



ZETTINGSANALYSE VOOR VLOEREN
BIJ DE VAN NELLE FABRIEK, VAN NELLEWEG 1
TE ROTTERDAM

15.2193a

Opdrachtgever : Bartels Ingenieursbureau b.v.
Burg. Verderlaan 19
3522 AD Utrecht

Datum : 7 december 2015

KOOPS & ROMEIJN GRONDMECHANICA
Lange Voort 249 2343 CE OEGSTGEEST
Tel. : 06 - 51067420



Koops & Romeijn grondmechanica

Samenwerkende, zelfstandige adviseurs voor grondonderzoek, geotechniek en geohydrologie

Ros grondmechanica advies
Lange Voort 249
2343 CE Oegstgeest
Mob: 06 - 51 06 74 20
Internet: www.koops-romeijn.nl
E-mail: j.ros@koops-romeijn.nl
KvK Arnhem nr.: 09099323
BTW nr.: NL031853924.B01
IBAN nr.: NL42RABO0307072975
BIC code: RABONL2U

Bartels Ingenieursbureau b.v.

Burg. Verderlaan 19
3544 AD UTRECHT

Uw kenmerk : Ons kenmerk : 15.2193a Oegstgeest, 7 december 2015

Betreft : Zettingsanalyse vloer bij de Van Nelle fabriek te Rotterdam

Geachte 

Naar aanleiding van uw verzoek van 2 december 2015, doen wij u hiermede de resultaten toekomen van grondonderzoek en een aanvullende zettingsanalyse ten behoeve van bovengenoemd project.

GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek voor het onderhavige project vormt een onderdeel voor een geotechnisch project bij Van Nelle welke in 2002 is uitgevoerd. De rapportage hiervan, onder ref. nr. 02.2035, is als bijlage aan voorliggende rapport toegevoegd.

Het sondeeronderzoek is destijds uitgevoerd vanaf een 18-tons sondeerwagen, met behulp van een elektrische (kleefmantel) conus. Zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand zijn hierbij continu gemeten en geregistreerd. De metingen zijn verricht conform norm NEN 5140.

Op de sondeergrafieken van de kleefmantelsonderingen is tevens het wrijvingsgetal weergegeven. Dit is de verhouding tussen de plaatselijke mantelwrijving en de conusweerstand ($W/C * 100\%$).

Empirisch is vastgesteld dat het wrijvingsgetal een nauwe relatie heeft met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw wordt verkregen.

Uitgaande van de in Nederland meest voorkomende grondsoorten onder de grondwaterstand, kan ter indicatie de volgende relatie worden aangehouden :

- | | | |
|----------------------------------|---|-------|
| - wrijvingsgetal van 0,5 tot 2 % | : | zand |
| - wrijvingsgetal van 2 tot 5 % | : | klei |
| - wrijvingsgetal van 5 tot 10 % | : | veen. |





Vervolgbladzijde 1 van briefrapport 15.2193a, d.d. 7 december 2015

TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

Ten tijde van het grondonderzoek in 2002 varieerde de maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten van NAP -0,32 tot -0,60 m. Een vloerpeil van bestaande bebouwing is bepaald op NAP -0,12 m. Tenslotte is een putpeil gemeten op NAP -0,34 m.. De locaties van de verschillende hoogtemetingen staan vermeld op de situatietekening.

Op basis van de sondeerresultaten en de handboringen is de volgende maatgevende bodembeschrijving opgesteld:

diepte in m t.o.v. NAP		bodembeschrijving
- maaiveld	tot ca. 3,5/4,8-	- Zand en Puinlagen.
- ca. 3,4/4,8-	tot ca. 17,2/18,0-	- Klei en Veenlagen. Rond NAP -16,0/17,0 m een ingeschakelde zandlaag.
- ca. 17,2/18,0-	tot ca. 26,5-	- Zand lagen, vast tot zeer vast gepakt. Plaatselijk een klei(houend) laagje.
- ca. 26,5-		- maximaal sondeerdiepte.

De grondwaterstand in de handboringen B1 t/m B3 is d.d. 8 april 2002 aangetroffen op ca. NAP -1,44 à 1,67 m - NAP. Dit zijn uiteraard eenmalige waarnemingen welke mogelijk, al dan niet plaatselijk, enigszins verstoord zijn door het boren. Grondwaterstanden kunnen fluctueren onder invloed van o.a. neerslag en verdamping, seizoensinvloeden, beheersmaatregelen etc. Voor het project zijn bij NITG-TNO meerjarige waarnemingen in de peilbuizen in de omgeving opgevraagd. Op basis van deze gegevens is voor de maatgevend hoogste grondwaterstand uitgegaan van NAP -0,95 m.

ZETTINGSANALYSE

Op basis van het voorhanden veldonderzoek en uitgaande van een nieuwe peilhoogte van ca. huidig vloerpeil +0,55 m, zijn theoretische zettingsberekeningen uitgevoerd.

Voor de verschillende aanwezige grondsoorten zijn de navolgende eigenschappen aangehouden :

Materiaal	Effectief volumegewicht in kN/m ³		Samendrukkingsconstante na de grensspanning
	Boven water	Onder water	
zand	18	20	400
puin	20	20	400
veen	10,3	10,1	5
klei	15,0	15,0	12
Ophoogmateriaal:			
Bims zand	9,5	2,5	200
EPS (polystyreen)	0,2	0,2	200
Schuimbeton	4,0		500



Vervolgbladzijde 2 van briefrapport 15.2193a, d.d. 7 december 2015

ZETTINGEN

Algemeen

Het optreden van zettingen is een tijdsafhankelijk proces. In eerste instantie zal een ophoging een wateroverspanning veroorzaken in de samendrukbare lagen. Het hierdoor ontstane potentiaalverschil geeft een stroming, waardoor geleidelijk de wateroverspanning afneemt. Tegelijkertijd treedt een korrelspanningsverhoging op, welke consolidatie (zetting) veroorzaakt.

De tijdsduur van dit proces is sterk afhankelijk van de laagdikte, de doorlatendheid van de samendrukbare lagen en de afstromingsmogelijkheid van het uit te dringen water.

De hierdoor veroorzaakte zetting wordt primaire zetting genoemd. Het proces van het optreden van primaire zetting kan versneld worden door de wateroverspanning sneller te doen afnemen.

Naast de primaire zetting treedt ook een seculaire zetting op, welk proces eveneens tijdsafhankelijk is. De tijdsduur van het optreden van seculaire zetting wordt gesteld op 10.000 dagen (ca. 30 jaar). Het proces van de seculaire zetting berust op het losmaken van aan de gronddelen gebonden water. Dit is een langdurig proces, wat niet door technisch ingrijpen is te versnellen.

De zettingsberekeningen zijn uitgevoerd op basis van de gecombineerde zettingsformule van Terzaghi-Buisman. Deze luidt :

$$\Delta z = \frac{H}{c} \ln \frac{P_1 + P_2}{P_1}, \text{ waarin}$$

Δz	=	verwachte totaalzetting
H	=	dikte van de samendrukbare lagen
P_1	=	oorspronkelijke korrelspanning
P_2	=	aangebrachte belastingverhoging

De uiteindelijke berekeningen zijn opgezet voor een situatie waarbij de bestaande betonvloer van 0,15 meter wordt gehandhaafd en wordt opgehoogd met 0,40 m schuimbeton en een nieuwe betonvloer van 0,15 m.

Als veranderlijke belasting op de nieuwe vloer is uitgegaan van respectievelijk 2,5 en 5,0 kN/m².



Vervolgbladzijde 3 van briefrapport 15.2193a, d.d. 7 december 2015

Resultaten

Uitgaande van de eerder beschreven uitgangspunten, zijn de theoretische totaalzettingen in de toekomstige situatie berekend op waarden van **ca. 0,10 tot 0,15 meter**.

Voorbeeldberekeningen van de theoretische zettingsberekeningen zijn aan voorliggende rapportage toegevoegd.

Vermeld dient te worden dat de uitgevoerde berekeningen gebaseerd zijn op afgeleide grondlagen, grondparameters en ervaringscijfers. De vermelde getallen aangaande de te verwachten zettingen dienen dan ook als indicatie te worden gezien. De nauwkeurigheid van een en ander zal in een bandbreedte van +30% en -30% liggen, hetgeen normaal is voor dit type berekeningen.

Tenslotte dient gesteld te worden dat de mate van nauwkeurigheid van de uitvoering een grote rol speelt bij de uiteindelijk te verwachten zettingen.

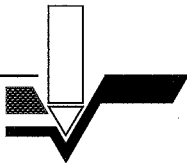
Vertrouwende u hiermede van dienst te zijn geweest, verblijven wij,

Koops & Romeijn Grondmechanica

J.A. Ros
Grondmechanisch adviseur

Bijlagen :

- Rapport 02.2035 d.d. 29 april 2002
- Theoretische zettingberekening: schuimbeton en 0,15 m betonvloer. $\Delta p = 2,5$ kPa
- Theoretische zettingberekening: schuimbeton en 0,15 m betonvloer. $\Delta p = 5,0$ kPa



02.2035, 29 april 2002

GRONDONDERZOEK EN FUNDERINGSADVIES
T.B.V. VLOERRENOVATIE VAN NELLE ONTWERP-
FABRIEK, VAN NELLEWEG 1 TE ROTTERDAM

02.2035

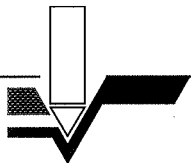
Opdrachtgever : Ingenieursburo Bartels b.v..
Postbus 8221
3503 RE Utrecht

Constructeur : Ingenieursburo Bartels b.v..
Postbus 8221
3503 RE Utrecht

Bijlagen : Situatietekening
Sondeergrafieken 001, 002 en 004 t/m 012
Boorbeschrijvingen HB1 t/m HB3

Datum : 29 april 2002

KOOPS & ROMEIJN GRONDMECHANICA
Breehoven 42 6721 SN BENNEKOM
Tel. : 0318 - 43 03 43



02.2035, 29 april 2002

INLEIDING

Medio maart 2002 ontving Koops & Romeijn Grondmechanica van Ingenieursburo Bartels b.v. te Utrecht, de opdracht om een grondonderzoek uit te voeren en een funderingsadvies uit te brengen ten behoeve van de voorgenomen vloerrenovatie van een van de gebouwen van de Van Nelle Ontwerpfabriek aan de Van Nelleweg 1 te Rotterdam.

Voorliggend rapport bevat de resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek en een voorontwerp-advies voor de fundering. Een en ander conform de normen NEN 6740 en NEN 6743.

GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek heeft bestaan uit een 11-tal elektrische sonderingen. Bij 4 sonderingen is naast de conusweerstand tevens de plaatselijke wrijving gemeten.

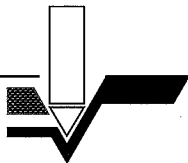
De sondeerresultaten zijn gepresenteerd op de sondeergrafieken **001**, **002** en **004 t/m 012**, waarbij de diepte is aangegeven in meters ten opzichte van NAP.

Aanvullend op het sondeeronderzoek zijn een 3-tal korte boringen verricht. Een en ander als nadere verkenning van de samenstelling van de toplagen en de actuele grondwaterstand. De booropbrengst is in het veld geclassificeerd en vervolgens samengevat tot de boorbeschrijvingen **HB1 t/m HB3**.

De sonderingen zijn door de sondeerploeg in het terrein uitgezet en gewaterpast. De sondeerlocaties zijn aangegeven op de bijgaande situatietekening, waarvoor als basis heeft gediend een door de opdrachtgever ter beschikking gestelde situatietekening.

Het sondeeronderzoek is uitgevoerd vanaf een 18-tons 6x6 aangedreven sondeertruck, met behulp van een elektrische (kleefmantel) conus. Zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand zijn hierbij continu gemeten en geregistreerd. De metingen zijn verricht conform norm **NEN 3680**.

Op de grafieken van de kleefmantelsonderingen is het wrijvingsgetal weergegeven. Dit is de verhouding tussen de plaatselijke mantelwrijving en de conusweerstand ($W/C * 100\%$). Empirisch is vastgesteld dat het wrijvingsgetal een nauwe relatie heeft met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw wordt verkregen.



02.2035, 29 april 2002

Uitgaande van de in Nederland meest voorkomende grondsoorten onder de grondwaterstand, kan ter indicatie de volgende relatie worden aangehouden :

- wrijvingsgetal van 0,5 tot 2 % : zand
- wrijvingsgetal van 2 tot 5 % : klei
- wrijvingsgetal van 5 tot 10 % : veen.

TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

Ten tijde van het grondonderzoek varieerde de maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerpunten van 0,32 m - NAP tot 0,60 m - NAP. Een vloerpeil van bestaande bebouwing is bepaald op 0,12 m - NAP. Een putpeil is tenslotte bepaald op 0,34 m - NAP. De locaties van de verschillende hoogtemetingen staan vermeld op de situatietekening.

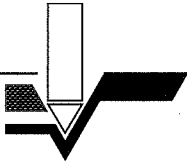
Op basis van de sondeerresultaten en boorresultaten is de volgende schematische bodembeschrijving opgesteld:

diepte in m t.o.v. NAP

bodembeschrijving

- | | |
|----------------------------------|--|
| - maaiveld tot ca. 3,5/4,8 | - <u>Zand en Puinlagen.</u> |
| - ca.3,5/4,8 tot ca. 17,2/18,0 - | - <u>Klei/Veen</u> lagen. Rond 16,0 à 17,0 m - NAP een ingeschakelde zandlaag. |
| - ca.17,2/18,0 tot ca. 26,5 - | - <u>Zand</u> lagen, vast tot zeer vast gepakt. Plaatselijk een dun klei(houdend) laagje |
| - ca. 26,5 - | - maximaal verkende diepte |

De grondwaterstand is tijdens het grondonderzoek in handboringen aangetroffen op een diepte van 1,00 à 1,30 m - maaiveld. Dit komt overeen met een hoogte van ca. 1,4 à 1,7 m - NAP. Dit is uiteraard een éénmalige waarneming d.d. 8 april 2002. De grondwaterstand zal onder invloed van de weersgesteldheid, de seizoenen en andere externe invloeden kunnen fluctueren.



02.2035, 29 april 2002

ONTWERPGEGEVENS VAN HET BOUWWERK

Volgens de ons verstrekte informatie omvat het plan de renovatie van de bestaande vloer in de betreffende hal. De vloer zal hierbij op palen worden gefundeerd.

Nadere constructieve gegevens waren ons ten tijde van het uitbrengen van dit rapport niet bekend.

Voor de bouw is aangehouden :

de Geotechnische Categorie (NEN 6740, 6.2)	: GC2
aanname stijfheid	: slap
rekenwaarden voor de paalbelasting ($F_{s,d}$)	: variabel tot ca. 350 kN

FUNDERINGSADVIES

ALGEMEEN

Zoals eerder vermeld zal de nieuwe vloer op palen worden gefundeerd.

In overleg met de constructeur is uitgegaan van de toepassing van in de buis geheide stalen buispalen.

Onderstaand wordt nader ingegaan op de genoemde funderingsoplossing.

