



**Gemeente Rotterdam**

**Gemeentewerken**

Ingenieursbureau

## **Benthemplein**

### **Geotechnische aspecten fundering bassin 3**

**Projectcode**

2011-106-C

**Datum**

18 april 2012

**Versie**

Definitief

**Opdrachtgever**

PMB Rotterdam

**Adviseur**

Ir. D. Wilschut

**Collegiale toets**

Ir. G. Hannink

**Projectleider**

Ing. S.T.M. Ali

Paraaf :

Paraaf :

18/4/2012

## **Inhoudsopgave**

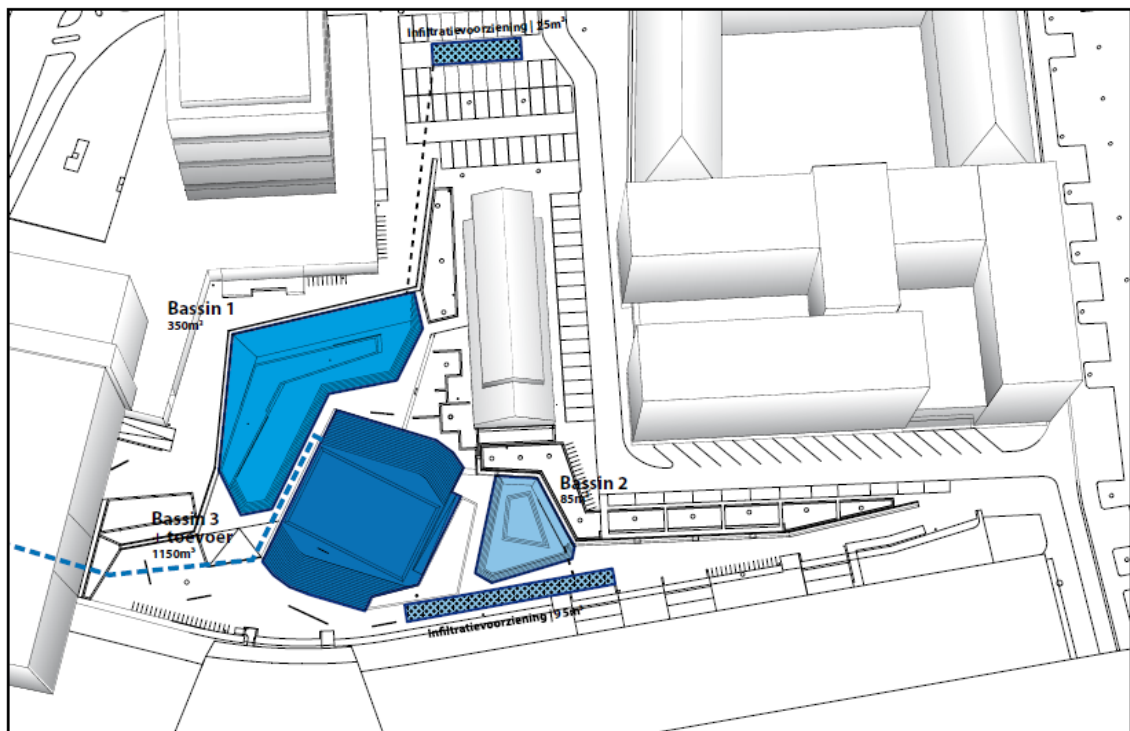
<b>1.</b>	<b>Projectomschrijving</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Grond en grondwater</b>	<b>4</b>
2.1	Grondonderzoek	4
2.2	Bodemopbouw	4
2.3	Grondparameters	5
<b>3.</b>	<b>Grondwater</b>	<b>6</b>
3.1	Maatgevende waterpeilen voor waterplein	6
3.2	Bassin 3	6
<b>4.</b>	<b>Historie van gebied</b>	<b>7</b>
<b>5.</b>	<b>Draagvermogen palen</b>	<b>8</b>
5.1	Belastingen	8
5.2	Rekenmethode en parameters	9
5.2.1	Algemeen	9
5.2.2	Drukbelastingen	9
5.2.3	Trekbelastingen	10
5.3	Rekenresultaten	11
5.4	Advies inheidiepten	15
<b>6.</b>	<b>Uitvoeringsaspecten</b>	<b>16</b>
6.1	Monitoring	16
6.2	Benodigde heienergie	16
	<b>Bijlage 1 Situatie grondonderzoek</b>	<b>17</b>
	<b>Bijlage 2 Sonderingen</b>	<b>18</b>

# 1. Projectomschrijving

Op het Benthemplein zal een waterplein worden gerealiseerd, waarbij het plein geheel opnieuw zal worden ingericht. Op het plein worden een 3 tal bassins uitgegraven voor de tijdelijke opvang van hemelwater. Ook zullen 2 infiltratie voorzieningen worden aangebracht. De bassins 1 en 2 worden op staal gefundeerd en krijgen een bodem en wand bekleding. Bassin 3 wordt uitgevoerd als een op palen gefundeerde betonnen bak. Het ontwerp van de fundering van dit bassin wordt in dit document gerapporteerd.

In Figuur 1.1 is een impressie van het plein weergegeven.

## 1700 m3 waterberging



**Figuur 1.1 Inrichting waterplein versie 8 dec 2011**

## 2. Grond en grondwater

### 2.1 Grondonderzoek

Om de opbouw van de ondergrond te verkennen is een grondonderzoek uitgevoerd, bestaande uit boringen en sonderingen. De sonderingen zijn gemaakt rond bassin 3 omdat dit bassin een paalfundering zal krijgen. Ook ter plaatse van het eerder geplande watergordijn is gesondeerd. De situatie van het grondonderzoek is als bijlage 1 bij dit rapport gevoegd. In bijlage 2 zijn de sonderingen weergegeven.

Elders op het plein zijn gespreid een aantal handboringen gedaan met als doel de dikte van de antropogene zandlaag vast te stellen. De resultaten van deze boringen zijn opgenomen in bijlage 3.

### 2.2 Bodemopbouw

Op basis van het uitgevoerde onderzoek is een indeling gemaakt van de voorkomende grondlagen

**Tabel 2.1**    Overzicht sonderingen

Sondering	MV m NAP	OK boven- zand m NAP	BK veen m NAP	OK veen m NAP	BK pleisto- ceen m NAP	max diep- te m NAP
GH1375	-1,22	-3,70	-6,10	-9,20	-14,50	-31,80
GH1376	-1,37	-4,96	-6,00	-9,00	-16,50	-32,00
GH1377	-1,26	-3,50	-6,30	-9,60	-15,70	-28,50
GH1378	-1,30	-4,80	-6,70	-10,00	-16,30	-32,00
GH1379	-0,92	-3,00	-6,00	-10,00	-15,50	-30,80

Het ontwerppeil van het Benthemplein en omgeving varieert van NAP +0,35 m langs de Schieka-  
de naar NAP -1,05 m bij de Benthemstraat aan de noordoostzijde.

Onder het maaiveld bevindt zich een antropogeen zandpakket met een dikte van circa 3,00 m. In  
Tabel 2.1 staat de ter plaatse aangetroffen laagscheiding. Deze bovenzandlaag is van belang  
voor een goede stabiliteit van de verharding en de op staal gefundeerde bassins. Verder kan  
deze goed doorlatende laag benut worden voor de infiltratie van neerslag. Een nadeel van deze  
laag is het te verwachten grondwaterbezwaar bij de bouw van de diepere delen van de construc-  
ties en de relatief grote invloedzone van de benodigde bemalingen.

