

Deelrapport betreffende
Dijkvak Zuidermeerdijk km. 34,0

**Dijkversterking IJsselmeerdijk
Noordoostpolder;
Geotechnische aspecten**

Opdrachtnummer: V-1233/041

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
/02	juli 1995	stabiliteit huidige situatie	
/03	augustus 1995	aanvullende grondonderzoek	
/04	november 1995	grondwaterstroming en stabiliteit	
/041	januari 1996	grondwaterstroming en stabiliteit n.a.v. aanvullend grondonderzoek -concept-	
/041	augustus 1996	grondwaterstroming en stabiliteit n.a.v. aanvullend grondonderzoek -definitief-	

opzichte van MV. Tijdens het boren zijn geroerde grondmonsters genomen en is met het Ackerman steekapparaat elke meter een ongeroerd monster gestoken.

De handboring is uitgevoerd t.p.v. km 35,0 tot een diepte van 0,5 m aan de binnenzijde van de dijk. Tijdens het boren is een geroerd monster 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 en het poriëngehalte bepaald. Het resultaat van deze proeven is gepresenteerd op de boorstaat B 341.

Op 2 ongeroerde monsters zijn 5-traps samendrukkingsproeven uitgevoerd volgens de methode van Keverling Buisman. Tijdens de derde belastingstrap is met de methode van Taylor de consolidatiecoëfficiënt bepaald.

Op 2 ongeroerde monsters zijn geconsolideerde ongedraineerde meertraps triaxiaalproeven (CU) uitgevoerd.

Op een monster wordt een triaxiaalproef uitgevoerd om een nadere indruk te krijgen omtrent de sterkte-eigenschappen van de aangetroffen afzettingen.

Het laboratoriumonderzoek op het geroerde monster, 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.

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. 12-010-1937 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. 34,0 bestaan uit 3 sonderingen, 1 boring en 1 handboring.

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 341, DKM 342 en DKM 343, 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 341, waarop de diepte is uitgezet in meters ten

Opdr.: V-1233/041
Km.: 34,0
Blz.: 3

BIJLAGEN

	<u>nr.</u>
- Sonderingen	DKM 341 t/m DKM 343
- Boorstaat	B341
- Volumegewicht en watergehalte	1-K34
- Samendrukkingsproeven en Cv-waarde bepaling	2-K34 t/m 5-K34
- Triaxiaalproeven	6-K34 en 7-K34
- Stabiliteitsberekening huidige situatie	8-K34

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.

Voor dit dijkvak is op 26 juli 1995 opdracht verstrekt voor het uitvoeren van een aanvullend grond- en laboratorium onderzoek.

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 dwarsprofiel van de Zuidermeerdijk ter plaatse van kilometer 34,0.

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 zal in de toekomst niet worden verhoogd.

Bovenstaande gegevens zijn door de opdrachtgever verstrekt.

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 t.p.v. B341, op 35 m vanuit de kruin.

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
maaiveld tot -4,6	ZAND
-4,6 tot -5,0	KLEI
-5,0 tot -6,8	LEEM
-6,8 tot -8,5	KLEI, humeus
-8,5 tot -9,75	KLEI, siltig
-9,75 tot -11,0	ZAND, siltig

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. t.p.v. DKM 343 op 8 m vanuit de kruin.

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
kruin dijk tot -7,5	ZAND
-7,5 tot -8,0	KLEI, humeus
-8,0 tot -9,75	KLEI, siltig
-9,75 tot -11,0	ZAND, siltig

De diepte van de grondverbetering is aangenomen tot NAP - 7,5 m. De dikte van de holocene lagen onder het dijklichaam bedraagt ca. 2,3 m.

De stijghoogte van het eerste watervoerende pakket bedraagt volgens de waterstaatkundige kaart van de geohydrologische atlas van het IJsselmeergebied ca. NAP - 5,0 à - 5,5 m.

Het peil van het Ketelmeer 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 + 2,77 m.

4.2 Geometrie dijklichaam

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

Ontwerptekening "Situatie en dwarsprofielen van het dijkvak tussen Urk en Schokland".

Hoogtemeting in dwarsprofiel op tekening "Zuidermeerdijk Dwarsprofielen" van Rijkswaterstaat Directie Flevoland.