EISEN TEN AANZIEN VAN STABILITEIT EN VERVORMINGEN (NEN 6740,5)

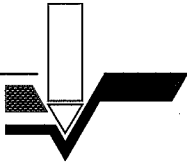
Van een geotechnische constructie moet worden onderzocht of één van de drie onderstaande grenstoestanden is bereikt:

- De uiterste grenstoestand waarbij op de grens van de constructie en de grond een bezwijkmechanisme optreedt (grenstoestand type 1A); hiervoor moet worden getoetst of de rekenwaarde voor de belasting kleiner is dan de rekenwaarde van het paal draagvermogen ($F_{s;d} \leq F_{r;d}$).
- De uiterste grenstoestand, waarbij dusdanige vervormingen in de geotechnische constructie optreden, dat niet meer wordt voldaan aan de eisen van de veiligheid met betrekking tot de bouwconstructie (type 1B). Hiervoor moet worden getoetst of de paalkopzакking ten gevolge van de totale belasting (de rekenwaarde voor de belasting plus de negatieve kleef) kleiner is dan de maximaal toelaatbare zакking, $W_d \leq W_{req}$ (zакkings-eis). Aan deze zакkings-eis wordt meestal voldaan als wordt voldaan aan $F_{s;d} + F_{s;nk;d} \leq F_{r;d}$ (sterkte-eis)
- De bruikbaarheidsgrenstoestand, waarbij de vervormingen leiden tot verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten (grenstoestand type 2).

In het geval dat er negatieve kleef optreedt, is de zакkings-eis voor grenstoestand 1B altijd maatgevend ten opzichte van grenstoestand 1A. Grenstoestand 1A hoeft in dit geval niet te worden getoetst.

In de meest voorkomende situaties zal, als aan de sterkte-eis wordt voldaan, de paalkopzакking relatief gering zijn. Door deze relatief geringe paalkopzакkingen, wordt derhalve voldaan aan de vervormings-eisen voor de uiterste grenstoestand (type 1B) en dan de bruikbaarheidsgrenstoestand (type 2).

De toetsing in dit rapport heeft derhalve betrekking op sterkte-eis behorend bij grenstoestand 1A.



UITGANGSPUNTEN EN BEREKENINGSMETHODEN

In het onderstaande zullen de uitgangspunten en berekeningsmethoden voor het bepalen van de negatieve kleeft en het paal draagvermogen nader worden toegelicht. Van de berekening van zowel de negatieve kleeft als de draagkracht van de palen, is een voorbeeldberekening in dit rapport opgenomen.

- Bepaling van de rekenwaarde van de negatieve kleeft

Voor dit project is, in verband met de aangetroffen bodemgesteldheid, rekening gehouden met het optreden van negatieve kleeft langs de paalschachten in de samendrukbare lagen tot een diepte van maximaal 19,0 m - NAP.

De representatieve waarde voor de negatieve kleeft is bepaald volgens NEN 6743,7. De rekenwaarde ($F_{s,nk;d}$) wordt bepaald met behulp van de partiele factor ($\gamma_{f,nk}$), zoals verwoord in NEN 6740, 11.5.1.

$$F_{s,nk;d} = \gamma_{f,nk} * F_{s,nk;rep}$$

Voor de bepaling van de uiterste grenstoestand 1B is de factor $\gamma_{f,nk} = 1,0$ (slip over de volledige hoogte).

De rekenwaarde van de negatieve kleeft is voor dit project berekend op 295 kN/m¹ paalomtrek.

- 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 6743, 5.3.3:

$$F_{r,max;i} = F_{r,max;i;punt;i} + F_{r,max;schacht;i}$$

waarin:

$F_{r,max;i}$ = maximale draagkracht van de paal bij sondering i (kN)

$F_{r,max;punt;i}$ = maximale draagkracht van de paalpunt bij sondering i (kN)

$F_{r,max;schaft;i}$ = maximale schachtwrijvingskracht bij sondering i (kN)

Voor verdere uitwerking van deze formule, de berekening van de beide componenten en de bepaling van de diverse factoren (α_p , β , s en α_s), welke noodzakelijk zijn voor de berekeningen van de draagkracht, wordt verwezen naar de voorbeeldberekening die in dit rapport is opgenomen.

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

- Bepaling van de representatieve waarde van de draagkracht

Voor de bepaling van de representatieve waarde van de maximale draagkracht van een paal kan worden uitgegaan van één van de volgende situaties:

- A. Palen onder een niet-stijf bouwwerk of een gedeelte daarvan.
- B. Palen onder een stijf bouwwerk of een gedeelte daarvan.

Daarnaast zijn het aantal sonderingen (N) dat voldoet aan het in NEN 6743, 5.3.2.1 gestelde criterium en, in situatie B, het aantal palen (M) onder het beschouwde deel van het bouwwerk van belang.

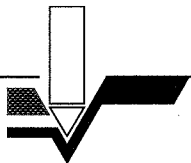
Zoals reeds eerder aangegeven, wordt voor dit project uitgegaan van een niet-stijf bouwwerk. Situatie A wordt nader uitgewerkt.

A. Palen onder een niet-stijf bouwwerk of een gedeelte daarvan

De representatieve waarde van de draagkracht van een paal wordt bepaald met de volgende formules:

$$F_{r,max;rep} = \xi_{1;N} * F_{r,max;min} \quad (\text{voor aantal sonderingen } N \leq 3).$$

$$F_{r,max;rep} = \xi_{1;N} * F_{r,max;gem} \quad (\text{voor aantal sonderingen } N > 3).$$



waarin:

$F_{r,max;rep}$ = de representatieve waarde van de maximale draagkracht van een paal.

$F_{r,max;min}$ = de laagste waarde van de maximale draagkracht van een paal bij de over het beschouwde deel van de bouwplaats verdeelde sonderingen.

$F_{r,max;gem}$ = de gemiddelde waarde van de maximale draagkracht van een paal, bepaald door het gemiddelde uit te rekenen van $F_{r,max}$ van N sonderingen.

$\xi_{1;N}$ = factor, afhankelijk van het aantal sonderingen (N)
(bepaald volgens NEN 6743, 5.3.2.1, Tabel 1).

Ter meerdere zekerheid is voor het onderhavige project uitgegaan van een $\xi_{1;N}$ factor van 0,75.

- Bepaling van de rekenwaarde voor de maximale draagkracht

De rekenwaarde voor de maximale draagkracht van een paal ($F_{r,max;d}$) wordt bepaald met:

$$F_{r,max;d} = F_{r,max;rep} / \gamma_{m;b;4}$$

waarin:

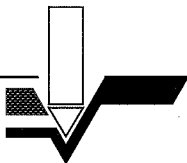
$\gamma_{m;b;4}$ = materiaalfactor voor het berekenen van op druk belaste palen uit sonderingen volgens NEN 6740, 8.9, die conform Tabel 3, de waarde 1,25 heeft.

TOETSING

Zoals eerder aangegeven, wordt de sterkte-eis behorend bij de uiterste grenstoestand 1A getoetst:

$$F_{s;d} + F_{s,nk;d} \leq F_{r;d}$$

In de tabel 1 op bladzijde 9 van dit rapport, zijn per sondering de rekenwaarden van draagvermogen gegeven op de geadviseerde paalpuntniveaus. Hierbij is uitgegaan van geheide stalen buispalen met een diameter van 273 en 324 mm. Voorts is aan het eind van voorliggende rapportage een bijlage toegevoegd waarin de gehanteerde paalfactoren en grondfactoren staan vermeld.



02.2035, 29 april 2002

Indien de rekenwaarde voor de paalbelasting kleiner of gelijk blijft of kleiner is dan de opgegeven waarden in de tabellen, wordt voldaan aan de sterkte-eis voor de uiterste grenstoestand (type 1B). Tevens zal dan, in de meest voorkomende situaties, ook worden voldaan aan de vervormings-eis voor de uiterste grenstoestand (type 1B) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (type 2)

VEERCONSTANTEN

Uitgaande van de representatieve waarde voor het paal draagvermogen ($F_{r,rep}$) en de representatieve paalbelasting ($F_{s,kar} + F_{s,nk;d}$) is de veerconstante voor de paalkopzakking bepaald. Hierbij is voor de representatieve paalkopbelasting uitgegaan van de waarde bepaald uit $F_{s,kar} = F_{s;d} / 1,3$. In het onderhavige geval is uitgegaan van een maatgevende $F_{s;d}$ van respectievelijk 230 en 350 kN.

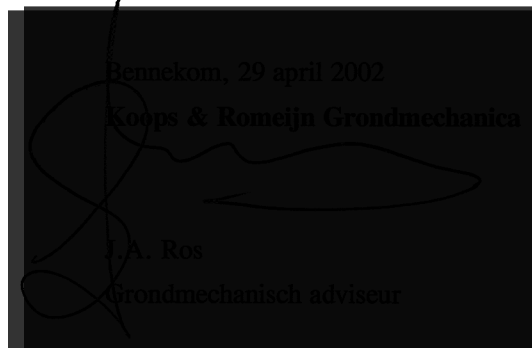
De navolgende waarden werden berekend :

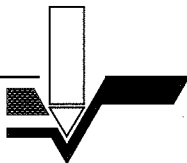
<u>paalafmeting</u>	<u>Maatgevende $F_{s;d}$</u>	<u>veerconstante voor de paalkopzakking</u>
- stalen buispaal 273 mm	230 kN	$k = 30 \text{ à } 50 \text{ MN/m}^1$
- stalen buispaal 324 mm	350 kN	$k = 40 \text{ à } 60 \text{ MN/m}^1$

UITVOERING HEIWERK

Het heiwerk van de stalen buispalen dient te worden uitgevoerd conform de richtlijnen van de hierin gespecialiseerde aannemers.

Mocht dit rapport aanleiding geven tot vragen, dan zijn wij altijd bereid mondeling of schriftelijk toelichting te geven.





02.2035, 29 april 2002

Tabel 1 : Paalpunniveaus

Sond	Maaiveld in m - NAP	Paalpunniveau in m - NAP	Rekenwaarde draagvermogen in kN voor geheide stalen buispalen van	
			273 mm	324 mm
001	0,32	19,0-20,0	235	360
002	0,36	19,0-20,0	580	615
004	0,37	20,0	230	340
005	0,35	20,0	360	525
006	0,49	20,0	250	375
007	0,56	20,0	245	370
008	0,60	20,0	325	490
009	0,55	20,0	445	650
010	0,44	20,0	405	590
011	0,32	20,0	245	365
012	0,33	20,0	260	375

VOORBEELDBEREKENING NEGATIEVE KLEEF

De representatieve waarde van de negatieve kleeft wordt berekend volgens NEN 6743, 7.2. Hierbij is uitgegaan van alleenstaande palen, palen geplaatst in een rij of palen met een onderlinge afstand gelijk aan 5 meter of meer.

$$F_{s;nk;rep} = O_s * \sum_{i=n}^{i=1} h_i * K_{o;i} * \tan \delta_i * ((\sigma'_{v;i-1;rep} + \sigma'_{v;i;rep})/2) \quad (\text{kN})$$

waarin:

$F_{s;nk;rep}$ = de representatieve waarde van de negatieve kleeft (kN)

O_s = paalomtrek, 1,02 m voor palen met schacht 324 mm

h_i = dikte van de grondlaag (m)

$K_{o;i}$ = de representatieve waarde voor de neutrale gronddrukfactor in laag i (-)

$\delta_{i;rep}$ = de representatieve waarde voor de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag i met:

- $\delta_{i;rep} = 0,75 * \phi_{i;rep}$ voor betonpalen

(tevens moet voldaan zijn aan: $K_{o;i} * \tan \delta_i \geq 0,25$)

$\phi_{i;rep}$ = de representatieve waarde van de hoek van inwendige wrijving (°)

$\sigma'_{v;i;rep}$ = de representatieve effectieve verticale spanning onderin laag i (kN/m²)

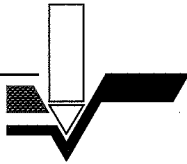
De rekenwaarde van de negatieve kleeft ($F_{s;nk;d}$) wordt bepaald met behulp van de partiële factor $\gamma_{f;nk}$ conform NEN 6740, 11.5.1. In deze situatie geldt:

$\gamma_{f;nk} = 1,0$ (slip over de volledige hoogte)

Laagnr.	van (m - NAP)	tot	$\gamma_{f;rep}$ (kN/m ³)	h_i (m)	$K_{o;i} \cdot \tan \delta_i$	$(\sigma'_{v;i-1;rep} + \sigma'_{v;i;rep})/2$ (kN/m ²)	$F_{s;nk;rep,i}$ (kN/m ¹ paalomtrek)
1	0,1	1,6	17	1,5	0,25	12,8	4,8
2	1,6	4,8	10	3,2	0,25	41,5	33,2
3	4,8	15,0	3	10,2	0,25	72,8	185,6
4	15,0	17,0	10	2,0	0,25	98,1	49,1
5	17,0	17,8	5	0,8	0,25	110,1	22,0
$\Sigma =$							294,7 kN/m ¹
$F_{s;nk;d} =$							295 kN/m ¹

De rekenwaarde van de negatieve kleeft $F_{s;nk;d}$ voor stalen buispalen 324 mm bedraagt :

$$\begin{aligned} F_{s;nk;d} &= F_{s;nk;rep} * O_s \\ &= 295 \text{ kN/m}^1 * \pi * 0,324 = 300 \text{ kN/m}^1 \end{aligned}$$



02.2035, 29 april 2002

VOORBEELDBEREKENING VAN HET DRAAGVERMOGEN CONFORM NEN 6743, **5.3.3**

Voor deze berekening is het draagvermogen van een paal bij sondering 007 uitgewerkt.

Paaltype	:	Geheide stalen buispalen
Paalgegevens	:	
paalpuntniveau	-	20,0 m - NAP
schachtafmeting	-	324 mm
paalomtrek (O_p)	-	1,02 m
voetoppervlak (A_{punt})	-	0,0824 m ²

Het draagvermogen is opgebouwd uit puntdraagvermogen en positieve schachtwrijving in de zandige lagen.

De maximale draagkracht van de paal bij sondering i ($F_{r,max;i}$ in kN) is bepaald volgens:

$$F_{r,max;i} = F_{r,max;punt;i} + F_{r,max;schaft;i}$$

waarbij:

$$F_{r,max;punt;i} = \text{maximale draagkracht van de paalpunt bij sondering i (kN)}$$

$$F_{r,max;schaft;i} = \text{maximale schachtwrijvingskracht bij sondering i (kN)}$$

De berekening van beide componenten is in de volgende paragraaf uitgewerkt, waarbij de index i niet verder is vermeld.

