

RAPPORT
betreffende

**ORIËNTEREND ONDERZOEK
SPORTACCOMODATIE TE HOOFDDORP**


Opdrachtnummer: 3006-0244-000

Opdrachtgever : Gemeente Haarlemmermeer
Project Management Bureau
Postbus 58
2130 AB Hoofddorp

Datum grondonderzoek : 1 augustus en 5 oktober 2006

Opgesteld door : ing. J.S.J. Misker
Adviseur Geotechniek

Geverifieerd door : ing. M.P. Rooduijn
Senior Adviseur Geotechniek

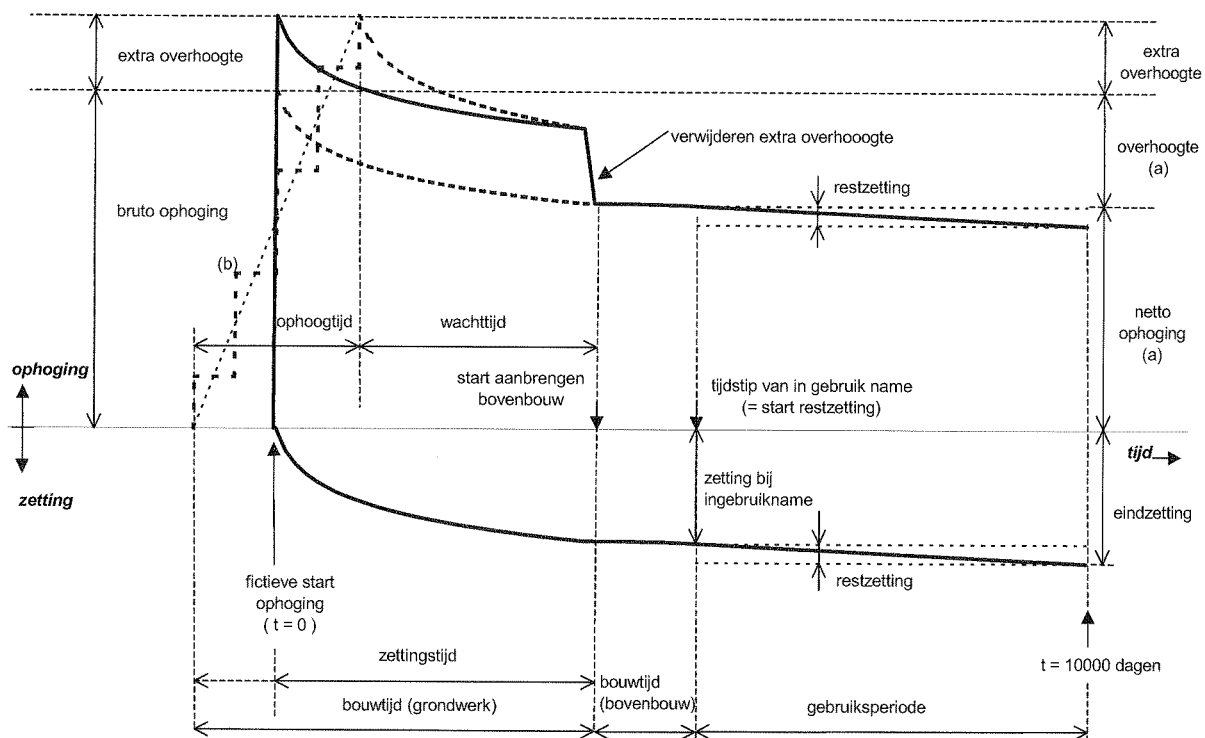
VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING / WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	20 mei 2008	Vrijgegeven	

FILE: 3006-0244-000V01.R01 Op deze rapportage zijn de algemene leveringsvoorwaarden van de V.O.T.B. van toepassing die een aansprakelijkheidsbeperking bevatten.

INHOUDSOPGAVE	<u>Blz.</u>
1. ALGEMENE TOELICHTING	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Projectomschrijving	1
2. GRONDONDERZOEK	3
2.1 Uitzetten en waterpassen	3
2.2 Sonderen	3
3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID	4
3.1 Grondparameters	5
3.2 Grondwaterstanden en stijghoogten	5
3.2.1 Grondwaterstanden	5
3.2.2 Langjarige grondwaterstandgegevens	6
4. ZETTINGSANALYSES EN OPHOOGADVIEZEN	7
4.1 Algemeen,	7
4.2 Zettingsberekeningen	7
4.3 Tijd-zettingsverloop	8
4.4 Beheersing grondwaterstand	9
4.5 Stabiliteit van de ophogingen	10
4.6 Bouwrijp maken terrein	10
4.7 Voorbelasten wegtracés	10
4.8 Aanleg geluidswal	10
4.9 Uitvoering	11
5. STABILITEITSBEREKENINGEN	13
5.1 Methode Bishop	13
5.2 Berekende stabiliteitsfactor	14
6. FUNDERINGSADVIES	15
6.1 Algemeen	15
6.2 Fundering op palen	15
7. ONTWATERING	17
BIJLAGEN	<u>Nr.</u>
<u>Grondonderzoek</u>	
- Situatietekening	3006-0244-000-1
- "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten"	
- "Continu Elektrisch Sonderen"	
- Sondeergrafieken	3006-0244-000-DKM1 t/m DKM9
- Locatieoverzicht peilbuizen NITG-TNO	3006-0244-000-2
- Tijd-stijghoogtegegevens peilbuizen NITG-TNO	3006-0244-000-3.1 en -3.2

Lijst van begrippen en definities

Begrip	Omschrijving
ophoging	Gedeelte van de grondconstructie dat boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt.
netto ophoging	Gedeelte van de grondconstructie dat na een arbitrair gekozen periode van 10000 dagen boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt.
bruto ophoging	Totale hoogte van de aangebrachte grondconstructie. bruto ophoging = netto ophoging + overhoogte
overhoogte	Zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die wordt aangebracht met het doel na zetting van de ondergrond de gewenste hoogte van de constructie te bereiken.
extra overhoogte	Extra zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die tijdelijk wordt aangebracht om zetting van het grondlichaam te bespoedigen. (Andere benamingen zoals tijdelijke overhoogte en 'voorbelasting' worden afgeraden.)
fictieve start ophoging	Tijdstip waarop een gefaseerde ophoging geacht wordt in zijn geheel aanwezig te zijn. Dit begrip wordt gebruikt indien in de berekening een gefaseerde ophoging wordt geschematiseerd tot een eenmalige ophoging van dezelfde grootte. Dit tijdstip wordt aangeduid met $t = 0$ en wordt, bij een gelijkmatige ophoogsnelheid, doorgaans halverwege de ophogtijd genomen; soms wordt 2/3 aangehouden.
zetting	Geleidelijk en min of meer gelijkmatig afnemen van de hoogteligging van het maaiveld of de cunetbodern waarop de constructie is aangelegd.
eindzetting	Zetting na een arbitrair gekozen periode van 10000 dagen (=circa 27 jaar) vanaf start ophoging. Soms wordt aangehouden: 10, 50 of 100 jaar.
restzetting	Zetting die zich voordoet in een bepaalde periode vanaf de oplevering van de bovenbouw (verharding / spoorstaven).
zettingsverschil	Verschil in zetting van twee locaties.
achtergrondzetting of autonome zetting	Zetting ten gevolge van inklinking in polders door polderpeilverlaging, voortgaande zetting door vroegere ophogingen, gas- en zoutwinning, en dergelijke.
bouwtijd (grondwerk)	Tijdsduur vanaf begin ophoging tot begin aanbrengen verharding of spoorstaven.
bouwtijd (bovenbouw)	Tijdsduur benodigd voor het aanbrengen van de verharding of de spoorstaven.
ophogtijd	Tijdsduur vanaf begin ophoging tot tijdstip waarop bruto ophoging geheel aanwezig is.
zettingstijd	Tijdsduur die voor de slappe lagen beschikbaar is om te zetten (consolideren) onder het gewicht van de ophoging, voordat de verharding of bovenbouw wordt aangebracht.
Wachttijd	Tijdsduur vanaf moment dat de ophoging in zijn geheel, inclusief de eventuele extra overhoogte, is aangebracht tot einde bouwtijd grondwerk.



Terminologie in tijd – zetting diagram

1. ALGEMENE TOELICHTING

1.1 Inleiding

Op 6 juli 2006 ontving Fugro Ingenieursbureau B.V. te Leidschendam van Gemeente Haarlemmermeer te Hoofddorp, de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek alsmede het uitbrengen van adviezen met betrekking tot Sportaccomodatie "Huis van de Sport" aan de Bennebroekerweg te Hoofddorp.

De (oriënterende) adviezen hebben betrekking op:

1. het verrichten van zettingsanalyses en het opstellen ophoogadviezen in het kader van het bouwrijp maken van het terrein;
2. het verrichten van zettingsanalyses en stabiliteitsberekeningen in het kader van de aan te leggen geluidswal;
3. het uitvoeren van oriënterende draagkracht berekeningen voor funderingspalen;
4. het uitvoeren van analyses voor de bemaling in het kader van ondergrondse constructies.

De adviesonderdelen 1 t/m 3 worden in dit rapport nader uitgewekt en gepresenteerd. Het laatste onderdeel wordt separaat uitgebracht.

Dit rapport bevat onder meer:

- Een korte projectomschrijving;
- Een beschrijving van het uitgevoerde grondonderzoek.
- Een omschrijving van de terrein- en bodemgesteldheid.
- Een geotechnische analyse van de zetting en stabiliteit.
- Een oriënterende draagkrachtberekening voor prefab betonpalen.
- Aanbevelingen voor de uitvoering.

1.2 Projectomschrijving

De bouwlocatie wordt omsloten door de Bennebroekerweg, de Waddenweg, de Nieuwe Bennebroekerweg en de Molenaarslaan te Hoofddorp in de gemeente Haarlemmermeer.

In de onderstaande figuur (bron Google-Earth) is de locatie weergegeven.



De huidige bestemming van het terrein met een oppervlak van ca. 550 m x 140 m is landbouw en grondopslag (zie voorgaande foto). Er zijn géén nadere gegevens verstrekt met betrekking tot de opslag van grond.

Volgens opgave van de opdrachtgever gelden de navolgende peilen:

- Het toekomstig wegpeil ligt ca. 0,3 m beneden het vloerpeil van de bebouwing;
- Het wegpeil van de Nieuwe Bennebroekerweg, de Deltaweg en de Molenaarslaan bedraagt ca. NAP-3,5 m;
- Het wegpeil van de (oude) Bennebroekerweg bedraagt ca. NAP-3,4 m à NAP-3,6 m;
- Het huidige maaiveldniveau varieert van NAP-4,5 m tot NAP-4,7 m)¹;
- De (grond)waterstand zal ongewijzigd blijven;

)¹ Op basis van het grondonderzoek varieert het huidige maaiveld van NAP-3,2 m tot NAP-4,9 m.

De voorziene geluidswal krijgt een hoogte van 6,0 m, een kruinbreedte van 1,7 m en taluds van 1:2 en 1:3. Hiervoor is niet expliciet een restzettingseis omschreven. De geluidwal is geprojecteerd langs de Nieuwe Bennebroekerweg.

Voor terreinophogingen en wegen geldt volgens opgave een restzettingseis van minder dan 0,05 m (gemiddeld) of 0,10 m (lokaal) in 30 jaar.

De tijdsduur die beschikbaar is voor het eventueel voorbelasten van het terrein bedraagt maximaal een halfjaar.

In de analyses wordt verder uitgegaan van de volgende peilen;

- Het toekomstige wegpeil in het gebied bedraagt NAP-3,5 m;
- Het toekomstige maaiveldniveau bedraagt NAP-3,4 m;
- Het (open) waterpeil bedraagt NAP-5,8 m.

Voor overige aspecten wordt verwezen naar de opdrachtgever.

2. GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit 9 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) tot een diepte van ca. NAP-30 m.

2.1 Uitzetten en waterpassen

De onderzoekslocaties zijn door Fugro uitgezet en gewaterpast (ten opzichte van NAP) en zijn aangegeven op de situatietekening in bijlage 1. Hierbij heeft de door de opdrachtgever verstrekte tekening als basis gediend.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties in het terrein is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. De gerapporteerde hoogtes zijn minder geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2.2 Sonderen

Wanneer de sonderingen gebruikt worden voor de toetsing van geotechnische constructies, dienen de aard en omvang van het grondonderzoek te voldoen aan art. 8.4.1. van NEN 6740, 1991, gecorrigeerd in september 2006.

De sonderingen zijn uitgevoerd met de elektrische Fugro-(kleefmantel)conus conform norm NEN 5140. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

De resultaten van de sonderingen zijn getekend op de grafieken DKM1 t/m DKM9, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van NAP.

Op de grafieken van de sonderingen is het wrijvingsgetal weergegeven. Dit is de verhouding tussen de plaatselijke wrijvingsweerstand en de conusweerstand. Empirisch is vastgesteld dat het wrijvingsgetal een nauwe relatie heeft met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw is verkregen.

3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP-3,2 m tot NAP-4,9 m.

Gezien de maaiveldniveaus en de aangetroffen bodemgesteldheden kan op basis van het grondonderzoek een 2-tal maatgevende bodemprofielen worden onderscheiden.

In het gebied met de sonderingen DKM1 t/m -4 worden de relatief hogere maaiveldniveaus aangetroffen. Het gronddepot is of was in dit gebied aanwezig. De sondering DKM6 wordt op basis van de bodemopbouw en maaiveldhoogte ingedeeld tot dit gebied.

Het gebied met de sonderingen DKM5 en DKM7 t/m -9 heeft de relatief lagere maaiveldniveaus.

De bodemprofielen worden in onderstaande overzichten schematisch weergegeven.

Tabel 3-1 Globale bodemgesteldheid bij DKM1 t/m -4 en DKM6 (gebied DKM1)

Diepten in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
-3,2 à -4,4	Maaiveld
-3,2 à -4,4 tot -4,5 à -5,5	ZAND, los gepakt, klei- of silthoudend zand
-4,5 à -5,5 tot -5,5 à -6,5	KLEI, silt-/zandhoudend
-5,5 à -6,5 tot -22,0 à -23,0	ZAND, los tot matig vast gepakt, lokaal doorsneden met kleilaagjes dan wel klei- of silthoudend zand
-22,0 à -23,0 tot -29,0 à -32,0	ZAND, vast tot zeer vast gepakt
-32,0	Maximaal verkende diepte

Tabel 3-2 Globale bodemgesteldheid bij DKM5 en DKM7 t/m -9 (gebied DKM7)

Diepten in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
-4,4 à -4,9	Maaiveld
-4,4 à -4,9 tot -7,5 à -9,5	KLEI, zand-/silthoudend onder een toplaag van uitgedroogde klei
-7,5 à -9,5 tot -17,0 à -21,0	ZAND, los tot lokaal matig vast gepakt, lokaal doorsneden met kleilaagjes dan wel klei- of silthoudend zand
-17,0 à -21,0 tot -26,0 à -31,0	ZAND, vast tot zeer vast gepakt
-31,0	Maximaal verkende diepte

Opgemerkt moet worden dat lokale afwijkingen in de gegeven bodemprofielen aanwezig zijn.

Het peil van een nabijgelegen open water is gedurende het grondonderzoek aangetroffen op ca. NAP-5,8 m. Deze waterstand is een éénmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

3.1 Grondparameters

Ten behoeve van zettings- en stabiliteitsanalyses zijn op basis van de resultaten van het grondonderzoek de grondparameters voor de verschillende grondlagen afgeleid, zie onderstaande tabellen.

Tabel 3-3 Karakteristieke waarden grondparameters DKM1 t/m -4 en DKM6 (gebied DKM1)

Bovenkant laag [m NAP]	Grondlaag	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C' [-]	c' [kPa]	ϕ' [°]
-3,2 à -4,4	Zand (los)	17 / 19	25	0	30
-4,5 à -5,5	Klei	15 / 15	10	1	20
-5,5 à -6,5	Zand (los / matig)	18 / 20	100	0	30
-22,0 à -23,0	Zand (vast)	19 / 21	400	0	33

Tabel 3-4 Karakteristieke waarden grondparameters DKM5 en DKM7 t/m -9 (gebied DKM7)

Bovenkant laag [m NAP]	Grondlaag	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C' [-]	c' [kPa]	ϕ' [°]
-4,4 à -4,9	Klei (uitgedroogd)	16 / 16	20	1	20
-5,5	Klei	15 / 15	10	1	20
-7,5 à -9,5	Zand (los / matig)	18 / 20	100	0	30
-17,0 à -21,0	Zand (vast)	19 / 21	400	0	33

Toelichting symbolen:

$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ volumieke gewichten (natuurlijke vochtig / verzadigd)

C' samendrukkingsconstante

c' cohesie

ϕ' interne wrijvingshoek

3.2 Grondwaterstanden en stijghoogten

3.2.1 Grondwaterstanden

Om inzicht te verkrijgen in de freatische grondwaterstand zijn bij de gemeente Haarlemmermeer peilbuisgegevens opgevraagd. Voor de projectlocatie zijn vooralsnog geen grondwaterstandsgegevens beschikbaar. Tijdens het grondonderzoek van Fugro zijn geen peilbuizen geplaatst (geen onderdeel van de opdracht).