Enkele kenmerkende uitgangspunten voor de geometrie zijn:

- de sloot ligt op een afstand van 23,5 m van de insteek van het binnentalud van het dijklichaam;
- het gemiddelde talud van het dijklichaam aan landzijde bedraagt ca. 1 : 3,6 (1 verticaal : 3,6 horizontaal);
- de kruinhoogte bedraagt NAP + 4,35 m;

5. GEOTECHNISCH ADVIES

5.1 Grondwaterstroming

Met behulp van het numerieke grondwaterstromingsmodel MSEEP is bij 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 -4,5 m op ca. 29 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: $Q = 1,8 \cdot 10^{-5}$ 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 is bij MHW de maximale wateroverdruk (p_{max}) onder de kleibekleding bepaald. Het opbarsten van het binnentalud dient nu gecontroleerd te worden conform de "Leidraad voor het ontwer-

pen van rivierdijken" (deel 1, par. 11.6.2).

Bij de aanwezigheid van horizontale afdekkende lagen moet worden voldaan aan de voorwaarde dat:

$$F_{\text{opb}} \geq 1,0$$

met

$$F_{\text{opb}} = \{\rho_d \cdot g \cdot d\} / \{\gamma_m \cdot \gamma_n \cdot \gamma_d \cdot p_{\text{max}}\}$$

hierin is:

ρ_d = soortelijke massa afdeklaag in kg/m^3 (ontwerpwaarde);

g = versnelling van de zwaartekracht ($9,81 \text{ m/s}^2$);

d = laagdikte in m;

γ_n = schadefactor (1,1);

γ_d = factor voor modelonzekerheden (1,1);

p_{max} = maximale waterdruk onder de afdeklaag in kN/m^2 ;

In dit geval bedraagt de maximale waterdruk (p_{max}) $1,1 \text{ kN/m}^2$ en de minimale laagdikte $0,5 \text{ m}$, de veiligheid tegen opbarsten van het binnentalud bedraagt derhalve 5,5.

5.4 Stabiliteit binnentalud dijklichaam

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

Uit het grondonderzoek blijkt dat tot een diepte van gemiddeld ca. NAP - 9,5 m holocene 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 bena-

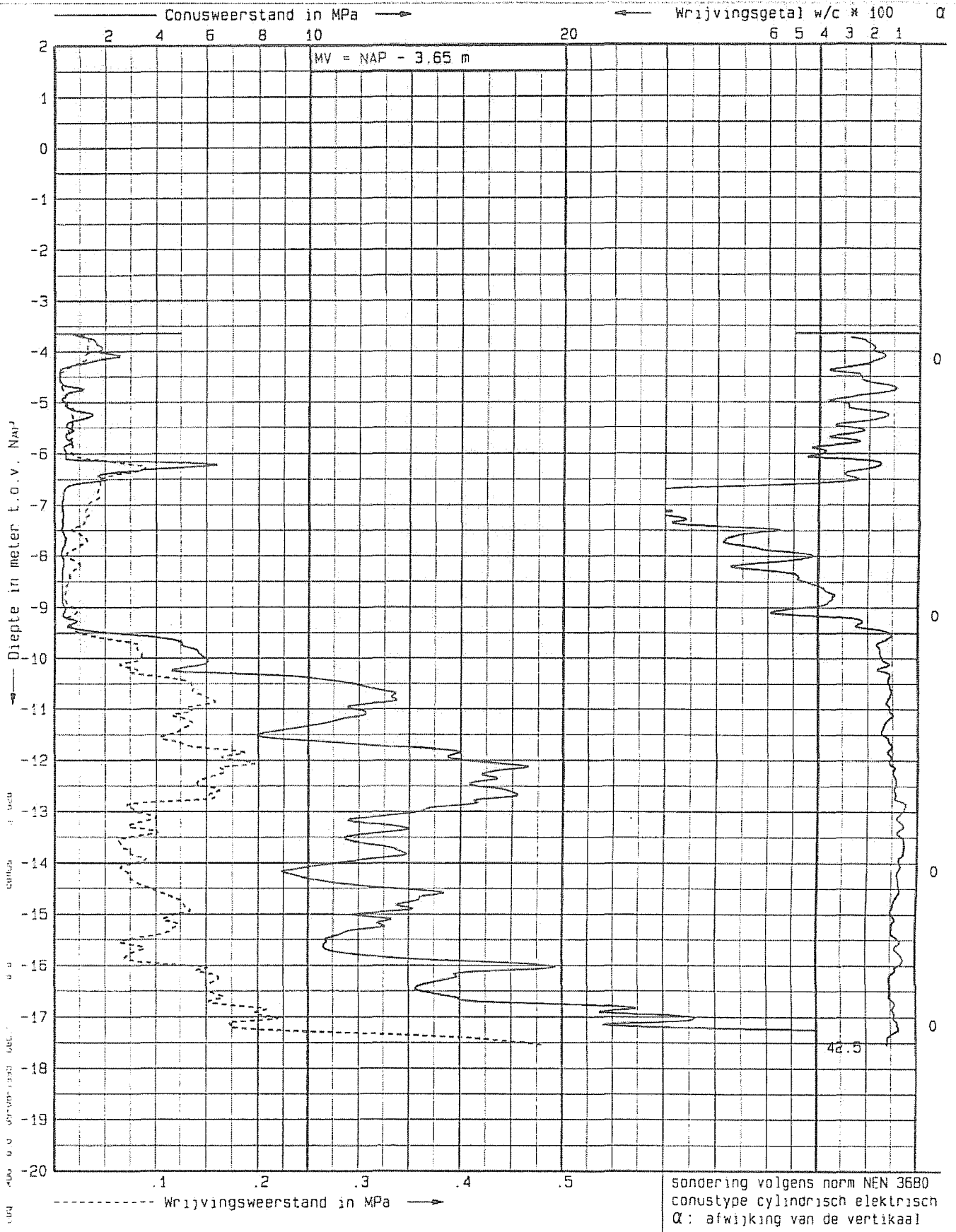
dering van de veiligheid van het meest kritische glijvlak.