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale draagkracht van de paalpunt ($F_{r,max;punt}$ in kN) wordt bepaald met:

$$F_{r,max;punt} = A_{punt} \cdot P_{r,max;punt}$$

waarin:

$$A_{punt} = \text{oppervlakte van de paalpunt (m}^2\text{)}$$

$$P_{r,max;punt} = \text{maximale puntweerstand bij sondering i (NEN 6743, 5.3.3.1) (kN/m}^2\text{)}$$

waarbij:

$$P_{r,max;punt} = \frac{1}{2} * \alpha_p * \beta * s * [\frac{1}{2} * (q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem}) + q_{c,III,gem}]$$

waarin, rekening houdend met het paaltype:

$$\alpha_p = 1,0 \text{ (paalklassefactor, volgens NEN 6743, 5.3.3.1.1, Tabel 2)}$$

$$\beta = 1,0 \text{ (paalvoetvormfactor, volgens NEN 6743, 5.3.3.1.2, Figuur 3)}$$

$$s = 1,0 \text{ (vormfactor van doorsnede paalvoet, volgens NEN 6743, 5.3.3.1.3, Figuur 4)}$$

en de uit de sondering bepaalde waarden:

$$q_{c,I,gem} = \text{gemiddelde conusweerstand over een traject van 0.7 à 4d onder de punt.}$$

In dit geval 12,0 MN/m².

$$q_{c,II,gem} = \text{minimale conusweerstand binnen het traject van 0.7 à 4d onder de punt.}$$

In dit geval 11,5 MN/m².

$$q_{c,III,gem} = \text{gemiddelde minimale conusweerstand over een traject van 8d boven de punt.}$$

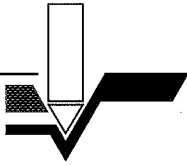
In dit geval 9,0 MN/m².

zodat:

$$P_{r,max;punt} = 10,38 \text{ MN/m}^2$$

en

$$F_{r,max;punt} = 855 \text{ kN.}$$



02.2035, 29 april 2002

Maximale positieve paalschachtwrijving

De maximale positieve paalschachtwrijving ($F_{r,max;schacht}$ in kN) wordt bepaald met:

$$F_{r,max;schacht;i} = O_p * \int_0^{\Delta L} P_{r,max;schacht;i} dz$$

waarbij:

$$O_p = \text{omtrek van de paalschacht (m)}$$

$$\int_0^{\Delta L} P_{r,max;schacht;i} dz = \text{geïntegreerde maximale paalschachtwrijving (kN/m)}$$

met:

$$\Delta L = \text{lengte waarover schachtwrijving in rekening wordt gebracht}$$

$$P_{r,max;schacht} = \text{maximale paalschachtwrijving} = \alpha_s * q_{c;z;a}$$

waarin:

$$\alpha_s = \text{paalklassefactor, volgens NEN 6743, 5.3.3.2, Tabel 3}$$

$$q_{c;z;a} = \text{toelaatbare conusweerstand op diepte z,} \\ \text{bepaald volgens NEN 6743, 5.3.3.3}$$

Bovengenoemde formule is in deze situatie ook weer te geven als:

$$F_{r,max;schacht} = O_p * l * \alpha_s * q_{c;gem}$$

waarin:

$$O_p = \text{omtrek van de paalschacht, voor het beschouwde paaltype 1,02 m}$$

$$l = \text{lengte waarover schachtwrijving in rekening wordt gebracht,} \\ \text{in dit geval 2,2 m (van 17,8 tot 20,0 m - NAP)}$$

$$\alpha_s = 0,010 \text{ (paalklassefactor, volgens NEN 6743, 5.3.3.2, Tabel 3)}$$

$$q_{c;gem} = \text{de gemiddelde conusweerstand in de tot de schachtwrijving bijdragende} \\ \text{zandlagen, in dit geval } 10,0 \text{ MN/m}^2.$$

zodat:

$$F_{r,max;schacht} = 1,02 \text{ m} * 2,2 \text{ m} * 0,010 * 10,0 * 10^3 \text{ kN/m}^2 \\ = 224 \text{ kN.}$$

Maximale draagkracht van de paal

Het maximale paal draagvermogen ($F_{r,max}$) is berekend met:

$$F_{r,max;i} = F_{r,max;punt;i} + F_{r,max;schaft;i}$$

dus:

$$F_{r,max;i} = 855 \text{ kN} + 224 \text{ kN} = 1079 \text{ kN}.$$

Bepaling representatieve waarden

Uitgaande van palen onder een niet-stijf bouwwerk of een gedeelte daarvan (methode A), wordt de representatieve waarde van het paal draagvermogen als volgt bepaald:

$$F_{r,max;rep} = \xi_{1;N} * F_{r,max;min} \quad (N \leq 3) \text{ of}$$

$$F_{r,max;rep} = \xi_{1;N} * F_{r,max;gem} \quad (N > 3).$$

Voor het onderhavige project is uitgegaan van $\xi = 0,78$.

$$F_{r,max;rep} = 0,78 * 1079 \text{ kN} = 842 \text{ kN}.$$

Bepaling rekenwaarden

De rekenwaarde van de maximale draagkracht ($F_{r,d}$ in kN) wordt bepaald met:

$$F_{r,d} = F_{r,max;rep} / \gamma_{m,b;4}$$

met

$$\gamma_{m,b;4} = 1,25 \text{ (materiaalfactor voor de berekening van een paalfundering uit sondeergegevens, volgens NEN 6740, 8.9, Tabel 3)}$$

dus:

$$F_{r,d} = 842 \text{ kN} / 1,25 = 673 \text{ kN}.$$

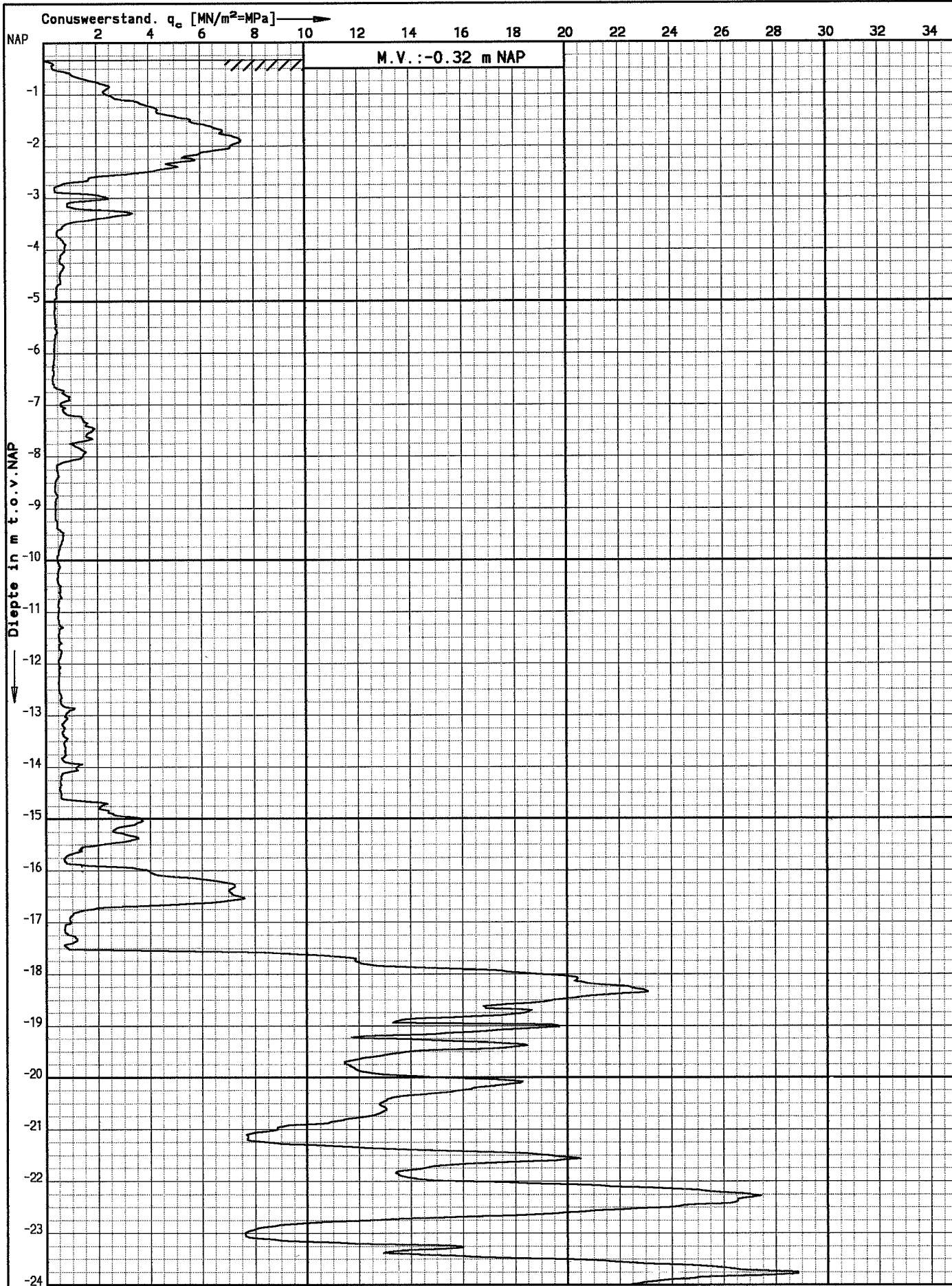
Toetsing

Getoetst moet worden of $F_{r,d} - F_{s,nk;d} \geq F_{s;d}$

Met $F_{s,nk;d} = 300 \text{ kN}$, zodat $F_{r,d} - F_{s,nk;d} = 673 - 300 = 373 \text{ kN}$, moet worden voldaan aan $F_{s;d} \leq 373 \text{ kN}$.

Stalen buispalen Van Nelle Vloerrenovatie te Rotterdam

Sond.	nivo	schacht	voet	I	II	III	Pp	Wlengte	Qc	Tot	Neg kl	Rekenw
1	-19-20	0,273	0,273	13	11,5	8	593	1,5	15	786	295	237
		0,324	0,324	13	11,5	8	835	1,5	15	1064	295	364
2	-19-20	0,273	0,273	20	20	17	1083	2	15	1340	295	583
		0,324	0,324	12,5	10	17	1165	2	15	1470	295	617
4	-20	0,273	0,273	10	8,5	8,5	519	2,2	13,4	772	295	229
		0,324	0,324	10	8,5	8,5	732	2,2	13,4	1032	295	344
5	-20	0,273	0,273	17	12	10	717	2,2	14	981	295	359
		0,324	0,324	17	12	10	1010	2,2	14	1323	295	526
6	-20	0,273	0,273	10,5	10	9	563	2,2	13	809	295	252
		0,324	0,324	10,5	10	9	794	2,2	13	1085	295	377
7	-20	0,273	0,273	12	11,5	9	607	2,2	10	796	295	244
		0,324	0,324	12	11,5	9	855	2,2	10	1079	295	373
8	-20	0,273	0,273	15,5	14	10	724	2	12	930	295	327
		0,324	0,324	15,5	14	10	1020	2	12	1265	295	489
9	-20	0,273	0,273	16	15	14	863	2	15	1121	295	446
		0,324	0,324	16	15	14	1216	2	15	1521	295	649
10	-20	0,273	0,273	16	14,5	12	798	2	15	1055	295	405
		0,324	0,324	16	14,5	12	1123	2	15	1429	295	591
11	-20	0,273	0,273	17	8	6	541	2	15	799	295	245
		0,324	0,324	17	8	6	763	2	15	1068	295	366
12	-20	0,273	0,273	13	7	7	498	2,5	15	819	295	258
		0,324	0,324	13	7	7	701	2,5	15	1083	295	375



Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

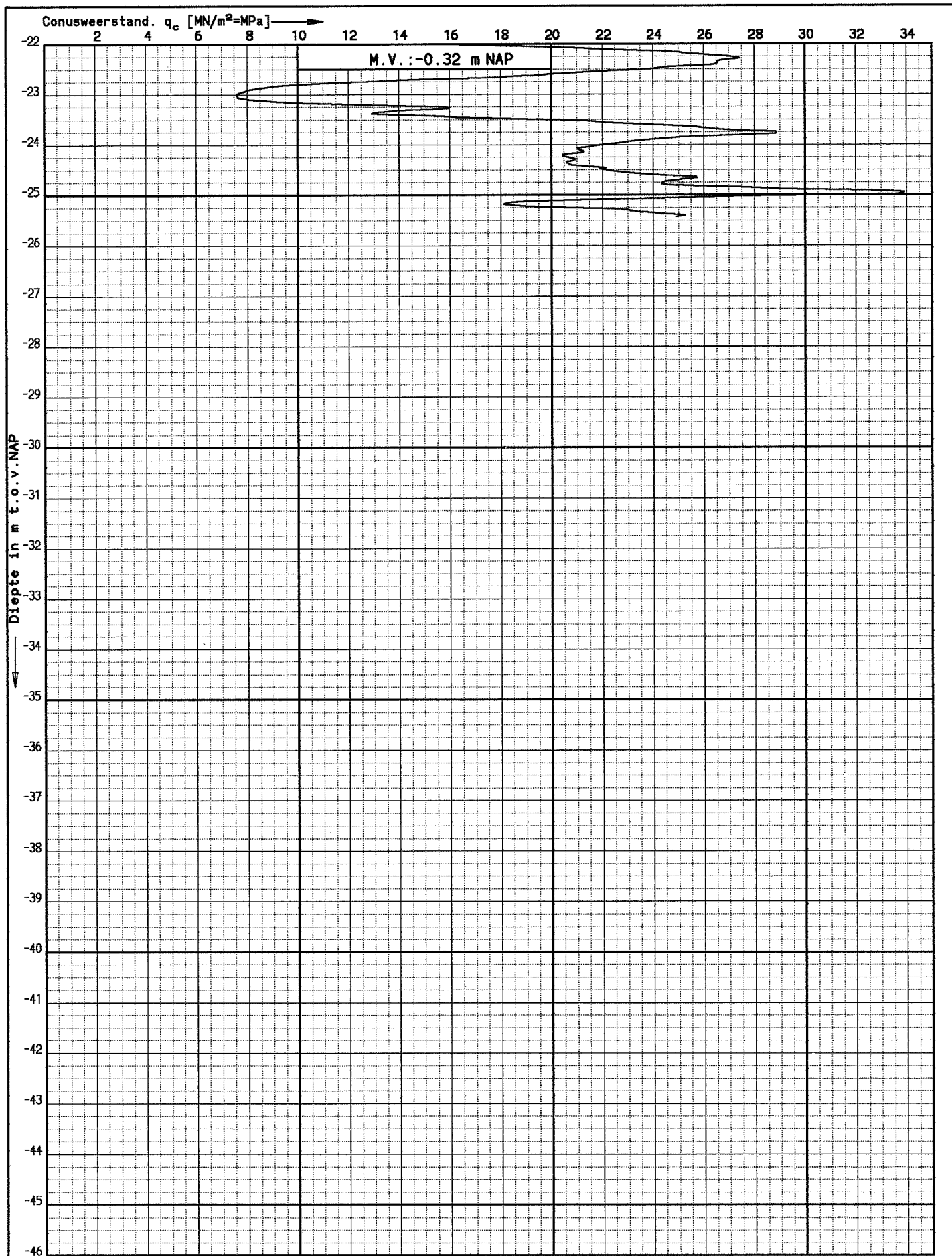
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :001





