



Deelrapport betreffende
Noorder
 Dijkvak ~~Zuider~~meerdijk km. 5,0

Dijkversterking IJsselmeerdijk
 Noordoostpolder;
 Geotechnische aspecten

Oprichtnummer: V-1233/041

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
/00	februari 1994	grondonderzoek Lemmer - Urk	
/02	juli 1995	stabiliteit huidige situatie	
/04	november 1995	grondwaterstroming en stabiliteit	
/041	januari 1996	grondwaterstroming en stabiliteit, huidige situatie en situatie na ophoging -concept-	
/041	augustus 1996	grondwaterstroming en stabiliteit, huidige situatie en situatie na ophoging -definitief-	

INHOUDSOPGAVE

	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	1
2. PROJECTOMSCHRIJVING	2
3. GROND- EN LABORATORIUMONDERZOEK	3
3.1 Terreinonderzoek	3
3.2 Laboratoriumonderzoek	4
4. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID	5
4.1 Bodemopbouw	5
4.2 Geometrie dijklichaam	6
4.3 Bodemopbouw en geometrie na ophogen	6
5. GEOTECHNISCH ADVIES	7
5.1 Grondwaterstroming	7
5.2 Microstabiliteit en interne erosie	7
5.3 Opbarsten kleibekleding	8
5.4 Stabiliteit binnentalud dijklichaam	8
5.5 Zetting kruin	9

BIJLAGEN

	<u>nr.</u>
- Sonderingen	DKM 51 t/m DKM 53
- Boorstaat, volumegewicht, watergehalte en poriëngetal	B 51
- Samendrukkingsproeven en Cv-waarde bepaling	1-K5 en 2-K5
- Triaxiaalproeven	3-K5 en 4-K5
- Stabiliteitsberekening huidige situatie	5-K5
- Stabiliteitsberekening situatie na ophoging	6-K5

1. INLEIDING

Op 22 december 1993 ontving Fugro Ingenieursbureau B.V. te Lelystad van Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied te Lelystad, de opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek alsmede het uitbrengen van een geotechnisch advies ten behoeve van de dijken in de Provincie Flevoland.

De betreffende dijkenvakken welke onder deze opdracht vallen zijn :

Oostelijk Flevoland - Vanaf de Houtribsluizen tot aan de Roggebotsluis.

Noordoostpolder - Vanaf Lemmer tot aan de Ramspolbrug.

Voor dit project zijn door Fugro Ingenieursbureau B.V. onder opdrachtnummer V-1233 en V-1239 verscheidene grondonderzoeken uitgevoerd en worden adviezen uitgebracht voor maatgevend gestelde dwarsprofielen.

Dit rapport bevat de resultaten van het grondonderzoek (hoofdstuk 3 en 4) en het geotechnische advies (hoofdstuk 5) voor het betreffende dwarsprofiel.

Het geotechnisch advies omvat een analyse van de macro- en de microstabiliteit van het huidige dwarsprofiel en het dwarsprofiel na ophoging van de Zuidermeerdijk ter plaatse van kilometer 5,0.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

Voor de vergunningsaanvraag conform artikel 33 van de Waterstaatswet dienen een aantal grondmechanische en geohydrologische aspecten te worden onderzocht.

In het vooroverleg met de opdrachtgever zijn in totaal 20 dwarsprofielen gekozen welke maatgevend worden gesteld voor bepaalde dijkvakken. Het dwarsprofiel dat in dit rapport wordt uitgewerkt is gelegen aan de Zuidermeerdijk in de Noordoostpolder.

Dit dwarsprofiel wordt in de toekomst verhoogd. Het dwarsprofiel na ophoging is door de opdrachtgever aangegeven.

Bovenstaande gegevens zijn door de opdrachtgever verstrekt.

3. GROND- EN LABORATORIUMONDERZOEK

In het verleden is voor de aanleg van de dijken een grondonderzoek uitgevoerd bestaande uit boringen. Deze boringen zijn gebruikt om de bodemopbouw onder het dijklichaam te schematiseren. Zie voor de boringen de tekening genoemd "Situatie en uitkomsten boringen" blad nr. 2 van kaart nr. 60 van d.d. 12-01-1937 behorende bij bestek nr. 268 van de toenmalige dienst Zuiderzeewerken.

In de navolgende paragrafen wordt het door Fugro uitgevoerde grond- en laboratoriumonderzoek besproken.

3.1 Terreinonderzoek

Het terreinonderzoek heeft t.p.v. km. 5,0 bestaan uit 3 sonderingen en 1 boring en 2 handboringen.

De sonderingen zijn vanaf een standaard sondeertruck uitgevoerd met de elektrische Fugro-(kleefmantel)conus conform norm NEN 3680, waarbij het verticaal sonderen is gecontroleerd door middel van een in de conus ingebouwde hellingmeter. Fugro Ingenieursbureau B.V. is in het bezit van het komo-procescertificaat nummer K2519/94 voor elektrisch sonderen, gebaseerd op de beoordelingsrichtlijn BRL 2364.

De resultaten van de sonderingen zijn getekend op de grafieken DKM 51, DKM 52 en DKM 53, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van MV. Op de grafieken van de kleefmantelsonderingen is tevens het wrijvingsgetal weergegeven. Dit is de verhouding tussen de plaatselijke mantelwrijving en de conusweerstand. Empirisch is vastgesteld dat het wrijvingsgetal een nauwe relatie met de grondsoort heeft, zodat een goede indicatie van de laagopbouw van de bodem en de aard van de verschillende lagen (klei, zand of veen) is verkregen.

De boring is uitgevoerd met een standaard boortruck. Het resultaat van de uitgevoerde boring is gegeven op boorstaat B 51, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van MV. Tijdens het boren zijn geroerde grondmonsters genomen en is met het

Opdr.: V-1233/041
Km.: 5,0
Blz.: 3

Ackerman steekapparaat elke meter een ongeroerd monster gestoken. De onderzoekslocaties zijn door Fugro Ingenieursbureau B.V. uitgezet.

De handboringen zijn h.o.h. 250 m uitgevoerd tot een diepte van 0,5 m aan de binnenzijde van de dijk. Tijdens het boren zijn geroerde monsters genomen.

3.2 Laboratoriumonderzoek

In totaal zijn tijdens het boren met de boortruck 8 ongeroerde monsters gestoken. Daarnaast zijn van de verschillende bodemlagen geroerde monsters genomen. De geroerde en ongeroerde monsters zijn in het gecertificeerde laboratorium van Fugro te Arnhem nader geclassificeerd.

Van 8 ongeroerde monsters is in het laboratorium het volumegewicht, het watergehalte, de schuifsterkte en het poriëngehalte bepaald. Het resultaat van deze proeven is gepresenteerd op de boorstaat B 51.

Op 1 ongeroerd monster is een 5-traps samendrukkingsproeven uitgevoerd volgens de methode van Keveling Buisman. Tijdens de derde belastingstrap is met de methode van Taylor de consolidatiecoëfficiënt bepaald.

Op 2 ongeroerde monsters zijn een meertraps triaxiaalproeven uitgevoerd waarvan 1 geconsolideerde ongedraineerde triaxiaal proef (CU), 1 geconsolideerde gedraineerde triaxiaal proef (CD). Op een monster wordt een triaxiaalproef uitgevoerd om een nadere indruk te krijgen omtrent de sterkte-eigenschappen van de aangetroffen afzettingen.

Het laboratoriumonderzoek op de geroerde monsters genomen tijdens de uitvoering van de handboring heeft bestaan uit: korrelverdeling, het gehalte aan organische stof en CaCO_3 en de bepaling van de plasticiteitsindex.

De resultaten van het laboratoriumonderzoek zijn eerder gerapporteerd in het rapport "Dijkversterking IJsselmeerdijk traject Lemmer-Urk, Noordoostpolder" op 24 februari 1994.