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.

Tabel 2: bodemparameters stabiliteitsberekeningen

Omschrijving	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
KLEI, bekledingslaag	15	12,5	5
KLEI	14	18	5
KLEI	13	18	3
LEEM	14	18	3
KLEI, humeus	10	17	3
KLEI, siltig	13	20	2
ZAND, siltig	16 - 19	30	0
ZAND	17 - 20	32,5	0

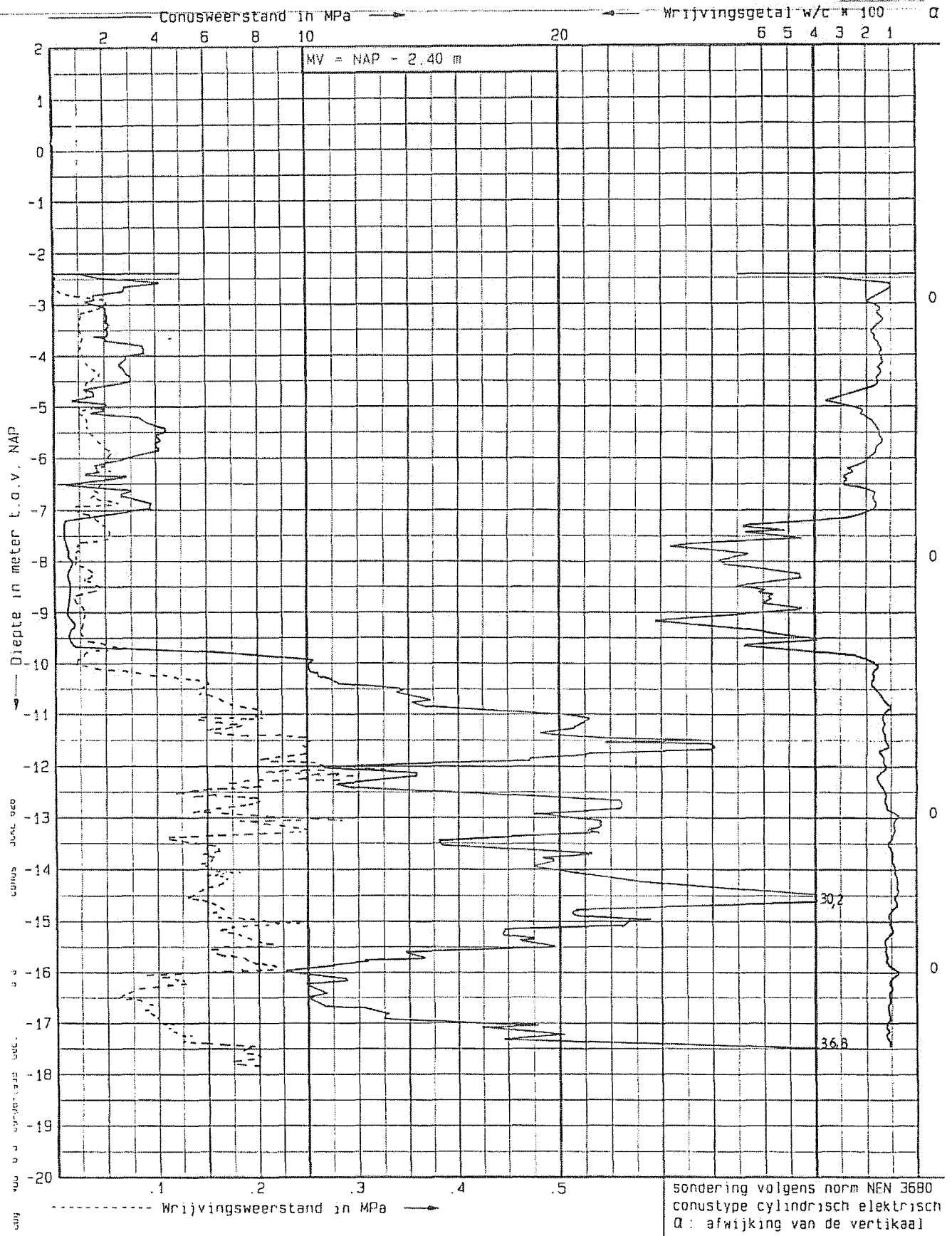
Uit de berekeningen blijkt dat de veiligheid tegen afschuiven in de huidige situatie $F_{\text{afsch}} = 1,6$ bedraagt. Het berekeningsresultaat is weergegeven op de bijlage 8-K34.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

