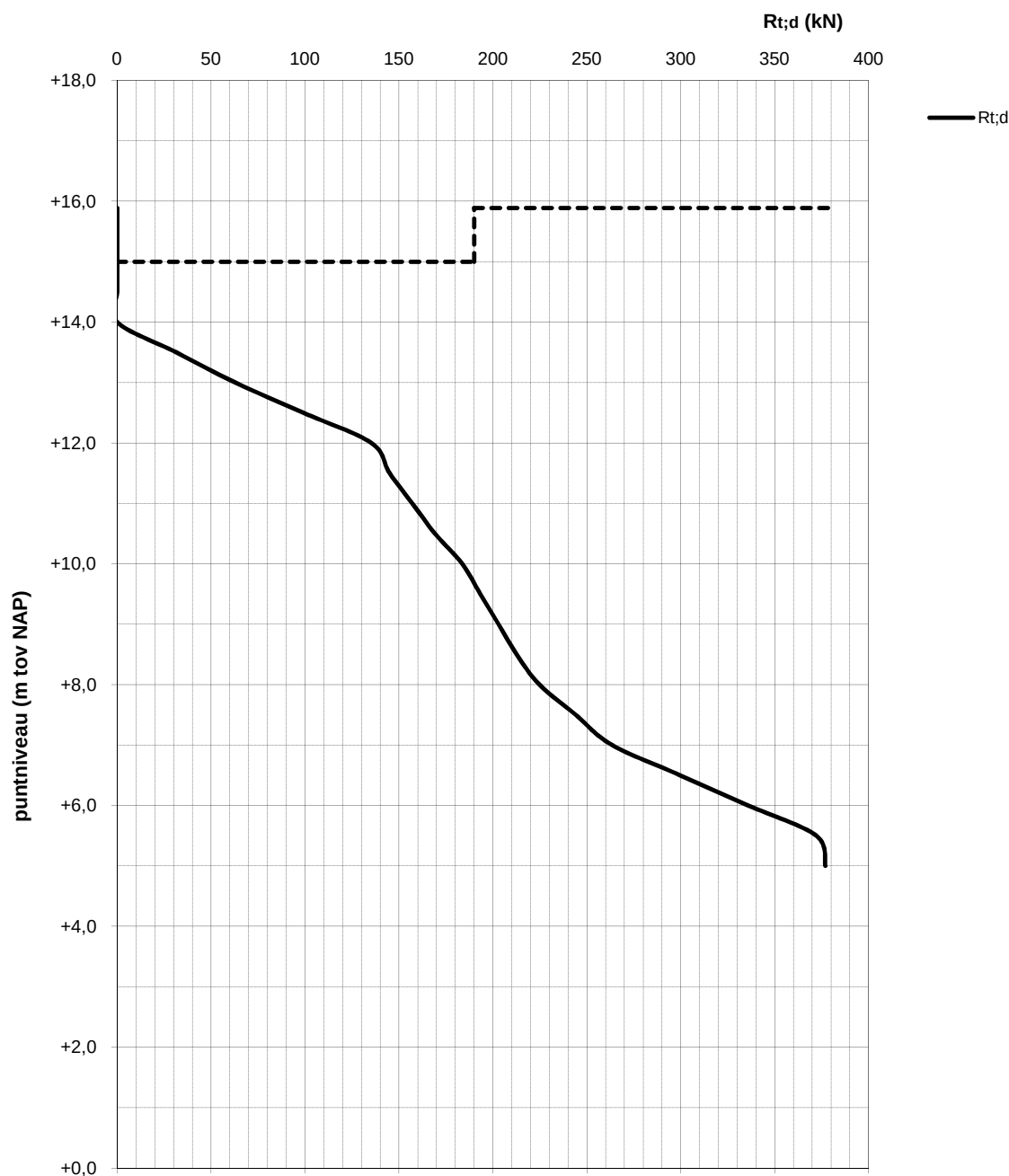
Toetsing Rotatie volgens NEN 9997-1 art. 2.4.9 (b):

Stramienafstand toetsing rotatie: 12 m
Maximaal optredende relatieve rotatie: 1 : 3766
Maximaal toegestane relatieve rotatie: 1 : 300
Er wordt VOLDAAN aan de rotatie-eis van grenstoestand 2

project	: Saxion Apeldoorn	werkcode	: 13417
onderwerp	: as G	referentie	: hde
sondering:	: 4	afdeling:	: CT
bestandsnaam	: P:\134\13417\Berekeningen\Excel\Geo\Definitief\150904_13417G_BER_T	printdatum	: 3-09-15
versienummer	: F apr-12	printtijd	: 12:44

grafische weergave
alleenstaande paal

paaltype: Schroefinjectiepaal
diameter: 450 mm



opneembare belasting trekpalen
volgens NEN 9997-1, art. 7.6.3

Bijlage F Richtlijnen voor het toepassen van grondverbetering

Richtlijnen voor het uitvoeren van grondverbeteringen

Een grondverbetering ten behoeve van toekomstige funderingen dient te worden uitgevoerd met schoon zand dat goed is te verdichten.