Opdr.: V-1233/041
Km.: 5,0
Blz.: 4

4. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

4.1 Bodemopbouw

Op basis van het beschikbare grondonderzoek kan de bodemgesteldheid naast het dijklichaam globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 1a is weergegeven.

Tabel 1a: Globale bodemgesteldheid naast het dijklichaam ter plaatse van B51 (33 m vanuit de kruin).

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
-2,3 tot -2,9	KLEI, bekledingslaag
-2,9 tot -3,6	ZAND
-3,6 tot -4,0	ZAND, kleihoudend
-4,0 tot -5,3	VEEN
-5,3 tot -9,3	ZAND

De bodemgesteldheid onder de kruin van het dijklichaam kan globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 1b is weergegeven.

Tabel 1b: Globale bodemgesteldheid onder de kruin van de dijk ter plaatse van DKM 53 (10 m vanuit de kruin).

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
+1,5 tot +1,0	KLEI, bekleding
+1,0 tot -4,2	ZAND, cunet
-4,2 tot -4,9	ZAND, kleihoudend
-4,9 tot -5,5	VEEN
-5,5 tot -9,7	ZAND

De dikte van de samendrukbare lagen onder het dijklichaam is ter plaatse van sondering DKM 53 vastgesteld op 0,6 m.

De freatische grondwaterstand in het achterland is tijdens het boren eenmalig gemeten en bedroeg MV - 0,95 m. De stijghoogte van het eerste watervoerende pakket bedraagt volgens de waterstaatkundige kaart van de geohydrologische atlas van het IJsselmeergebied ca. NAP -3,0 m. Het peil van het IJsselmeer wordt in de zomer gehandhaafd op NAP -0,4 m en in de winter op NAP -0,2 m. Het maatgevend hoogwater (MHW) is door de opdrachtgever opgegeven en bedraagt NAP + 2,20 m.

4.2 Geometrie dijklichaam

Voor de hoogten van het dijklichaam en het achterland wordt verwezen naar de ontwerp-tekening van de dijk ter plaatse van het betreffende dwarsprofiel en naar de hoogtemeting van de dijk welke door de opdrachtgever is uitgevoerd.

Ontwerp-tekening "Situatie en Dwarsprofielen" met reg.nr. 354 van d.d. 12-01-1937 van de toenmalige dienst Zuiderzeewerken. Hoogtemeting in dwarsprofiel op tekening zonder naam van Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied.

Enkele kenmerkende uitgangspunten voor de geometrie zijn:

- de sloot ligt op een afstand van 16 m van de insteek van het binnentalud van het dijklichaam;
- het gemiddelde talud van het dijklichaam aan landzijde bedraagt 1 : 4,4 (1 verticaal : 4,4 horizontaal);
- de kruinhoogte bedraagt NAP + 4,20 m.

4.3 Bodemopbouw en geometrie na ophoging

In overleg met de opdrachtgever is uitgegaan van een ophoging van 1,30 m tot aan de vereiste kruinhoogte.

Voor de indicatieve berekening van de stabiliteit is als uitgangspunt aangenomen dat het ophoogmateriaal, dat bestaat uit zand (kern dijk), is aangebracht bovenop de kleilaag. In de praktijk zal de afdekkende kleilaag eerst worden afgegraven en vervolgens weer over de ophoging worden aangebracht.

5. GEOTECHNISCH ADVIES

5.1 Grondwaterstroming

Met behulp van het numerieke grondwaterstromingsmodel MSEEP is bij het huidige dwarsprofiel en maatgevende omstandigheden de grondwaterstroming door de dijk berekend. Uitgangspunten bij de berekening zijn:

- de grondwaterstroming is stationair verondersteld (conservatieve aanname);
- de buitenwaterstand is gelijk gesteld aan MHW;
- de binnenwaterstand is gelijk gesteld aan de geschatte diepteligging van de aanwezige drainage ca. NAP -0,9 m. De drainage bevindt zich op ca. 30 m vanuit de kruin;
- geometrie is hierbij geschematiseerd als een doorlatend dijklichaam (zand, $k_{hor} = 4 \cdot 10^{-5}$ m/s en $k_{vert} = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s) dat is afgedekt met een laag klei en/of keileem die als ondoorlatend is aangenomen.

Voor het kweldebiet door het dijklichaam wordt gevonden: $Q = 0,88 \cdot 10^{-5}$ m³/m/s.

De freatische lijn treedt, door de aanwezigheid van drainage, niet uit in het talud. Het kwelwater wordt via de drainage in de sloot geloosd.

5.2 Microstabiliteit en interne erosie

Omdat geen sprake is van in het binnentalud uittredend water, behoeft de microstabiliteit van het talud niet te worden gecontroleerd.

Omdat geen sprake is van een geconcentreerde uittreding van water juist achter het binnentalud, is controle op interne erosie niet nodig.

5.3 Opbarsten kleibekleding

Uit de berekeningen met het grondwaterstromingsprogramma MSEEP volgt dat de freatische lijn de onderzijde van de dijkbekleding niet raakt. Derhalve is er geen gevaar voor opbarsten.

5.4 Stabiliteit binnentalud dijklichaam

Voor de huidige en toekomstige situatie en de bodemopbouw wordt verwezen naar hoofdstuk 4: Terrein- en Bodemgesteldheid.

Uit het grondonderzoek blijkt dat tot een diepte van gemiddeld ca. NAP - 5,5 m samen-drukbare bodemlagen voorkomen. Deze lagen bezitten een beperkte sterkte tegen afschuiven, waardoor instabiliteit van een aangebrachte ophoging kan optreden. Teneinde inzicht te verkrijgen in de stabiliteit van het dijklichaam zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd met behulp van het computerprogramma MSTAB. Dit programma berekent de stabiliteit van gelaagde grondmassieven volgens de methode "Bishop", rekening houdend met waterdrukken en bovenbelastingen. Voor de met dit model berekende veiligheidsfactoren wordt uitgegaan van een minimum van 1,4 (zie par. 4.5, hoofddocument). De resultaten van een dergelijke berekening zijn bijna altijd een goede benadering van de veiligheid van het meest kritische glijvlak.

De berekeningen zijn gebaseerd op de representatieve waarden van de bodemparameters die in tabel 2 zijn gegeven en de met MSEEP berekende freatische lijn. De benodigde parameters zijn ingeschat m.b.v. de resultaten van het laboratoriumonderzoek aangevuld met ervaringscijfers. Voor het ophoog materiaal is uitgegaan van zand zoals is aangetroffen in de kern van de dijk.

Tabel 2: bodemparameters stabiliteitsberekeningen

Omschrijving	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
KLEI, bekledingslaag	15	20	5
ZAND, kern dijk	17 - 20	30	-
ZAND, kleihoudend	15 - 17	22,5	2
VEEN	11	18	3
ZAND	17 - 20	32,5	-

De volgende veiligheden tegen afschuiven zijn berekend:

- huidige situatie: $F_{\text{afsch}} = 1,8$
- situatie na ophoging: $F_{\text{afsch}} = 1,6$

De berekeningsresultaten zijn weergegeven op de bijlage 5-K5 en 6-K5. Uit bovenstaande volgt dat de ophoging stabiliteitsverlagend werkt. De veiligheidsfactor blijft echter ook na ophoging voldoende hoog ($F_{\text{afsch}} > 1,4$).

5.5 Zetting kruin

Voor de huidige situatie en de bodemopbouw wordt verwezen naar hoofdstuk 4: Terrein- en Bodemgesteldheid.

Ten gevolge van het verhogen van het dijklichaam zullen de korrelspanningen in de bodem toenemen, waardoor zettingen zullen optreden. De grootte van deze zettingen is afhankelijk van de grootte van de opgebrachte belasting, alsmede de samendrukbaarheid van de ondergrond. De zettingen zullen vooral optreden in de samendrukbare veenlaag van NAP -4,2 m tot NAP -5,5 m.

q niet 5

Om enig inzicht te krijgen in de grootte van de te verwachten zettingen is op basis van de resultaten van de samendrukkingsproeven, aangevuld met ervaringscijfers een een-dimensionale zettingsberekening uitgevoerd.