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

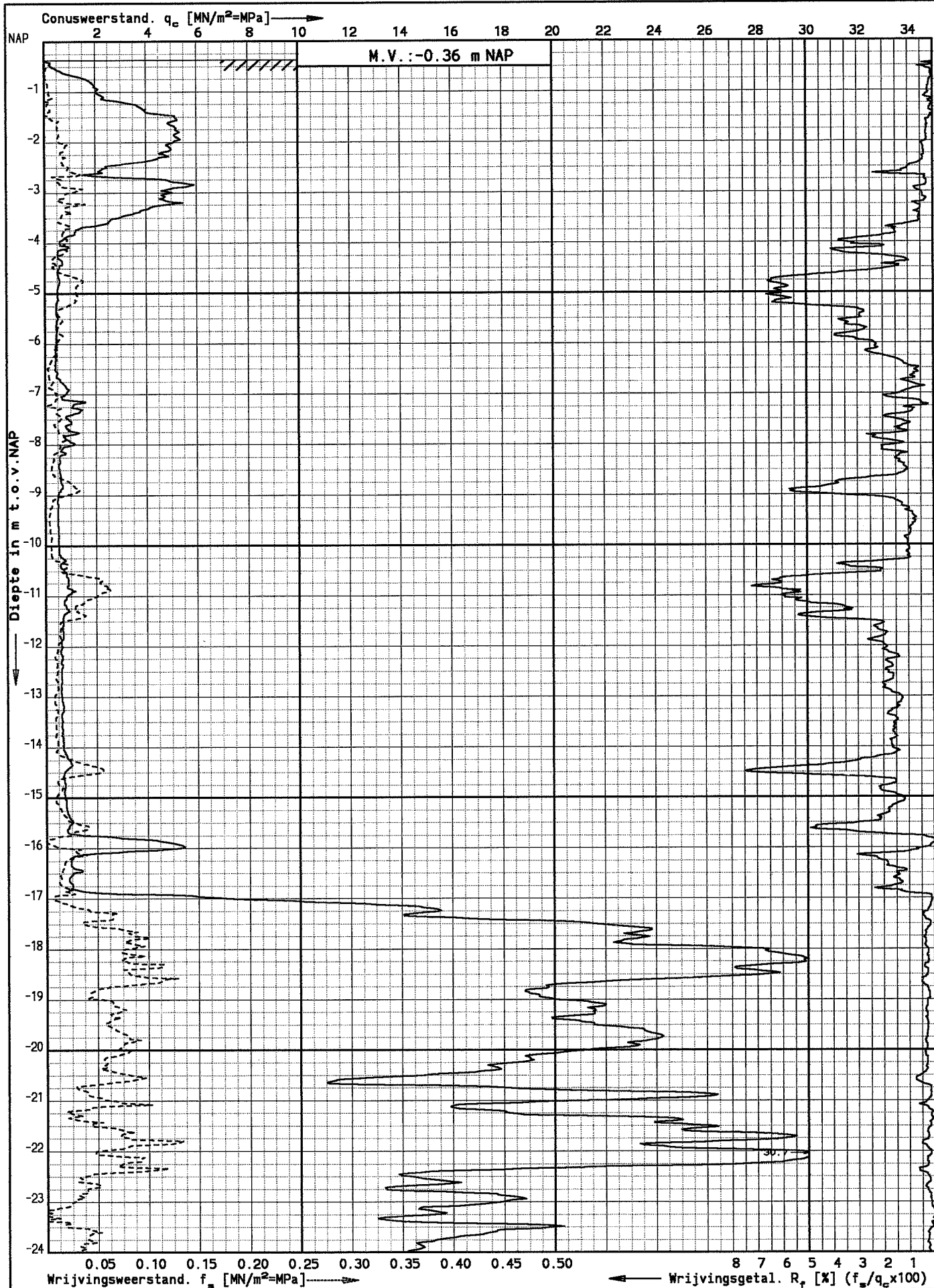
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. :001





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

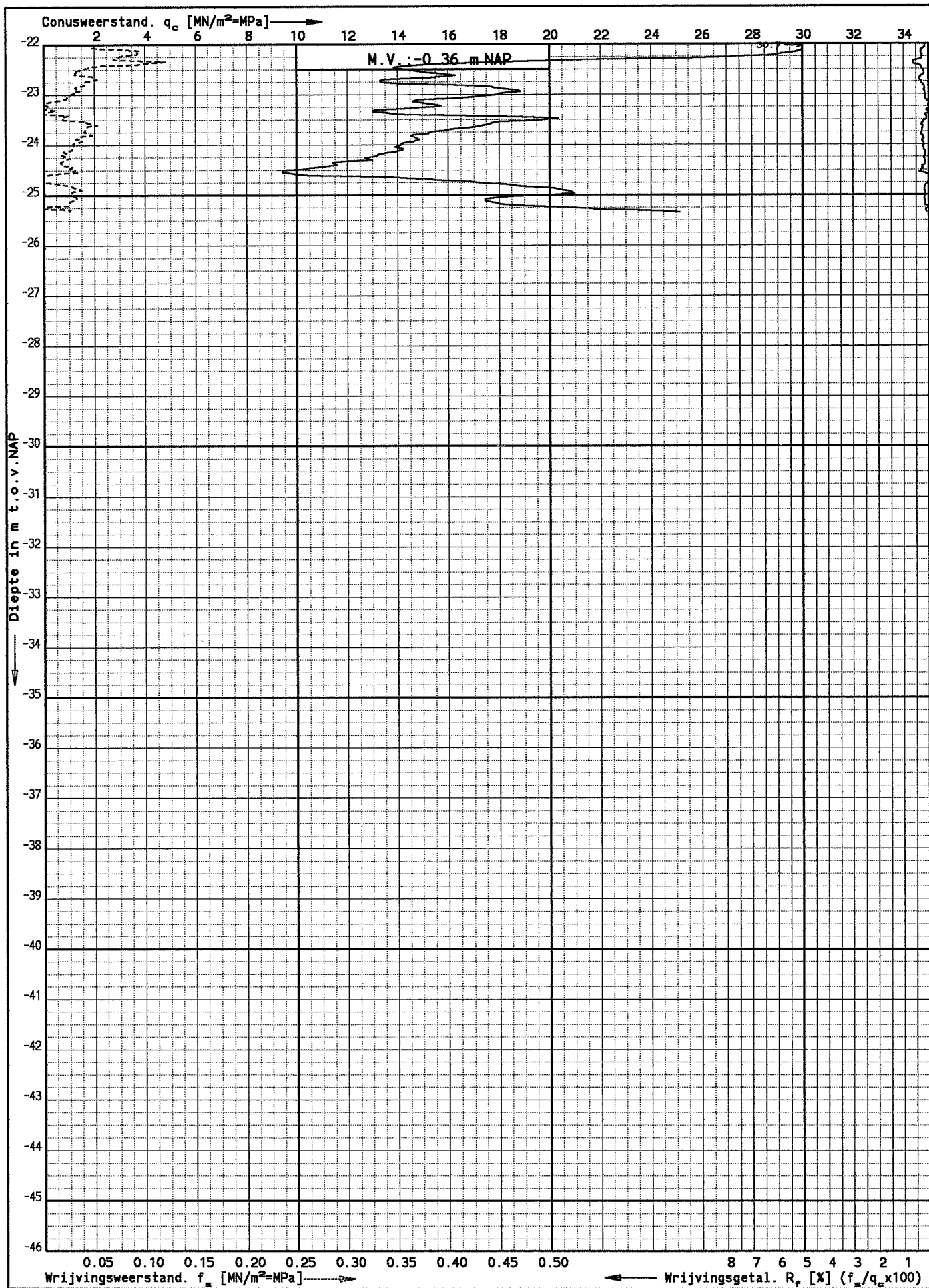
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :002





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

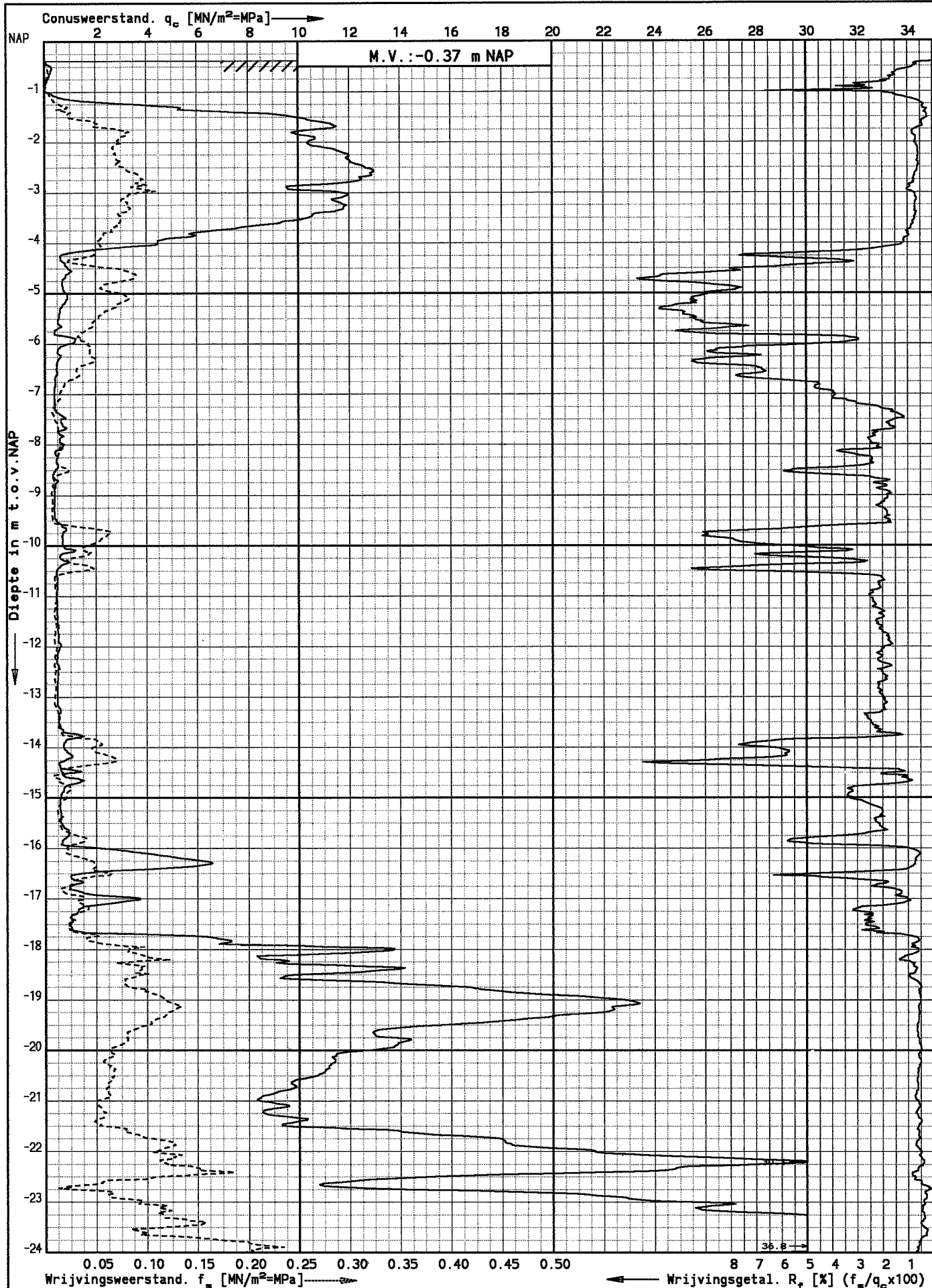
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :002





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

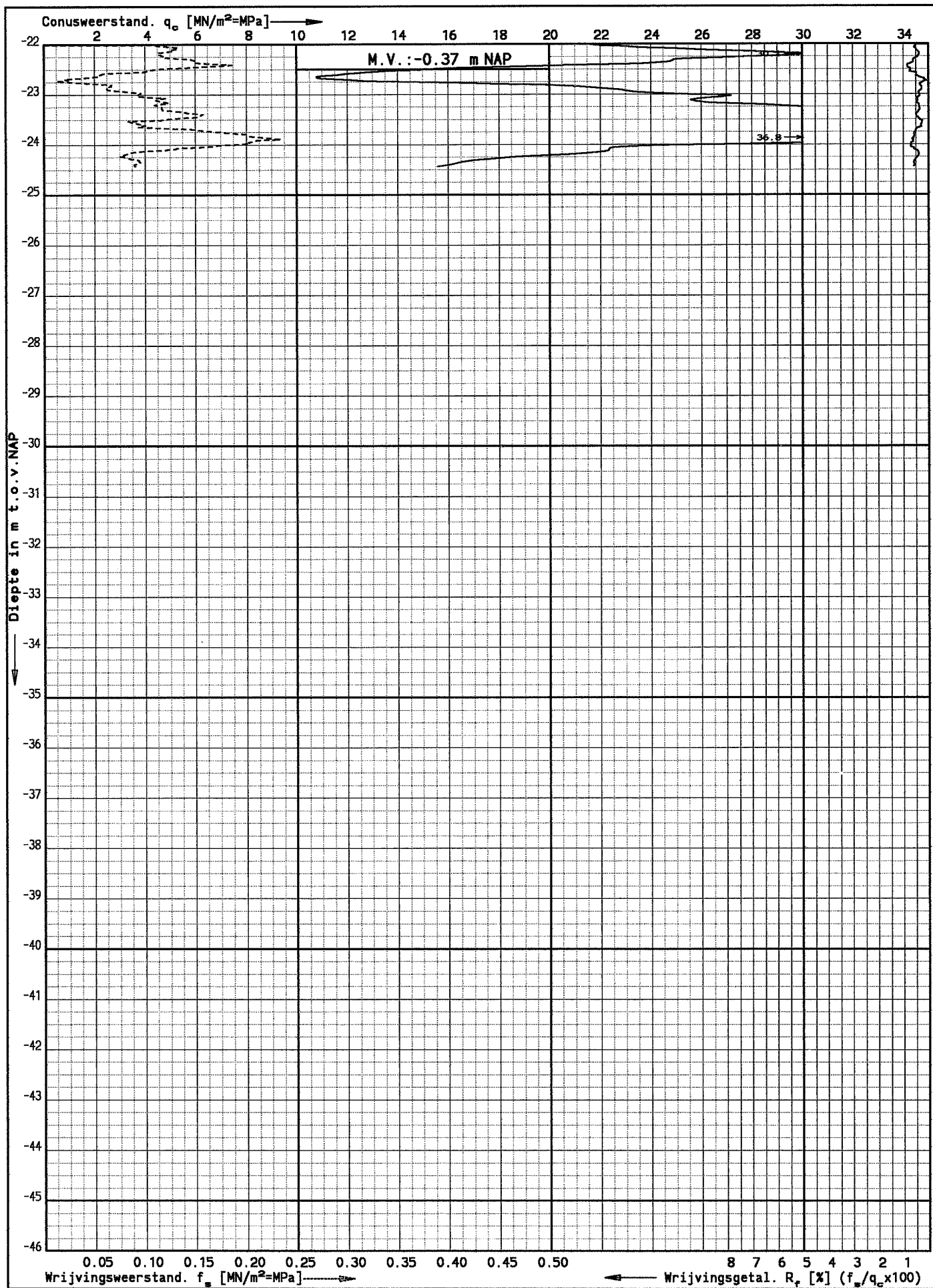
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. :004