Tot een diepte van circa NAP -16,00 m wordt het Holocene pakket aangetroffen, bestaande uit  
samendrukbare klei- en veenlagen. Deze laag is slecht doorlatend en is daarom een goede on-  
derafdichting van de bouwput. Deze lagen zijn de oorzaak van zettingen in het gebied.

Vanaf NAP -16,00 m wordt het Pleistocene zand, de draagkrachtige laag aangetroffen. In deze  
laag zal bassin 3 gefundeerd worden. Hydrologisch gezien is dit het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket.

## 2.3 Grondparameters

In onderstaande tabel zijn de grondparameters voor de uit te voeren berekeningen weergegeven.

**Tabel 2.2 Grondopbouw**

Bk-laag m tov NAP	Grondsoort	$\gamma_w$ kN/m <sup>3</sup>	C -	C' -	$c_v'$ m <sup>2</sup> /sec	Fi Deg	coh kPa
-1,25	Zand m vast (dr)	18	2000	1000	$5 \times 10^{-05}$	30	0
-2,6	Zand m vast (sat)	20	2000	1000	$5 \times 10^{-05}$	30	0
-3,5	Klei z humeus	15	50	10,0	$5,0 \times 10^{-08}$	20	4
-6,2	Veen min.arm	10	20	4,0	$5,0 \times 10^{-08}$	17,5	8
-9,5	Klei zw zandig	16	60	12,0	$5,0 \times 10^{-08}$	22,5	4
-15,8	Zand vast (sat)	21	4000	2000	$5 \times 10^{-05}$	32,5	0

## 3. Grondwater

### 3.1 Maatgevende waterpeilen voor waterplein

De gegevens van de grondwaterstand zijn ontleend aan rapport 2011-0035-1 "Grondwaterstanden Benthemplein" van 8 maart 2012. Hieronder zijn de belangrijke peilen samengevat.

De grondwaterstanden verlopen op en in de omgeving van het plein, met relatief hoge peilen ter plaatse van de Schiekade en aflopend in noordoostelijke richting.

**Tabel 3.1 Grondwaterpeilen**

	Westzijde plein Parkeerplaats	Oostzijde plein
Huidige situatie zonder waterplein		
Gemiddelde grondwaterstand	-2,4	-2,6
Hoge grondwaterstand (GHG)	-2,2	-2,4
Na realisatie van het waterplein		
Gemiddelde grondwaterstand	-2,3	-2,5
Hoogste grondwaterstand (representatief)	-1,9	-2,1
Grondwaterstand bij calamiteit		

De bassins 1,2 en 3 liggen alle in het oostelijke deel van het plein.

De hoogste grondwaterstand waarmee in geval van calamiteit moet worden gerekend is gelijk aan maaiveld, of het maximale peil waarbij de constructie onder water loopt. Voor bassin 3 is dit NAP -1,10 m

De gemiddelde stijghoogte van het spanningswater ter plaatse van het plein is NAP -2,30 m. In het gebied is daarom geen significante kwel of inzijging.

### 3.2 Bassin 3

Bassin 3 is een betonconstructie met de bodem op NAP -3,30 m. Dit bassin moet dus altijd waterdicht zijn om te voorkomen dat het speelveld permanent blank staat. Onder het bassin komt een paalfundering waarvan de palen trek kunnen opnemen. Deze belasting is eveneens afhankelijk van de maximale grondwaterstand. Deze maximale waterstand moet nog worden bepaald. Volgens de vigerende normen moet ook een "calamiteit" belastinggeval worden beschouwd waarbij de grondwaterstand stijgt tot maaiveld of het peil waarboven de bak altijd volstroomt. Dit is NAP -1,10 m. Deze maatgevende waterdruk mag alleen worden gereduceerd als kan worden gegarandeerd dat hogere standen niet mogelijk zijn.

## 4. Historie van gebied

Op basis van het over elkaar leggen van historische kaarten kan de volgende geschiedenis van het gebied worden gereconstrueerd:

- 1839: Het terrein is onderdeel van een buitenplaats met alleen langs de huidige Schiekade bebouwing.
- 1934: In het gebied is een woonwijk aanwezig, die vergelijkbaar is met de huidige bebouwing langs de Teilingerstraat noordzijde, en elders in het Oude Noorden. Deze bebouwing was gefundeerd op houten palen.
- 1946: Bijna alle bebouwing is weg, alleen langs de Schiekade resteren nog wat resten. Dit gebied ligt binnen de brandgrens, wat betekent dat de bebouwing in mei 1940 verloren is gegaan. Onbekend is of (alle) houten palen zijn getrokken.
- Na 1950 verschijnt gefaseerd de nu aanwezige bebouwing.

De conclusies die uit de historische ontwikkeling kunnen worden getrokken zijn:

- Lokaal kunnen restanten van historische bebouwing aanwezig zijn. Dit wordt bevestigd met de boorgegevens waarbij veelvuldig puin wordt vermeld.
- De kans bestaat dat nog houten palen aanwezig zijn in de ondergrond. Met name bij de diepere ontgraving voor bassin 3 kunnen deze worden aangetroffen. Dit zou ook conflicten kunnen opleveren met de nieuwe paalfundering.
- Als lokaal paalconcentraties aanwezig zijn, dan kan dit zettingsarme plaatsen in het terrein opleveren. Dit geeft ongelijkmatige zettingen van op staal gefundeerde constructies.