Omdat de initiële spanning in de samendrukbare laag hoger is dan de grensspanning, kan zetting per laag als volgt worden berekend:

$$z = h \cdot 1/C_2 \cdot \ln\{(\sigma'_{v,z} + \Delta\sigma'_{v,z})/\sigma'_{v,z}\}$$

waarin:

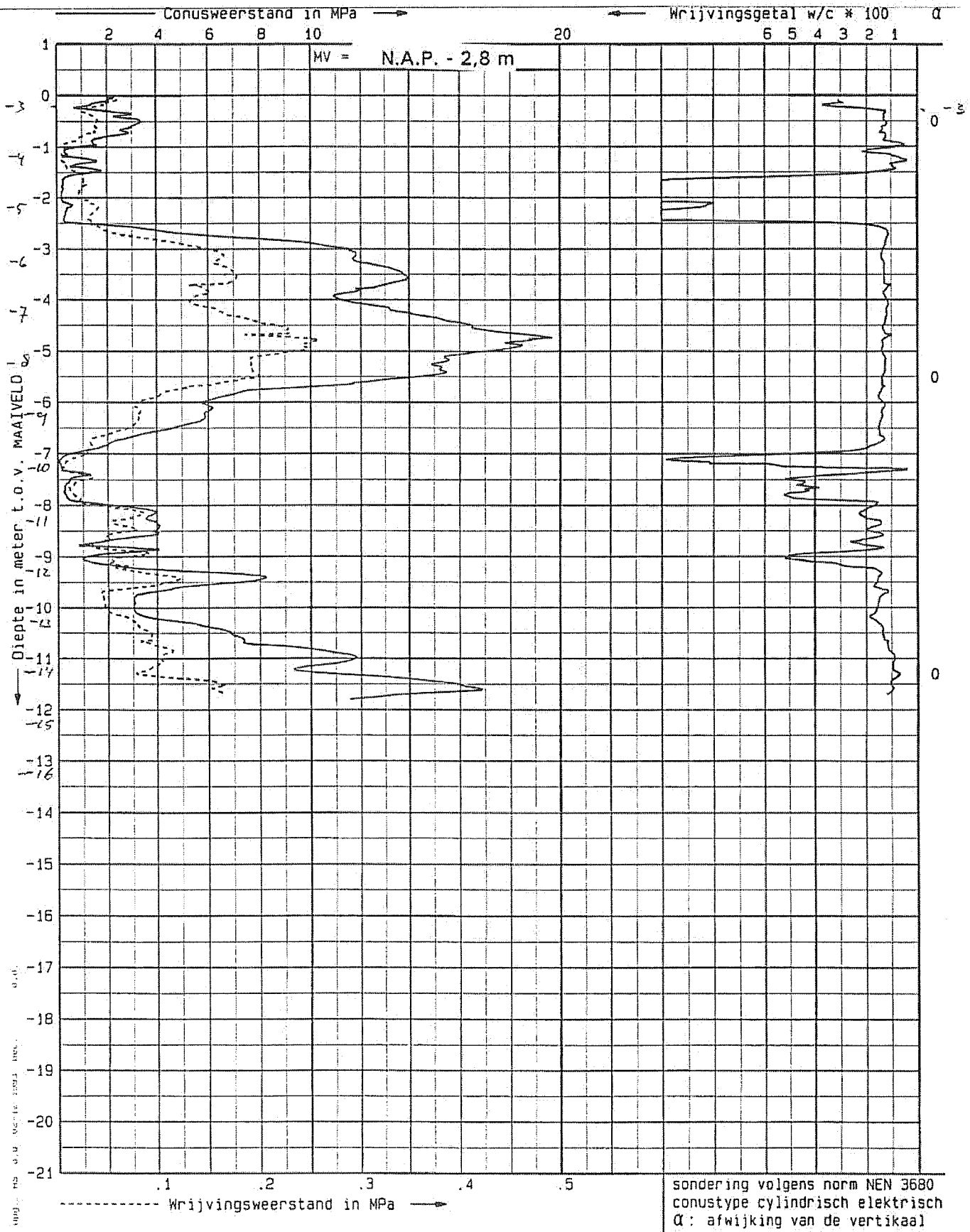
- z = samendrukking in m;
- h = laagdikte in m;
- C₂ = primaire samendrukkingscoëfficiënt m.b.t. niet voorbelast traject;
- $\sigma'_{v,z}$ = initiële verticale korrelspanning in kN/m²;
- $\Delta\sigma'_{v,z}$ = verticale korrelspanningsverhoging in kN/m²;

De berekeningen zijn gebaseerd op de representatieve waarden van de bodemparameters die in tabel 2 en 3 zijn gegeven. De samendrukkingsconstanten zijn bepaald uit het laboratoriumonderzoek aangevuld met ervaringscijfers.

Tabel 3: Samendrukkingsconstanten

Omschrijving	Grensspanning [kN/m ²]	C2 [-]
ZAND	-	100
VEEN	31	2,9

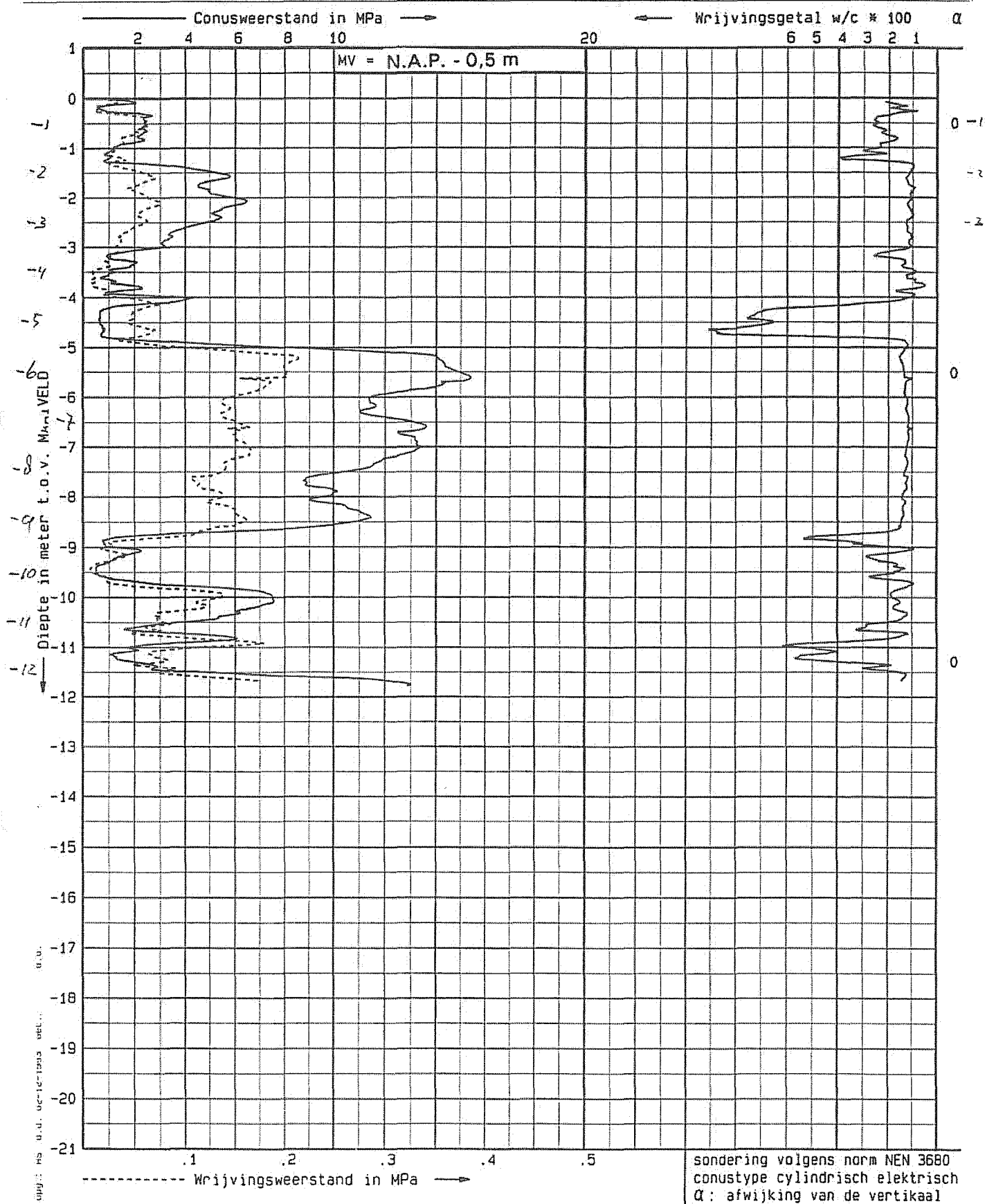
De berekende eindzetting bedraagt bij bovengenoemde waarden z = 0,06 m, ofwel 6 cm.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONDERZOEK IJSSELMEERDIJK TRAJECT LEMMER-URK IN DE NOOROOSTPOLDER