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

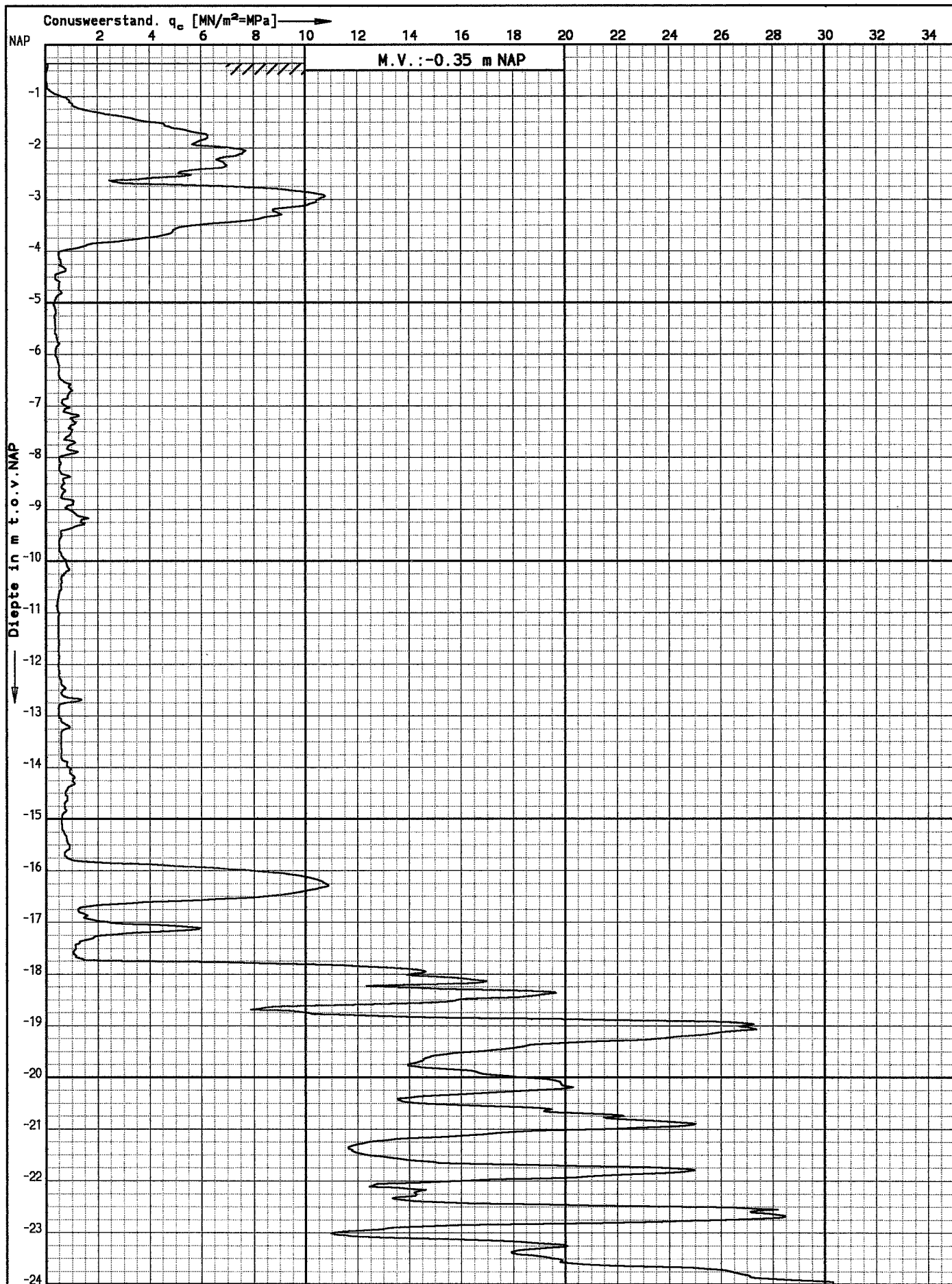
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :004





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

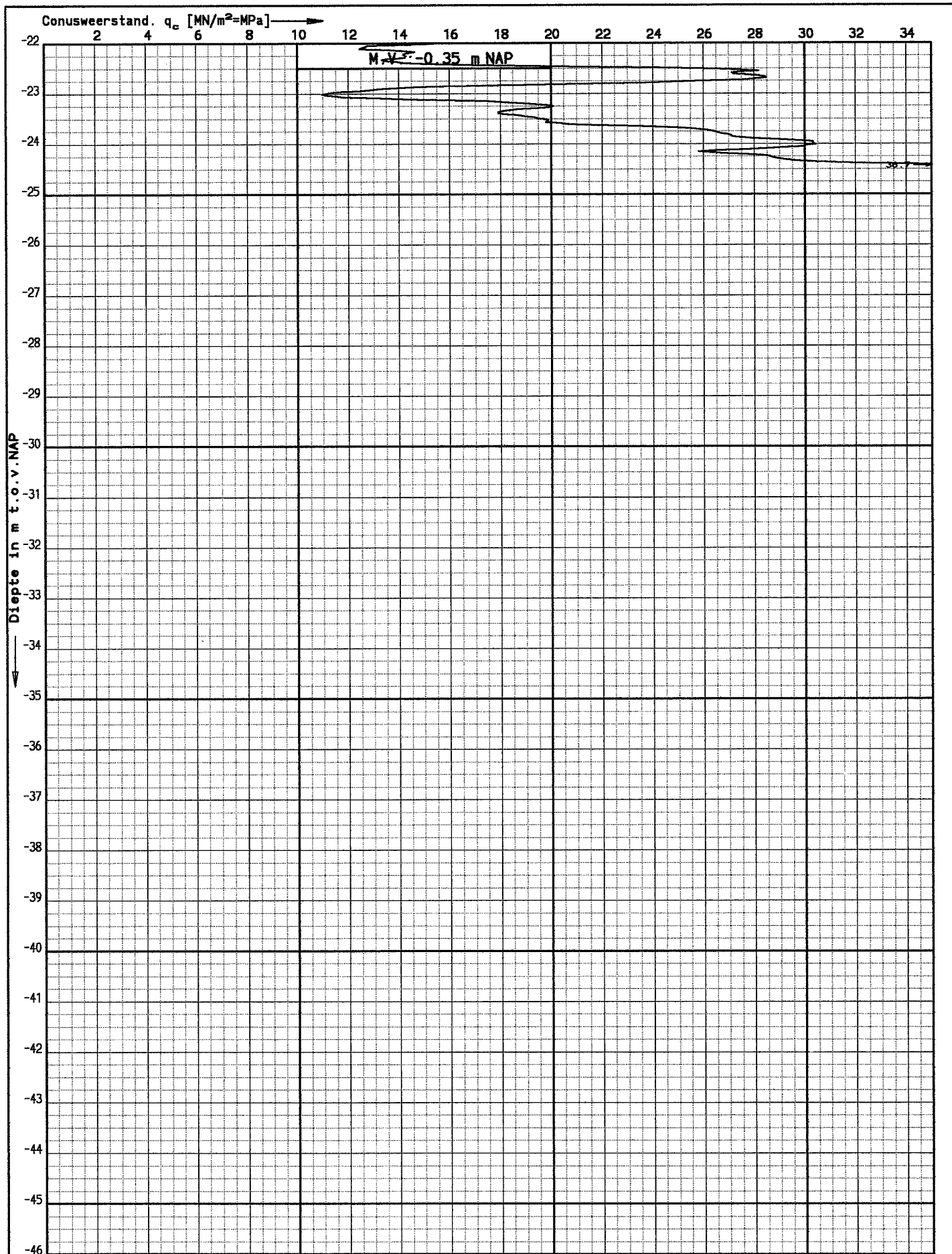
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. :005





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

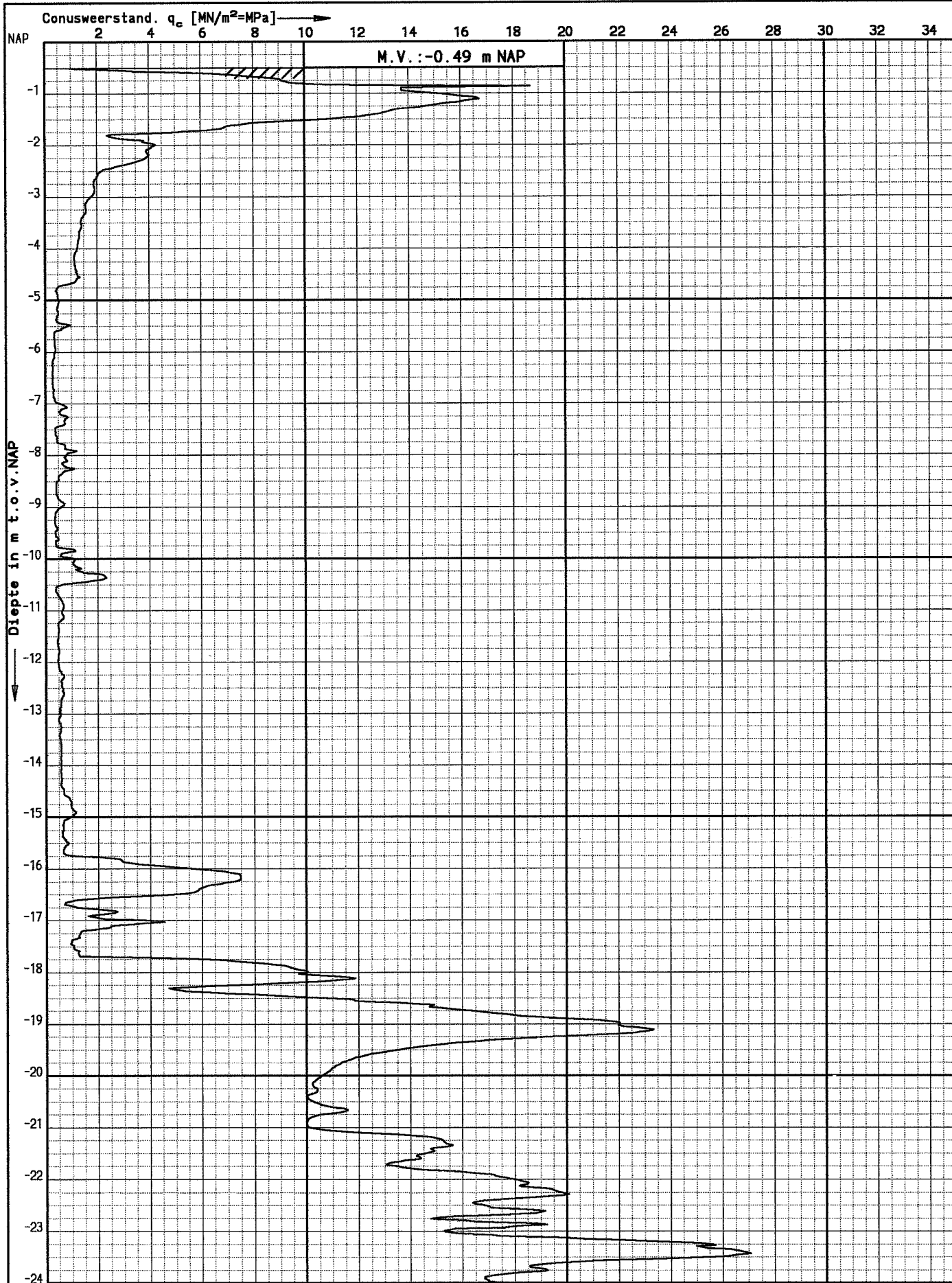
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. :005





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

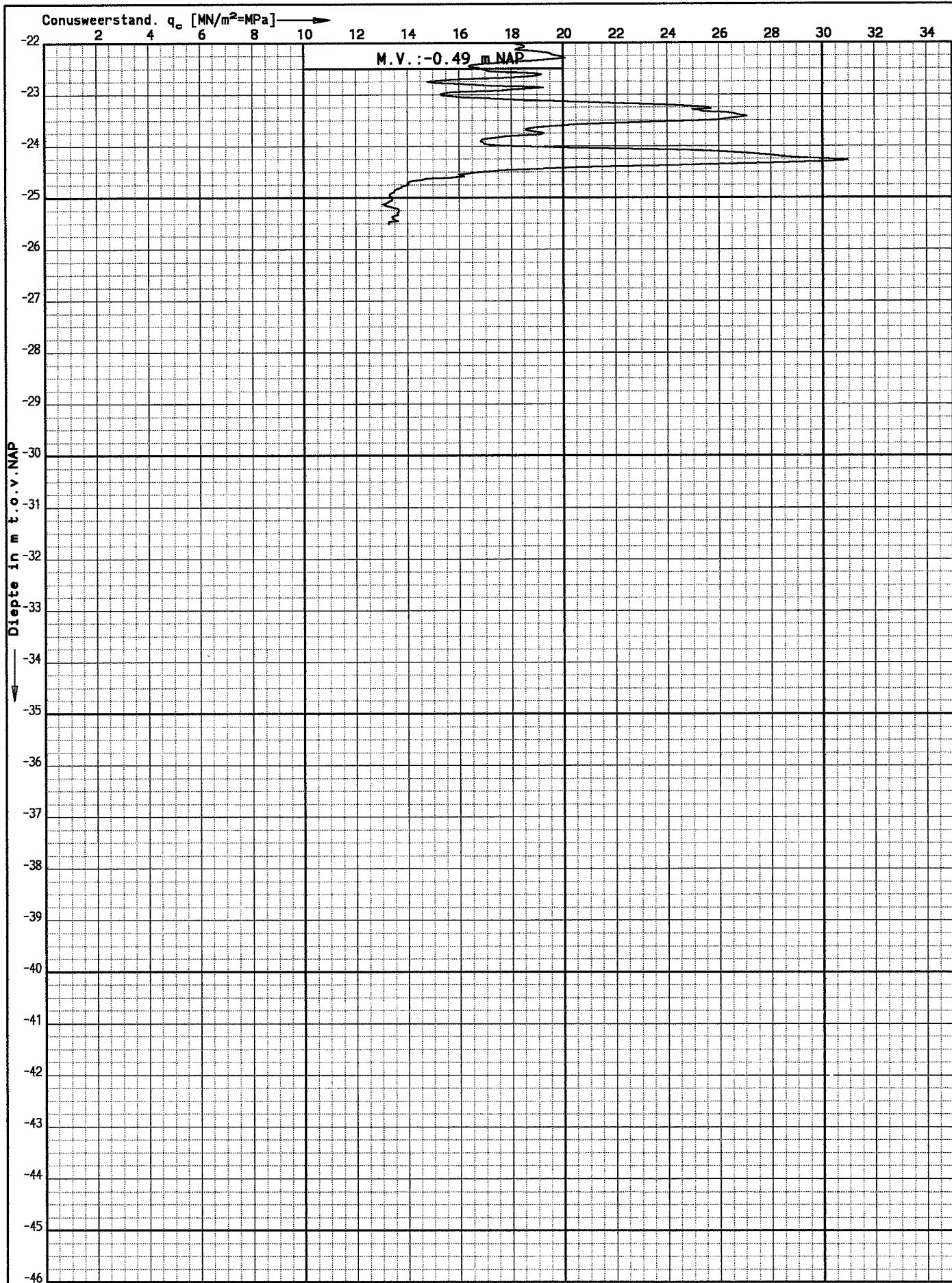
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :006