Door het ontbreken van grondwaterstandsgegevens kunnen geen maatgevende grondwaterstanden en fluctuaties worden vastgesteld. Geadviseerd wordt op en in de directe omgeving van de projectlocatie ondiepe en diepe peilbuizen te plaatsen en deze minimaal éénmaal per twee weken te monitoren.

Op de projectlocatie zijn ondiep slecht doorlatende kleilagen aangetroffen. Hierop kunnen bij hevige regenval schijngrondwaterstanden ontstaan. Geïnfiltreerd regenwater zal op de kleilaag kunnen stagneren en oppervlakkig of ondiep afstromen richting de bebouwing waardoor wateroverlast kan ontstaan.

3.2.2 Langjarige grondwaterstandgegevens

Ter verificatie van grondwaterstanden en stijghoogten op de projectlocatie is gebruik gemaakt van de Grondwaterkaart van Nederland en zijn in het grondwater archief (DINO) van TNO langjarige peilbuisgegevens opgevraagd vanaf 1985 tot heden. Op de projectlocatie zelf bevindt zich geen peilbuis van TNO, dus wordt de situatie geanalyseerd aan de hand van peilbuizen in de omtrek. Een overzicht van de peilbuislocaties is weergegeven in bijlage 3006-0244-000-2. In verband met onvoldoende meetgegevens op de betreffende peilbuislocaties kon geen statistische analyse van de GHG en GLG worden gemaakt. Bij dit project wordt uitgegaan van de verwachte maatgevende hoge, lage en gemiddelde grondwaterstand over de meetperiode. De "maatgevende hoge" ligt daarbij beperkt hoger dan de GHG en wordt als meer maatgevend gezien voor ontwerpberekeningen.

De in tabel 4 weergegeven waarden zijn afgeleid uit de tijd-stijghoogtegrafieken die zijn weergegeven in bijlage 3006-0244-000-3.1 t/m -3.2.

Tabel 4: Peilbuisgegevens NITG-TNO t.o.v. NAP

Nr. peilbuis	Afstand en richting t.o.v. midden locatie (m)	Filterafstelling van - tot (m t.o.v. NAP)	Stijghoogte (m t.o.v. NAP) ca.		
			Hoge	Gemiddelde	Lage
B25C0361 01	1.500 NW	-5,96 tot -6,96 (deklaag)	-4,5	-4,9	-5,1
B25C0361 02	1.500 NW	-18,97 tot -19,97 (1 ^e WVP)	-4,5	-4,9	-5,1
B25C0361 03	1.500 NW	-35,98 tot -36,98 (1 ^e WVP)	-4,5	-4,9	-5,1
B25C0434 01	1.800 W	Onbekend	-0,2 ²⁾	-0,5 ²⁾	-0,8 ²⁾
B25C0435 01	1.800 W	Onbekend	-0,3 ²⁾	-0,5 ²⁾	-0,8 ²⁾
B25C0447 01	2.000 ZW	Onbekend	-0,6 ²⁾	-1,4 ²⁾	-2,3 ²⁾

¹⁾ B25C0435 01 is slechts 2 jaar lang gemeten

²⁾ Waardes ten opzichte van meetpunt (onbekend)

Op basis van bovenstaande peilbuisgegevens en de Grondwaterkaart van Nederland kan het volgende worden opgemerkt:

- In de peilbuizen is een seizoensfluctuatie zichtbaar;
- Peilbuizen B25C0434 01, B25C0435 01 en B25C0447 01 zijn ten opzichte van een vast meetpunt (hoogte onbekend) gemeten en zijn daardoor niet relevant voor het vaststellen van de stijghoogten in het 1^e watervoerend pakket;
- Door het ontbreken van grondwaterstandsgegevens kunnen geen maatgevende stijghoogten en fluctuaties worden vastgesteld.

4. ZETTINGSANALYSES EN OPHOOGADVIEZEN

4.1 Algemeen,

In het betreffende gebied zal het maaiveldniveau worden verhoogd naar NAP-3,4 m, voor de aan te leggen wegen bedraagt het peil ca. NAP-3,5 m.

In het gebied met de sonderingen DKM1 t/m -4 en -6 varieert het huidige maaiveldniveau van NAP-4,2 m tot NAP-4,4 m. Uitgezonderd DKM3 waar het maaiveldniveau NAP-3,2 m bedraagt. Bij een gemiddeld maaiveld van NAP-4,3 m bedraagt de netto ophoging 0,9 m.

In het gebied met de sonderingen DKM5 en -7 t/m -9 varieert het huidige maaiveldniveau van NAP-4,4 m tot NAP-4,9 m. Bij een gemiddeld maaiveld van NAP-4,7 m bedraagt de netto ophoging 1,3 m.

De geluidswal heeft een hoogte van 6,0 m met een peil op NAP+2,8 m, een kruinbreedte van 1,7 m en taluds van 1:2 en 1:3. De geluidswal is geprojecteerd langs de Nieuwe Bennebroekerweg.

Voor terreinophogingen en wegen geldt een restzettingseis van minder dan 0,05 m (gemiddeld) of 0,10 m (lokaal) in 30 jaar.

Een eventuele voorbelasting moet beperkt blijven tot een halfjaar.

4.2 Zettingsberekeningen

Door het aanbrengen van ophogingen zal een zettingsproces op gang worden gebracht. De zettingen worden veroorzaakt door verhogingen van de korrelspanningen. Deze korrelspanningen worden beïnvloed door het aanbrengen of weghalen van ophogingen en veranderingen in de grondwaterstanden. De zettingen treden tijdsafhankelijk op. Enerzijds is sprake van het uitdrijven van water (consolidatie gedurende de hydrodynamische periode), anderzijds treedt kruip op (ook secundaire zinking genoemd). De berekende zettingen betreffen theoretische eindzettingen en zullen pas na geruime tijd worden bereikt. Hiervoor is een periode van 30 jaar in acht genomen. Het zettingsproces gedurende de consolidatiefase kan in het algemeen worden versneld door het aanbrengen van drains in de samendrukbare lagen en het eventueel aanbrengen van een tijdelijke overhoogte.

De zettingen zijn berekend met de vereenvoudigde formule van Koppejan (gecombineerde formule Terzaghi-Buisman), die in grote lijnen als volgt kan worden geschreven:

$$w = \frac{h}{C'} \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v;z} + \Delta\sigma'_{v;z}}{\sigma'_{v;z}} \right)$$

waarin:	w	= samendrukking in m
	h	= laagdikte in m
	C'	= samendrukkingscoëfficiënt
	$\sigma'_{v;z}$	= oorspronkelijke verticale korrelspanning in kN/m ²
	$\Delta\sigma'_{v;z}$	= verticale korrelspanningsverhoging in kN/m ²

De stijfheidseigenschappen van de bodem zijn bepaald aan de hand van een interpretatie van het uitgevoerde grond- en laboratoriumonderzoek alsmede op basis van ervaring. Bij de

analyses is rekening gehouden met het onder water zakken van de grondlagen, waardoor het effectief gewicht van de ophoging vermindert. De berekeningen geven het verloop van de zetting in de tijd en de zogenaamde eindzettingen, dat wil zeggen de zettingen die over een periode van ca. 30 jaar optreden.

De onnauwkeurigheid in de berekende zetting bedraagt circa 30%. Verder kunnen afwijkingen ontstaan door variatie in de bodemopbouw, samenstelling van de grondlagen, alsmede gebeurtenissen met het bodem uit het verleden.

Terreinophogingen

In de onderstaande tabellen zijn de eindzettingen bij de verschillende zandophogingen en de bruto benodigde ophogingen bij verschillende maaiveldniveaus voor de maatgevende bodemprofielen weergegeven.

Tabel 4-1 Eindzettingen bij zandophogingen

Zandophoging in m	Zettingen in 30 jaar in m	
	Gebied "DKM1"	Gebied "DKM7"
0,75	0,08 à 0,12	nvt
1,00	0,10 à 0,14	0,18 à 0,27
1,25	0,11 à 0,17	0,21 à 0,32
1,50	0,13 à 0,19	0,24 à 0,36
1,75	0,14 à 0,21	0,27 à 0,40
2,00	0,15 à 0,23	0,29 à 0,44

Tabel 4-2 Bruto benodigde zandophogingen voor een ontwerppeil van NAP-3,4 m

Locatie	Maaiveld	Netto [m]	Bruto [m]	Eindzetting [m]
Gebied "DKM1"	NAP-4,2 m	0,80	0,91	0,11
	NAP-4,4 m	1,00	1,14	0,14
Gebied "DKM7"	NAP-4,4 m	1,00	1,27	0,27
	NAP-4,6 m	1,20	1,50	0,30
	NAP-4,8 m	1,40	1,74	0,34

Aanleg wegen

De berekende eindzettingen voor de toekomstige wegen met een peil op NAP-3,5 m zijn vergelijkbaar met de eindzettingen bij de bruto benodigde zandophogingen uit bovenstaande tabel.

Geluidswal

Op basis van oriënterende zettingsberekeningen blijkt dat de geluidswal direct met een overhoogte aangebracht dient te worden. Het toepassen van een voorbelasting voor de geluidswal wordt niet zinvol geacht.

4.3 Tijd-zettingsverloop

Het optreden van de zettingen is een tijdsafhankelijk proces. In eerste instantie zal een ophoging een wateroverspanning veroorzaken in de samendrukbare lagen. Het hierdoor ontstane potentiaalverschil geeft een grondwaterstroming, waardoor de wateroverspanning geleidelijk afneemt en de korrelspanning toeneemt, hetgeen zetting veroorzaakt. De tijdsduur van dit proces wordt de hydrodynamische periode genoemd. De lengte van deze periode (t_e) is afhankelijk van de laagdikte, de doorlatendheid van de samendrukbare lagen en de afstromingsmogelijkheden van het uit te persen water.

De zetting die in de hydrodynamische periode optreedt, bestaat deels uit primaire en deels uit secundaire zetting. Na het verstrijken van de hydrodynamische periode treden alleen nog secundaire zettingen op. In geval van een dik pakket slappe lagen bepaalt de lengte van de hydrodynamische periode in belangrijke mate de grootte van de restzettingen na in gebruik name.

De hydrodynamische periode [t_e] kan worden verkort door het toepassen van verticale drainage. In het gebied "DKM1" bedraagt t_e ca. 3 maanden zonder drainage. In gebied "DKM7" kan t_e ca. 2½ jaar bedragen zonder drainage. Door in gebied "DKM7" verticale drainage toe te passen in een driehoekstramien van 1 drain per 3 m² kan t_e worden beperkt tot ca. 1 à 1½ jaar.

Het zettingsverloop voor de genoemde hydrodynamische perioden [t_e 's kan als volgt worden weergegeven:

Tabel 4-3 Zettingspercentages

Tijd	Percentage opgetreden zetting t.o.v. eindzetting		
	gebied "DKM1"	gebied "DKM7"	gebied "DKM7"
	géén vert. drainage	géén vert. drainage	1 drain / 3 m ²
3 maanden	84 %	41 %	59 %
6 maanden	87 %	59 %	78 %
9 maanden	88 %	71 %	85 %
1 jaar	89 %	78 %	88 %
3 jaar	93 %	92 %	93 %
10 jaar	97 %	97 %	97 %

Uitgegaan wordt dat in gebied "DKM7" verticale drainage wordt toegepast.

Verticale drainage

Aangeraden wordt kunststof drains met een breedte van 0,1 m categorie III te gebruiken, zie C.R.O.W.-publikatie 77. Om kortsluiting tussen het freatische water en het diepe grondwater te voorkomen, dient de onderkant van de verticale drains niet dieper dan circa 1 m boven het zandpakket te worden geplaatst. De overgang van gebied "DKM7" naar gebied "DKM1" kan niet worden aangegeven.

4.4 Beheersing grondwaterstand

Gedurende het bouwrijp maken is een goede ontwatering vereist teneinde het effect van een (voor)belasting optimaal te doen zijn. Een goede ontwatering kan worden verkregen met behulp van een drainagestelsel en open water.

Voor een beheersing/verlaging van de grondwaterstand in de klei-/veenlagen dient het drainagestelsel te bestaan uit bijvoorbeeld met polypropyleenweefsel omwikkelde ribbeldrains Ø 80 mm hart-op-hart 25 m., welke afwateren op het open water.

In gebied "DKM7" kunnen de horizontale drains op het maaiveld worden aangebracht.

In gebied "DKM1" wordt geadviseerd de horizontale drainage te installeren op het polderpeil. Teneinde het ontstaan van een "ondoordlatend vlies" door verslijming van de huidige grasmat te voorkomen wordt geadviseerd de grasmat te freeze.

4.5 Stabiliteit van de ophogingen

Gezien de bodemopbouw wordt geadviseerd voor een ophoging tot 3,0 m in lagen van 0,5 m aan te brengen met taluds van 1:3 (verticaal op horizontaal) zonder tijdsbeperkingen.

Gedurende deze fase kunnen lokaal geringe weppersingen ontstaan. Geadviseerd wordt sloten binnen een afstand van 5,0 m uit de ophoging (tijdelijk) te dempen.

4.6 Bouwrijp maken terrein

Indien een restzettingseis van minder dan 0,05 m in 30 jaar wordt gehanteerd, kunnen de volgende voorbelastingen worden overwogen.

Uitgaande een maaiveldniveau van NAP-4,3 m kan voor gebied "DKM1" de volgende voorbelasting worden overwogen:

- Aanbrengen zand tot een hoogte van NAP-3,3 m;
- Na ½ jaar overhoogte verwijderen van ca. 0,05 m
- Naar verwachting blijft de resterende zetting in 30 jaar beperkt tot 0,05 m.

Uitgaande een maaiveldniveau van NAP-4,7 m kan voor gebied "DKM7" de volgende voorbelasting worden overwogen:

- Aanbrengen 1,0 m zand;
- Installeren verticale drainage van 1 drain per 3 m²;
- Ophogen tot een hoogte van NAP-2,75 m;
- Tussentijds egaliseren;
- Na ½ jaar overhoogte verwijderen van ca. 0,4 m (gemiddeld)
- Naar verwachting blijft de resterende zetting in 30 jaar beperkt tot 0,05 m.

4.7 Voorbelasten wegtracés

Het ontwerppeil van de wegen bedraagt NAP-3,5 m.

Uitgegaan wordt dat de uiteindelijk wegconstructie ten minste dient te bestaan uit:

- Verharding: 0,08 à 0,15 m, bijv. asfalt;
- Granulaat 0,15 à 0,2 m;
- Zand ca. 0,7 m.

De totale constructiehoogte bedraagt ca. 1,0 m

Bij maaiveldniveaus boven NAP-4,4 m dient een cunet te worden gegraven. Verder kunnen de voorbelastingen worden overwogen zoals die voor de terreinophogingen gelden.

4.8 Aanleg geluidswal

De voorziene geluidswal heeft een hoogte van 6,0 m met een kruinhoogte op NAP+2,6 m. Aan de zijde met de Nieuwe Bennebroekerweg dient het talud 1:2 te bedragen de andere kant krijgt de wal een talud van 1:3. De kruinbreedte is 1,7 m, waardoor de voet- c.q. strookbreedte van de geluidswal ca. 31,7 m bedraagt.

In gebied "DKM1" kan zonder verticale drainage en in gebied "DKM7" dient met verticale drainage gewerkt te worden. In het geval de geluidswal wordt opgetrokken met grond dient aan de basis van de wal minstens 0,5 m zand als drainagelaag te zijn aangebracht. Deze drainagelaag zal de afwatering verbeteren.

Voor het aanbrengen van de geluidswal zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. Op basis van deze berekeningen is onder andere de snelheid van ophogen getoetst. In het volgende hoofdstuk zijn deze analyses uitgewerkt.

Indien wordt uitgegaan dat géén voorbelasting wordt uitgevoerd, kan worden overwogen de geluidswal op de volgende wijze aan te leggen:

In gebied "DKM1":

- Aanbrengen minstens 0,5 m zand (drainagelaag);
- Ophogen met zand / grond van de geluidswal in profiel tot NAP+2,9 m.
- Binnen ½ jaar kan ca. 75% à 85% van de berekende eindzetting zijn opgetreden.
- Na ½ jaar dient de geluidswal terug in profiel te worden gebracht. Na verwachting kan de resterende zetting in 30 jaar tot ca. 0,1 m à 0,15 m bedragen.

In gebied "DKM7":

- Aanbrengen minstens 0,5 m zand (drainagelaag);
- Installeren van verticale drainage (1 drain per 3 m²);
- Ophogen met ca. 8,0 m zand / grond van de geluidswal in profiel tot NAP+3,2 m.
- Binnen ½ jaar kan ca. 70% à 80% van de berekende eindzetting zijn opgetreden.
- Na ½ jaar dient de geluidswal terug in profiel te worden gebracht. Na verwachting kan de resterende zetting in 30 jaar tot ca. 0,3 m à 0,4 m bedragen.