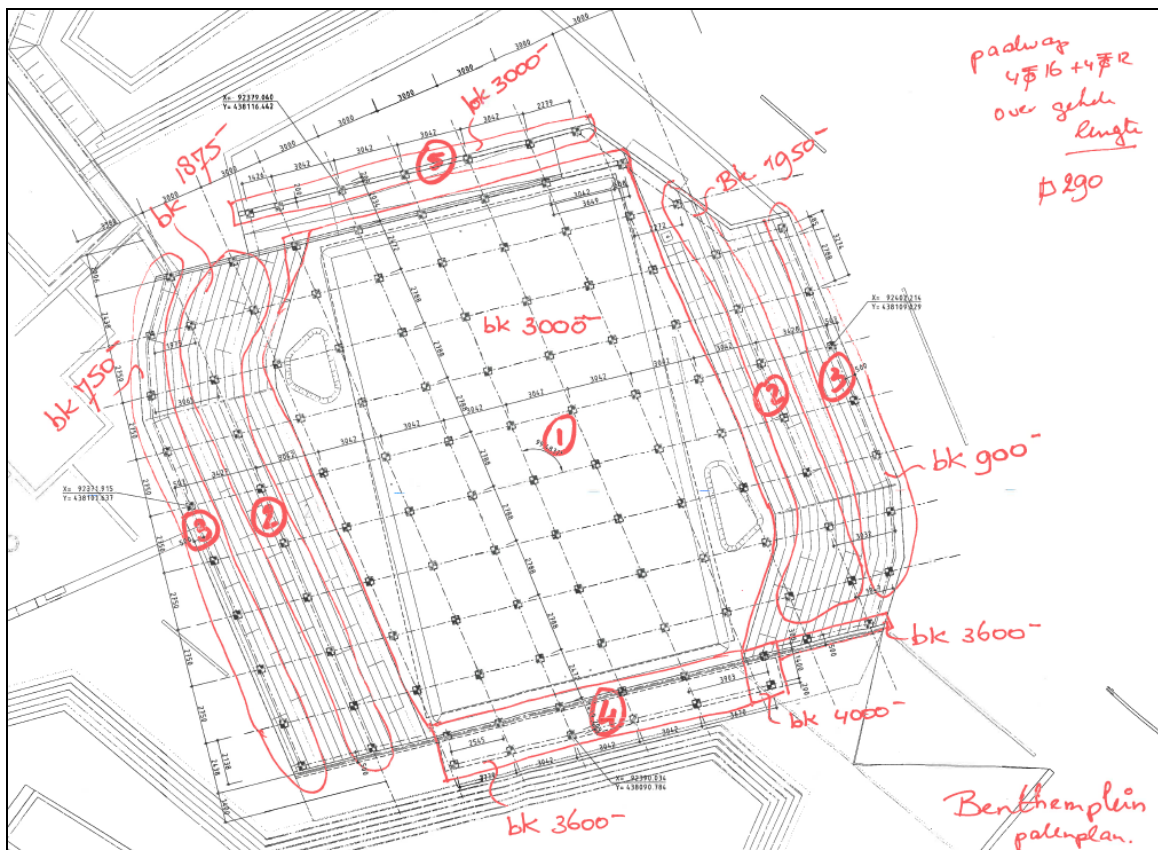
## 5. Draagvermogen palen

### 5.1 Belastingen

De belasting op de palen zijn opgegeven door de constructeur en weergegeven in Tabel 5.1. De plaats van de aangegeven paalgroepen is weergegeven in Figuur 5.1

**Tabel 5.1 Belastingen bassin 3**

Belastinggeval	Paalgroep	1	2	3	4	5
Calamiteit (trek)	kN	294	77	13	75	95
BGT (trek)	kN	210	-78	-94	25	38
Paalgewicht	kN	38	38	38	38	38
UGT netto trek	kN	256	39	0	37	57
UGT (druk)	kN	-368	-310	-201	-312	-255
BGT (druk)	kN	-296	-247	-158	-253	-230



**Figuur 5.1 Palenplan en paalgroepen**



## 5.2 Rekenmethode en parameters

### 5.2.1 Algemeen

Het draagvermogen van de palen is bepaald met behulp van het computerprogramma MFoundation. Het paalpuntniveau wordt zodanig gekozen dat wordt voldaan aan de eisen gesteld in NEN9997-1:2011. De palen worden doorgerekend voor druk- en voor trekbelastingen.

Geadviseerd wordt de fundering te realiseren met geprefabriceerde betonpalen. Voor de berekeningen wordt aangenomen dat eerst de palen verdiept worden weggeheid en daarna de bouwput zal worden ontgraven.

### 5.2.2 Drukbelastingen

De berekening van negatieve kleef is uitgevoerd volgens:

$$F_{nk,rep} = O_{s,gem} \times \sum_{j=1}^{j=n} d_j \times K_{0;j,k} \times \tan(\delta_{j,rep}) \times \frac{\sigma'_{v;j-1,rep} + \sigma'_{v;j,rep}}{2}$$

De rekenwaarde voor de paalweerstand wordt berekend volgens:

$$R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s \quad (\text{NEN9997-1:2011; formule 7.5})$$

De karakteristieke waarden  $R_{b;k}$  en  $R_{s;k}$  zijn bepaald uit:

$$R_{c;k} = (R_{b;k} + R_{s;k}) = \min \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{gem}}{\xi_3}; \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (\text{NEN9997-1:2011; formule 7.8})$$

waarin  $\xi_3$  en  $\xi_4$  correlatiefactoren zijn die afhankelijk zijn van het aantal sonderingen.

De negatieve kleef wordt over de volledige hoogte van het holocene pakket meegenomen i.v.m. de te verwachten zettingen, waarbij rekening is gehouden met de locatie van de palen..

Onderstaand zijn de berekeningsparameters aangegeven zoals deze voor de constructie zijn gehanteerd.

**Tabel 5.2 Factoren voor geprefabriceerde betonpalen op druk belast**

Parameter	waarde	toelichting
Paaltype		Geprefabriceerde betonpalen 290x290 en 320x320 mm <sup>2</sup>
$\gamma_b$	1,2	Tabel A6 R3c
$\gamma_t$	1,2	Tabel A6 R3c
$\gamma_s$	1,2	Tabel A6 R3c
$\xi_3$	1,17	Tabel A10a gemiddelde; n=5
$\xi_4$	0,93	Tabel A10a minimum; n=5
$\alpha_p$	1,0	Tabel 7c Paalklassefactor punt
$\alpha_s$	0,010	Tabel 7c Paalklassefactor schacht;druk
$\alpha_t$	0,007	Tabel 7c Paalklassefactor schacht;trek
E-modulus	$3 \times 10^7$	kN/m <sup>2</sup> ; elasticiteitsmodulus van beton
s	1,0	factor bij verhouding dwarsdoorsnede paal met r=1
$\beta$	1,0	paalvoetvormfactor

### 5.2.3 Trekbelastingen

Het trekdraagvermogen is berekend volgens NEN9997-1. Het trekdraagvermogen wordt ontleend aan de Pleistocene zandlaag. De maximale trekcapaciteit van een paal in een paalgroep bij een bepaald inheinniveau wordt berekend volgens:

$$R_{s,cal} = \int_0^L q_{c;z;d} * f_1 * f_2 * O_{p;z} * \alpha_t * q_{c;z;d}$$

waarin:

$R_{s,cal}$	maximale trekcapaciteit in kN
$f_1$	het effect van installatie van naburige palen ( $f_1 \geq 1,0$ )
$f_2$	het effect van trekbelasting ( $f_2 \leq 1,0$ )
$\alpha_{t;z}$	de coëfficiënt voor schachtwrijving op diepte z
$O_{p;z}$	de omtrek van de schacht op diepte z in m
$q_{c;z;d}$	de rekenwaarde voor de conusweerstand op diepte z in kPa
L	de lengte van de paal waarover kleef in rekening wordt gebracht in m

Er dient een controle berekening te worden uitgevoerd op kluitgewicht. Aangenomen wordt hierbij dat aan de onderzijde van een paalgroep niet het volledige gewicht van het zand kan worden gemobiliseerd voor het ontwikkelen van de draagkracht van de paal. Er wordt vanuit gegaan dat vanaf de paalpunt een kegelvormig breukvlak kan ontstaan. Dit effect wordt in rekening gebracht door het gewicht van de grond in de kegel en cilindervorm te toetsen aan de berekende kraagkracht van de paal in de paalgroep volgens:

$$R_{t;kluit;d} = (V_{kegel} + V_{cilinder}) * \gamma'_d$$

waarin:

$F_{t;kluit;d}$	maximale trekcapaciteit in kN
$V_{kegel}$	volume van de kegelvormige grondvolume onderaan de paal in m <sup>3</sup>

$V_{cilinder}$  volume cilindervormige grondvolume rondom de paal in m<sup>3</sup>  
 $\gamma'_d$  de rekenwaarde van het effectief volumiek gewicht van de grond in kN/m<sup>3</sup>

Het paalpuntniveau wordt zodanig gekozen dat wordt voldaan aan

$$F_{t;d} \leq R_{t;d} = \frac{R_{t;k}}{\gamma_{s;t} * \gamma_{m;var;qc}}$$

$$R_{t;k} = \min\left(\frac{(R_{s;cal})_{gem}}{\xi_3}; \frac{(R_{s;cal})_{gem}}{\xi_4}\right)$$

waarin:

$R_{t;d}$  de rekenwaarde van de draagkracht van de paal;  
 $F_{t;d}$  de rekenwaarde van de belasting op de paalkop;  
 $R_{s;cal}$  de maximale wrijvingskracht;

Onderstaand zijn de berekeningsparameters aangegeven zoals deze voor de constructie zijn gehanteerd.