IJSSELMEERDIJKEN, NOORDOOSTPOLDER

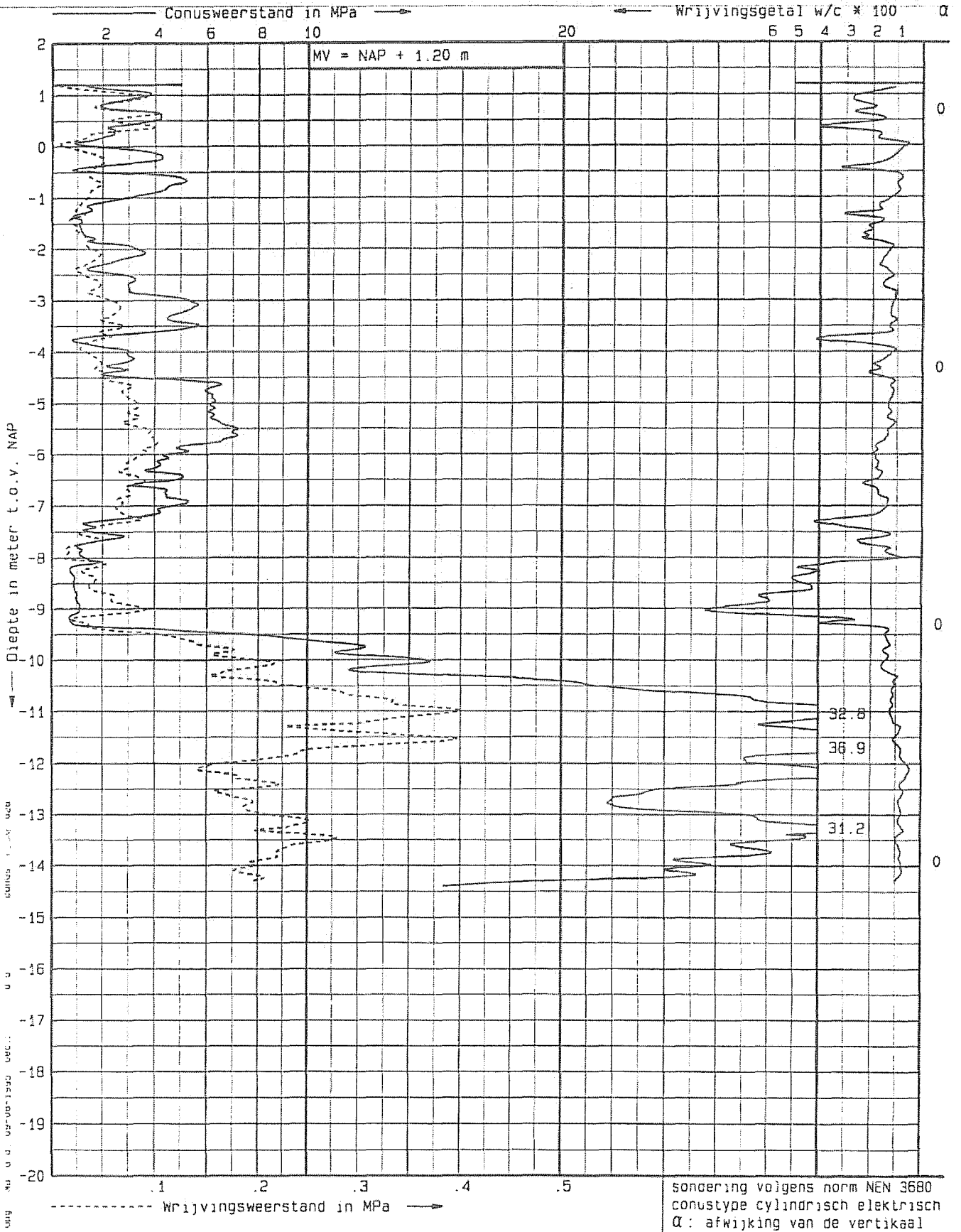
Opdr. V-1233
 Sond. DKM 341



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

IJSSELMEERDIJKEN, NOORDOOSTPOLDER

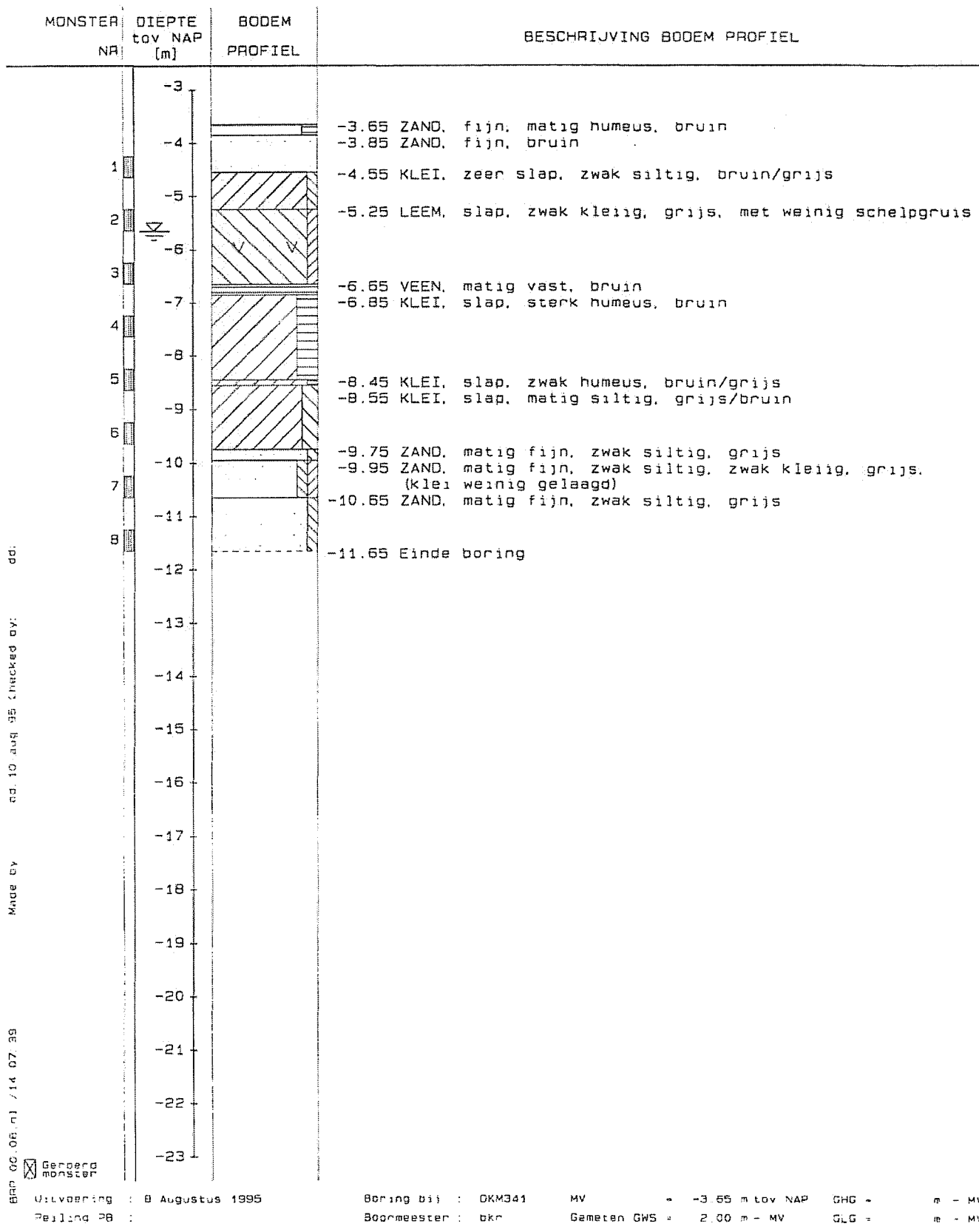
Opdr. V-1233
 Sond. DKM 342



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

IJSSELMEERDIJKEN, NOORDOOSTPOLDER