Het ophogen in lagen van 0,5 m zonder tijdsbeperking.

4.9 Uitvoering

De grondwaterstand in de ophoging dient beheerst te worden zodat de afvoer van water uit de verticale drains ongehinderd kan plaatsvinden. Bij een grondophoging moet hiervoor eerst een drainagelaag van zand worden aangebracht. Voor de afvoer van water kan bij de teen van de ophoging een drainsleuf worden aangelegd bestaande uit een met matig grof of grof zand opgevulde sleuf, voorzien van een kunststof drainage buis. De onderzijde van de drainage sleuf dient circa 0,5 m beneden het grondwaterpeil te liggen. De drainage sleuf dient af te wateren op een bestaande watergang.

Dempen sloten onder de ophoging

Sloten die zich onder de ophoging bevinden dienen bij voorkeur zodanig te worden gedempt dat de homogene situatie van vóór het graven van de sloot zoveel mogelijk wordt hersteld. Afhankelijk van de bodemgesteldheid ter plaatse kan het dempen worden uitgevoerd met zand of droge grond. Door de sloot met droge grond te dempen wordt bereikt dat de bodemgesteldheid ter plaatse van de sloot zo min mogelijk afwijkt van de rest van het terrein.

Wordt de sloot gedempt met zand dan dient dit sproeiend te worden aangebracht. Slib op de slootbodem wordt hierbij opgesloten, zodat het risico voor zijdelings wegpersen zoveel mogelijk wordt beperkt.

Als alternatief kan de sloot worden droog gezet, het slib worden verwijderd en droog zand of droge grond in lagen van 0,5 m worden aangebracht. Het droogzetten van de sloot kan op de volgende wijze worden uitgevoerd:

- het slootpeil verlagen en door middel van dammetjes of schotten verdelen in vakken van circa 15 m
- de sloot vervolgens per vak droogzetten en aanvullen met 'droge' (niet verkneede) grond, die wordt verdicht door aandrukken met de bak van een graafwerktuig.

Ter beperking van het zettingsverschil wordt aangeraden ter plaatse van de sloot een extra overhoogte aan te brengen.

Metingen

Om het zakkingsproces te kunnen volgen, wordt aangeraden in het hart van de aardebaan c.q. geluidswal één rij zakbaken te plaatsen met een hart-op-hart-afstand van 50 m. In het terrein is dit in een raster van 50 m x 50 m. De zakbaken dienen tijdens het ophogen wekelijks te worden opgemeten. Na bereiken van de eindhoogte dient minimaal 10-maal periodiek te worden gemeten tot het einde van de voorbelastingsperiode. Uit de metingen dient de hoogte van de ophoging, de opgetreden zetting, het zettingsverloop en de overhoogte te kunnen worden bepaald.

In aanvulling hierop kan de stabiliteit van met name de geluidswal worden beoordeeld door op circa 1 m uit de teen in een rechte lijn perkoenpalen te plaatsen, h.o.h.-afstand 10 m, ca 2 m diep en ca. 1,5 m boven MV, en dagelijks te controleren of de palen nog verticaal en in een rechte lijn staan. Een dergelijke controle kan goed door het dagelijks toezicht worden uitgevoerd.

5. STABILITEITSBEREKENINGEN

5.1 Methode Bishop

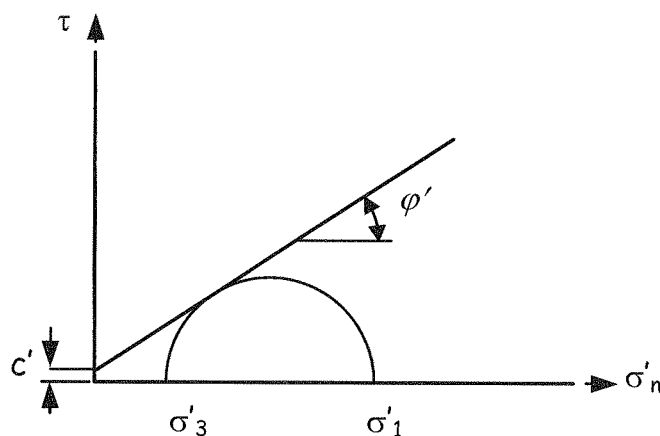
De stabiliteit van de ophogingen is geanalyseerd door het uitvoeren van glijvlakberekeningen volgens de vereenvoudigde methode Bisschop met het computerprogramma MSTAB. Hierbij wordt de stabiliteitsfactor van een grondmoot langs een cirkelvormig glijvlak berekend. De stabiliteit van het talud is afhankelijk van:

- de sterkte van de grond
- de grootte van de ophoging
- de wateroverspanning in de ondergrond en dus van de snelheid van ophogen, de hoogte van de ophoging en van de doorlatendheid van de ondergrond
- de hellingshoek van het talud, inclusief de aanwezigheid van een steunberm
- de aanwezigheid van een sloot of watergang bij de teen van een talud.

De benodigde minimale stabiliteitsfactor bedraagt 1,1 in de uitvoeringsfase en 1,3 in de eindfase, indien wordt uitgegaan van karakteristieke waarden van de grondparameters.

In de berekeningen zijn de afmetingen van het profiel aangenomen conform de door de opdrachtgever verstrekte informatie.

De ondergrond is verdeeld in een aantal lagen waarbij voor iedere laag het volume gewicht en de wrijvingseigenschappen (hoek van inwendige wrijving φ' en de cohesie c') worden opgegeven, zie *Figuur 5-1*. Deze parameters zijn o.a. bepaald aan de hand van interpretatie van het grond- en laboratoriumonderzoek alsmede aan de hand van ervaring. Bij de berekeningen zijn karakteristieke waarden van de grondparameters gebruikt.



Figuur 5-1 Schuifweerstand

Per grondlaag is ook het aanpassingspercentage opgegeven, dat wil zeggen, de mate waarin de korrelspanning is aangepast aan het gewicht van de aangebrachte ophogingen. Bij slecht doorlatende grond als klei- en veen resulteert het aanbrengen van een ophoging in eerste instantie in het optreden van wateroverspanningen. Het aanpassingspercentage is dan laag, bijvoorbeeld 20%. Na verloop van tijd, als het overspannen water de gelegenheid heeft gekregen om af te stromen, neemt het aanpassingspercentage toe waardoor ook de korrelspanningen en de weerstand tegen afschuiven toenemen. Na het verstrijken van de hydrodynamische periode, is sprake van 100% aanpassing.

5.2 Berekende stabiliteitsfactor

De berekeningsresultaten zijn in onderstaande tabellen samengevat. De vereiste waarde van de stabiliteitsfactor tijdens het ophogen bedraagt 1,1.

In de berekeningen is uitgegaan dat een terreinophoging aan beide zijden van de geluidswal is uitgevoerd of gelijktijdig wordt uitgevoerd.

Tabel 5-1 Berekende stabiliteitsfactoren met rekenwaarden van de grondparameters

Zandophoging [m]	Taludhelling [v:h]	Minimale stabiliteitsfactoren [SF] bij consolidatiegraad:				
		20%	40%	60%	80%	100%
4	1 : 2	1,22)*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
5	1 : 2	1,19)*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
6	1 : 2	1,18)*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
7	1 : 2	1,20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
8	1 : 2	1,11	1,18)*	n.b.	n.b.	1,18)*

n.b. = niet berekend

)* waarde geldig voor taludstabiliteit.

Tabel 5-2 Berekende eindstabiliteitsfactoren bij ophogen met grond

Grondophoging [m]	Taludhelling [v:h]	Grond met		Minimale stabiliteitsfactoren [SF] bij consolidatiegraad: 100%
		c' [kPa]	ϕ' [°]	
8	1 : 2	4,5	17,5	1,20
8	1 : 2	5,0	17,5	1,24
8	1 : 2	5,5	17,5	1,39
8	1 : 2	4,0	20,0	1,26
8	1 : 2	4,5	20,0	1,41
8	1 : 2	3,0	22,5	1,28
8	1 : 2	3,5	22,5	1,42

Indien in de eindfase een stabiliteitsfactor [SF] van minimaal 1,3 wordt vereist, zal aan de taludzijde van 1:2 met grond dienen te worden uitgevoerd. Uit voorgaande tabel kan de minimaal vereiste grondkwaliteit worden afgeleid.

6. FUNDERINGSADVIES

6.1 Algemeen

Voor de voorlopige draagkrachtberekeningen is uitgegaan van prefab betonpalen. Deze funderingsoplossing is in navolgende paragraaf nader uitgewerkt.

Het funderingsadvies voor dit project is opgesteld op basis van de norm geotechniek NEN 6743. Het mede op basis van dit indicatief advies gemaakte funderingsontwerp dient achteraf te worden getoetst aan de geldende geotechnische normen.

In dit stadium zijn geen gedetailleerde gegevens beschikbaar met betrekking tot het palenplan, de exacte paalbelastingen, de gebouwtijfheid en de vervormingseisen. Derhalve wordt in dit stadium van het project volstaan met de berekening van de toelaatbare draagkracht van de funderingspaal.

Voor de paalfundering is uitgegaan van verticaal, centrisch en op druk belaste palen. Momenten, horizontale belastingen en trekbelastingen zijn niet beschouwd.

6.2 Fundering op palen

Ten tijde van het opstellen van dit rapport waren nog geen gegevens over de krachtsafdracht van de constructie naar de fundering bekend.

Voor de uitwerking van het funderingsadvies zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De rekenwaarden voor de paalbelastingen vanuit de constructie ($F_{s;v;d}$) voor de grenstoestand 1B zijn onbekend
- Het terrein zal worden opgehoogd tot NAP-3,4 m

Voor het voorlopige funderingsadvies is voor diverse schachtafmetingen op verschillende paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Paalpuntniveaus en rekenwaarden van de paal draagkracht

Sondering	Paalpunt-niveau m t.o.v. NAP	Rekenwaarde netto draagkracht [$F_{r;net;d}$ in kN] prefab betonpalen	
		∅250 mm	∅350 mm
DKM1	-12	70	125
	-13	190	320
	-14	200	340
DKMP2	-12	150	330
	-13	220	360
	-14	240	390
DKM3	-12	220	360
	-13	290	490
	-14	330	540
DKM4	-12	180	275
	-13	280	450
	-14	290	450
DKM5	-12	210	350

Sondering	Paalpunt-niveau	Rekenwaarde netto draagkracht [$F_{r,net;d}$ in kN] prefab betonpalen	
		$\varnothing 250$ mm	$\varnothing 350$ mm
	m t.o.v. NAP		
	-13	190	325
	-14	190	300
DKMP6	-12	250	370
	-13	240	380
	-14	370	550
DKM7	-12	130	230
	-13	110	190
	-14	120	200
DKMP8	-12	170	210
	-13	150	240
	-14	175	280
DKM9	-12	80	140
	-13	90	150
	-14	250	410

Opmerking bij de tabel:

$F_{r,net;d}$ = rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef ($F_{r,max;d} - F_{s,nk;d}$).

Voorbeeldberekeningen van de rekenwaarde van de negatieve kleef, netto draagkracht van een paal en de toetsing van grenstoestand 1B worden nader uitgewerkt in de ontwerpfase waarbij de paalbelastingen bekend zijn. Ook zullen aanvullende sonderingen nodig zijn.

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van grenstoestand 1B volgens NEN 6740 en NEN 6743 zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het project is geplaatst in geotechnische categorie 2.
- Omdat in dit stadium van het ontwerp de stijfheid van de constructie nog niet exact bekend is, is in overeenstemming met art. 5.3.2.2 van NEN 6743 de stijfheid van de constructie niet in rekening gebracht.
- Bij de draagkrachtberekeningen is rekening gehouden met het optreden van negatieve kleef langs de paalschacht. Deze kan ontstaan door het optreden van zettingen in de samendrukbare lagen.
- toetsing volgens grenstoestand 1B houdt in dat voldaan moet worden aan:
 $F_{s;d} + F_{s,nk;d} \leq F_{r,max;d}$. Hiermee is tevens voldaan aan grenstoestand 1A. De vervormingsgrenstoelstanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

Voor ontwerp funderingsberekeningen dient aanvullend grondonderzoek te worden uitgevoerd.

7. ONTWATERING

De benodigde ontwateringsdiepte in stedelijk gebied is afhankelijk van de terreininrichting en de diepte van de (ondergrondse) bouwdelen. Voor stedelijke gebieden worden veelal de volgende ontwateringsnormen gehanteerd:

- De ontwateringsdiepte voor primaire wegen bedraagt tenminste ca. MV -1,0 m;
- De ontwateringsdiepte voor secundaire wegen bedraagt tenminste ca. MV -0,7 m;
- De ontwateringsdiepte voor plantsoenen varieert afhankelijk van het type begroeiing van ca. MV -0,5 tot -1,0 m;
- Voor kabels en leidingen varieert de ontwateringseis afhankelijk van het type van ca. MV -0,7 tot -1,0 m;
- Om vochtoverlast in woonruimten te voorkomen wordt de norm gehanteerd dat de grondwaterstand niet langer dan 2 dagen boven het niveau van bodem kruipruimte -0,20 m mag uitstijgen, uitgaande van een grofzandige kruipruimtebodem.

Structureel (te) hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot schade aan woningen, verhardingen en plantsoenen. Met name door stagnerend infiltrerend regenwater op slecht doorlatende bodemlagen kunnen freatische grondwaterstanden dermate hoog stijgen dat wateroverlast kan ontstaan.

In de bouwrijfphase zal het terrein (gedeeltelijk) worden voorbelast en uiteindelijk komt het maaiveld op NAP-3,4 m te liggen. Uitgaande van een maaiveldniveau ter plaatse van de wegen van ca. NAP-3,5 m dient de grondwaterstand ter plaatse van wegen beneden ca. NAP-4,2 m te worden beheerst.

Afhankelijk van het materiaal waarmee het terrein wordt opgehoogd is het wenselijk om drainage aan te brengen om het maatgevende ontwateringsniveau te bereiken.

Noodzaak voor ontwatering

Kruipruimte

In verband met de bodemopbouw komt lokaal stagnerend regenwater op of in de slechter doorlatende toplaag voor. Enerzijds kan worden gekozen om water in de kruipruimte toe te staan. Indien de kruipruimte toegankelijk moet zijn dient de grondwaterstand te worden beheerst op een niveau van ca. 0,2 m onder de kruipruimtebodem. Uitgangspunt hierbij is dat de kruipruimtebodem bestaat uit een goed doorlatend materiaal. Als alternatief kan ook kruipruimteloze bouw worden overwogen.

Verhardingen

Voor de wegen dient een zandpakket aangebracht te worden van minimaal 0,7 à 1,0 m dik. Ter plaatse van de wegen dient de grondwaterstand in het algemeen te worden beheerst rond een niveau van MV -0,7 à -1,0 m. Geadviseerd wordt om drains in de wegcunetten aan te brengen.



Groenstroken

Voor de groenstroken binnen het plangebied is een minder dik pakket noodzakelijk. Indien groenstroken worden aangelegd moet rekening worden gehouden met een ontwateringsdiepte, afhankelijk van het type begroeiing, van ca. MV -0,5 tot -1,0 m. Op basis van de voorziene terreinhoogte van ca. NAP-3,4 m, komt dit overeen met een ontwateringsdiepte van ca. NAP-3,9 m à -4,4 m.

Voor het bepalen van het risico op opbarsten van de ondiepe kleilaag cq. het opdrijf risico tijdens de bouwfase is inzicht in zowel de freatische grondwaterstand als in de stijghoogte onder de kleilaag noodzakelijk. Geadviseerd wordt peilbuizen aan te brengen en deze minimaal één keer per twee weken te monitoren.

Op basis van actuele grondwaterstandsgegevens kunnen nadere analyses / adviezen met betrekking tot opbarst risico's worden opgesteld.