Het zand nodig voor de grondverbetering zal, afhankelijk van de hieraan te stellen eisen, moeten worden onderzocht op korrelverdeling, korrelvorm en verdichtbaarheid. Dit geldt zowel voor het eventueel van nature aanwezige zand als voor aan te voeren zand. Het onderzoek kan bestaan uit een zeefanalyse, microscopisch onderzoek en een Proctor proef.

Eisen voor zand

De aan het zand te stellen eisen kunnen als volgt worden geformuleerd:

- De korrelfractie kleiner dan $63 \mu\text{m}$ mag in het algemeen niet meer bedragen dan 5 %. Indien minder strenge eisen worden gesteld aan de grondverbetering is een gewichtsperscentage van 10 % acceptabel. Dit geldt in het algemeen bij relatief lage funderingsdrukken.
- De korrelfractie kleiner dan $16 \mu\text{m}$ moet altijd kleiner zijn dan 5 % (gewichtsperscentage).
- De uniformiteitscoëfficiënt ($= D_{60}/D_{10}$) dient voor Nederlandse zanden minimaal 2,0 te bedragen. Hierbij staan D_{60} en D_{10} voor een korreldiameter met een zeefdoorval van respectievelijk 60 en 10 gewichtsperscenten.
- De korrelvorm dient bij voorkeur hoekig te zijn.
- De "Proctor-curve", waarin het watergehalte is uitgezet tegen de droge dichtheid, dient in het traject bij de maximum dichtheid een flauw verloop te hebben.

Verdichtingwijze

Voor een optimale verdichting van de bestaande grondslag of een aan te brengen grondverbetering wordt de volgende werkwijze geadviseerd:

- Elk ontgravingniveau verdichten met een trilplaat of trilwals in minimaal 4 gangen, kruiselings en overlappend.
- Een grondverbetering in lagen aanbrengen en verdichten.

Volgens Eurocode 7-1 artikel 6.9 gelden de volgende eisen voor de aan te houden laagdikte van een grondverbetering:

- bij een breedte van de aanvulling van 0,5 m mag de laagdikte bij het verdichten niet groter zijn van 0,1 m
- bij een breedte van de aanvulling van 1,0 m mag de laagdikte bij het verdichten niet groter zijn dan 0,3 m
- bij tussen gelegen waarden van de aanvullingsbreedte mag de aan te houden laagdikte door interpolatie van de bovengenoemde waarden zijn bepaald.

De toe te passen laagdikte is verder hoofdzakelijk afhankelijk van de aan te wenden verdichtingapparatuur. Globaal is in de navolgende tabel een indicatie gegeven van de effectiviteit van trilplaten.

massa trilplaat [kg]	slagkracht [kN]	dieptebereik verdichting [m]
200 à 250	15	0,20 - 0,25
300 à 400	30	ca. 0,30
450 à 600	45	ca. 0,50
600 à 750	60	0,60 - 0,75

Bij het gebruik van een trilwals kunnen globaal de volgende gegevens worden aangehouden.

massa trilplaat [kg]	dieptebereik verdichting [m]
2000 à 3000	ca. 0,30
4000 à 6000	ca. 0,35

Het verdichtingsbereik is tevens sterk afhankelijk van het aantal verdichtingsgangen. In dit kader wordt opgemerkt dat de dieptewerking volgens de specificaties van de fabriek in het algemeen geen betrouwbare maatstaf vormt voor de toe te passen laagdikte bij de normale verdichtingwijze. Teneinde de fabrieksmatig opgegeven dieptewerking te bereiken zijn namelijk een groot aantal gangen noodzakelijk, te weten 10 tot 15 stuks. In de praktijk worden echter in de regel slechts 4 tot 6 gangen uitgevoerd. Voorts zijn onderhoud en slijtage van de apparatuur van invloed op de effectiviteit van het verdichten.

Bij het toepassen van zware trilapparatuur wordt de bovenste laag van 150 mm na het passeren van de apparatuur weer los geschud. Natrillen van het funderingsniveau met een lichte trilplaat is in dat geval dan ook noodzakelijk.