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :006





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

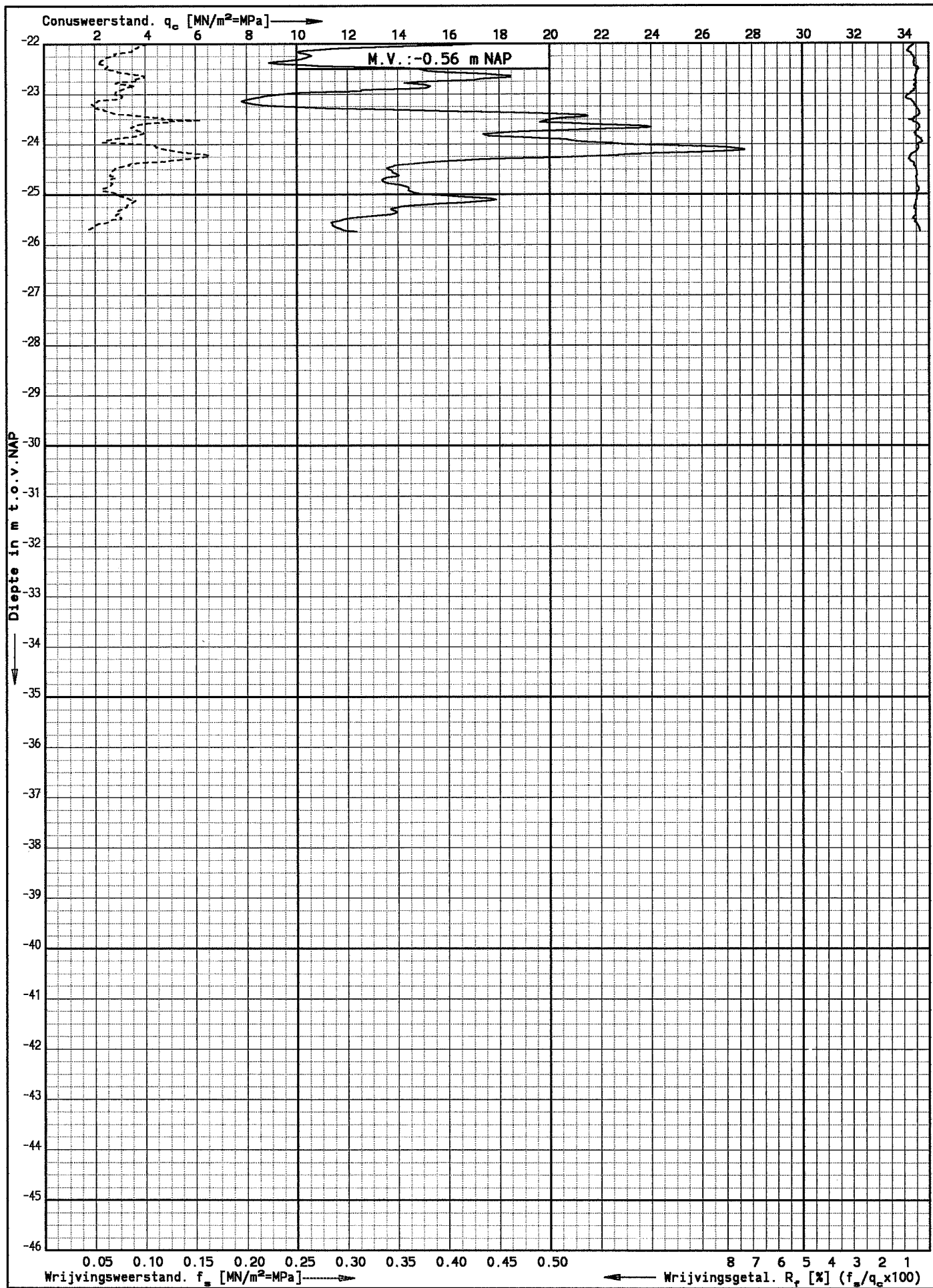
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. :007





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

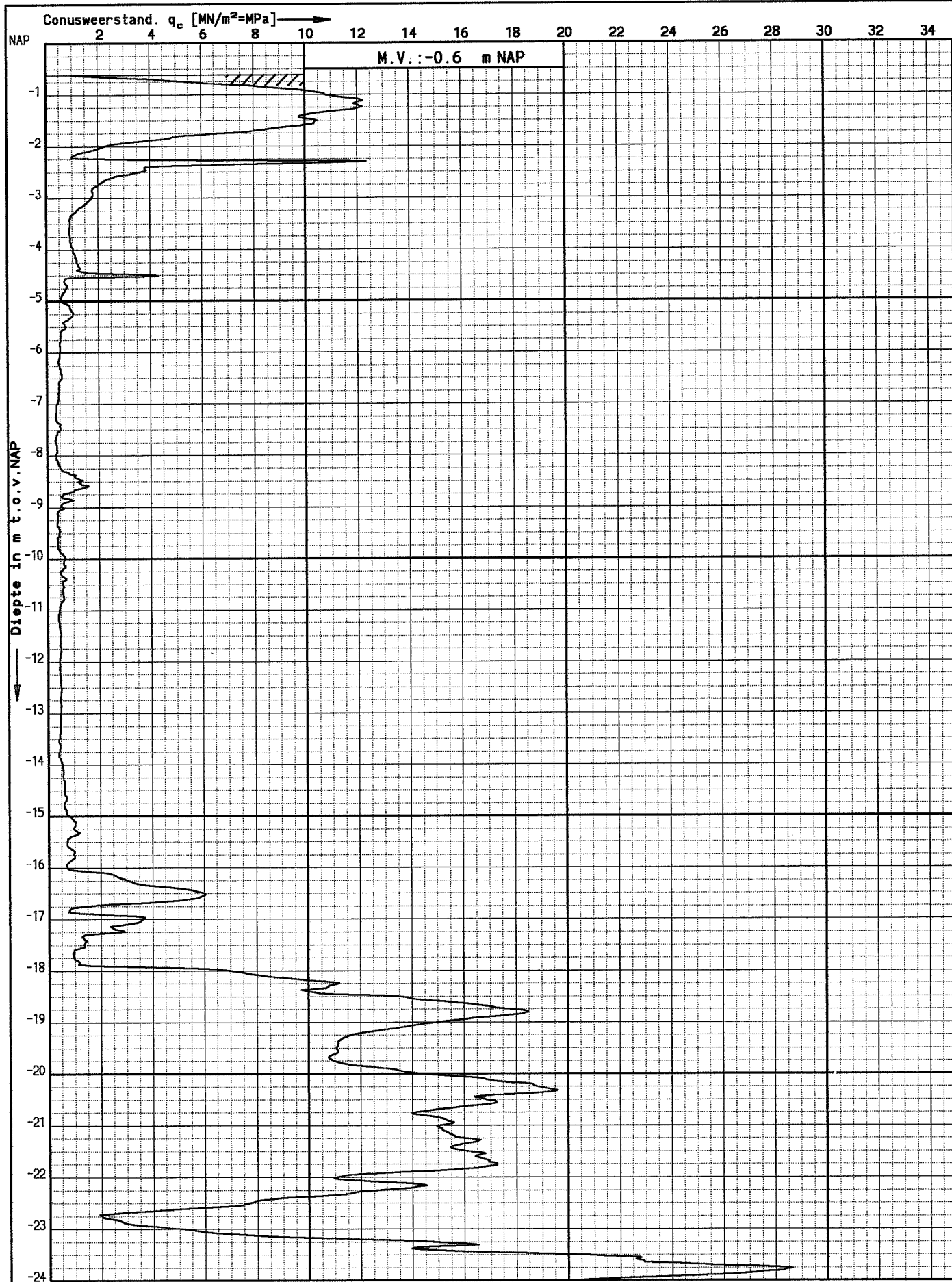
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :007





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. : 02-2035

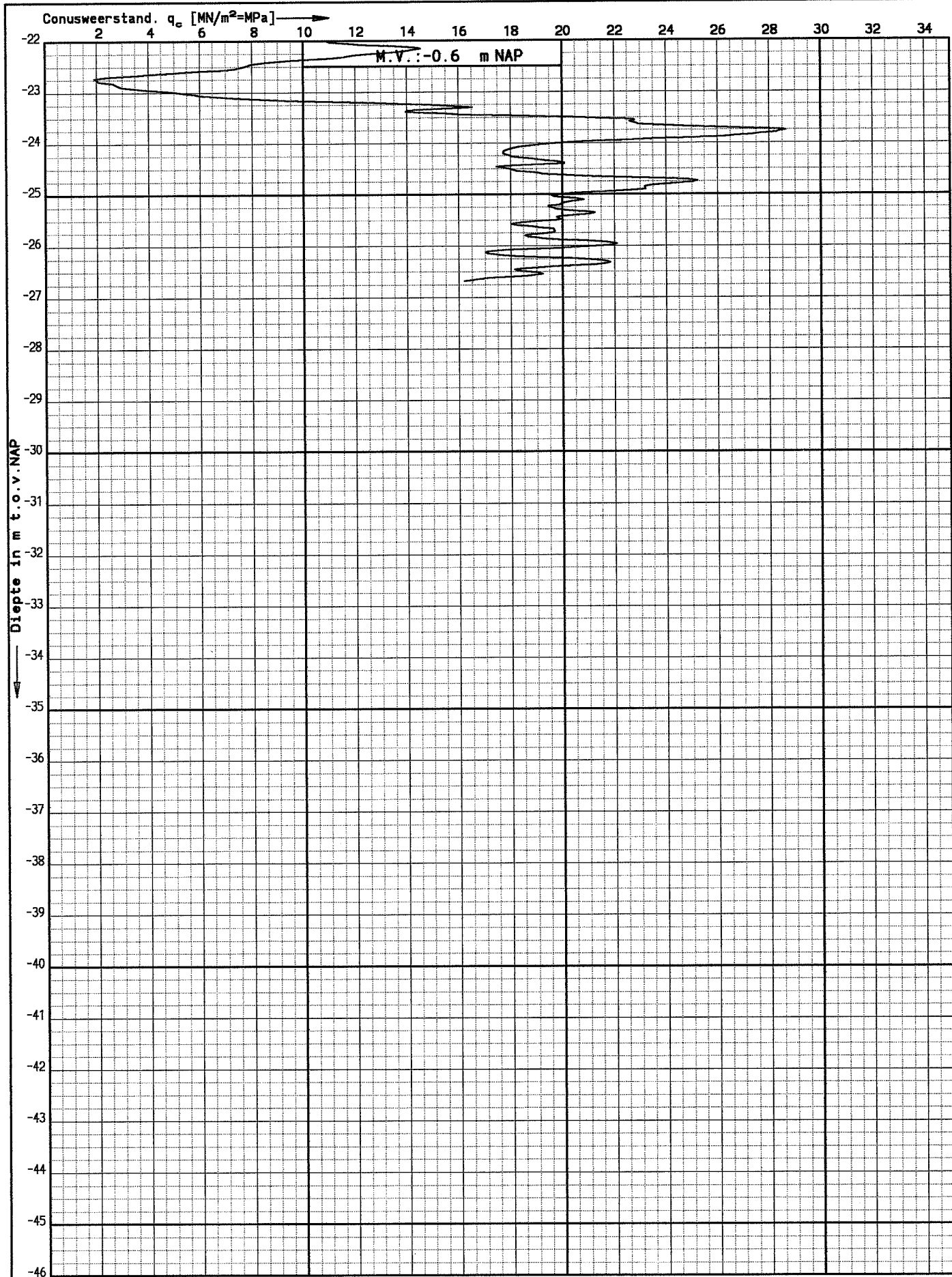
Datum uitv. : 08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. : 008





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

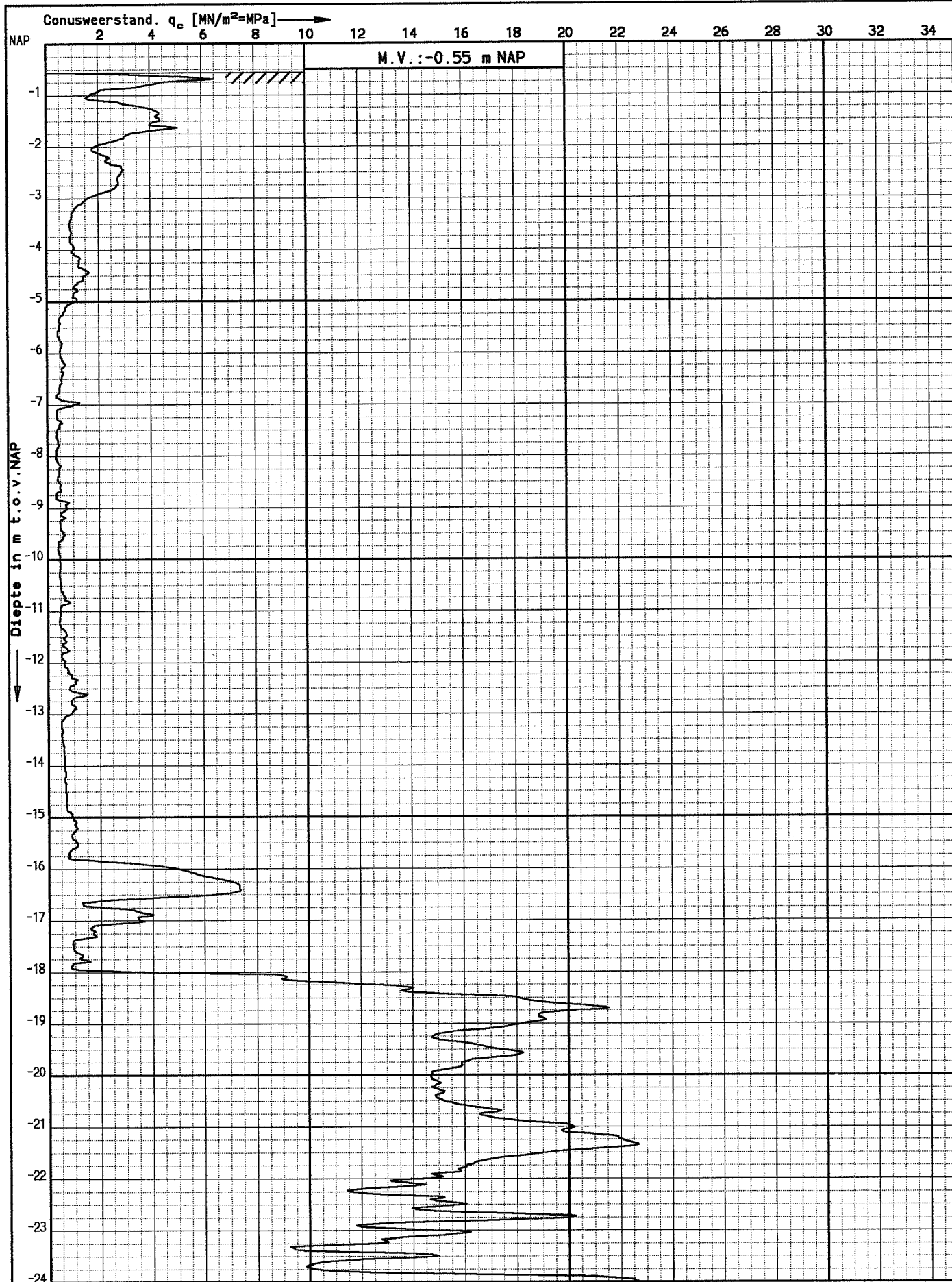
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. :008