BORINGEN/PEILBUIZEN

-  mechanische boring (B)
-  handboring (HB)
-  niet uitgevoerde boring
-  niet uitgevoerde handboring
-  boring met peilbuis
-  boring met peilbuis, ondiep en diep filter
-  boring met peilbuis, ondiep, middeldiep en diep filter
-  handboring met peilbuis
-  hellingmeterbuis (HMB)
-  gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF)
-  boring derden
-  boring derden met peilbuis

SONDERINGEN

-  diep-/diepzware sondering
-  middelzware sondering
-  diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
-  middelzware sondering met plaatselijke kleefmeting
-  slagsondering
-  niet uitgevoerde sondering
-  waterspanningsmeter (WSM)
-  sondering derden
-  sondering derden met plaatselijke kleefmeting

Type sonderingen

- M middelzware sondering
- D diepsondering
- DZ diepzware sondering
- S slagsondering

Toegevoegde metingen

- KM meting van de plaatselijke kleef
- P meting van waterspanning
- M meting van de magnetische veldsterkte
- G meting van de geleidbaarheid
- S meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
- T meting van de temperatuur

LEGENDA / TERMINOLOGIE (conform NEN5104)

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleilig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleilig
	Veen, sterk kleilig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

monsters

	geroerd monster
	ongeroid monster

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

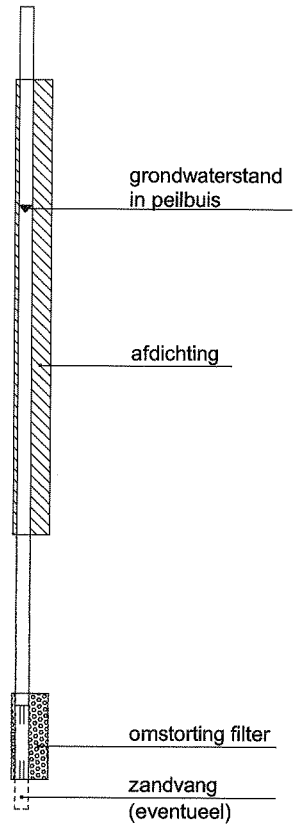
overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

overig

	gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	verharding / kern / asfalt
	puin

peilbuis



Meettechniek

Bij het uitvoeren van een sondering conform NEN 5140 wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken¹⁾. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) wordt door rekstrookjes in de conus continu gemeten. De meetsignalen worden via een kabel naar een elektrische meeteenheid gestuurd en tezamen met de diepte en de tijd in een computer opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten conusweerstand tegen de diepte in grafiekvorm wordt uitgewerkt. Door continue registratie van de conusweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

In de elektrische conus is standaard een hellingmeter ingebouwd waarmee tijdens het sonderen de afwijking van de conus met de verticaal wordt geregistreerd. Onjuiste diepteaanduiding als gevolg van "krom sonderen" wordt hiermee voorkomen. Afhankelijk van de sondeerklasse wordt de diepte hiervoor gecorrigeerd.

Naast de conusweerstand kunnen, bij gebruik van andere conustypen, ook andere gegevens worden gemeten. De meest toegepaste conus is de "elektrische kleefmantelconus", waarmee zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand gelijktijdig wordt gemeten. Hiertoe is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De plaatselijke wrijving wordt op dezelfde wijze als de conusweerstand gemeten en geregistreerd.

¹⁾ Volgens NEN 5140 mag het basisoppervlak tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten behoeven te worden toegepast.

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

Meting van zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand, vermenigvuldigd met een factor 100. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een goed beeld van de bodemopbouw *beneden* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen, dan wel lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

grondsoort	wrijvingsgetal	grondsoort	wrijvingsgetal
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen.

Andere conustypen

Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

type meting	meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen), grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heirtrillingen / verkeerstillingen
CPM (conuspressiometer)	spannings-rek-gedrag en sterkte in situ	bepaling grondstijfheid, horizontale korrelspanning, ongedraineerde schuifweerstand en relatieve dichtheid
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen
video	videobeeld van de grond bij het passeren van de conus	nadere geotechnische classificatie / structuur informatie over bodemverontreiniging (verkleuring)

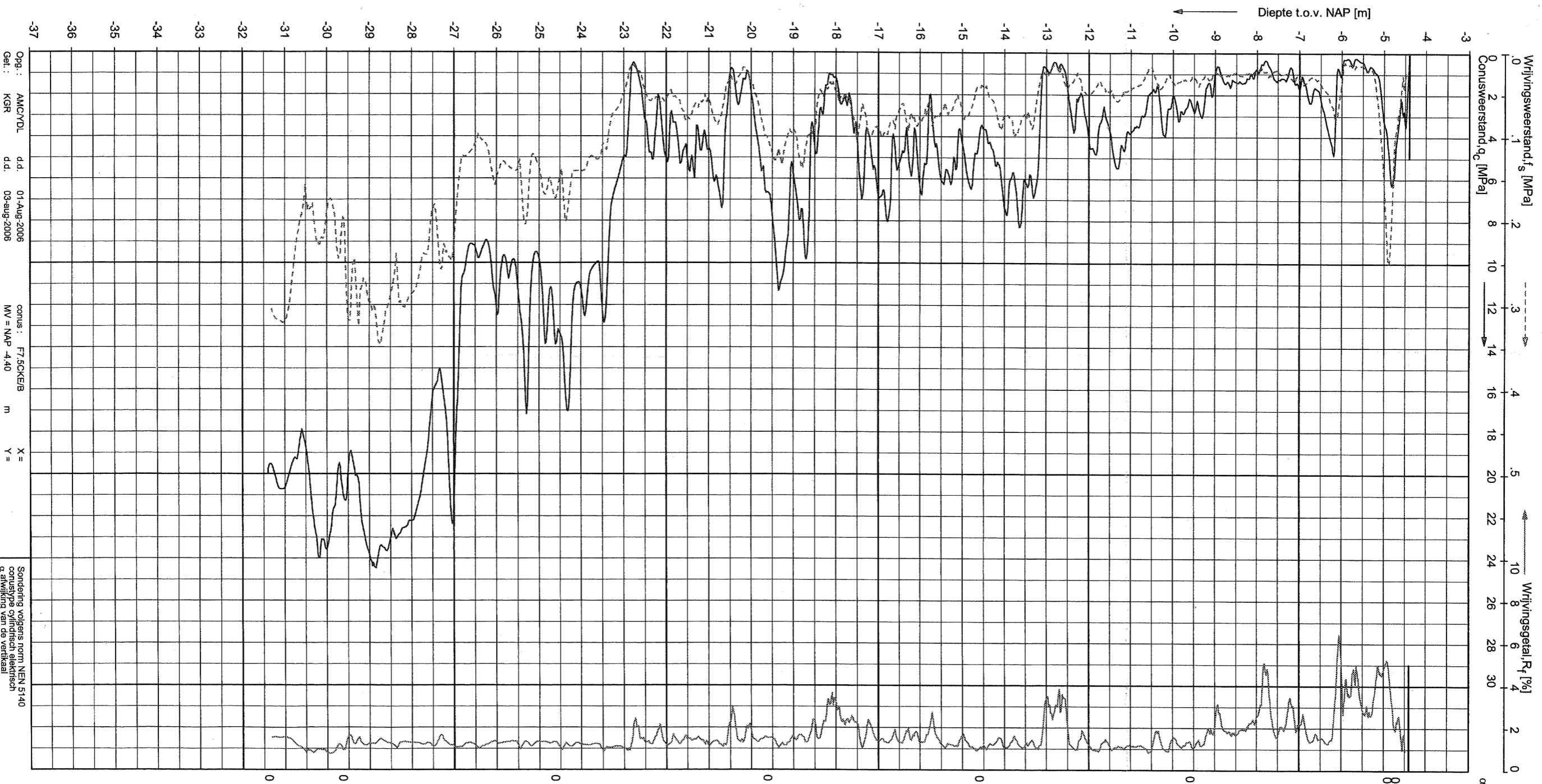
Klassenindeling NEN 5140

De norm gaat uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering dient een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse het werk uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

klasse	meetgrootte	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	

Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 1 NEN 6740 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is in slappe grondlagen met lage conusweerstand extra moeilijk om aan de eisen van klassen 1 en 2 te voldoen. Dit in tegenstelling tot grondsoorten met hoge conusweerstand. Het bij Fugro gehanteerde meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door strikte kwaliteitscontroles en calibraties. Fugro sonderingen vallen dan ook standaard in klasse 2. Klasse 1 sonderingen dienen alleen voor calibratiedoeleinden en wetenschappelijk onderzoek. Bij routinematige sonderingen kunnen de specificaties van klasse 1 sonderingen alleen door aanvullende maatregelen worden benaderd.

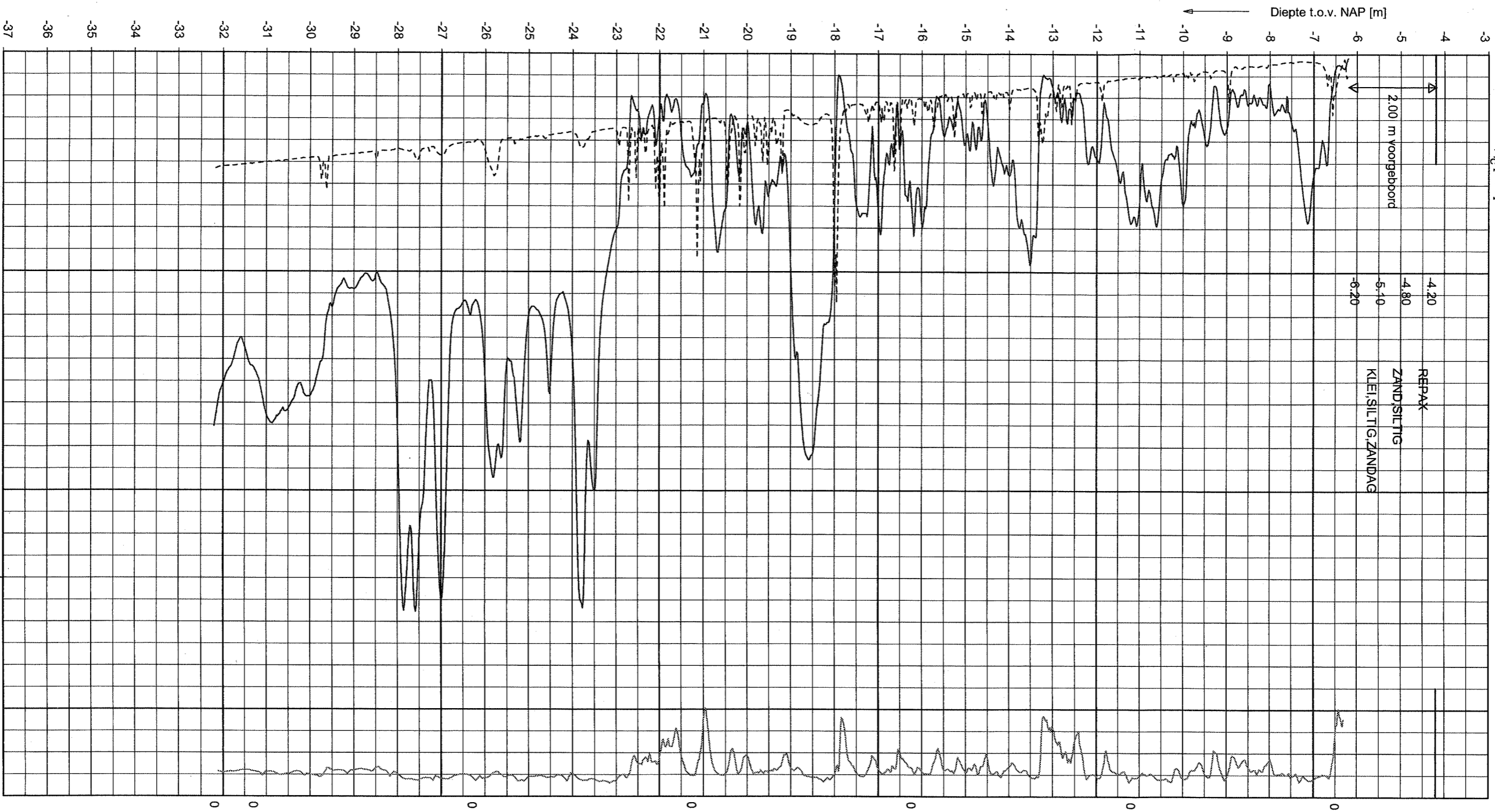


Obj. : AMC/VDL d.d. 01-Aug-2006 conus : F7,SCKE/B m X =
 Gel. : KGR d.d. 03-aug-2006 MV = NAP -4.40 Y =

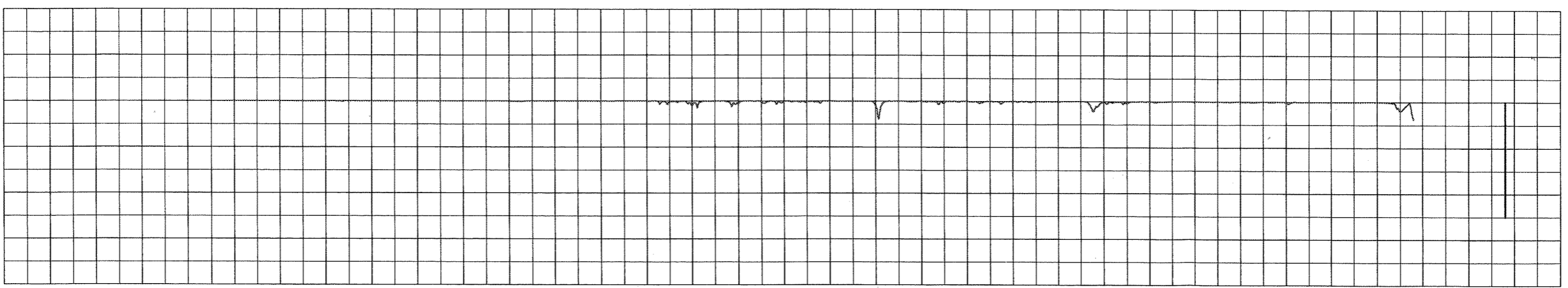
Sondering volgens norm NEN 5140
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de verticale

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 ORIENTEREND GRONDONDERZOEK SPORTACCOMMODATIE A/D
 BENNEBROEKERWEG TE HOOFDDORP

Waterspanning u_1 [MPa] ----->
 Consuwerstand q_c [MPa] ----->
 Wrijvingsgetal R_f [%] ----->



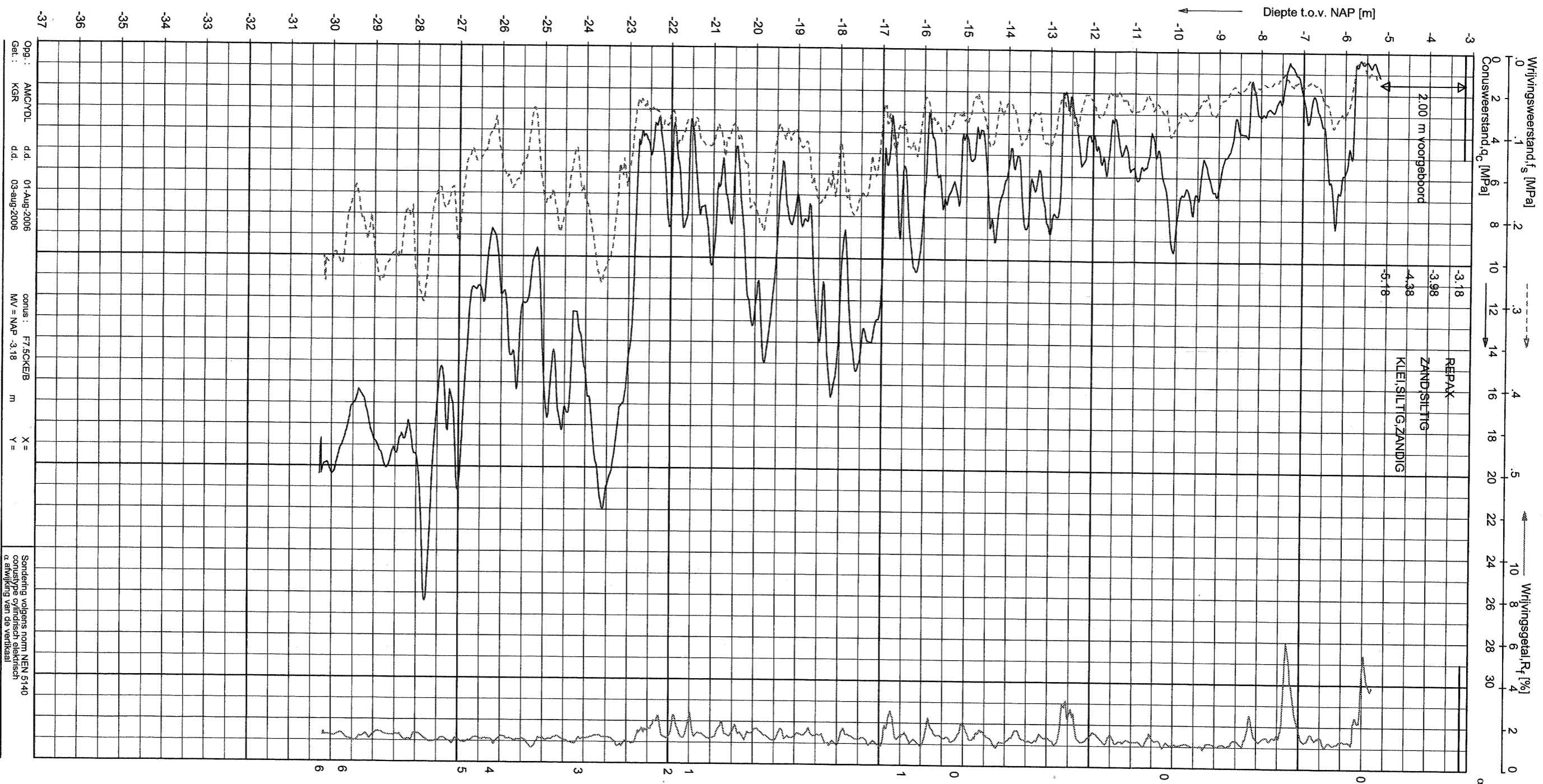
Wateroverspanningsindex B_q [-] ----->



Opg. : AMC/DL d.d. 01-Aug-2006 conus : FT SCHEW 1/B X =
 Get. : KGR d.d. 03-aug-2006 MV = NAP -4.20 m Y =
 Sondering volgens norm NEN 5140
 conus type vijntrisch elektronisch
 of afwijking van de verticaal