Opdr. V-1233
 Sond. DKM 343



BORING VOLGENS NEN 5119
 IJSSELMEERDIJKEN, NOORDOOSTPOLDER

Opdr. V-1233
 Boring 8341



Opdrachtnummer V-1233

Project dijkversterking noordoostpolder

Datum rapport 04-Sep-1995

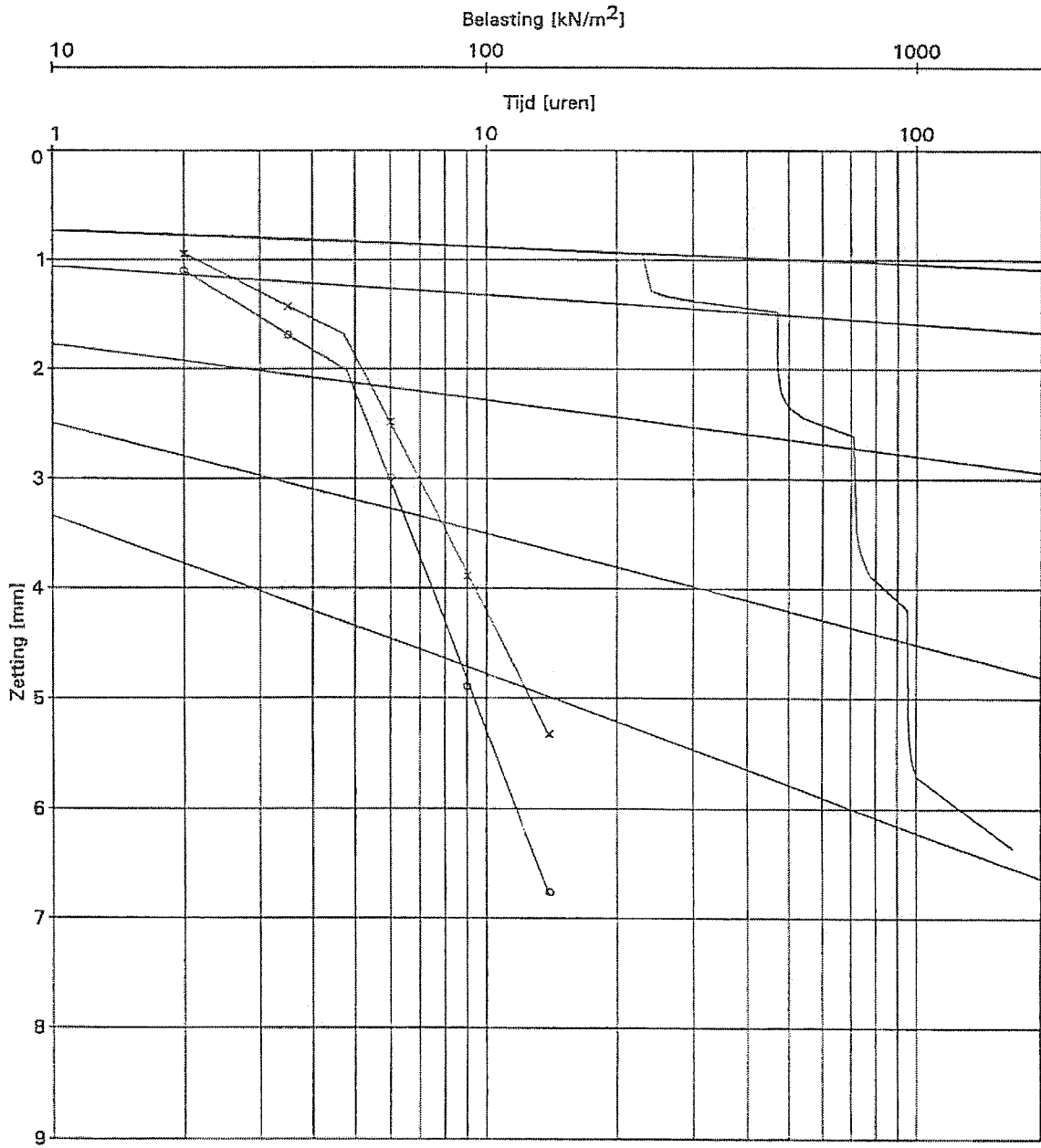
VOLUMEGEWICHT EN WATERGEHALTE

boring- nummer	monster- nummer	diepte tov. mv. [m]	volumiegewicht		watergehalte % [m/m]	poriënvolu- me % [v/v]	verzadig- gingsgraad %
			nat [kN/m ³]	droog [kN/m ³]			
B341	1	0.80	15.7	9.4	67.3	64.0	100.3
B341	2	1.80	16.7	11.4	46.8	56.2	96.5
B341	3	2.80	13.4	6.4	107.2		
B341	4	3.80	9.4	1.8	417.8		
B341	5	4.80	11.5	3.3	244.6		
B341	6	5.80	12.8	5.1	149.1		
B341	7	6.80	19.2	15.8	21.3	39.2	87.7
B341	8	7.80	18.5	14.9	23.6	42.6	84.4