Grondwaterstand

De grondwaterstand dient zich tijdens de verdichting op minimaal ca 0,3 m beneden het ontgravingniveau te bevinden. Bij een te hoge grondwaterstand kan door de trillingen wateroverspanning worden gegenereerd waardoor drijfzandcondities ontstaan, een en ander afhankelijk van de doorlatendheid van het aanwezige zand en de toe te passen trilapparatuur. Er vindt dan ook geen verdichting plaats.

Het watergehalte van het zand dient tijdens het verdichten bij voorkeur 8 tot 15 % te bedragen. Een en ander is af te leiden uit de Proctor proef, waarbij het optimale watergehalte wordt bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid.

Controle grondverbetering

De kwaliteit van de grondverbetering dient zodanig te zijn dat minstens een hoek van inwendige wrijving wordt bereikt die als uitgangspunt in de berekening is gehanteerd. De waarden liggen in de regel tussen 30 en 33 graden.

De kwaliteitscontrole van de uitgevoerde grondverbetering kan op verschillende manieren plaats-vinden:

- Controlesonderingen. Hierbij kan een volledig pakket grondverbetering worden gecontroleerd op basis van de gemeten conusweerstanden.
- Handsonderingen. De mogelijkheden hiermee zijn beperkt, zowel voor wat betreft de te meten conusweerstand als de maximaal te bereiken penetratiediepte. Gesteld kan worden dat een verdichte zandlaag van ca. 0,3 à 0,5 m hiermee te controleren is, eventueel in combinatie met behulp van een handboor.
- In-situ dichtheidsbepalingen met behulp van volume steekringen. De beperkingen van dit systeem zijn als onder b).
- Nucleaire dichtheidsmetingen in specifieke gevallen.

De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de Proctor proeven verkregen maximale dichtheid. In het algemeen dient de gemeten dichtheid minimaal 95 tot 98 % van de standaard Proctor dichtheid te bedragen, waarbij:

- 95 % is lage eis
- 98 % is normale eis.

Bijlage G Duurzaamheid

Duurzaamheid Ondergrond Bouwen en ABT

ABT-Visie en overzicht duurzaamheidsaspecten

1.

Inleiding

ABT adviseert haar projecten met aandacht voor duurzaamheidsaspecten in zowel ontwerp-, realisatie- als gebruiksfase. De bureaubrede visie hierbij is dat de optimalisatie van duurzaamheid van bouwwerken even vanzelfsprekend is als de beschouwing van functionaliteit, maakbaarheid, risico's en kostenefficiëntie. Het is bij elk project de uitdaging om hierin de juiste balans te vinden. De advisering van elk bouwwerk is dus maatwerk.

ABT is voor wat betreft bedrijfsvoering en advisering gecertificeerd voor het milieuzorgsysteem volgens ISO 14001.

Voor de algemene visie en aanpak van ABT betreffende duurzaamheid wordt verwezen naar de flyer "ABT maakt duurzaamheid haalbaar – wat kan er, wat kost het, maar vooral: wat levert het op". Deze flyer is te downloaden op website www.abt.eu.

Bij funderingen, geotechnische constructies en ondergronds bouwen is het begrip duurzaamheid nog ruimer te interpreteren ten opzichte van bovengrondse bouwwerken in verband met het mogelijke tijdelijke of permanente effect van het bouwen op de ondergrond, op de grondwaterhuishouding en op de (bebouwde) omgeving. Dit vergt een integrale advisering met afwegingen vanuit verschillende invalshoeken en door alle betrokken vakdisciplines; een werkwijze die volledig aansluit bij de adviespraktijk van ABT.

Duurzaam ondergronds bouwen staat onder meer voor:

- intensief, meervoudig grondgebruik
- lange levensduur van een bouwwerk
- optimale inpassing van een ondergronds bouwwerk in een bestaand boven- en ondergronds landschap
- de zorg voor milieu en omgeving in alle fasen van het bouwproces
- beperking van permanente ingrepen voor bouwterrein en omgeving
- toepassing van duurzame materialen en uitvoeringsmethoden
- besparingen van materialen en grondstoffen en mogelijk hergebruik.

Onderstaand wordt een aantal ontwerp- en uitvoeringsaspecten nader benoemd.

2.

Intensief, meervoudig grondgebruik

Het grote voordeel van ondergronds bouwen is het intensieve, meervoudig grondgebruik. Gebouwfuncties kunnen worden gestapeld en pleinen, wegen en waterpartijen kunnen worden onderbouwd zodat bespaard kan worden op schaarse grond. Door toepassing van meerlaagse kelders kan compact worden gebouwd.

3.