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING
 ORIENTEREND GRONDONDERZOEK SPORTACCOMMODATIE A/D
 BENNEBROEKERWEG TE HOOFDDORP

Opdr. 3006-0244-000
 Sond. DKMP2



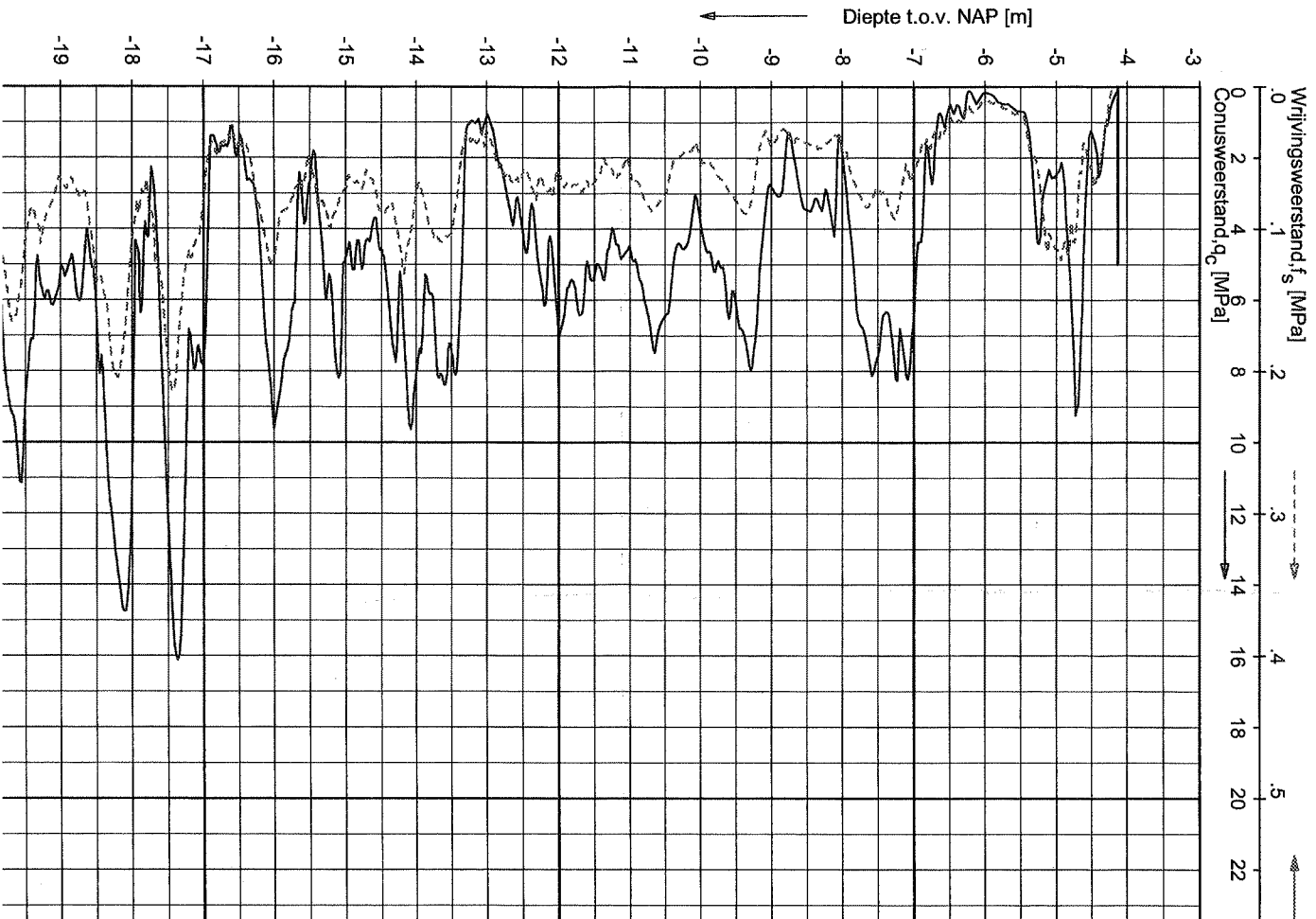
Opdr.: AMC/VOL d.d. 01-Aug-2006
Gel.: KGR d.d. 03-aug-2006

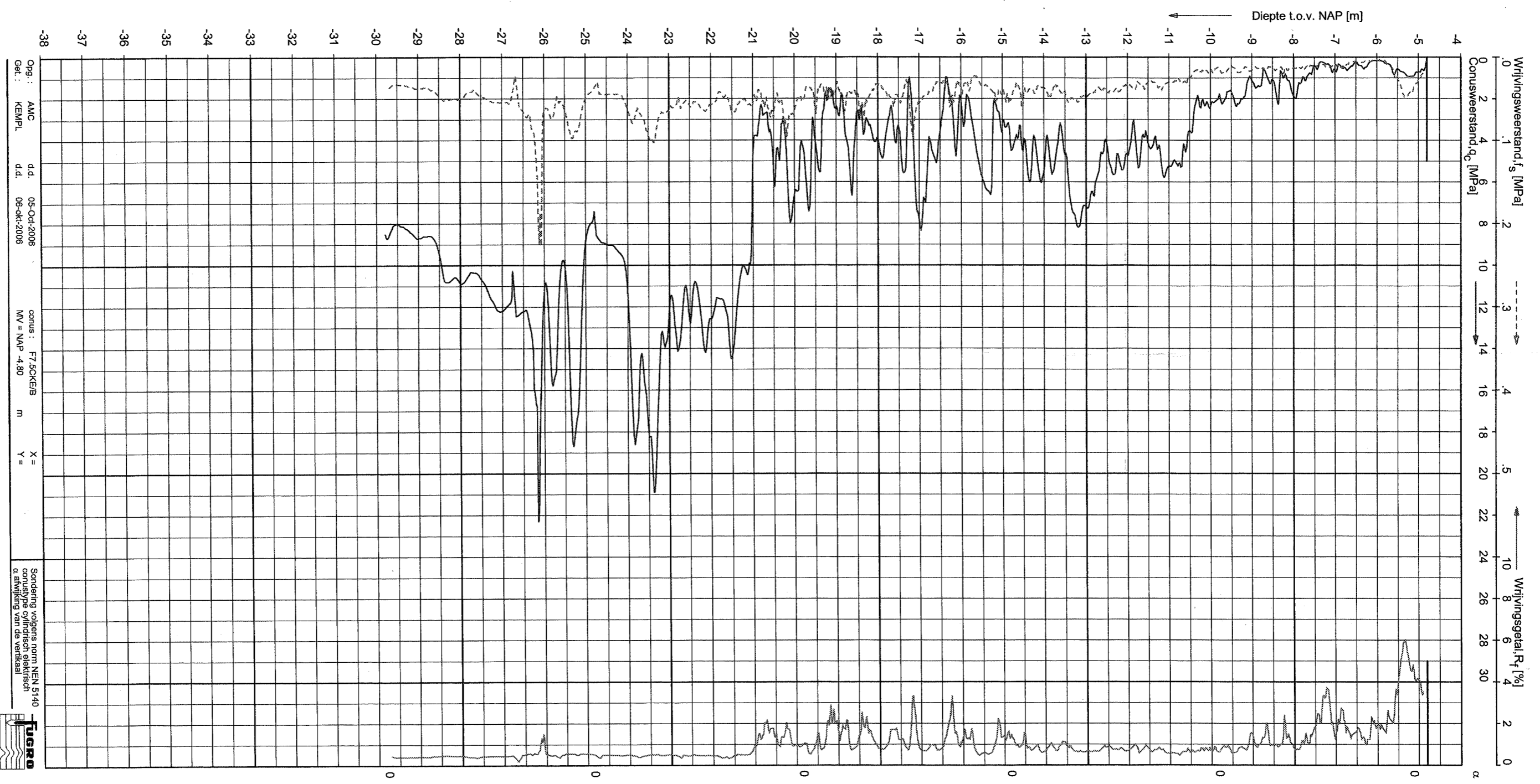
conus: FT.SCKEB m
MV = NAP -3.18

X =
Y =

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
ORIENTEREND GRONDONDERZOEK SPORTACCOMMODATIE AID
BENNEBROEKERWEG TE HOOFDDORP

Opdr. 3006-0244-000
Sond. DKM3



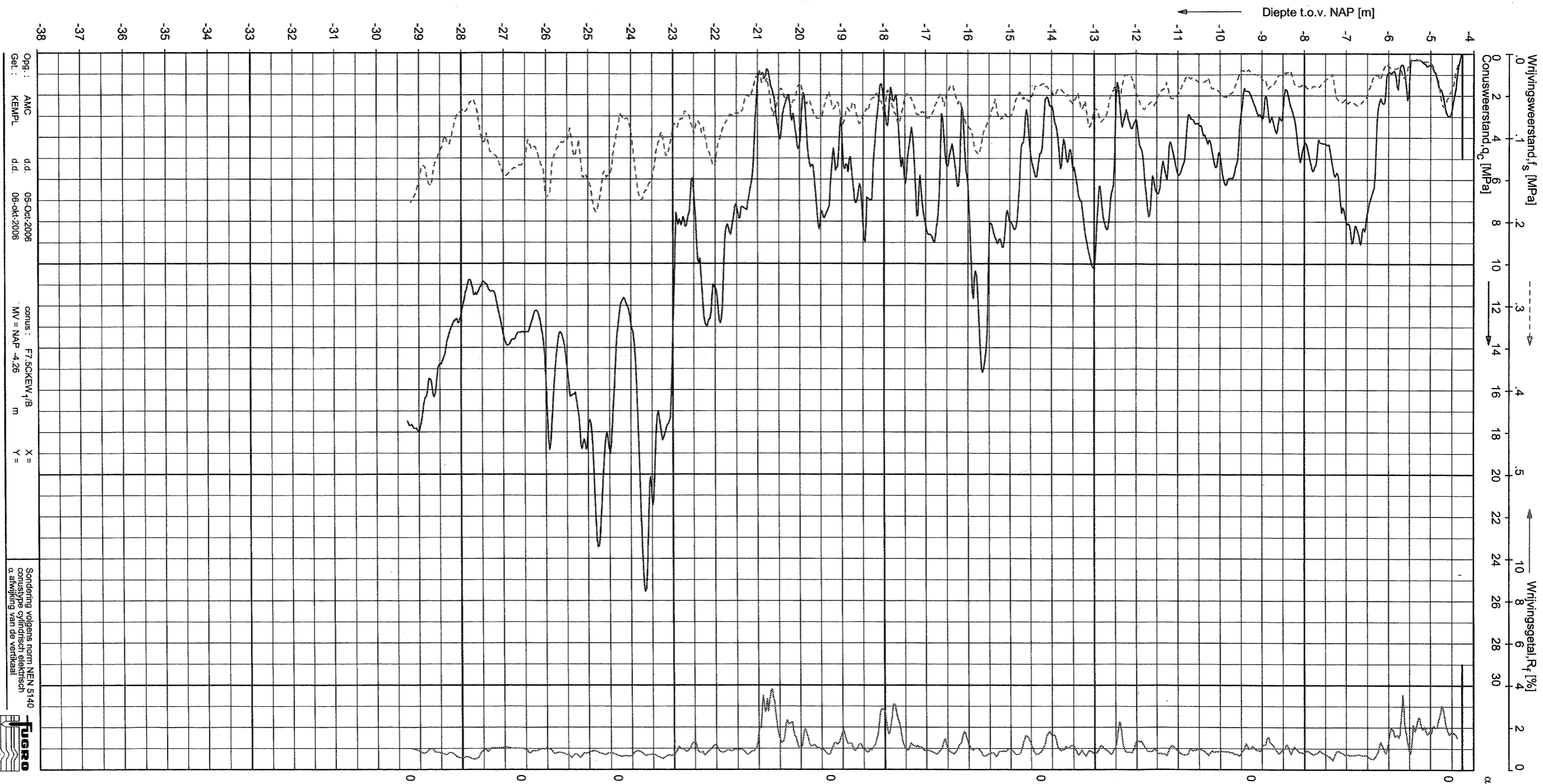


Opdr.: AMC
Onderzoek: KEMPL
d.d.: 05-Oct-2006
d.d.: 06-Oct-2006
conus: FT/SCKE/B
MV = NAP -4.80
m
X =
Y =

Sondering volgens norm NEN 5140
conus type cilindrisch elektrisch
of afwijking van de verticale

Opdr. 3006-0244-000
Sond. DKM5

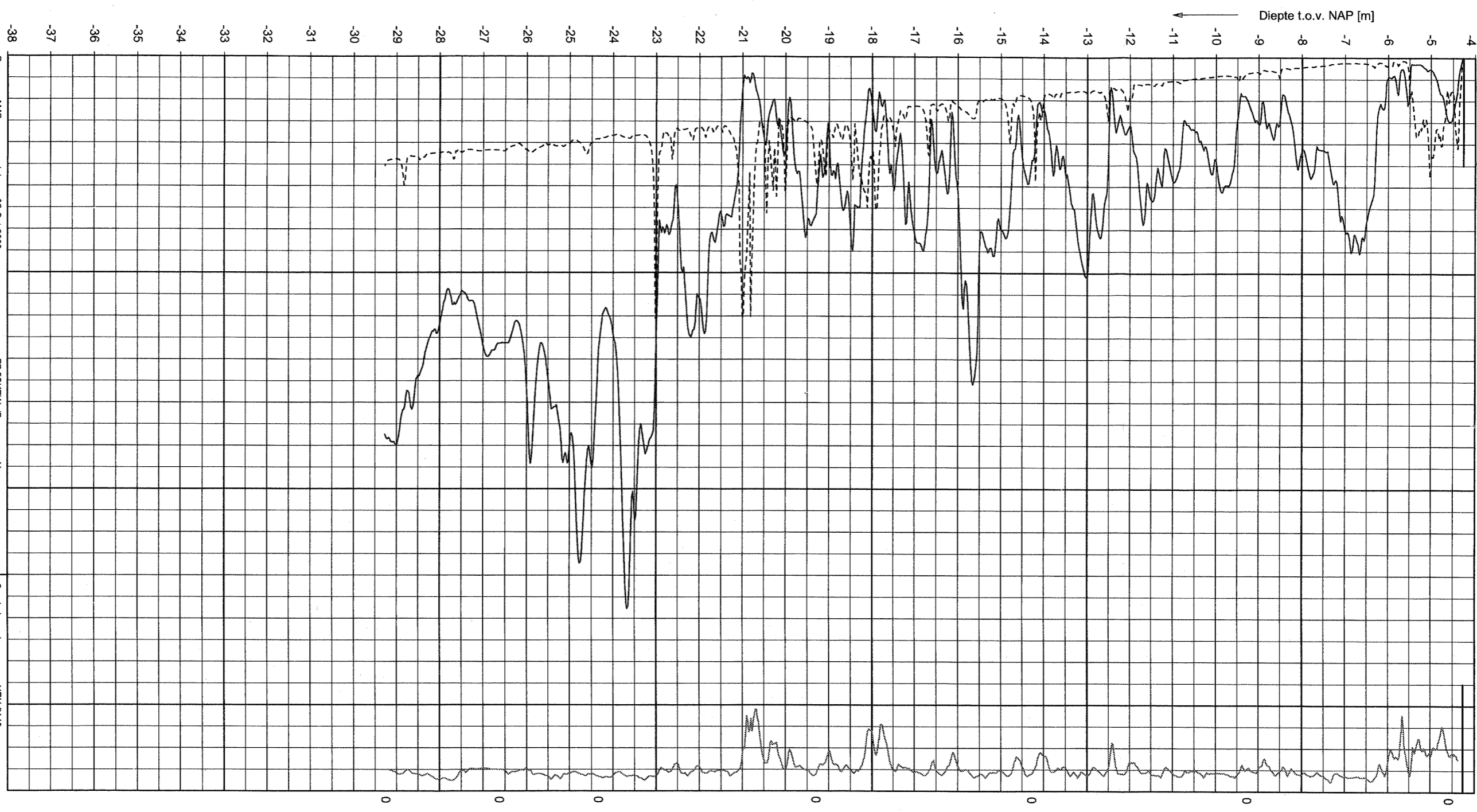




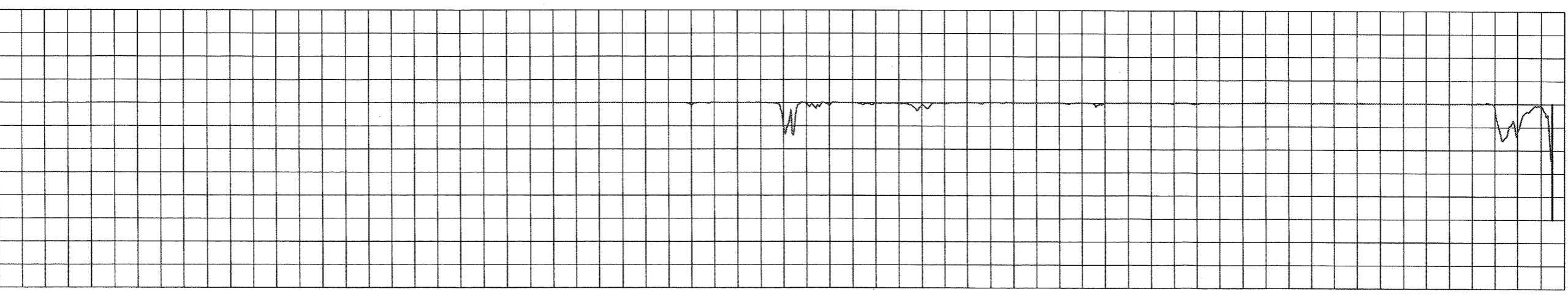
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 ORIENTEREND ONDERZOEK SPORTACCOMMODATIE A/D BENNEBROEKERWEG
 TE HOOFDORP