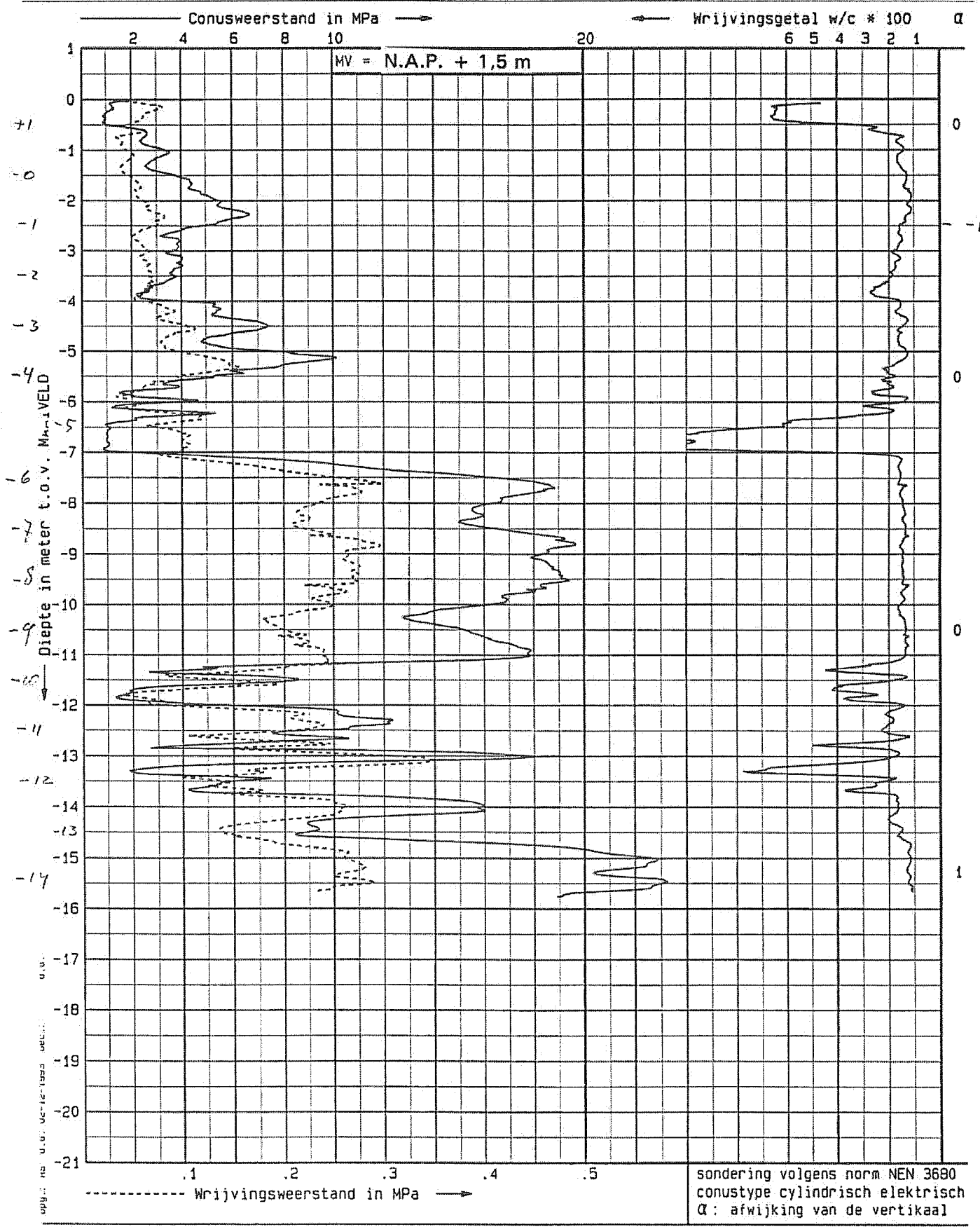
Opdr. V-1233
Sond. DKM 51



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONDERZOEK IJSELMEERDIJK TRAJECT LEMMER-URK IN DE NOORDOOSTPOLDER

Opdr. V-1233
Sond. DKM 52



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONDERZOEK IJSELMEERDIJK TRAJECT LEMMER-URK IN DE NOORDOOSTPOLDER

Opdr. V-1233
Sond. DKM 53

Made by: [signature] dd: 16-dec-93 Checked by: v da, dd: 23-11-93

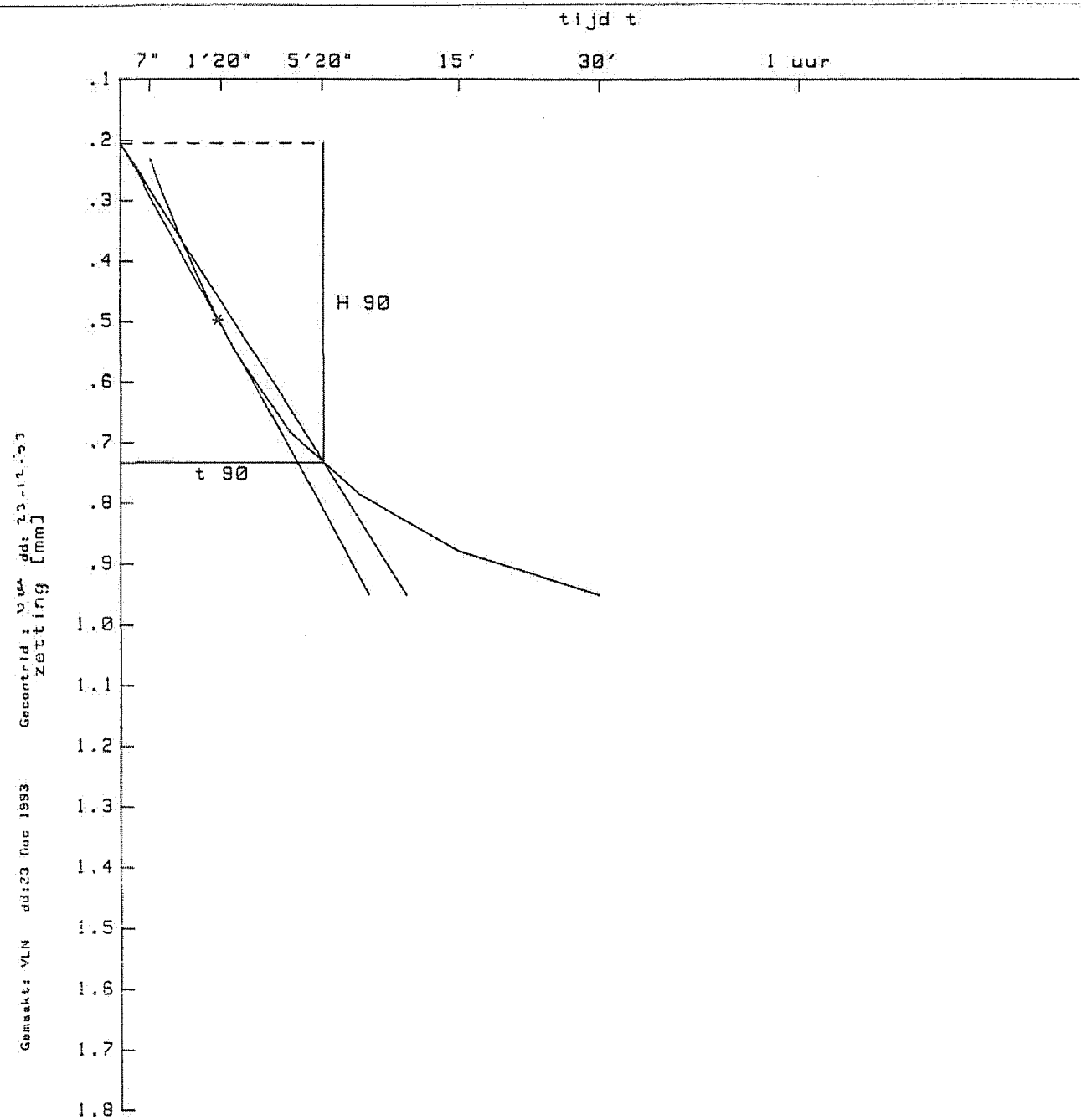
BRP 00.06.n1 /15:36:24

MONSTER NR	DIEPTE tov MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
	NAP 0		
	-0.40		0.00 KLEI, uiterst siltig, sterk humeus, bruin met wortelresten
	-1.00		0.40 KLEI, uiterst siltig, zwak humeus, bruin/grijs met zandlaagjes
1	-1.60		0.60 ZAND (mf), geel/grijs met wat veen- en schelpenrestjes
2	-2.35		1.35 ZAND (uf), matig siltig, grijs met schelpenrestjes en kleiige lensjes