Ontwerpen op levensduur

Ondergrondse (delen van) bouwwerken moeten in het algemeen worden ontworpen op een relatief lange levensduur. Dit is van belang mede vanwege de beperkte inspecteerbaarheid en mogelijkheden van onderhoud van de "schil" van het gebouw. Het gebouw moet langdurig presteren. Daarom moet voldoende flexibiliteit worden ingebouwd zodat het gebouw aanpasbaar is aan toekomstige wensen en meerdere interne functies mogelijk zijn.

4.

Zorg voor milieu en omgeving

Het ontwerp en de uitvoering van ondergrondse bouwwerken moet erop zijn gericht dat het effect van het bouwen op de omgeving tot een minimum wordt beperkt, zowel in de uitvoeringsfase als in de gebruikssituatie. Hierbij moet rekening worden gehouden met

een goede inpassing in het landschap en een afgewogen keuze van uitvoeringstechnieken ter beperking van tijdelijke overlast en mogelijk permanente schade.

Voorts is een duurzame beheersing van de grondwaterstand in de omgeving van groot belang. Dit vergt een ontwerpaanpak en een uitvoeringswijze waarbij op risico's voor de omgeving wordt gestuurd.

5. **Beperking permanente ingrepen bouwterrein en omgeving**
Bouwputvoorzieningen zijn soms moeilijk te verwijderen of te slopen. Er moet per bouwproject een afweging worden gemaakt van het meest geschikte systeem voor de fundering, de toe te passen grondkerende wanden en bouwputsystemen waarbij ook het mogelijke toekomstige gebruik van de grond wordt beschouwd. Hierbij geldt dat een uitvoeringsmethode met een bemaling en met vriezen in het algemeen de minste constructieve bouwputvoorzieningen benodigd. In de grond gevormde wanden als diepwanden, palenwanden en CSM zijn evenals wanden en onderafsluitingen met jetgrouting en bodeminjectie moeilijk te verwijderen. Stalen damwanden en Berliner wanden kunnen relatief eenvoudig worden verwijderd en hergebruikt. Uit oogpunt van duurzaamheid verdient de toepassing van een stempeling van de bouwputwanden de voorkeur boven het gebruik van externe ankers.
De benodigde voorzieningen voor het trekken van funderingspalen en ankerpalen zijn sterk afhankelijk van het betreffende paalttype en-specificaties.

6. **Gebruik duurzame materialen**
Er moeten zoveel mogelijk recyclebare en te hergebruiken materialen worden toegepast evenals materialen met een beperkte emissie van schadelijke stoffen. Hoofdzakelijk worden de materialen staal en beton toegepast en in mindere mate hout. Ook grond kan als bouw materiaal worden beschouwd.

Hout is het meest duurzame materiaal mits voorzien van het FSC keurmerk. Dit kan op relatief kleine schaal worden toegepast zoals voor eenvoudige funderingen met houten palen en grondkerende Berliner wanden.

Staal is minder duurzaam, omdat de productie veel energie kost en gepaard gaat met een grote uitstoot van CO₂. Staal is veelal wel te hergebruiken. Hierbij kan worden gedacht aan:

- Toepassing van tijdelijke stalen stempels ter stabilisatie van keerwanden in plaats van een verankering.
- Toepassing van tijdelijke stalen damwanden. Deze kunnen tot ca. 4x worden hergebruikt.

Bovendien is staal 100% recyclebaar. Gebruikt staal kan weer worden gebruikt voor de productie van nieuw staal.

Beton is minder duurzaam, omdat de productie van cement veel energie kost en gepaard gaat met een grote uitstoot van CO₂. Voorts vergt het slopen van betonconstructies veel energie. De duurzaamheid van gewapend beton kan worden verhoogd door optimalisatie van het mengsel en wapeningspercentage.

Grond moet zoveel mogelijk worden hergebruikt op het bouwterrein. Idealiter moet worden uitgegaan van een gesloten grondbalans. In het algemeen zal er bij ondergronds bouwen echter een grondoverschot zijn. Er moet dan worden gestreefd naar afvoer naar een stortplaats c.q. groundbank op korte afstand om het transport te minimaliseren. De grond die op het werk wordt hergebruikt ten behoeve van aanvulling van maaiveld en langs kelderwanden moet bij voorkeur op het werkterrein in depot worden gezet.

Door ABT is een tool ontwikkeld waarmee de duurzaamheidsprofiel van verschillende ontwerpvarianten objectief kan worden beoordeeld en vergeleken: de zogenaemde CO₂-quickscan.

7. Materiaalbesparing /slank ontwerpen
Door een uitgekiend ontwerp met behulp van geavanceerde (EEM) berekeningsmethoden en afgewogen materiaaltoepassing kan er doorgaans tot tientallen procenten worden bespaard op de hoeveelheid benodigd constructiemateriaal.