Opdr. 3006-0244-000
 Sond. DKMP6

Waterspanning u_1 [MPa] Wrijvingsgetal R_f [%]
 Conusweerstand q_c [MPa]



Wateroverspanningsindex B_q [%]
 -1.0 -0.5 0 0.5 1.0 1.5 2.0

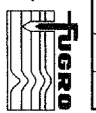


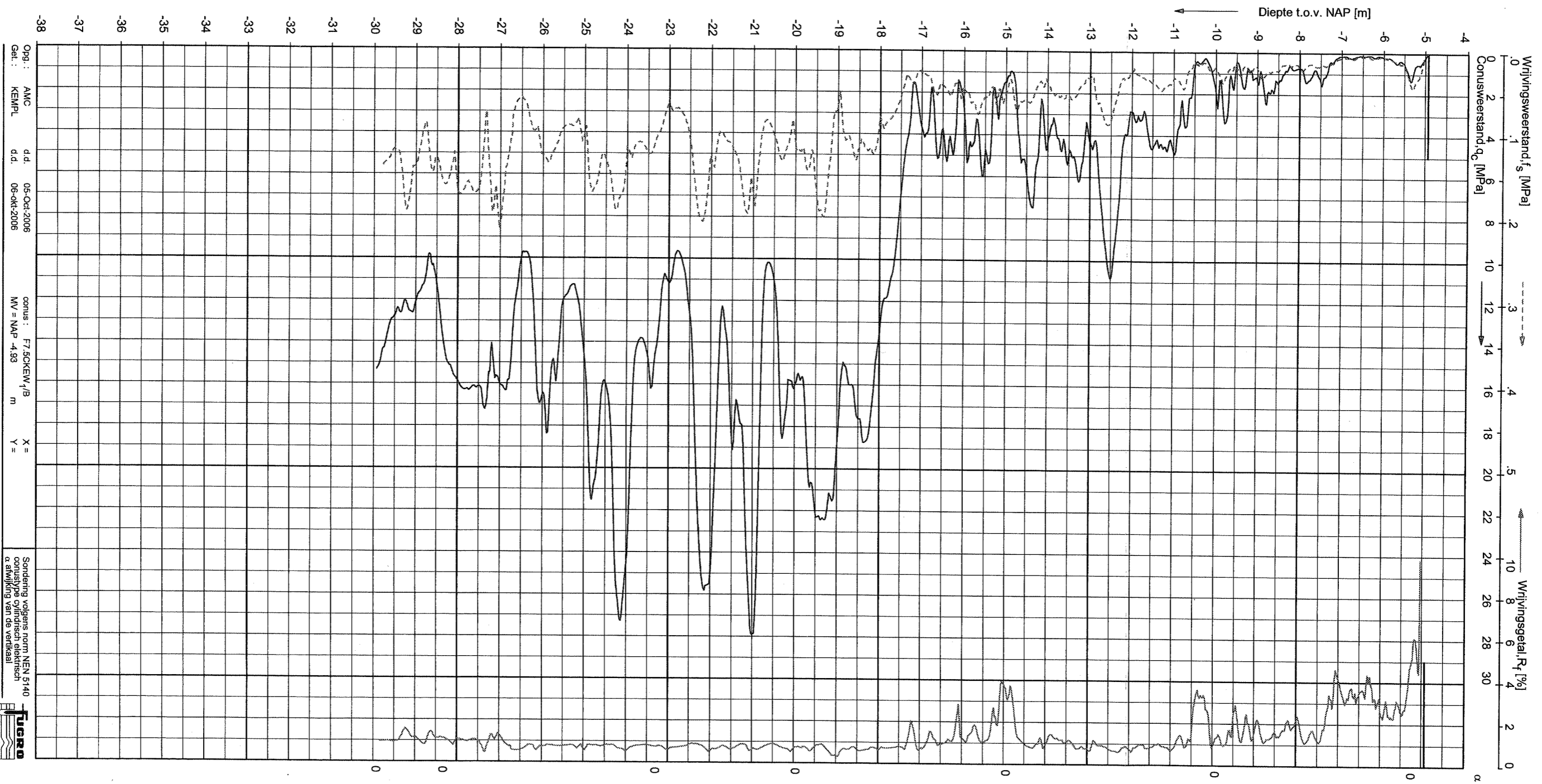
Opdr.: AMC d.d. 05-Oct-2006 conus: FT/SCKEW-1/B X =
 Gel.: KEMPL d.d. 06-okt-2006 MV = NAP -4.26 m Y =
 Sondering volgens norm NEN 5140
 conus type cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

ORIENTEREND ONDERZOEK SPORTACCOMMODATIE AVD BENNEBROEKERWEG
 TE HOOFDORP

Opdr. 3006-0244-000
 Sond. DKMP6



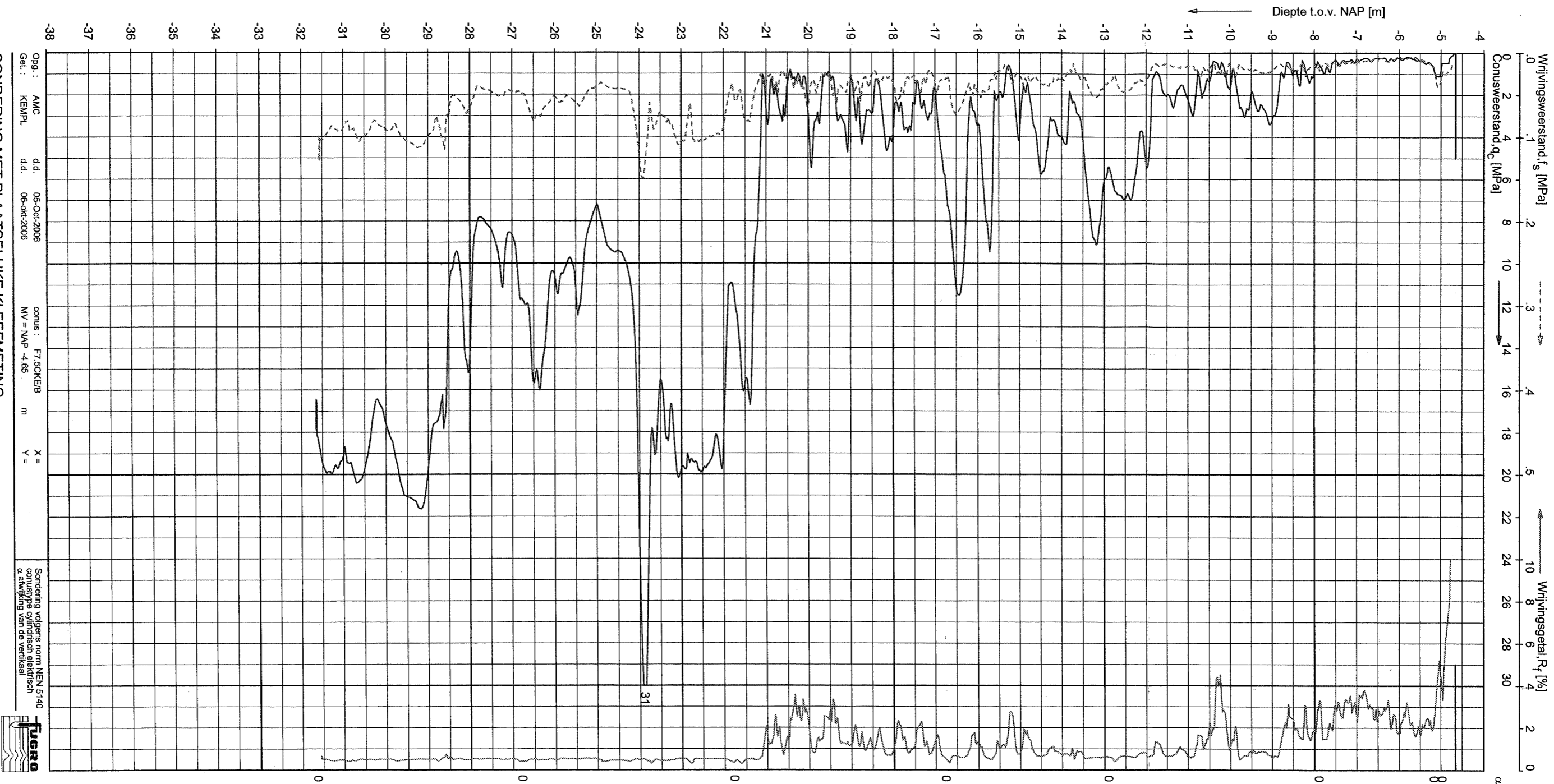


Opdr.: AMC
Gef.: KEMPL
d.d.: 05-Oct-2006
d.d.: 06-Oct-2006
conus: F7-SCKEM/1/B
MV = NAP -4.93 m
X =
Y =

Sondering volgens norm NEN 5140
conusstype cilindrisch elektrisch
a. afwijking van de verticale



Opdr. 3006-0244-000
Sond. DKMP8



Opdr.: AMC
Gel.: KEMPL

d.d. 05-Oct-2006
d.d. 06-okt-2006

conus: F7 SOCKER
MV = NAP -4.66 m

X =
Y =

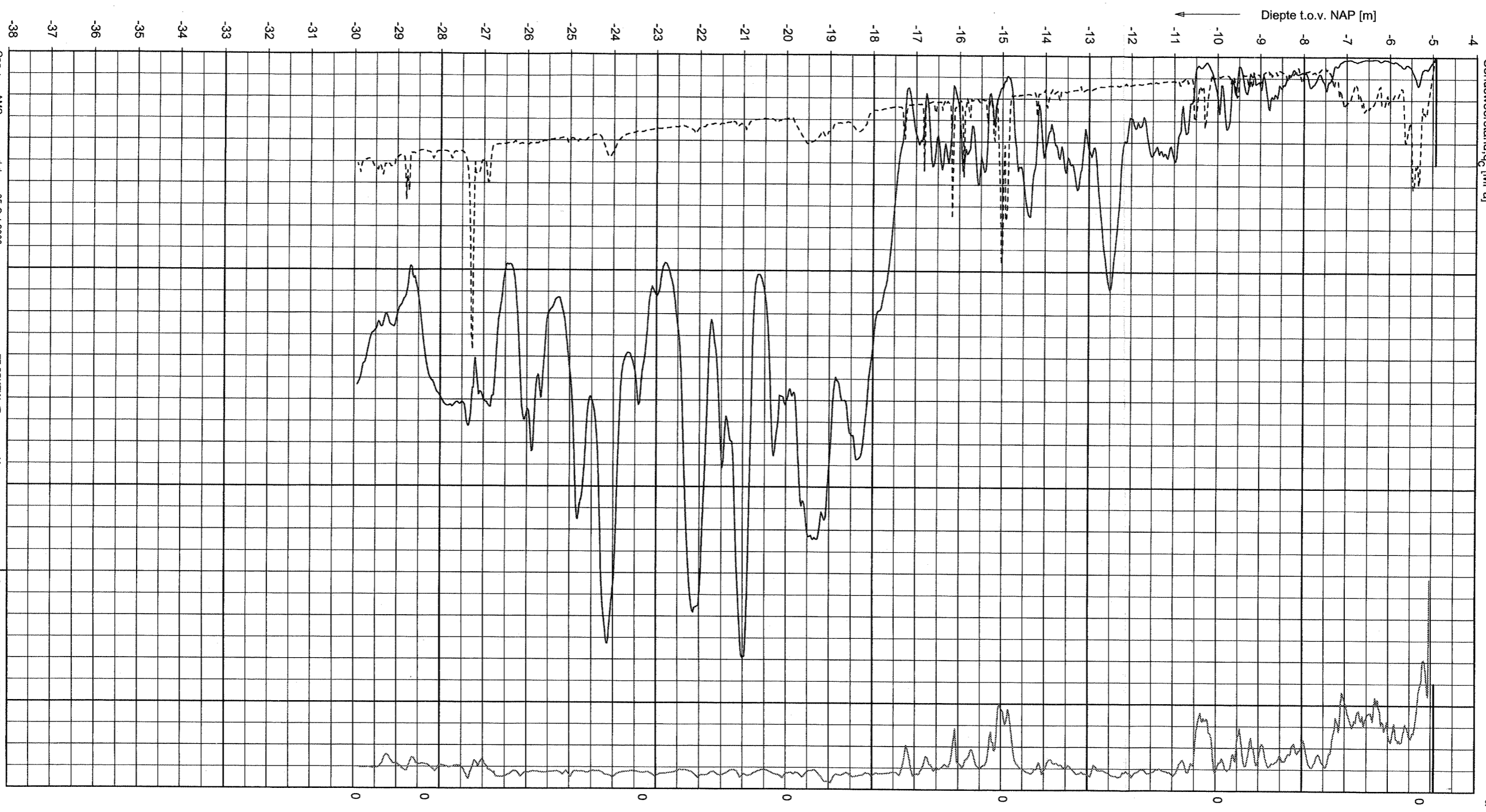
Sondering volgens norm NEN 5140
conusweerstand elektrisch
of afwijking van de verticale



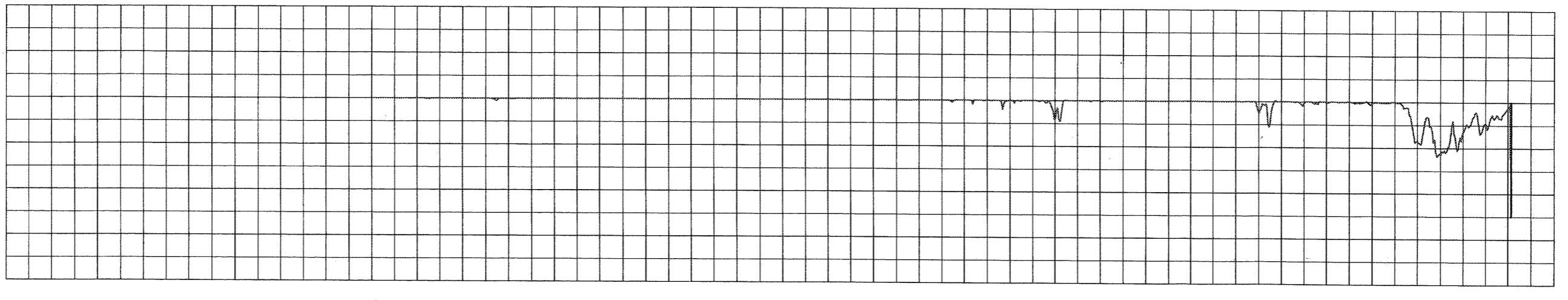
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
ORIENTEREND ONDERZOEK SPORTACCOMMODATIE AD BENNEBROEKERWEG
TE HOOFDDORP

Opdr. 3006-0244-000
Sond. DKM7

Waterspanning U_1 [MPa] Wrijvingsgetal R_f [%]
 Conusweerstand q_c [MPa]



Wateroverspanningsindex B_w q_c [-]