3	-3.00		1.70 VEEN, mineraalarm, bruin
4	-4.00		3.00 ZAND (mf), zwak humeus, geel/bruin met veenrestjes
5	-5.00		4.00 ZAND (zf), zwak siltig, grijs/geel
6	-6.00		
7	-7.05		7.05 KLEI, uiterst siltig, matig humeus, bruin
8	-7.40		7.40 ZAND (zf), zwak siltig, grijs met een enkel kleiig bandje
	-8.00		8.00 Einde boring
	-11		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		

Pail
 buis
 Ongecord monster
 Gecord monster

Uitvoering : 30 November 1993
 Pailing Pb :
 Boring bij :
 Boormeester : Jng

MV = - 2,3 m tov NAP
 Gemeten GWS = 0.95 m - MV
 GHG = m - MV
 GLG = m - MV



Gecontrlid : VLN dd: 23-12-53
 Zetting [mm]

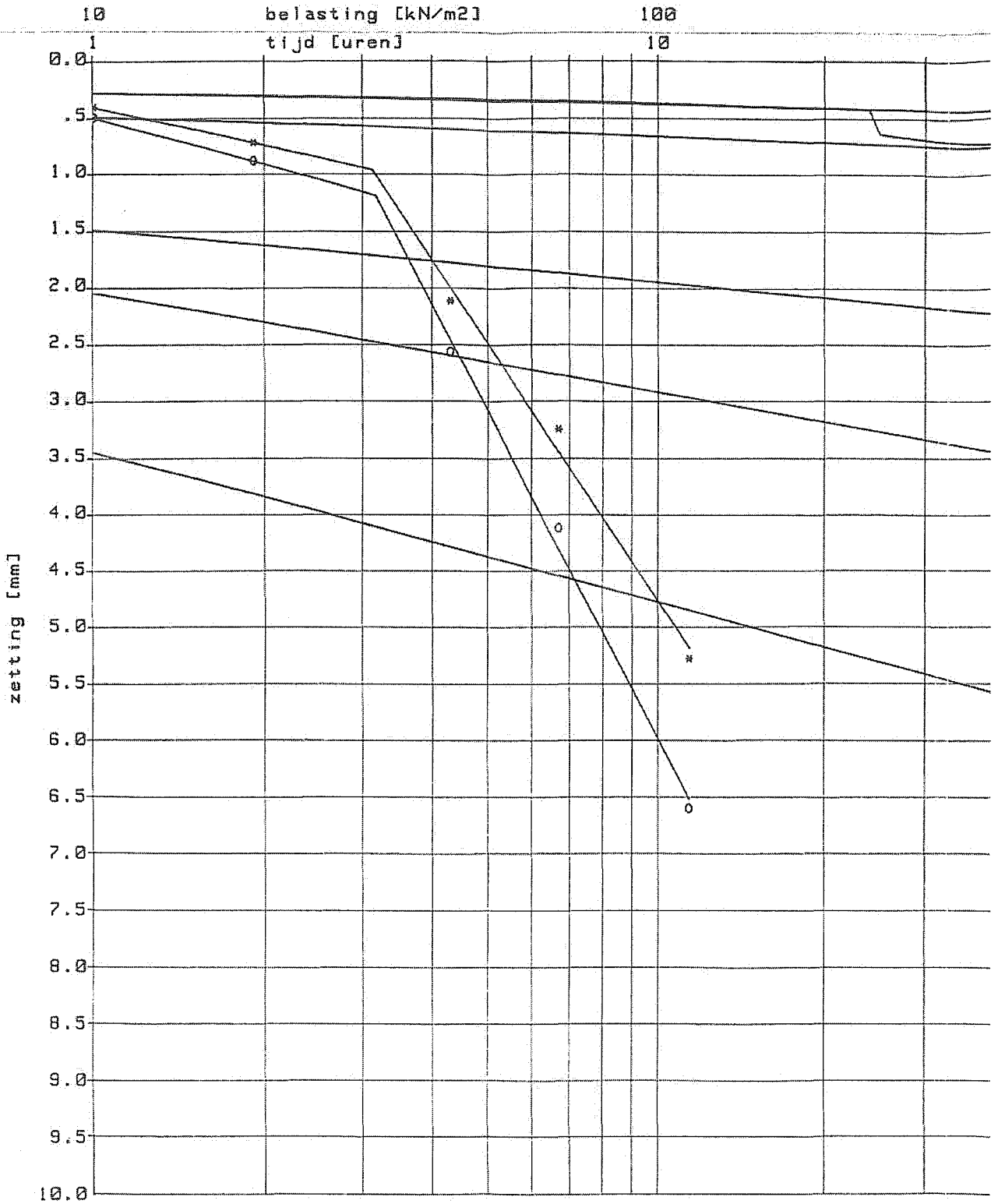
Gemaakt: VLN dd: 23 Dec 1983

SAMEN_DRUK 910628/10102100/ HF9816

Boring : B51
 Monster : 2
 Diepte-MV : 2.3 m.
 Grondsoort : VEEN mineraalarm
 bruin
 Belastingstrap : 3
 Belasting P : 43 kN/m²
 Belasting ΔP : 24 kN/m²
 Hoogte : 18.921 mm.