Opgesteld door: *Uhm*

Gecontroleerd: *W*

Opdr.: V-1233
Bijl.: 1-K34



Made by SA J:13-sep-95 Checked by: VAA:dd: 13-9-95

AHM OEDD 00.15 / 11:07:27/A4.OED

Boring : B341
 Monster : 4
 Diepte-MV : 3.80 m
 Grondsoort : VEEN, mineraalarm, bruin met
 wat houtrestjes

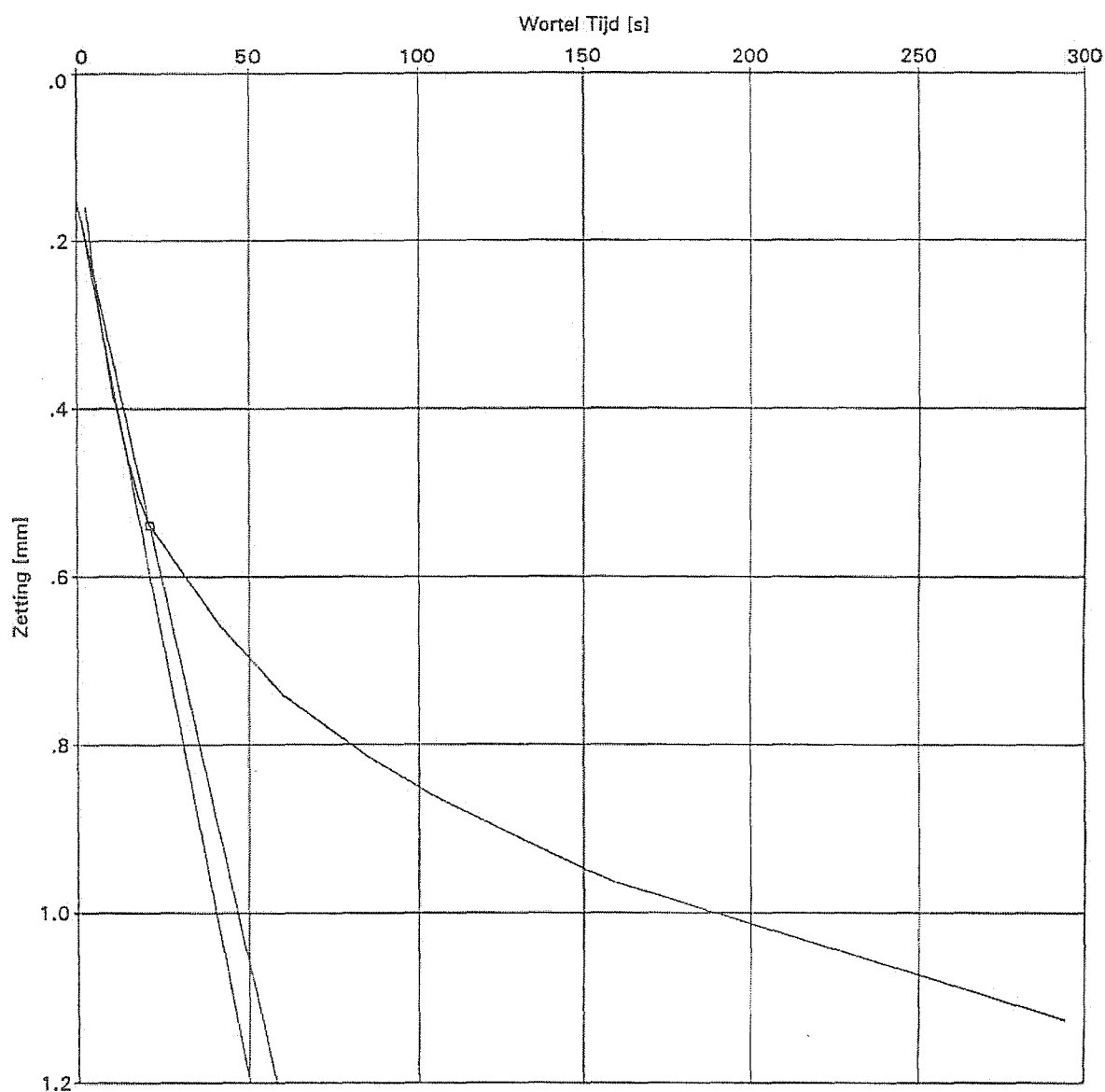
 Vg nat = 10.8 kN/m³
 Vg droog = 2.6 kN/m³
 Watergehalte = 309.0 %