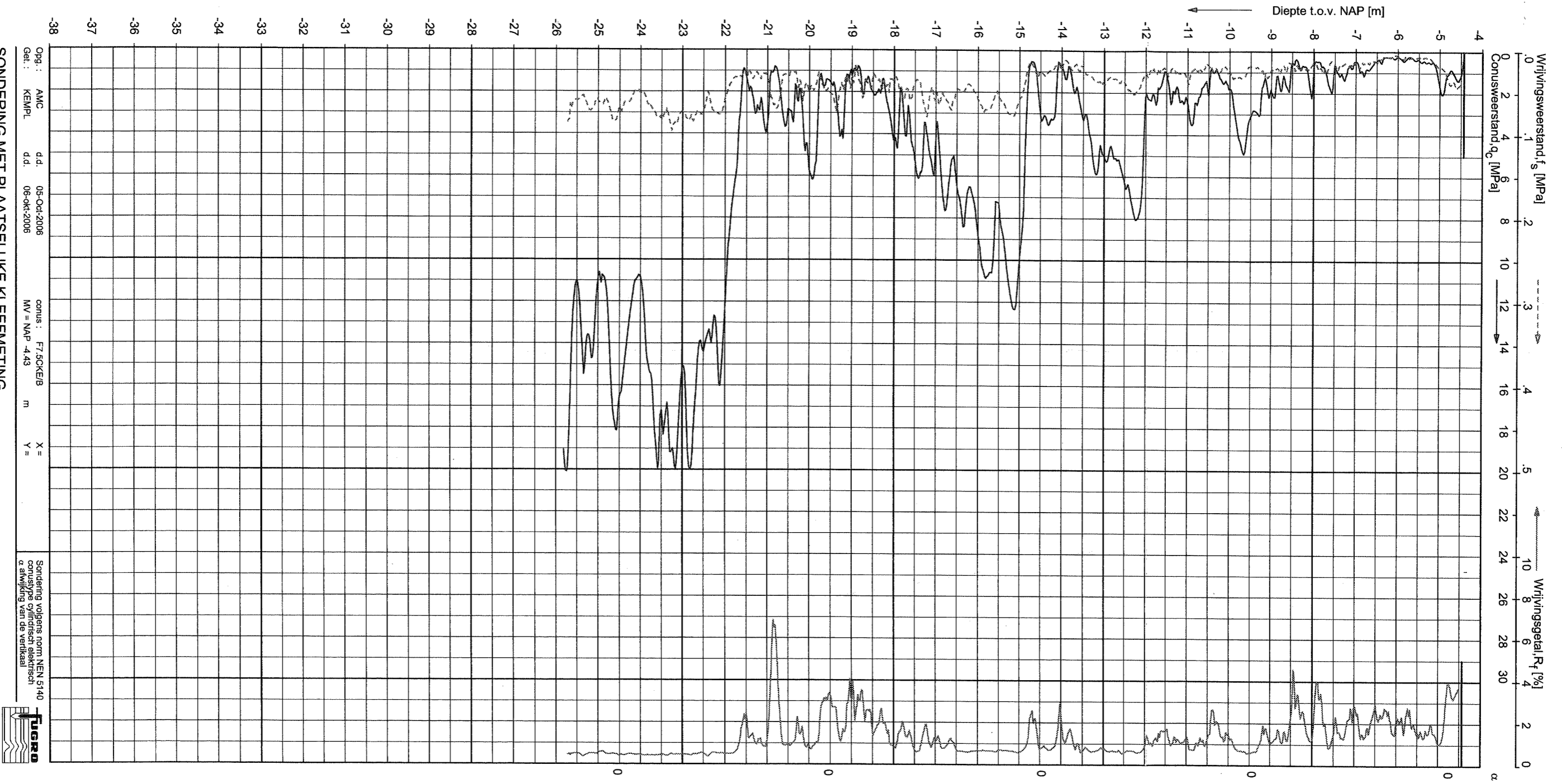
Opdr.: AMC d.d. 05-Oct-2006 conus: F750KEW₁/B X =
 Get.: KEMPL d.d. 06-Oct-2006 MV = NAP 4.93 m Y =



Sondering volgens norm NEN 5140
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de verticale

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING
 ORIENTEREND ONDERZOEK SPORTACCOMMODATIE AID BENNEBROEKERWEG
 TE HOOFDDORP

Opdr. 3006-0244-000
 Sond. DKMP8



Opdr. : 3006-0244-000
Sond. : DKM9

Opdr. : AMC
d.d. : 05-04-2006
d.d. : 08-04-2006

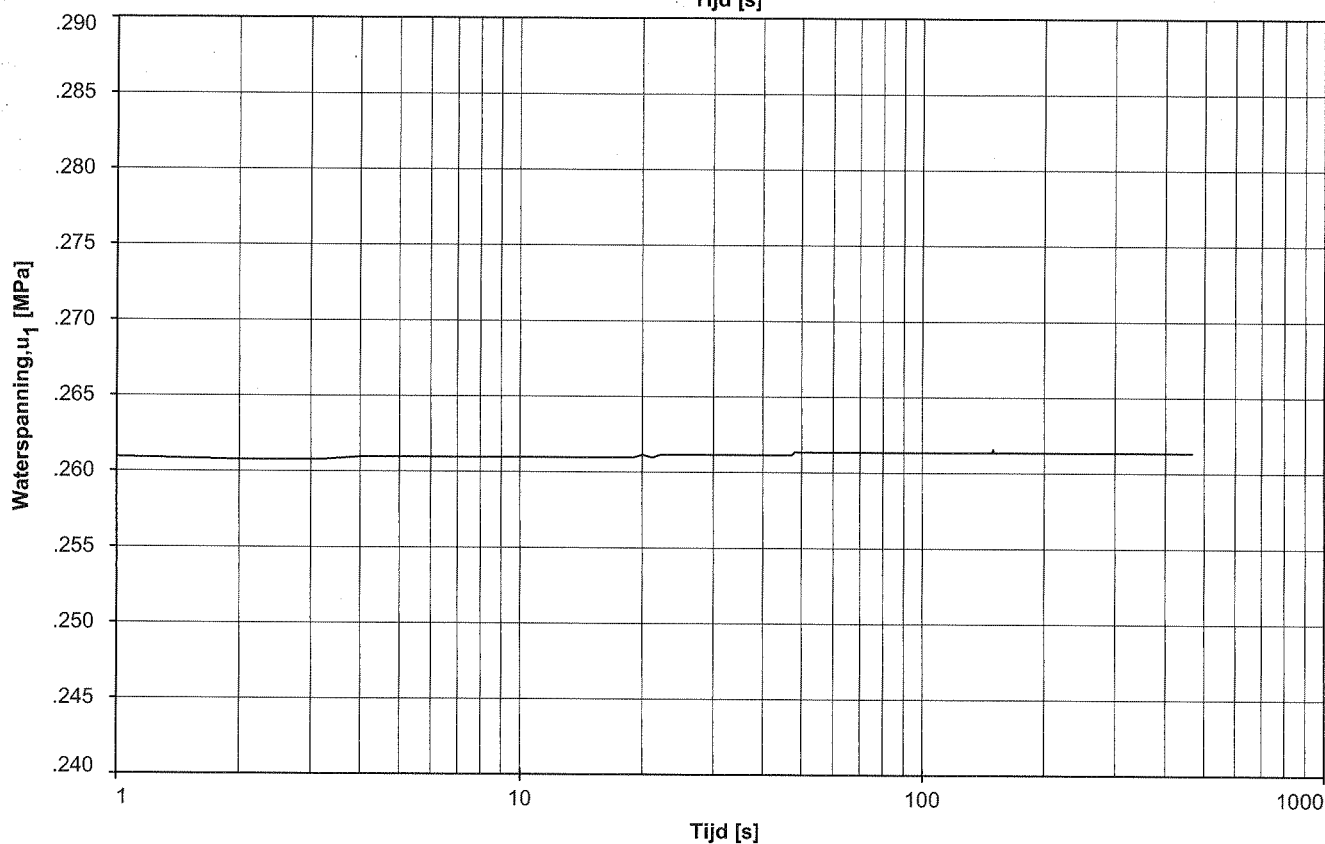
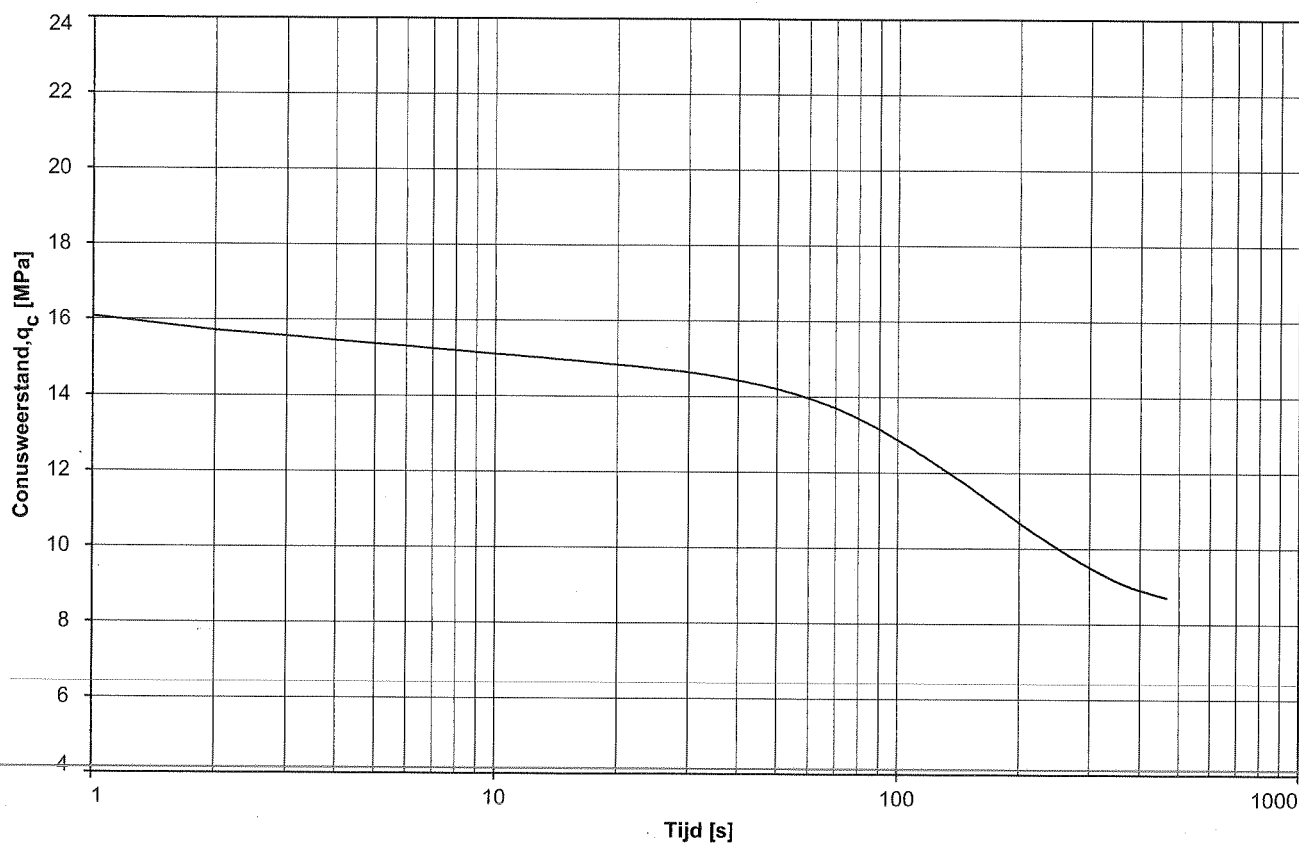
comus : FT-SOKE/B
MV = NAP -4.43
m

X =
Y =

Sondering volgens norm NEN 5140
conus-type cilindrisch elektrisch
a. afwijking van de vertikaal

Fugro

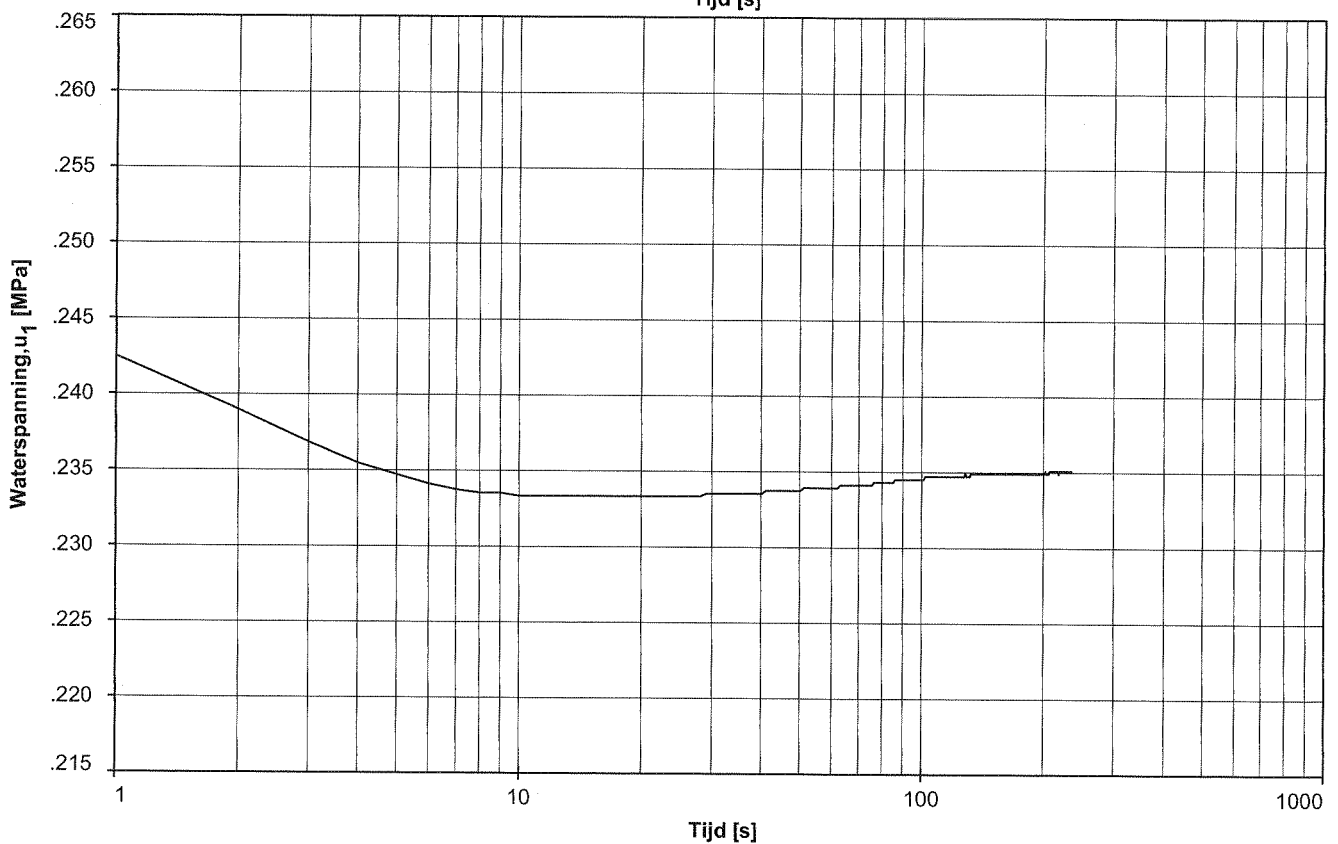
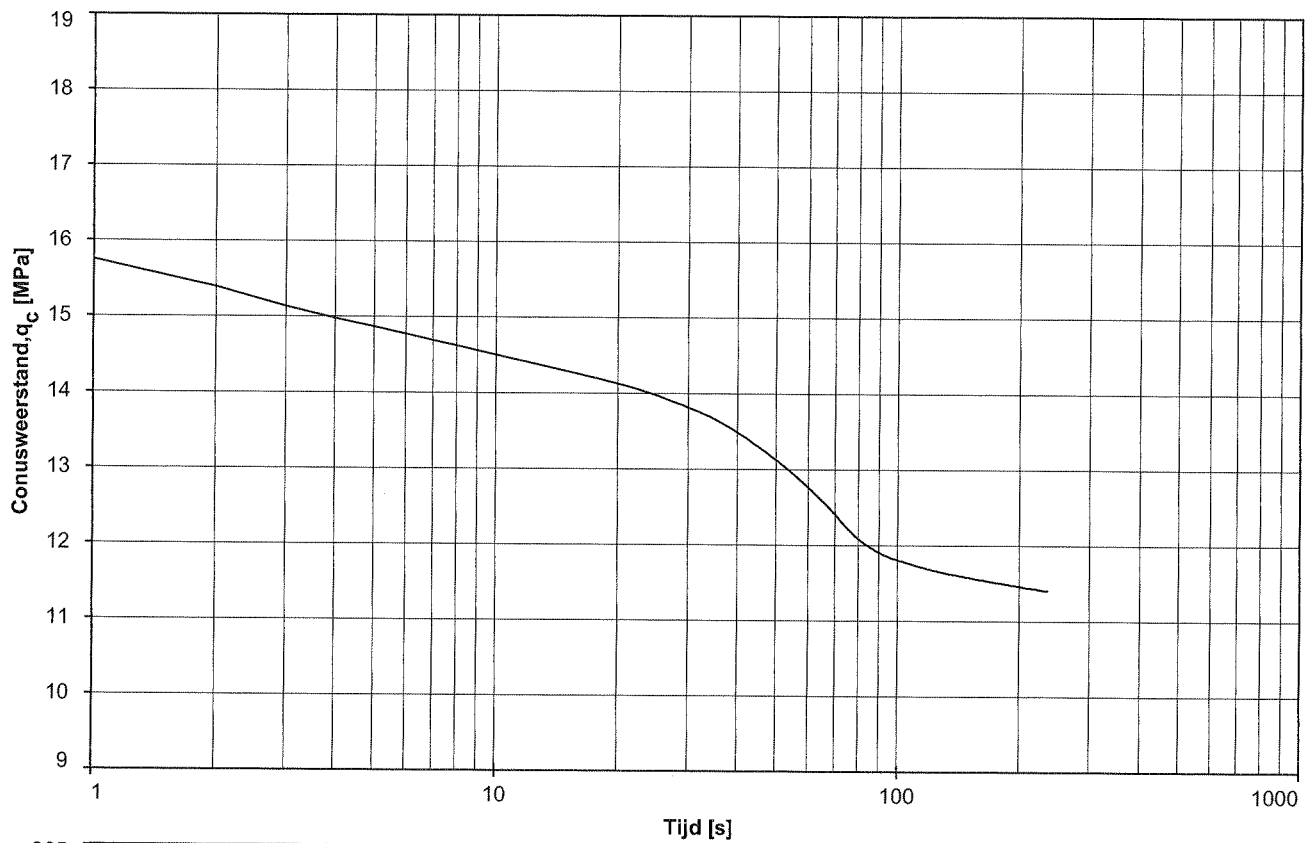
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETTING
ORIENTEREND ONDERZOEK SPORTACCOMMODATIE AID BENNEBROEKERWEG
TE HOOFDDORP