		Consolidatie 50		90 %	
H	:	.294	.529	mm.	
H100	:	.588	.588	mm.	
t	:	76	324	s	
c _v	:	2.3E-01	2.3E-01	mm ² /s	
m _y	:	1.3E+00	1.3E+00	mm ² /N	
k _v	:	2.9E-06	3.0E-06	mm/s	

SPANEN_DRUK_910020/09:59:19/ HP9816
 Gemaakt: VLN d0:23 Dec. 1993 Geconfrid : V stc. dd: 03-12-93



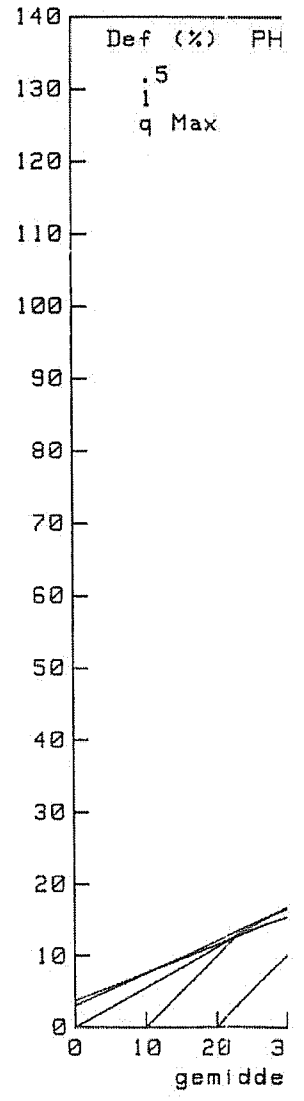
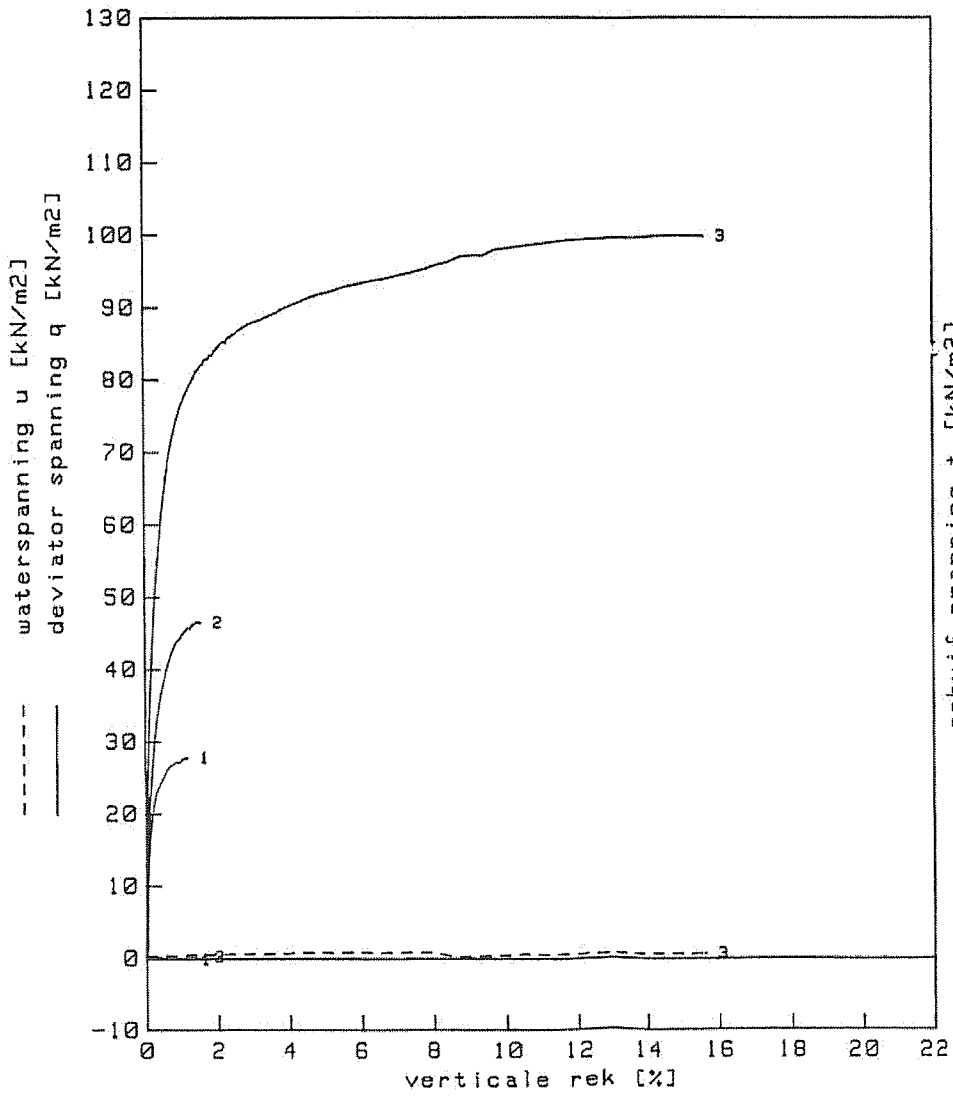
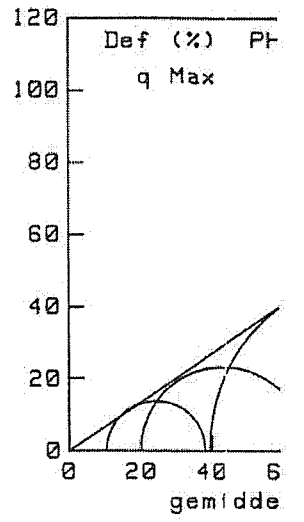
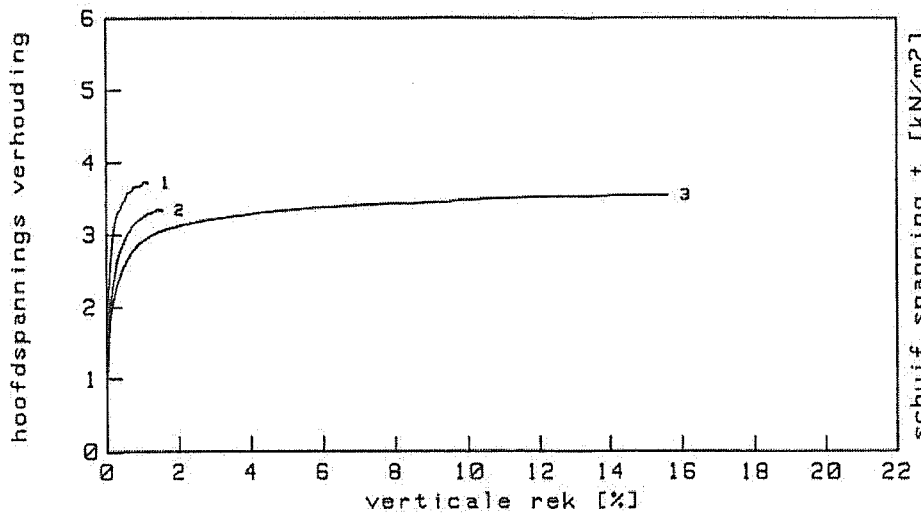
Volume gewicht nat : 10.1 kN/m³
 Volume gewicht droog : 1.4 kN/m³
 Watergehalte : 607.4 %