8. Duurzame uitvoeringsmethoden

8.1 Bouwputvoorzieningen

Voor de uitvoeringsmethoden van bouwputvoorzieningen bij ondergronds bouwen zijn verschillende duurzaamheidsaspecten te onderscheiden. Dit geldt voor zowel de toe te passen bouwputwanden als de eventuele onderafsluiting van de bouwput. Afhankelijk van de waarde die aan een specifiek aspect wordt toegekend, kan er een genuanceerde afweging worden gemaakt tussen de beschikbare bouwsystemen. In het overzicht op de volgende pagina worden de volgende aspecten in relatieve zin benoemd:

- Energiebehoefte/uitstoot CO₂ gerelateerd aan de productie, transport en verwerking.
- Levensduur.
- Te bereiken diepte i.v.m. toepassing meervoudige kelderlagen.
- verwijderbaarheid/blijvend obstakel.
- Mogelijk hergebruik; als compleet element te gebruiken, te recyclen of als secundaire grondstof te verwerken.
- Uitbreidbaarheid.
- Beïnvloeding omgeving, onderverdeeld in trillingen en waterdichtheid c.q. invloed op waterhuishouding.

8.2 Funderingssytemen

De volgende duurzaamheidsaspecten kunnen worden onderkend bij de afweging van de toe te passen funderingssytemen:

- materiaalkeuze en levensduur
- verwijderbaarheid
- mogelijk hergebruik
- besparing van materiaal
- invloed van de installatie op omgeving.

Duurzaamheidsaspecten funderingssytemen

Funderingstype	Duurzaamheidsaspecten				
	Levensduur	Verwijder- baarheid	Hergebruik ²⁾	Besparing materiaal	Trillingen
Houten paal	--	+	--	-	-
Prefab betonpaal	+	+	C	++	--
Avegaarpaal	-	-- ¹⁾	C	--	++
Vibropaal	O	- ¹⁾	C	+	-
Grondverdringende Schroefpaal	O	- ¹⁾	C	+	++
Grondverdringende schroefpaal met buis	O	O	--	0	++
Stalen buispaal	O	++	A/B	+	--
Stalen buispaal, beton gevuld	O	++	--	0	--
Boorpaal	O	--	C	-- ³⁾	++
Diepwandpaal	O	--	C	-- ³⁾	++
Ankerpaal	O	-	--	++	+

¹⁾ Afhankelijk van aanwezigheid doorgaande wapening

- ²⁾ A= volledig te hergebruiken
B= recyclebaar
C= te verwerken tot secundaire bouwstof/granulaat
- ³⁾ Afvoer nodig van vervuilde bentonietspoeling

Duurzaamheidsaspecten bouwputvoorzieningen

	duurzaamheidsaspecten						
	energie behoefte	levensduur	te bereiken diepte	verwijder- baarheid	hergebruik 2)	uitbreidbaar- heid	trillingen
bouwputwanden							
talud	++	n.v.t.	--	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	++
Berliner wand	+	n.v.t.	-	++	A/B	n.v.t.	o
stalen damwand	-/o 1)	o	+	++	A/B	+	-/o 3)
combiwand	-	o	++	++	A/B	+	--
palenwand	--	++	+	--	C 4)	-	+
Diepwand	--	++	+++	--	C 4) 5)	-	+
CSM-wand	o	+	o	--	--	-	+
bodeminjectie	o	+	o	--	--	-	+/o
jet-grouting	o	+	o	--	-- 6)	--	+/o
vriezen	+	n.v.t.	o	n.v.t.	n.v.t.	+	++
afzinkkelder	++	++	-	n.v.t.	n.v.t.	--	++
pneumatisch caisson	++	++	++	n.v.t.	n.v.t.	--	++
onderafsluiting bouwput							
geen/bemaling	++	n.v.t.	n.v.t.	++	n.v.t.	n.v.t.	++
onderwaterbeton	--	++	n.v.t.	-	C	o	++
bodeminjectie	o	+	+	--	--	+	+/o
jet-grouting	o	+	+	--	--	+	+/o
vriezen	+	n.v.t.	o	n.v.t.	n.v.t.	+	++

1): afhankelijk van tijdelijk of permanent gebruik

2): A= volledig te hergebruiken
B= recyclebaar
C= te verwerken tot secundaire bouwstof/granulaat

3): afhankelijk van drukkend inbrengen of helend/trillend

4): afvoer van grond i.v.m. installatieproces

5): afvoer van verontreinigde bentonietspoeling

6): afvoer van met grout verontreinigde grond