Parameter	waarde	toelichting
Paaltype		prefab betonpaal 400x400 mm
$\alpha_t$	0,007	Tabel 7c Paalklassefactor schacht;trek
$\gamma_{s;t}$	1,35	materiaalfactor grond 1997-1 tabel 6 annex A.3.3.2 [-]
$\gamma_{m;var;qc}$	1,50	materiaalfactor, functie van variatie in de belasting
$\xi_3$	1,17	NEN-EN 1997-1:2011, annex A, table 10b, for N = 5
$\xi_4$	0,93	NEN-EN 1997-1:2011, annex A, table 10b, for N = 5

### 5.3 Rekenresultaten

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van de berekeningen van de draagkracht voor drukbelastingen weergegeven.

**Tabel 5.3 Draagvermogen druk palen 290x290 mm<sup>2</sup>.**

puntniveau	sondering	$R_{b;cal;max;i}$	$R_{s;cal;max;i}$	$R_{c;k}$	$F_{nk;d}$	$R_{c;net}$
NAP -m		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
-19.00	GH1375	1003	342	958	71	887
-19.00	GH1376	678	160	597	99	498
-19.00	GH1377	840	268	789	82	707
-19.00	GH1378	882	249	806	109	697
-19.00	GH1379	922	427	961	56	905
-19.50	GH1375	1145	418	1113	71	1042
-19.50	GH1376	728	230	682	99	583
-19.50	GH1377	915	340	894	82	812
-19.50	GH1378	840	314	822	109	713
-19.50	GH1379	1199	500	1210	56	1154



puntniveau	sondering	$R_{b,cal,max;i}$	$R_{s,cal,max;i}$	$R_{c,k}$	$F_{nk;d}$	$R_{c,net}$
NAP -m		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
-20.00	GH1375	1035	505	1097	71	1026
-20.00	GH1376	789	298	774	99	675
-20.00	GH1377	743	407	819	82	737
-20.00	GH1378	561	384	673	109	564
-20.00	GH1379	1076	587	1184	56	1128
-20.50	GH1375	866	592	1038	71	967
-20.50	GH1376	845	366	863	99	764
-20.50	GH1377	742	477	868	82	786
-20.50	GH1378	532	471	714	109	605
-20.50	GH1379	672	674	959	56	903
-21.00	GH1375	619	673	920	71	849
-21.00	GH1376	1121	439	1111	99	1012
-21.00	GH1377	610	549	825	82	743
-21.00	GH1378	536	527	757	109	648
-21.00	GH1379	254	761	723	56	667
-21.50	GH1375	571	740	934	71	863
-21.50	GH1376	1059	526	1129	99	1030
-21.50	GH1377	468	605	764	82	682
-21.50	GH1378	658	585	885	109	776
-21.50	GH1379	213	827	741	56	685
-22.00	GH1375	550	793	957	71	886
-22.00	GH1376	976	613	1132	99	1033
-22.00	GH1377	362	675	739	82	657
-22.00	GH1378	603	646	890	109	781
-22.00	GH1379	129	872	713	56	657
-22.50	GH1375	557	832	989	71	918
-22.50	GH1376	810	700	1075	99	976
-22.50	GH1377	317	730	746	82	664
-22.50	GH1378	563	715	910	109	801
-22.50	GH1379	268	889	824	56	768
-23.00	GH1375	569	871	1026	71	955
-23.00	GH1376	642	770	1006	99	907
-23.00	GH1377	158	760	654	82	572
-23.00	GH1378	455	771	873	109	764
-23.00	GH1379	237	941	839	56	783
-23.50	GH1375	759	919	1195	71	1124
-23.50	GH1376	624	831	1036	99	937
-23.50	GH1377	156	794	677	82	595
-23.50	GH1378	439	826	901	109	792
-23.50	GH1379	310	967	910	56	854

**Tabel 5.4 Draagvermogen drukpalen 320x320 mm2.**

puntniveau NAP -m	sondering	$R_{b,cal,max;i}$ [kN]	$R_{s,cal,max;i}$ [kN]	$R_{c;k}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$R_{c;net}$ [kN]
-19.00	GH1375	1192	377	1118	78	1040
-19.00	GH1376	807	177	701	109	592
-19.00	GH1377	1000	295	922	90	832
-19.00	GH1378	1035	274	932	120	812
-19.00	GH1379	1118	471	1132	62	1070
-19.50	GH1375	1304	461	1257	78	1179
-19.50	GH1376	865	253	796	109	687
-19.50	GH1377	933	375	932	90	842
-19.50	GH1378	734	346	769	120	649
-19.50	GH1379	1446	552	1423	62	1361
-20.00	GH1375	1237	557	1278	78	1200
-20.00	GH1376	932	329	898	109	789
-20.00	GH1377	875	449	943	90	853
-20.00	GH1378	680	423	786	120	666
-20.00	GH1379	943	648	1133	62	1071
-20.50	GH1375	907	653	1111	78	1033
-20.50	GH1376	1004	404	1003	109	894
-20.50	GH1377	894	526	1011	90	921
-20.50	GH1378	647	520	831	120	711
-20.50	GH1379	484	744	875	62	813
-21.00	GH1375	735	743	1053	78	975
-21.00	GH1376	1350	484	1306	109	1197
-21.00	GH1377	729	606	951	90	861
-21.00	GH1378	681	581	899	120	779
-21.00	GH1379	305	839	815	62	753
-21.50	GH1375	693	817	1075	78	997
-21.50	GH1376	1264	580	1313	109	1204
-21.50	GH1377	549	667	866	90	776
-21.50	GH1378	797	645	1027	120	907
-21.50	GH1379	260	912	835	62	773
-22.00	GH1375	670	875	1100	78	1022
-22.00	GH1376	1166	676	1312	109	1203
-22.00	GH1377	441	745	845	90	755
-22.00	GH1378	733	713	1030	120	910
-22.00	GH1379	164	962	802	62	740
-22.50	GH1375	678	918	1137	78	1059
-22.50	GH1376	843	772	1150	109	1041
-22.50	GH1377	386	805	848	90	758
-22.50	GH1378	684	788	1048	120	928
-22.50	GH1379	325	981	930	62	868
-23.00	GH1375	694	962	1179	78	1101

puntniveau	sondering	$R_{b,cal,max,i}$	$R_{s,cal,max,i}$	$R_{c,k}$	$F_{nk,d}$	$R_{c,net}$
NAP -m		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
-23.00	GH1376	781	850	1162	109	1053
-23.00	GH1377	192	839	734	90	644
-23.00	GH1378	553	851	1000	120	880
-23.00	GH1379	286	1038	943	62	881
-23.50	GH1375	878	1014	1348	78	1270
-23.50	GH1376	760	917	1194	109	1085
-23.50	GH1377	190	877	760	90	670
-23.50	GH1378	534	912	1030	120	910
-23.50	GH1379	388	1067	1036	62	974