Hoogte = 20 mm
 Diam. = 65 mm

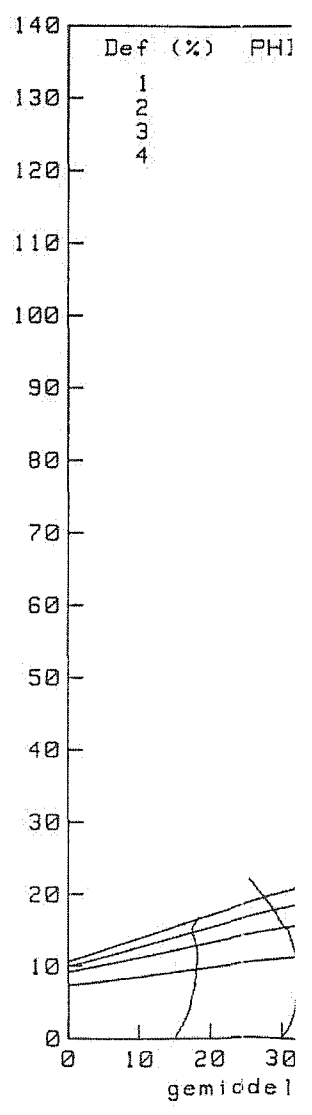
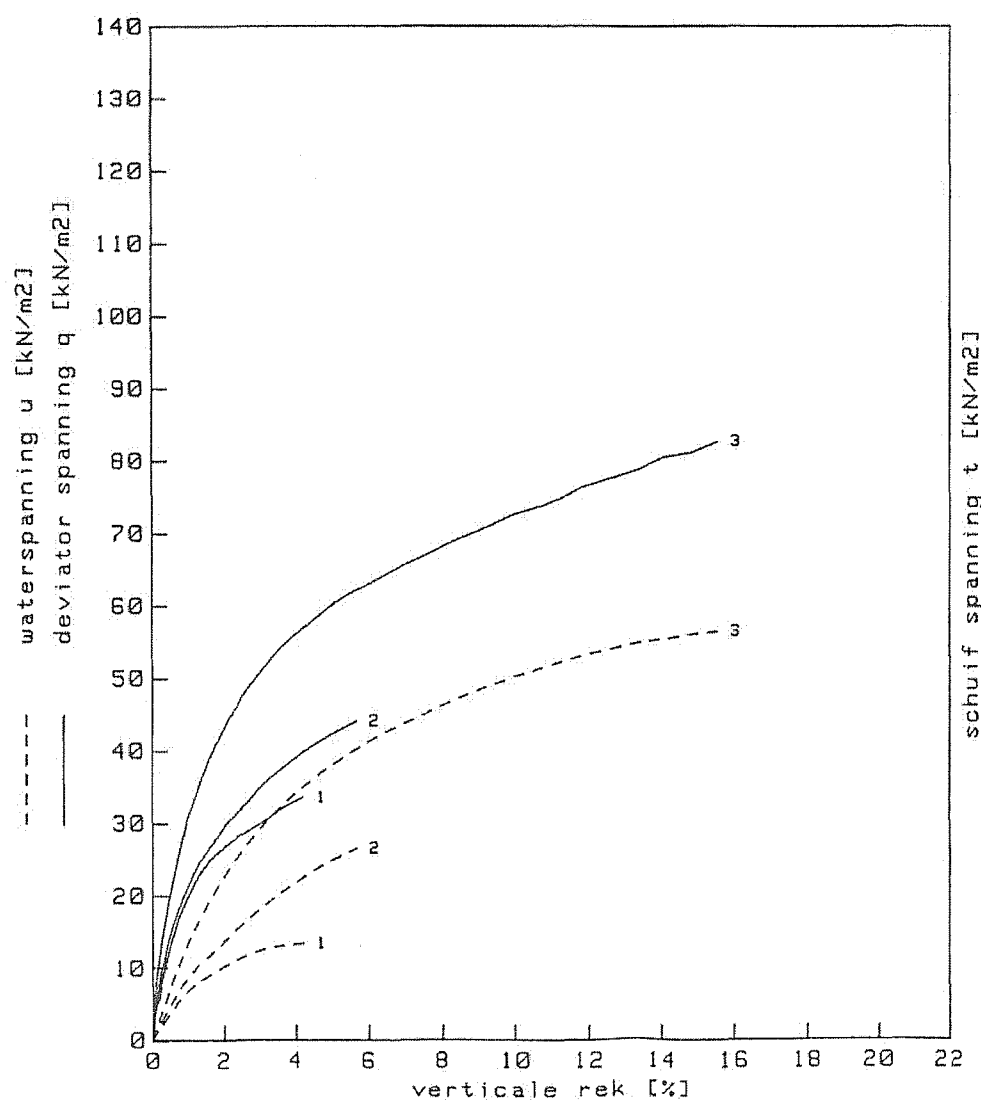
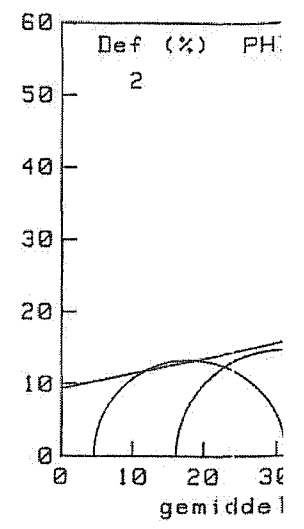
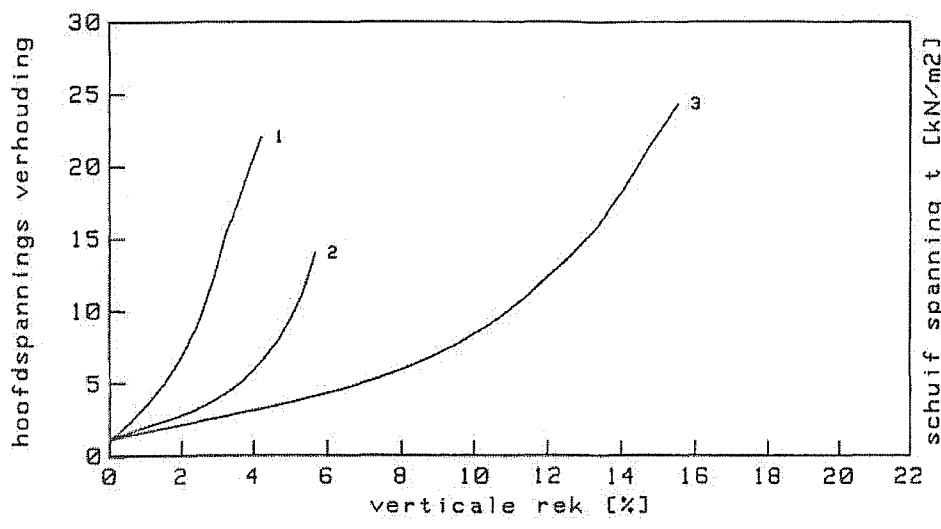
C1 = 21.4
 C2 = 2.9
 P_g = 31 kN/m²