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

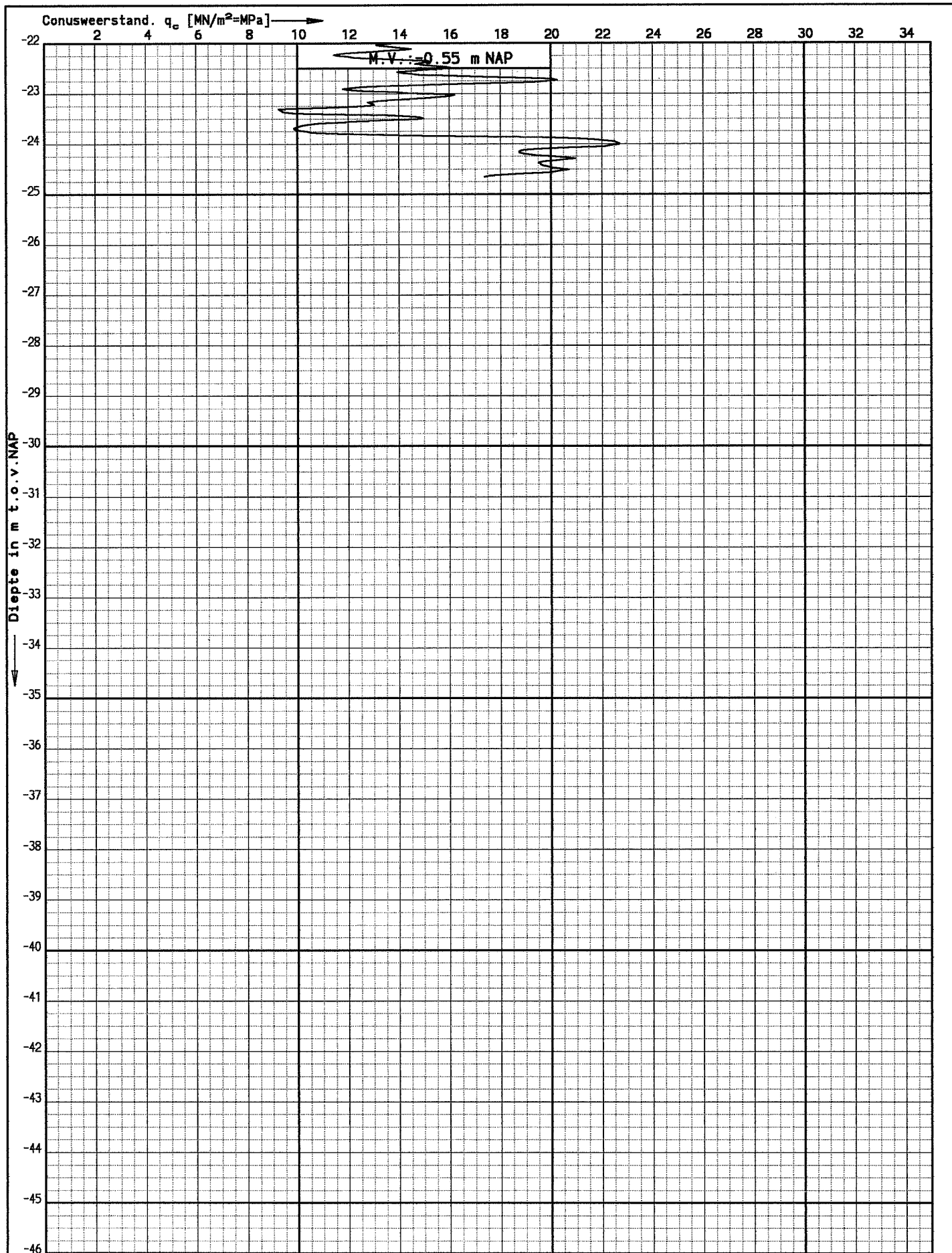
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. :009