**Tabel 5.5 Draagvermogen trek palen 290x290 mm2**

Peil	$R_{t,d \min}$	$R_{t,d \text{ avg}}$	$R_{t,d}$	$\xi_{\text{maatg.}}$
[m NAP]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
-17,0	50	57	50	$\xi_4$
-17,5	59	68	59	$\xi_4$
-18,0	65	81	65	$\xi_4$
-18,5	81	98	81	$\xi_4$
-19,0	101	116	101	$\xi_4$
-19,5	125	136	125	$\xi_4$
-20,0	149	156	149	$\xi_4$
-20,5	171	176	171	$\xi_4$
-21,0	195	194	194	$\xi_3$
-21,5	223	212	212	$\xi_3$
-22,0	251	228	228	$\xi_3$
-22,5	274	242	242	$\xi_3$
-23,0	290	254	254	$\xi_3$
-23,5	301	266	266	$\xi_3$

**Tabel 5.6 Draagvermogen trek palen 320x320 mm2**

Peil	$R_{t,d \min}$	$R_{t,d \text{ avg}}$	$R_{t,d}$	$\xi_{\text{maatg.}}$
[m NAP]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
-17,0	57	64	57	$\xi_4$
-17,5	66	76	66	$\xi_4$
-18,0	73	91	73	$\xi_4$
-18,5	90	109	90	$\xi_4$
-19,0	113	129	113	$\xi_4$
-19,5	139	151	139	$\xi_4$
-20,0	165	173	165	$\xi_4$
-20,5	190	194	190	$\xi_4$
-21,0	216	214	214	$\xi_3$
-21,5	246	233	233	$\xi_3$

Peil	$R_{t;d \text{ min}}$	$R_{t;d \text{ avg}}$	$R_{t;d}$	$\xi_{\text{maatg.}}$
[m NAP]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]
-22,0	276	251	251	$\xi_3$
-22,5	300	266	266	$\xi_3$
-23,0	318	279	279	$\xi_3$
-23,5	330	292	292	$\xi_3$

## 5.4 Advies inheidiepten

Uit de berekeningen blijkt dat voor groep 1 de trekbelasting maatgevend is. Bij de overige paalgroepen is de drukbelasting maatgevend. Omdat de trekbelasting leidt tot een grotere inheidiepte wordt geadviseerd daarvoor een grotere paaldiameter te kiezen. Hiermee kan volstaan worden met een kleinere inheidiepte, en worden grote paal-slankheden voorkomen.

**Tabel 5.7 Paalkeuze en inheidiepte per paalgroep**

Belastinggeval	Paalgroep	1	2	3	4	5
Paaltype		320*320	290*290	290*290	290*290	290*290
Inheidiepte	m tov NAP	-22,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0

## **6. Uitvoeringsaspecten**

### **6.1 Monitoring**

Nabij het project zijn geen monumentale objecten aanwezig.

In het bestek wordt geadviseerd de verplichting op te nemen de optredende heitrillingen te meten.

Het toelaatbare trillingsniveau volgt uit de SBR-richtlijnen. Voor de kerk geldt categorie 2. De Scholen mogen gezien de betonnen draagconstructie worden ingedeeld in categorie 1.

### **6.2 Benodigde heienergie**

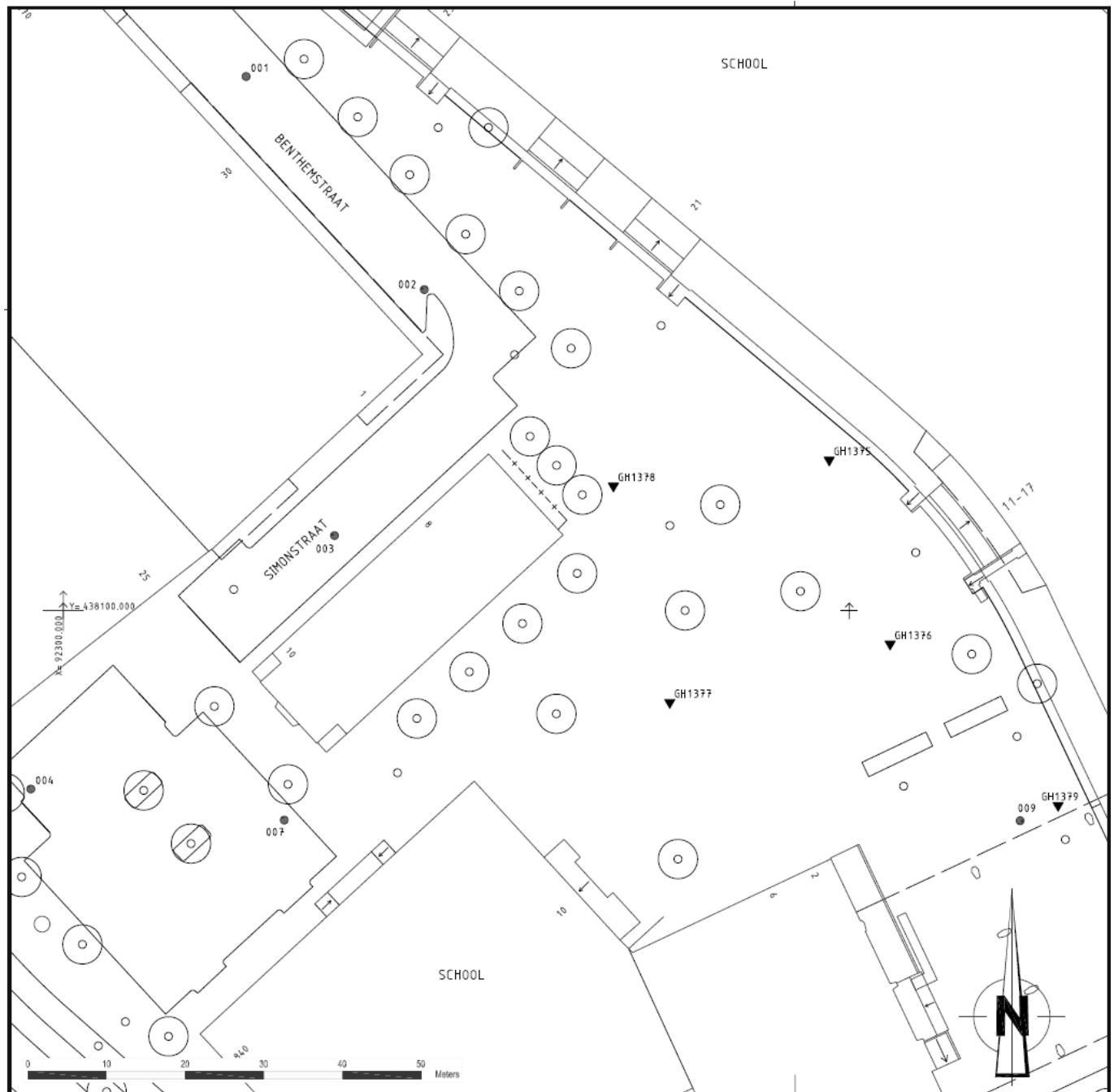
Om in te kunnen schatten welk materiaal nodig zou zijn is met de heiformule van Sprenger Potma bepaald welk valblok nodig is voor het inbrengen van de palen.