1/C_{p1} = .0248
 1/C_{s1} = .0055
 1/C_{p2} = .1649
 1/C_{s2} = .0453

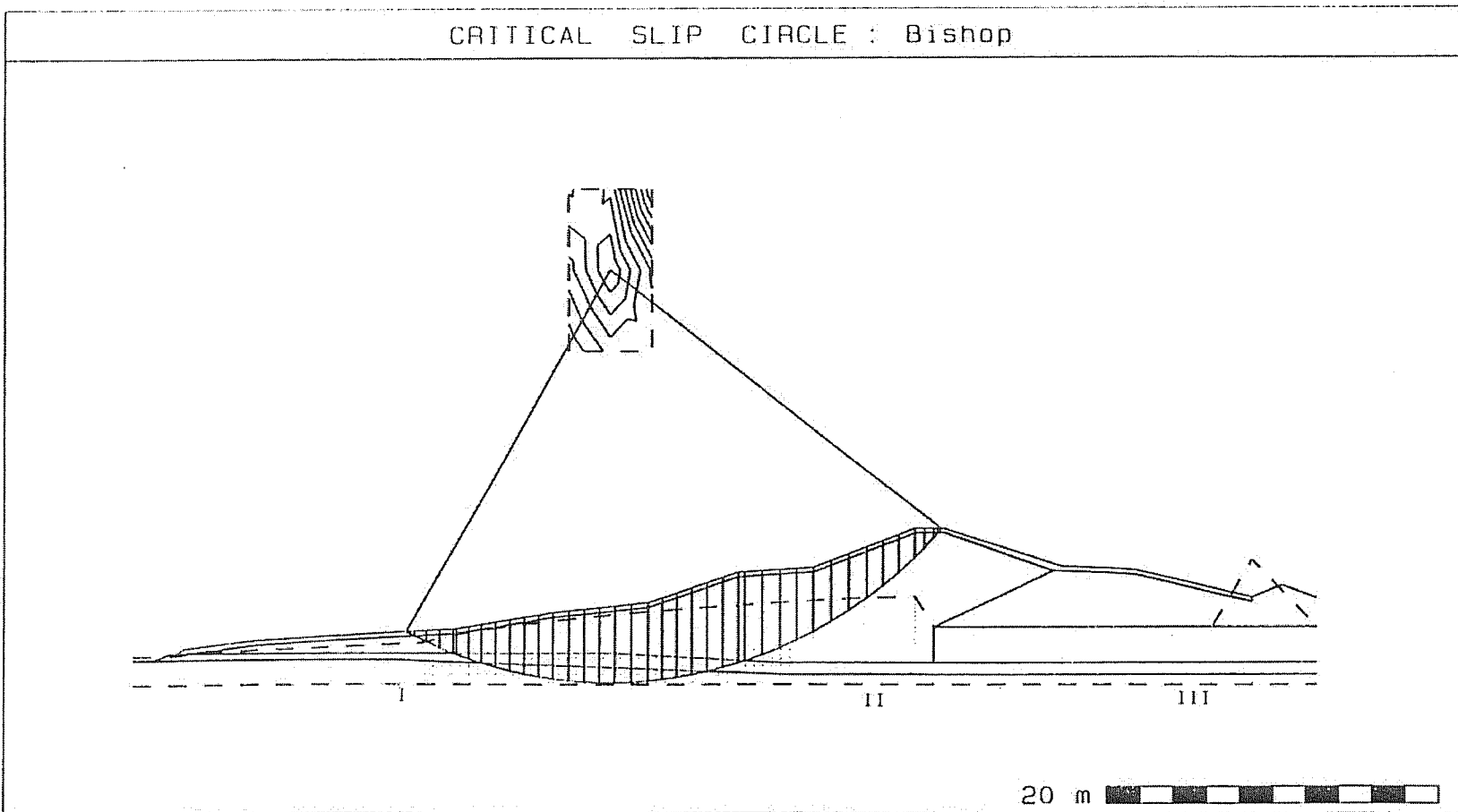
TRIAX_STAT 910827/14142:33/ HP9816
 Gemaakt: hls dd:16 Dec 1993 GeontrId : 064 dd: 23-12-93



TRIPX_STAT 910827/14:16:25/ HP9816
 Gemaakt: vln dd:22 Dec 1993 Gecontrld: U dd:23-12-'93



STABILITEIT BINNENTALUD HUIDIGE SITUATIE
 NOORDERMEERDIJK NOORDOOSTPOLDER KM 5,0

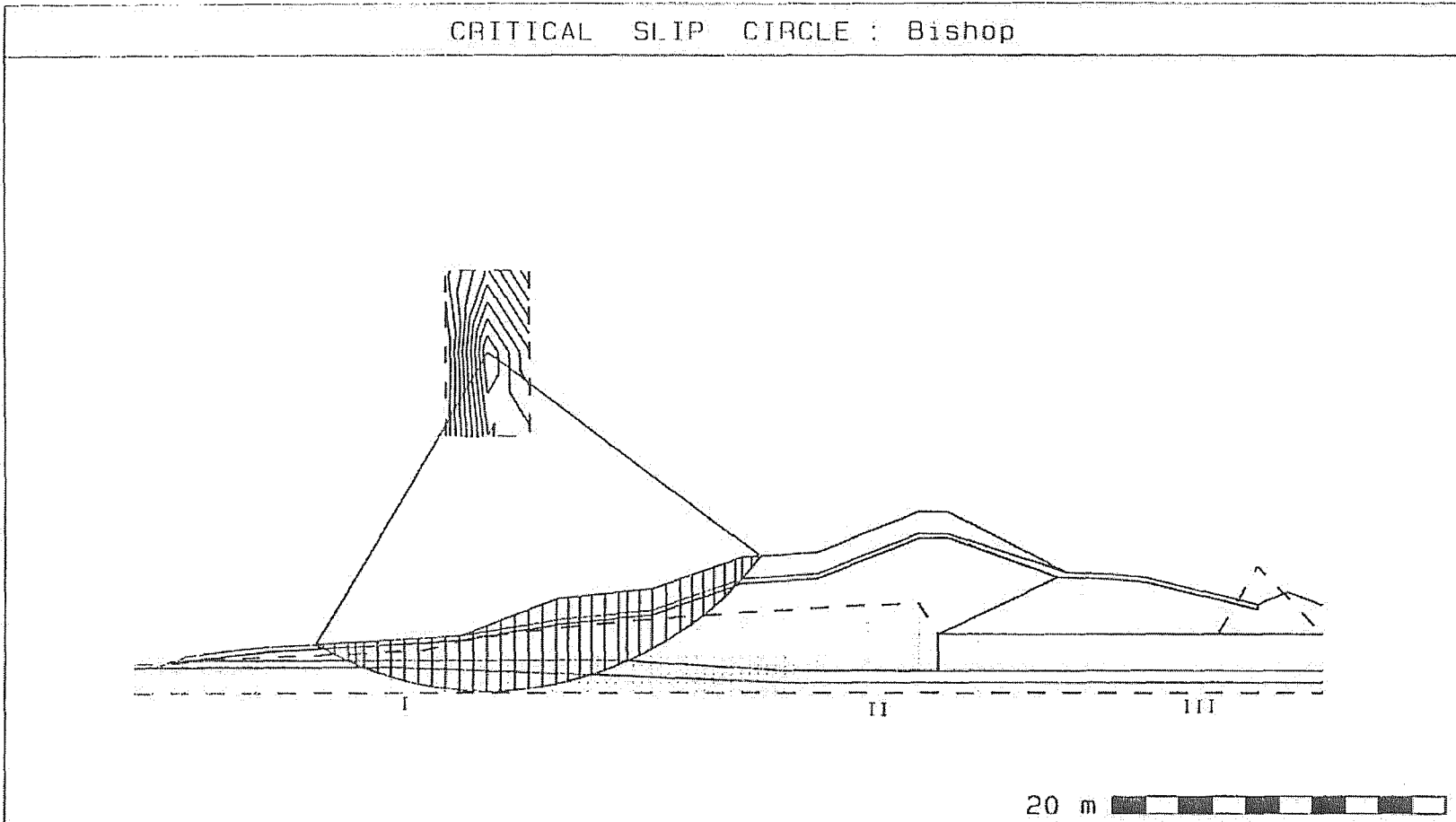


FUGRO GEOTECHNICS Lic: 0057 Cop: N1	$X_m = -20.00 \text{ m}$ $R = 25.40 \text{ m}$ Iso 1 = 1.799 $Y_m = 20.00 \text{ m}$ $F_{min} = 1.799$ Iso 11 = 1.975
GD MSTAB [6.0] File : V1233K05	Dijkverzwaring Noordoostpolder Noordermeerdijk km 5,0

Opdr. : V-1233/04
 Bijl. : 5-K5



STABILITEIT BINNENTALUD SITUATIE NA OPHOGING
 NOORDERMEERDIJK NOORDOOSTPOLDER KM 5,0



FUGRO GEOTECHNICS	$X_m = -27.50 \text{ m}$	$R = 20.40 \text{ m}$	ISO 1 = 1.596
Lic: 0057 Cop: N1	$Y_m = 15.00 \text{ m}$	$F_{min} = 1.596$	ISO 11 = 1.689
GD MSTAB [6.0]	Dijkverzwaring Noordoostpolder		
File : 33VERZW5	Noordermeerdijk km 5,0; ophoging		

Opdr. : V-1233/04
 Bijl. : 6-K5