Dissipatietest nummer	: 1		
Dissipatietest diepte	: NAP -32.21	m	MV = NAP -4.20 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.266	MPa	Opg.: AMC/YDL d.d. 01-Aug-2006
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.261	MPa	Get.: KGR d.d. 03-aug-2006

DISSIPATIETEST
 ORIENTEREND GRONDONDERZOEK SPORTACCOMODATIE A/D
 BENNEBROEKERWEG TE HOOFDDORP

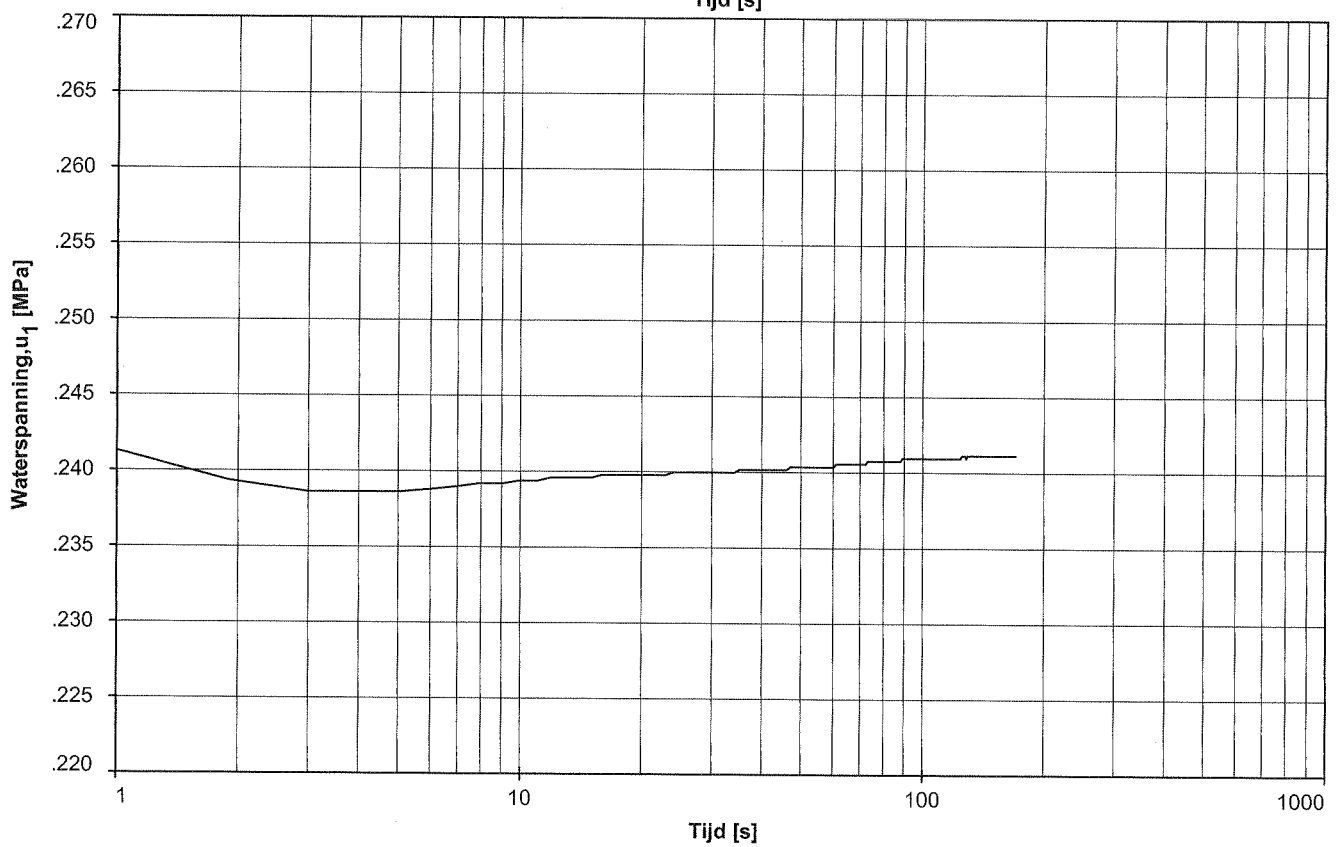
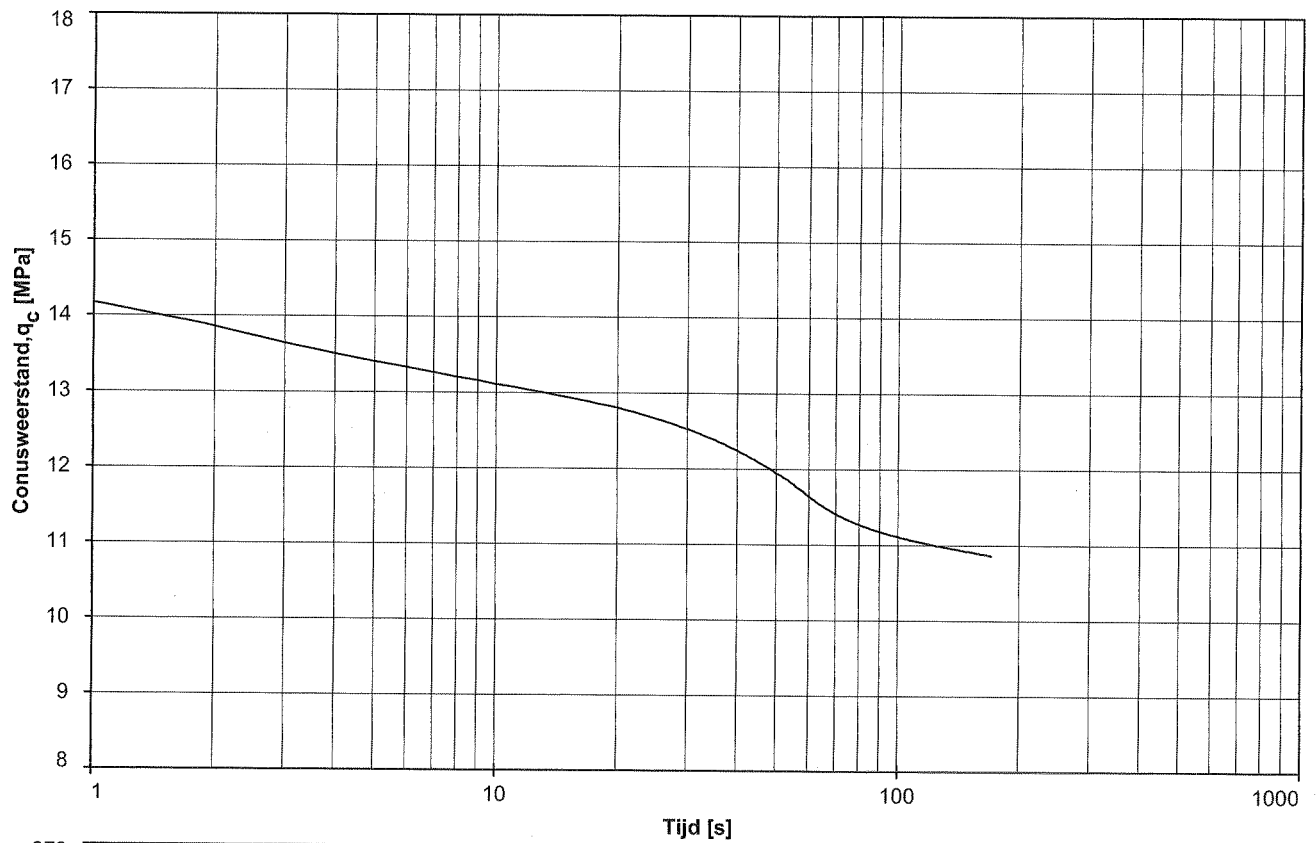
Opdr. 3006-0244-000
 Sond. DKMP2



Dissipatietest nummer	: 1		
Dissipatietest diepte	: NAP -29.28	m	MV = NAP -4.26 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.250	MPa	Opg.: AMC d.d. 05-Oct-2006
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.235	MPa	Get.: KEMPL d.d. 06-okt-2006

DISSIPATIETEST
 ORIENTEREND ONDERZOEK SPORTACCOMODATIE A/D BENNEBROEKERWEG
 TE HOOFDDORP

Opdr. 3006-0244-000
 Sond. DKMP6



Dissipatietest nummer	: 1		
Dissipatietest diepte	: NAP -29.94	m	MV = NAP -4.93 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.252	MPa	Opg. : AMC d.d. 05-Oct-2006
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.241	MPa	Get. : KEMPL d.d. 06-okt-2006

DISSIPATIETEST
 ORIENTEREND ONDERZOEK SPORTACCOMODATIE A/D BENNEBROEKERWEG
 TE HOOFDDORP

Opdr. 3006-0244-000
 Sond. DKMP8



schaal 1 : 25.000

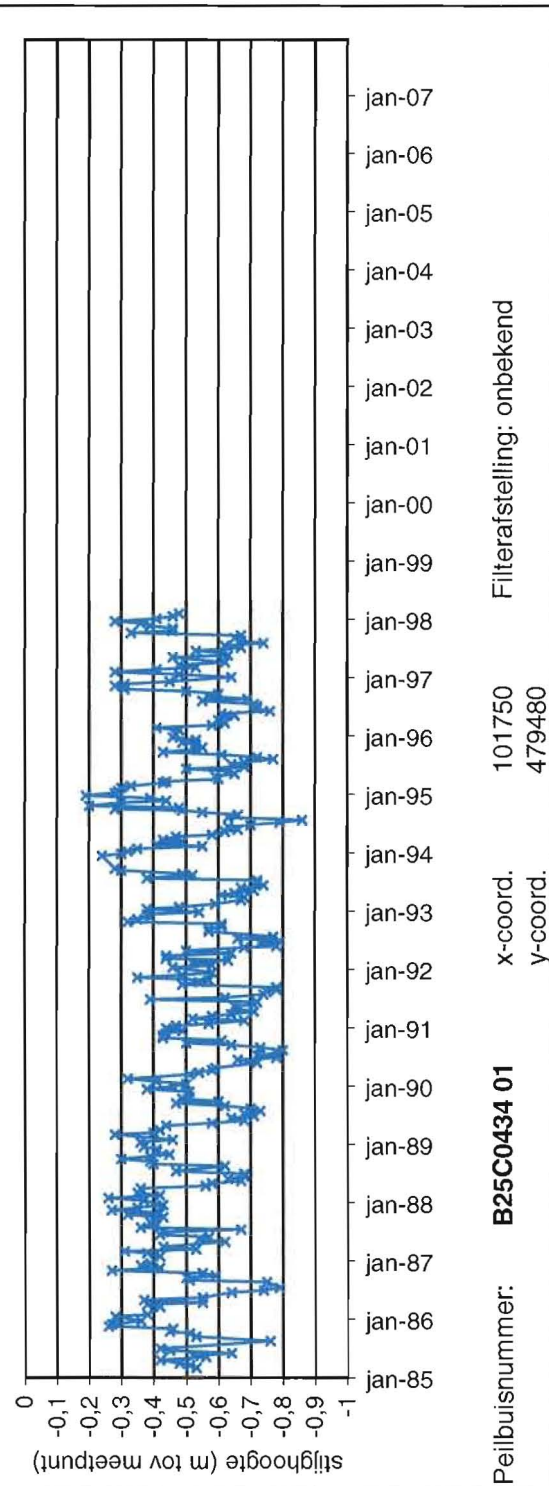
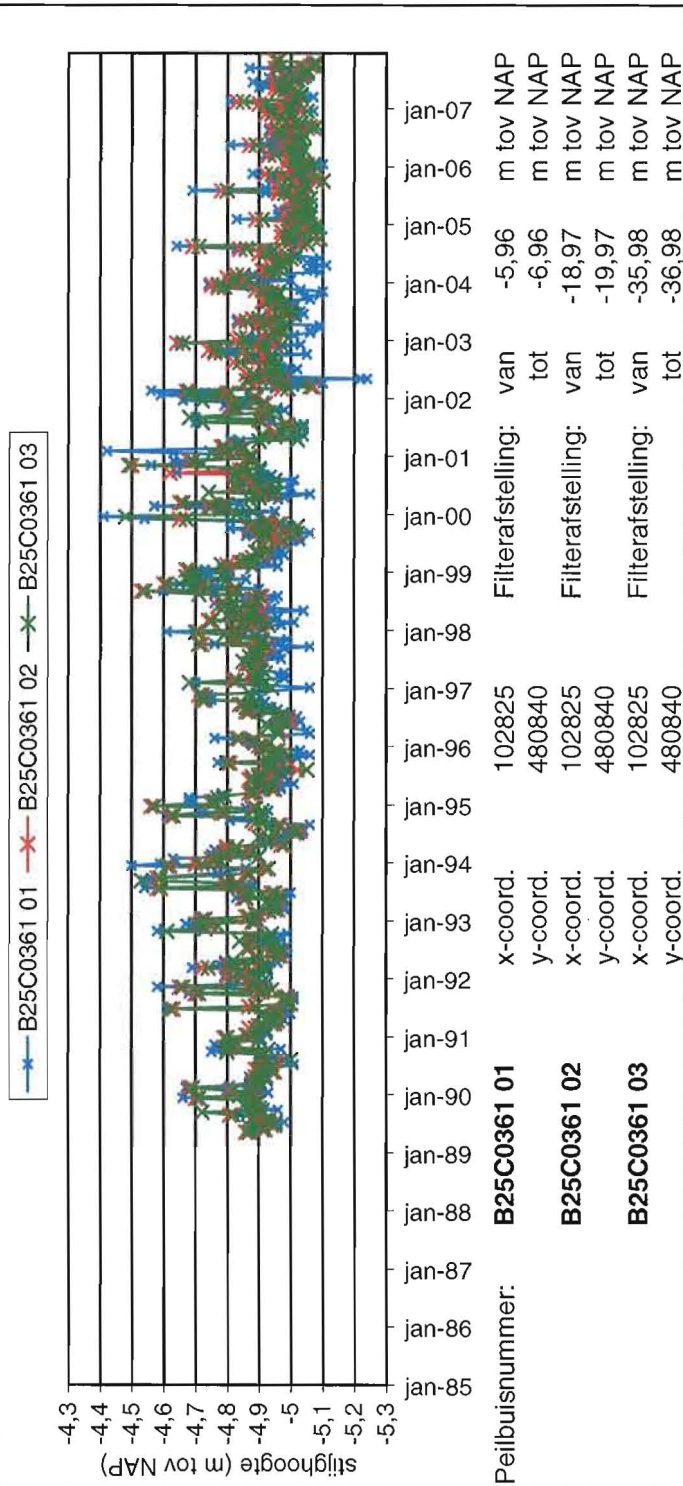
LOCATIEOVERZICHT EN PEILBUISLOCATIES TNO

SPORTACCOMODATIE TE HOOFDDORP

Opdr. : 3006-0244-000

Bijlage : 2

Periode van: 1-1-1985 tot: 1-1-2008 Referentie: NAP





DINO
Grondwater
TNO-NITG

Tijd-stijghoogtelijnen

Periode van: 1-1-1985 tot: 1-1-2008

Referentie: NAP