Palen 290 mm: benodigde heienergie circa 60 kNm

Palen 320 mm; benodigde heienergie circa 75 kNm

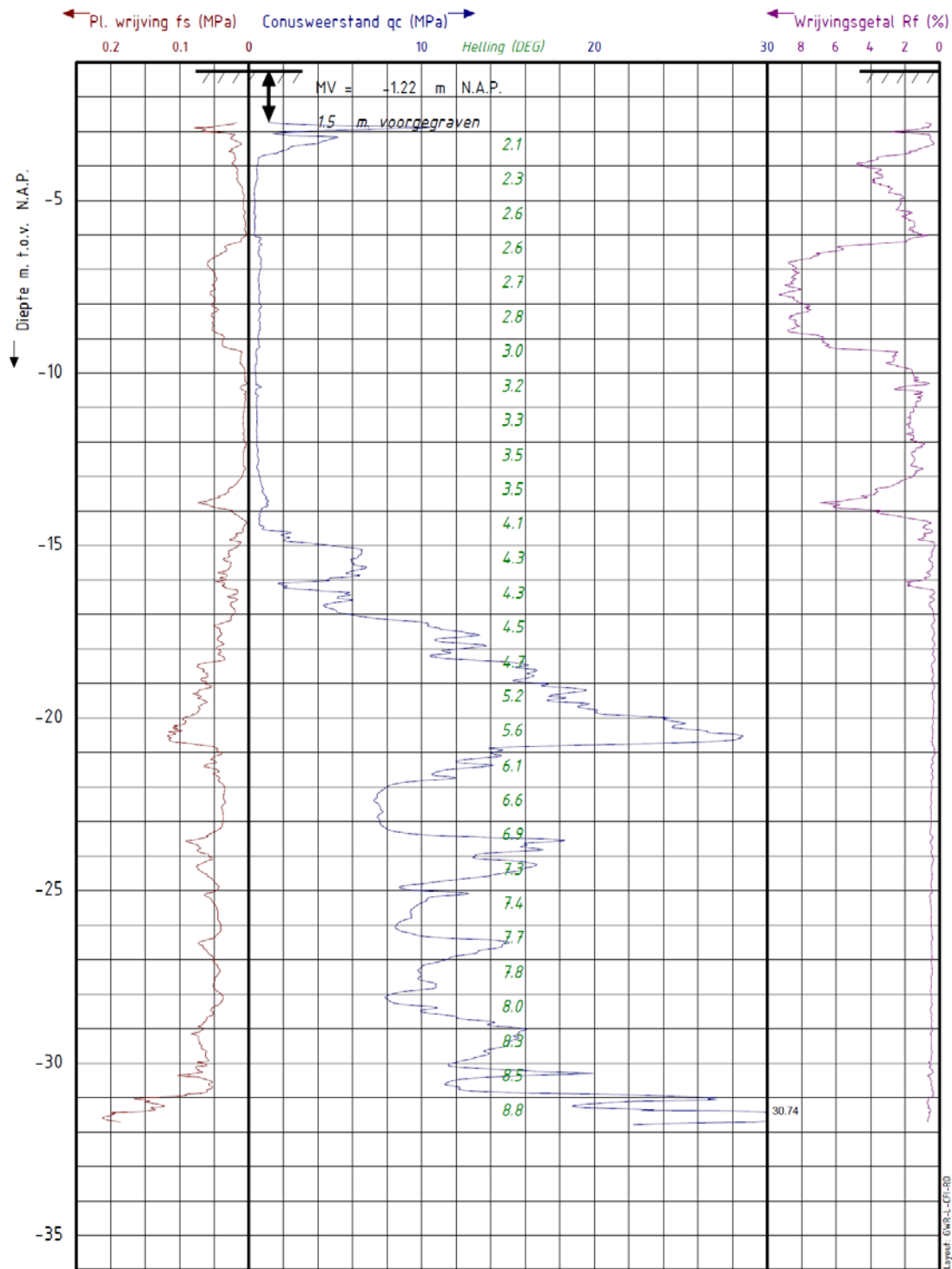


## Bijlage 1 Situatie grondonderzoek





## **Bijlage 2 Sonderingen**



Project : Benthemplein  
Dossier : 2011-106  
Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 18-11-2011  
MV. hoogte : -1.219 m. t.o.v. N.A.P.  
coördinaten in RD-stelsel  
X : 92397.452 Y : 438119.243  
Opmerking 1:

SONDERING:

GH1375

Pagina 1/1

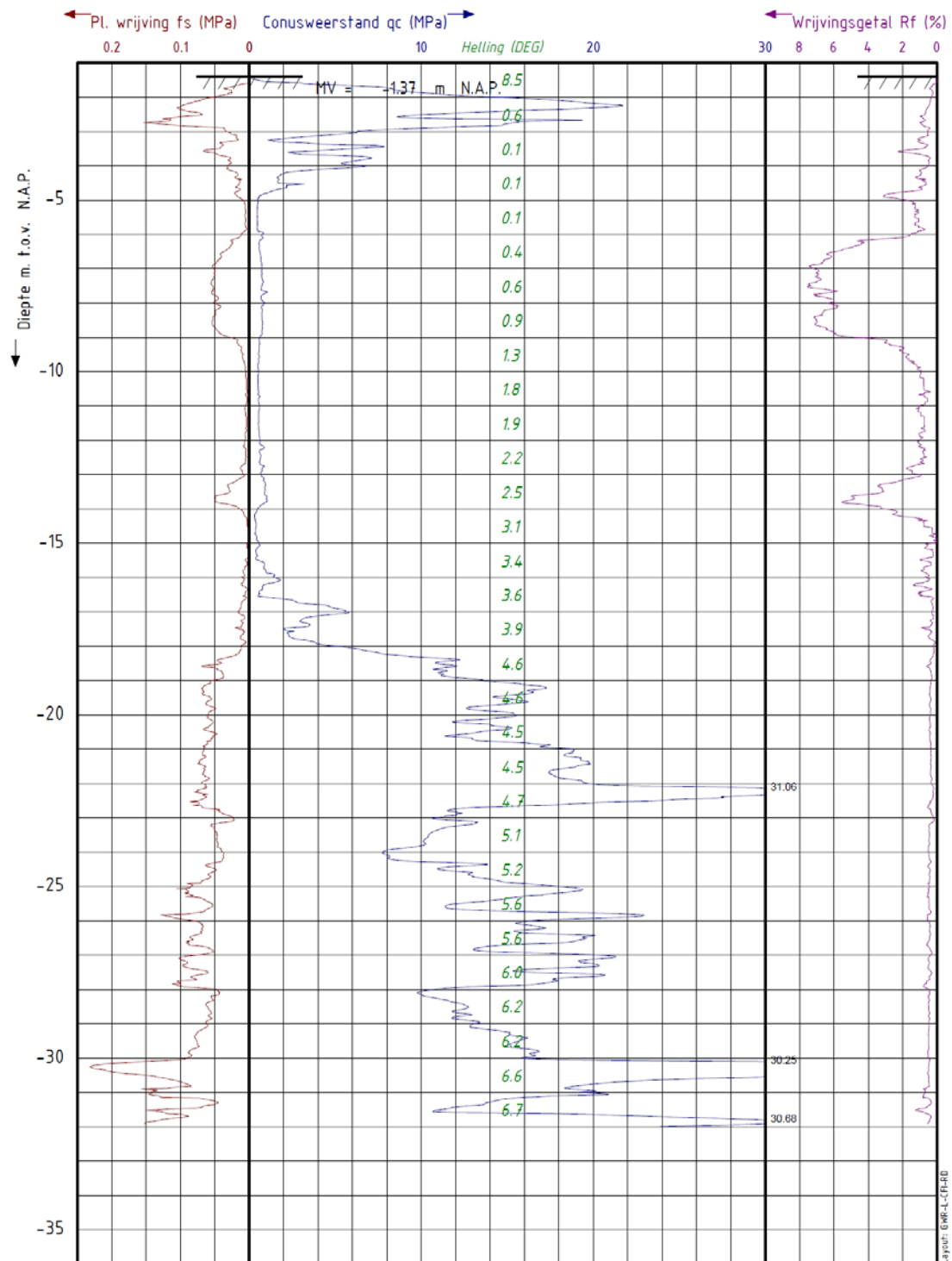
Conus type: CFP10-10

Nummer: 071117

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam  
Gemeentewerken  
Ingenieursbureau



Project : Benthemplein  
Dossier : 2011-106  
Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 21-11-2011  
MV, hoogte : -1.371 m. t.o.v. N.A.P.  
coördinaten in RD-stelsel  
X : 92405.170 Y : 438095.805  
Opmerking 1:

SONDERING:

**GH1376**

Pagina 1/1

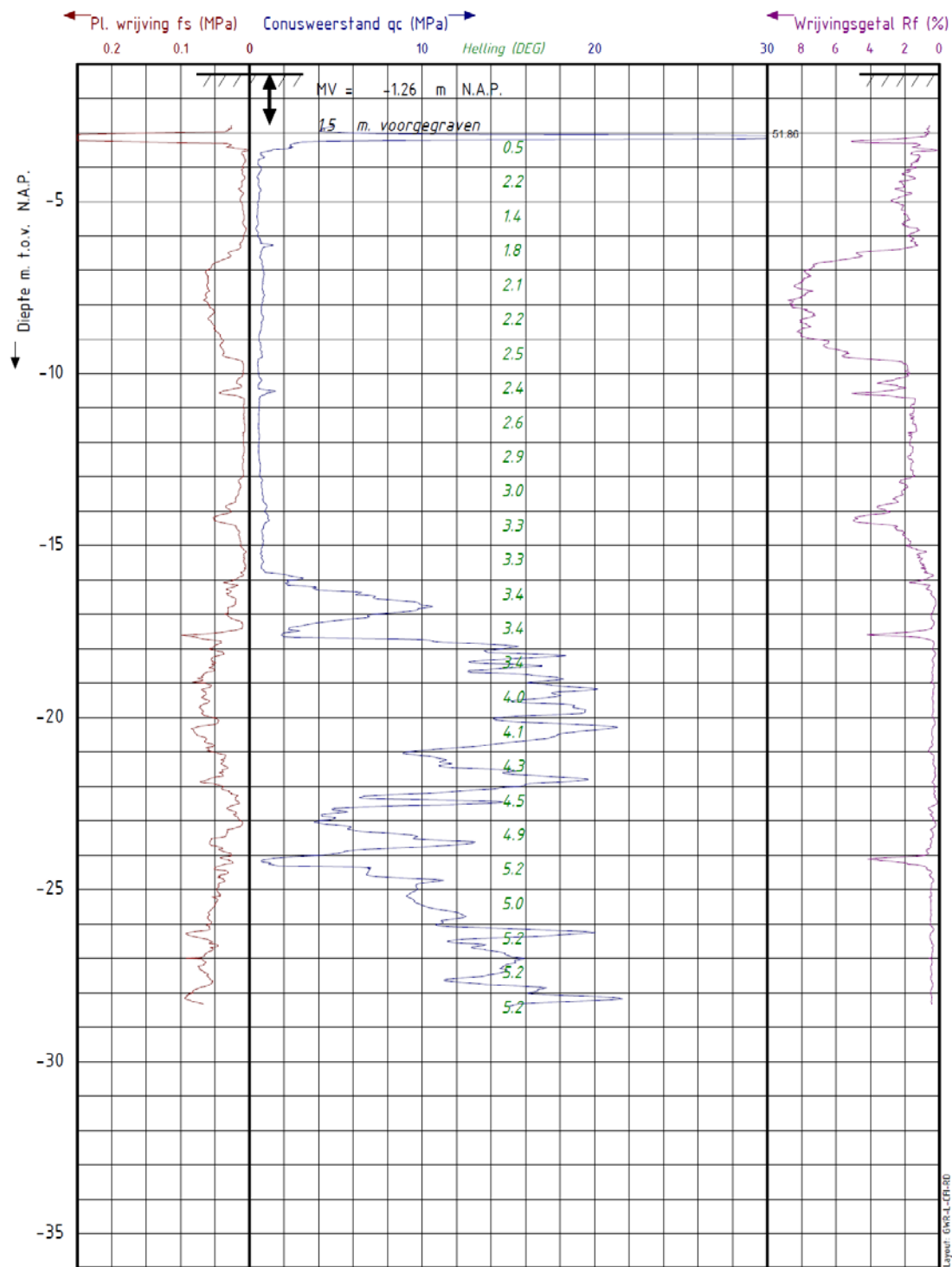
Conus type: CFP10-10

Nummer: 071117

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam  
Gemeentewerken  
Ingenieursbureau



Project : Benthemplein  
Dossier : 2011-106  
Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 21-11-2011  
MV. hoogte : -1.264 m. t.o.v. N.A.P.  
coördinaten in RD-stelsel  
X : 92377.121 Y : 438088.345  
Opmerking 1:

SONDERING:

GH1377

Pagina 1/1

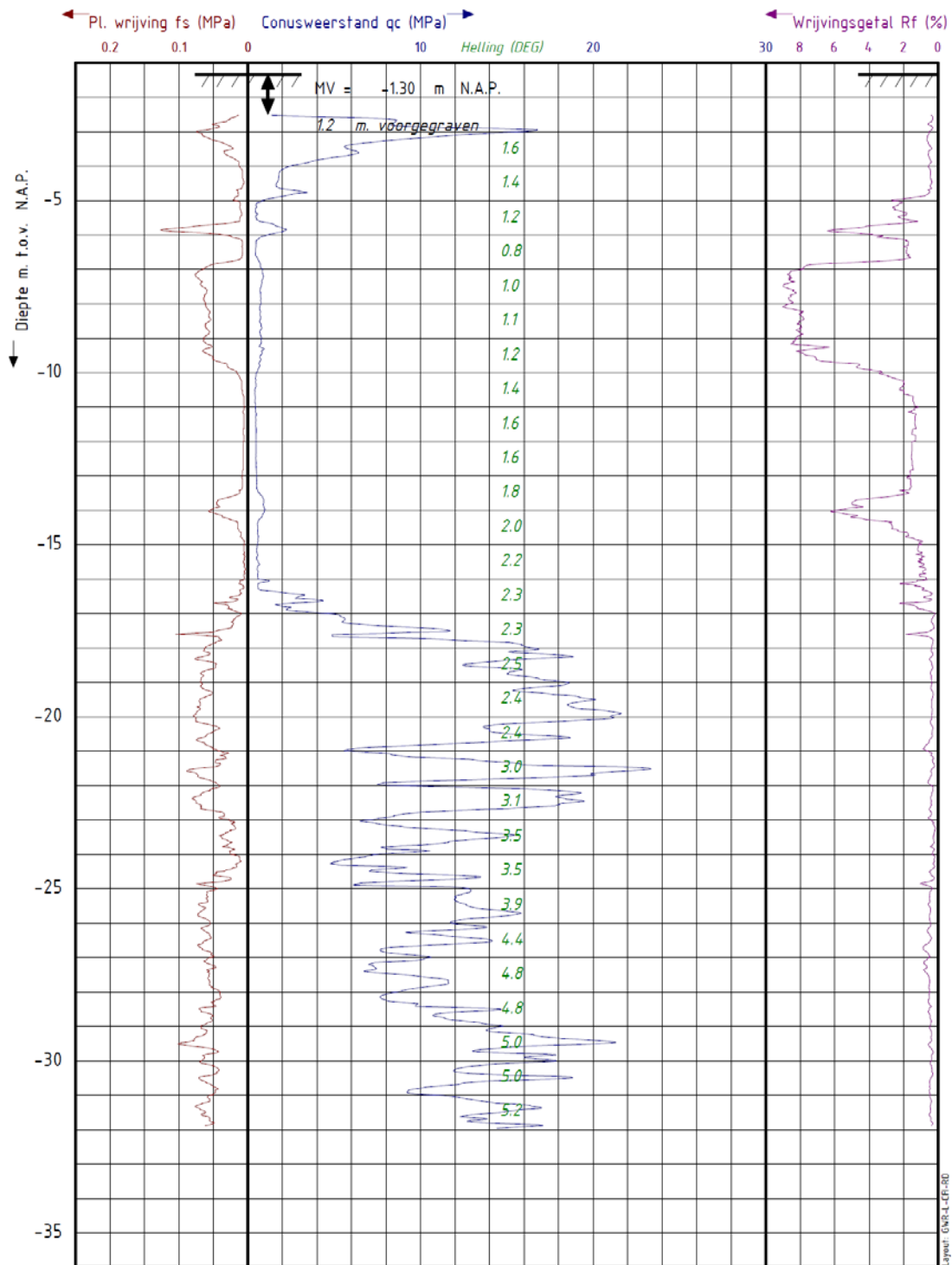
Conus type: CFP10-10

Nummer: 071117

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam  
Gemeentewerken  
Ingenieursbureau



Project : Benthemplein  
Dossier : 2011-106  
Locatie : Rotterdam

Paraaf 1:

Datum test : 18-11-2011  
MV. hoogte : -1.303 m. t.o.v. N.A.P.  
coördinaten in RD-stelsel  
X : 92369.992 Y : 438115.930  
Opmerking 1:

SONDERING:

**GH1378**

Pagina 1/1

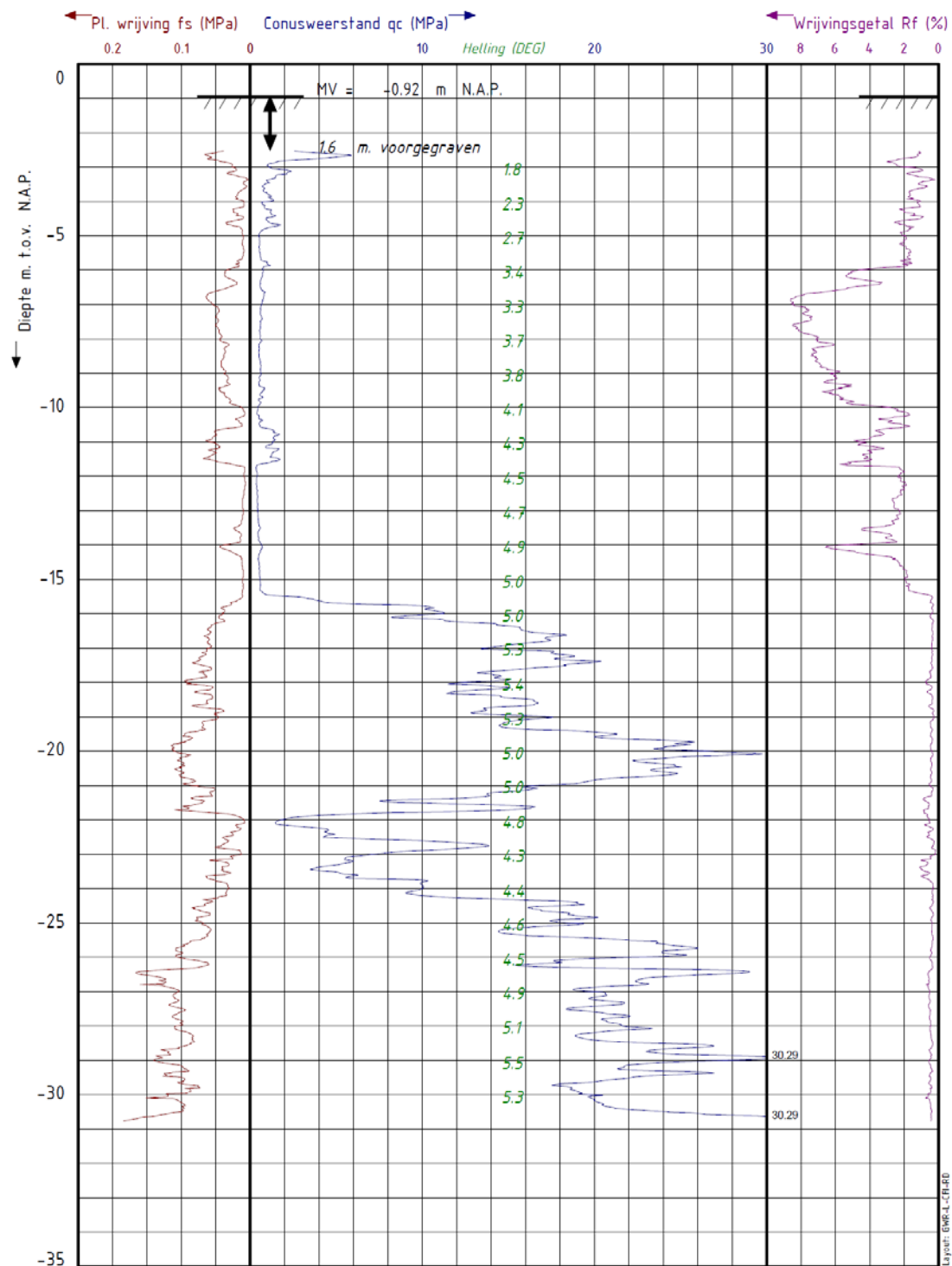
Conus type: CFP10-10

Nummer: 071117

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam  
Gemeentewerken  
Ingenieursbureau



Project : Benthemplein  
Dossier : 2011-106  
Locatie : Rotterdam

*Paraaf 1:*

Datum test : 21-11-2011  
MV. hoogte : -0.921 m. t.o.v. N.A.P.  
coördinaten in RD-stelsel  
X : 92425.854 Y : 438076.766  
Opmerking 1:

SONDERING:

GH1379

Pagina 1/1

---

Conus type: CFP10-10

Nummer: 071117

Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2



Gemeente Rotterdam  
Gemeentewerken  
Ingenieursbureau