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. : 02-2035

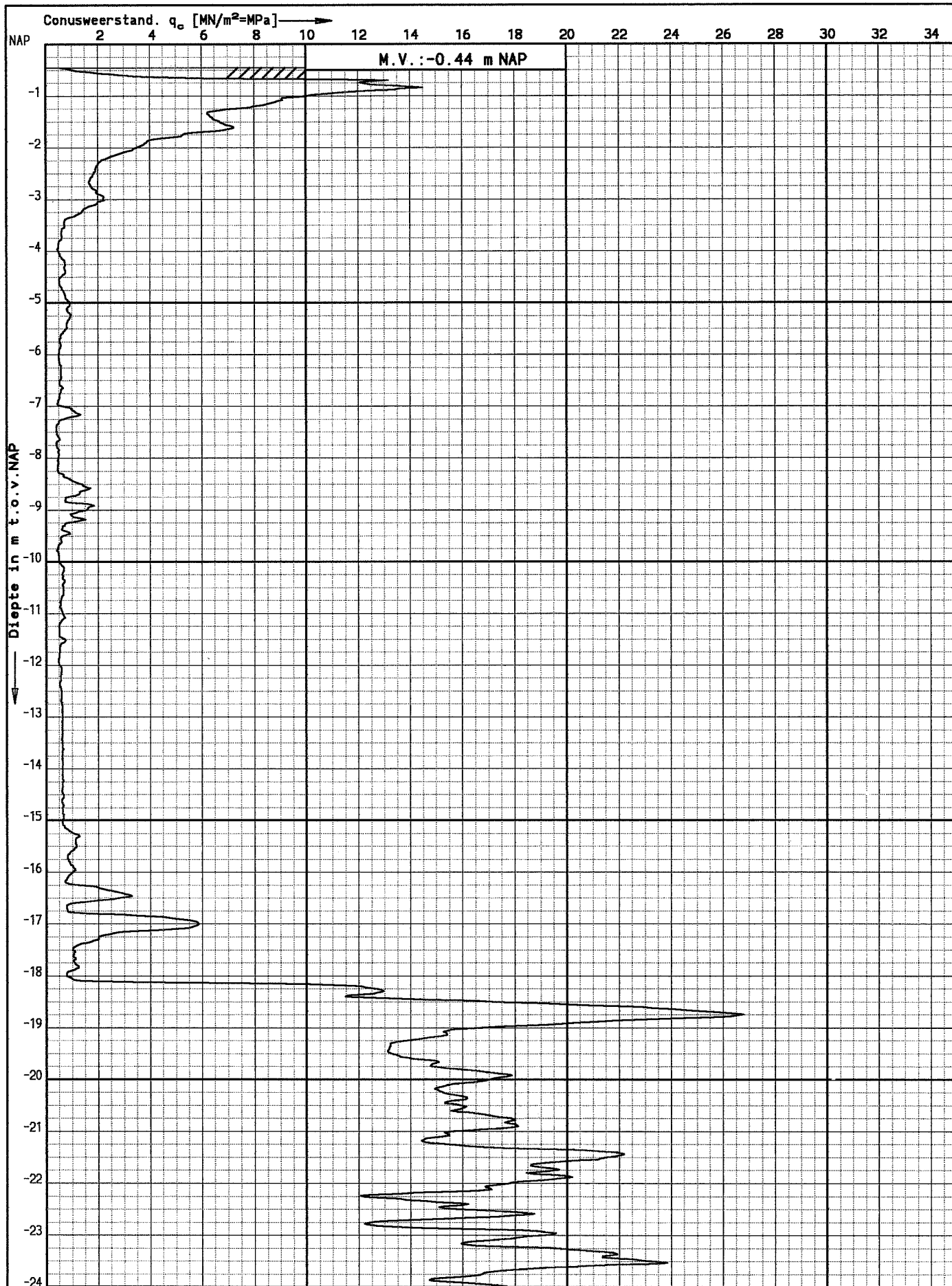
Datum uitv. : 08-04-2002



Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. : 009



Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. : 02-2035

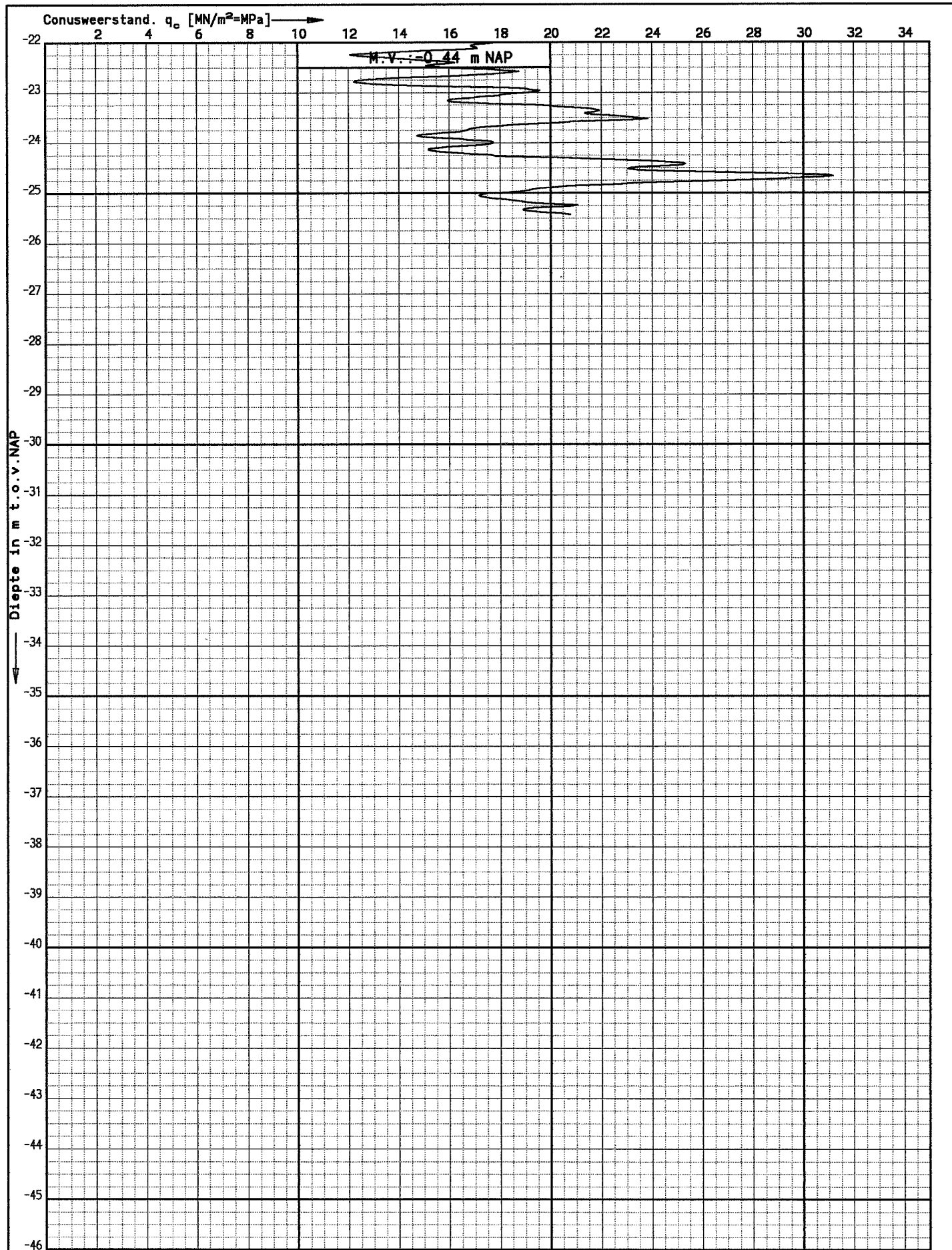
Datum uitv. : 08-04-2002

Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. : 010





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. : 02-2035

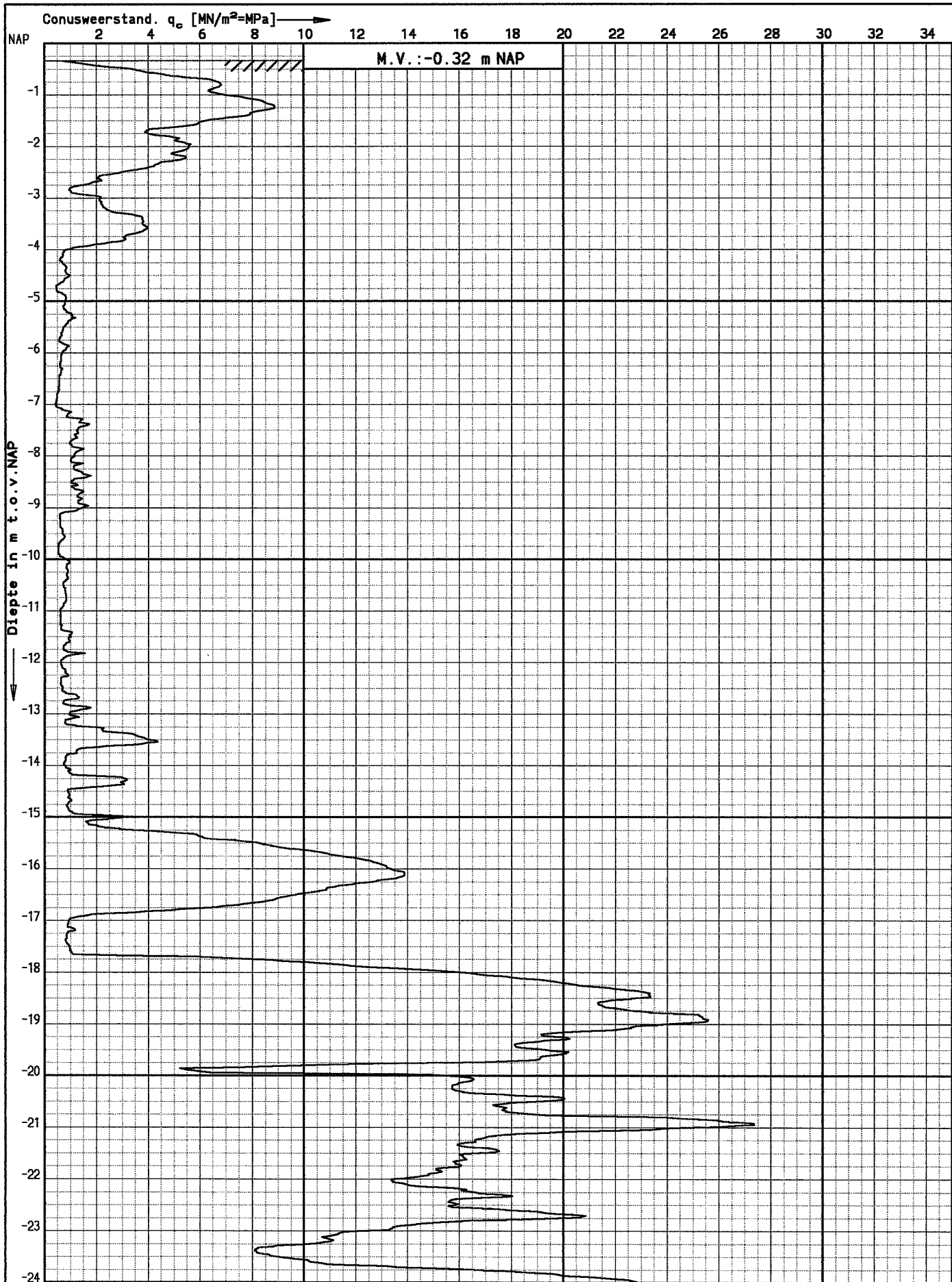
Datum uitv.: 08-04-2002



Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. : 010



Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

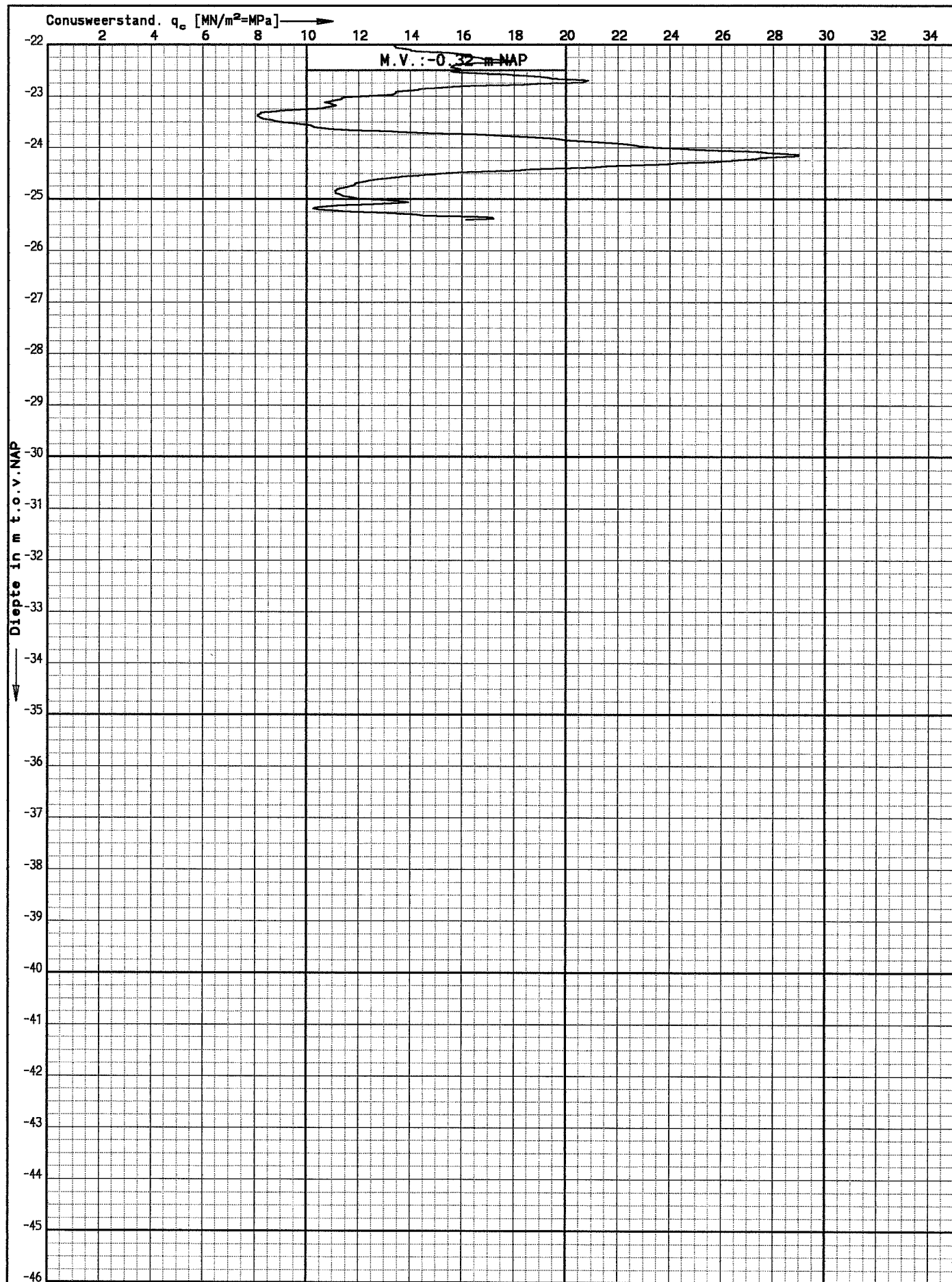
Datum uitv.:08-04-2002



Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. :011



Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. : 02-2035

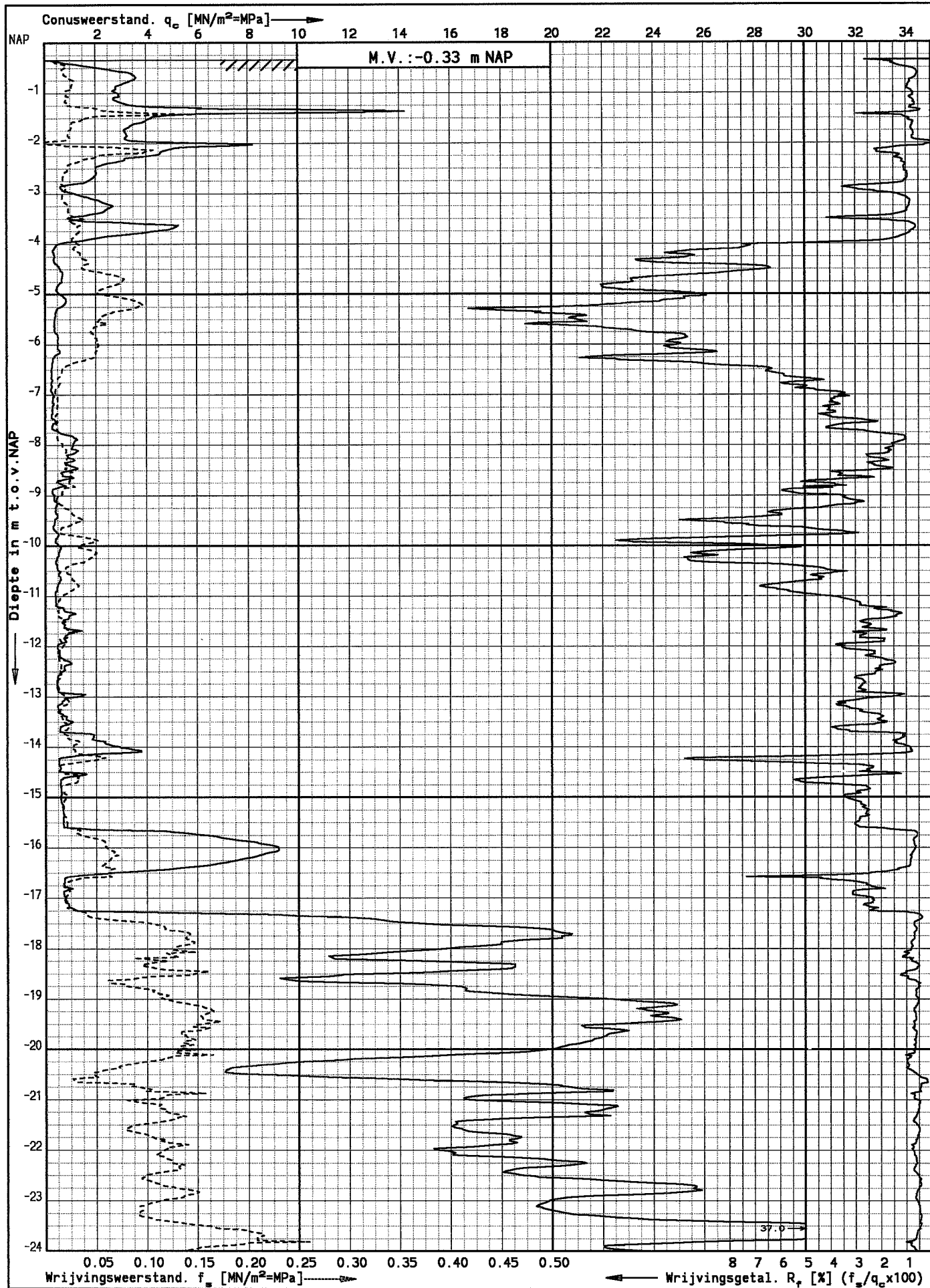
Datum uitv.: 08-04-2002



Sondering volgens: NEN 3680

Oppervlakte conuspunt: 1000 mm²

Sond. nr. : 011



Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

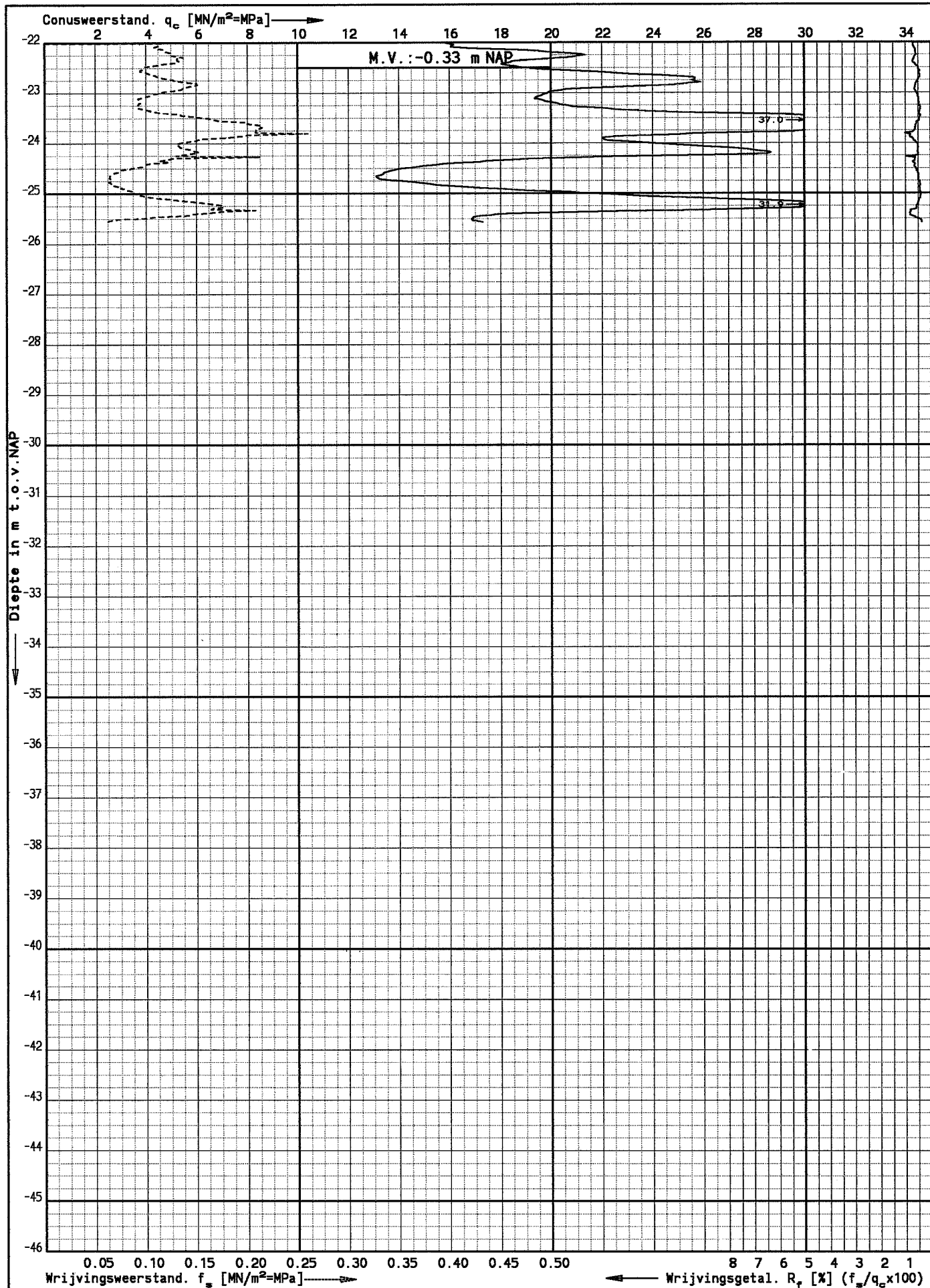
Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :012





Vloerrenovatie Van Nelle te ROTTERDAM

Opdr. nr. :02-2035

Datum uitv.:08-04-2002

Sondering volgens:NEN 3680

Oppervlakte conuspunt:1000 mm²

Sond. nr. :012



Resultaten Handboring HB-1.

0.00 - 0.90 m-mv. Zand m.fijn, l.bruin.
0.90 - 2.00 m-mv. Zand fijn, grijs.

Datum uitvoering : 8 april 2002
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering DKM-004
Maaiveldhoogte : 0.37 m. - NAP.
Grondwaterstand : 1.30 m-mv.

Resultaten Handboring HB-2

0.00 - 0.40 m-mv. Zand m.fijn, geel.
0.40 - 2.00 m-mv. Zand m.fijn, grijs.

Datum uitvoering : 8 april 2002
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering D-010
Maaiveldhoogte : 0.44 m. - NAP.
Grondwaterstand: : 1.00 m-mv.

Resultaten Handboring HB-3.

0.00 - 1.05 m-mv. Zand m.fijn, l.bruin.
1.05 - 2.00 m-mv. Zand fijn, grijs.

Datum uitvoering : 8 april 2002
Uitgevoerd t.p.v. : Sondering DKM-012
Maaiveldhoogte : 0.33 m. - NAP.
Grondwaterstand : 1.20 m-mv.



Map1

Zettingsberekening

huidig maaiveld (vloerpeil) op NAP -0,60 m

Bodemprofiel

ΔP	6,45	kN/m ²	(= belastingverhoging)		
d	γ_{eff}	σ_v	$\sigma_{v,\text{gem}}$	C	z
[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[m]
		0,00			
0,35	18,00		3,15	400	0,001
		6,30			
2,55	10,00		19,05	400	0,002
		31,80			
3,00	0,30		32,25	5	0,109
		32,70			
0,00	0,00		32,70	0	0,000
		32,70			
0,00	0,00		32,70	0	0,000
		32,70			
0,00	0,00		32,70	0	0,000
		32,70			
0,00	0,00		32,70	0	0,000
		32,70			
					<u>0,000</u>
					<u><u>z_{totaal} = 0,112</u></u>

$\Delta P =$ 0,4 m schuimbeton = 1,6 kN/m²
 0,15 m betonvloer = 3,6 kN/m²
 50% van 2,5 kN/m² vloerbelasting = 1,25 kN/m²

huidig maaiveld (vloerpeil) op NAP -0,35 m

Bodemprofiel

ΔP	6,45	kN/m ²	(= belastingverhoging)		
d	γ_{eff}	σ_v	$\sigma_{v,\text{gem}}$	C	z
[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[m]
		0,00			
0,60	18,00		5,40	400	0,001
		10,80			
2,55	10,00		23,55	400	0,001
		36,30			
3,00	0,30		36,75	5	0,097
		37,20			
0,00	0,00		37,20	0	0,000
		37,20			
0,00	0,00		37,20	0	0,000
		37,20			
0,00	0,00		37,20	0	0,000
		37,20			
0,00	0,00		37,20	0	0,000
		37,20			
					<u>0,000</u>
					<u><u>z_{totaal} = 0,099</u></u>

Analyse van de theoretische zettingen bij ophoging
 met schuimbeton en een nieuwe betonvloer

15.2193a Vloerzettingen Van Nelle Fabriek Rotterdam



Map1

Zettingsberekening

huidig maaiveld (vloerpeil) op NAP -0,60 m

Bodemprofiel

ΔP	8,95	kN/m ²	(= belastingverhoging)		
d	γ_{eff}	σ_v	$\sigma_{v,gem}$	C	z
[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[m]
		0,00			
0,35	18,00		3,15	400	0,001
		6,30			
2,55	10,00		19,05	400	0,002
		31,80			
3,00	0,30		32,25	5	0,147
		32,70			
0,00	0,00		32,70	0	0,000
		32,70			
0,00	0,00		32,70	0	0,000
		32,70			
0,00	0,00		32,70	0	0,000
		32,70			
0,00	0,00		32,70	0	0,000
		32,70			
					<u>0,000</u>
					<u><u>z_{totaal} = 0,151</u></u>

ΔP = 0,4 m schuimbeton = 1,6 kN/m²
 0,15 m betonvloer = 3,6 kN/m²
 50% van 5,0 kN/m² vloerbelasting = 2,5 kN/m²

huidig maaiveld (vloerpeil) op NAP -0,35 m

Bodemprofiel

ΔP	8,95	kN/m ²	(= belastingverhoging)		
d	γ_{eff}	σ_v	$\sigma_{v,gem}$	C	z
[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[m]
		0,00			
0,60	18,00		5,40	400	0,001
		10,80			
2,55	10,00		23,55	400	0,002
		36,30			
3,00	0,30		36,75	5	0,131
		37,20			
0,00	0,00		37,20	0	0,000
		37,20			
0,00	0,00		37,20	0	0,000
		37,20			
0,00	0,00		37,20	0	0,000
		37,20			
0,00	0,00		37,20	0	0,000
		37,20			
					<u>0,000</u>
					<u><u>z_{totaal} = 0,134</u></u>

Analyse van de theoretische zettingen bij ophoging
 met schuimbeton en een nieuwe betonvloer

15.2193a Vloerzettingen Van Nelle Fabriek Rotterdam