C1 = 12.2
 C2 = 2.6
 Pg = 47 kPa

 1/Cp1 = .0432
 1/Cs1 = .0097

 1/Cp2 = .1687
 1/Cs2 = .0550

 Hoogte = 19.9 mm
 Diameter = 65.0 mm



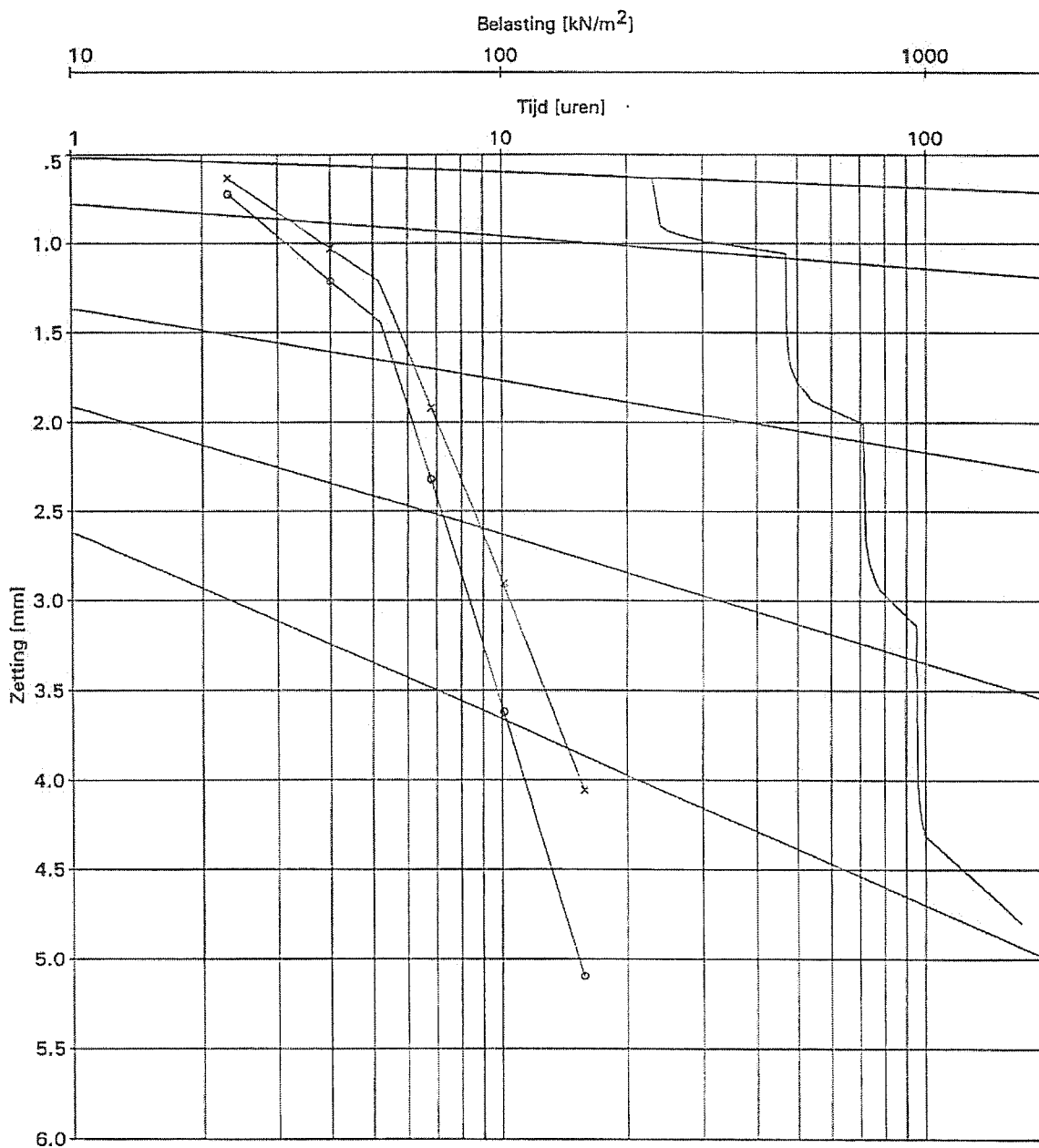
Made by: vvd; ddt: 13 sep 95 Checked by: vvd; ddt: 13 sep 95

Boring : B341
 Monster : 4
 Diepte-MV : 3.80 m
 Grondsoort : VEEN, mineraalarm, bruin met wat houtrestjes

 Belastingstrap : 3
 Belasting P : 60. kN/m²
 Belasting dP : 25. kN/m²
 Hoogte : 18.420 mm

Consolidatie		50	90	%
H	=	.217	.390	mm
H100	=	.434	.434	mm
t	=	96	461	s
c _v	=	1.7E-01	1.5E-01	mm ² /s
m _v	=	9.5E-01	9.5E-01	mm ² /N
k _v	=	1.6E-06	1.4E-06	mm/s

AHM vcdO 09.15 /11:07:48/A4.OED

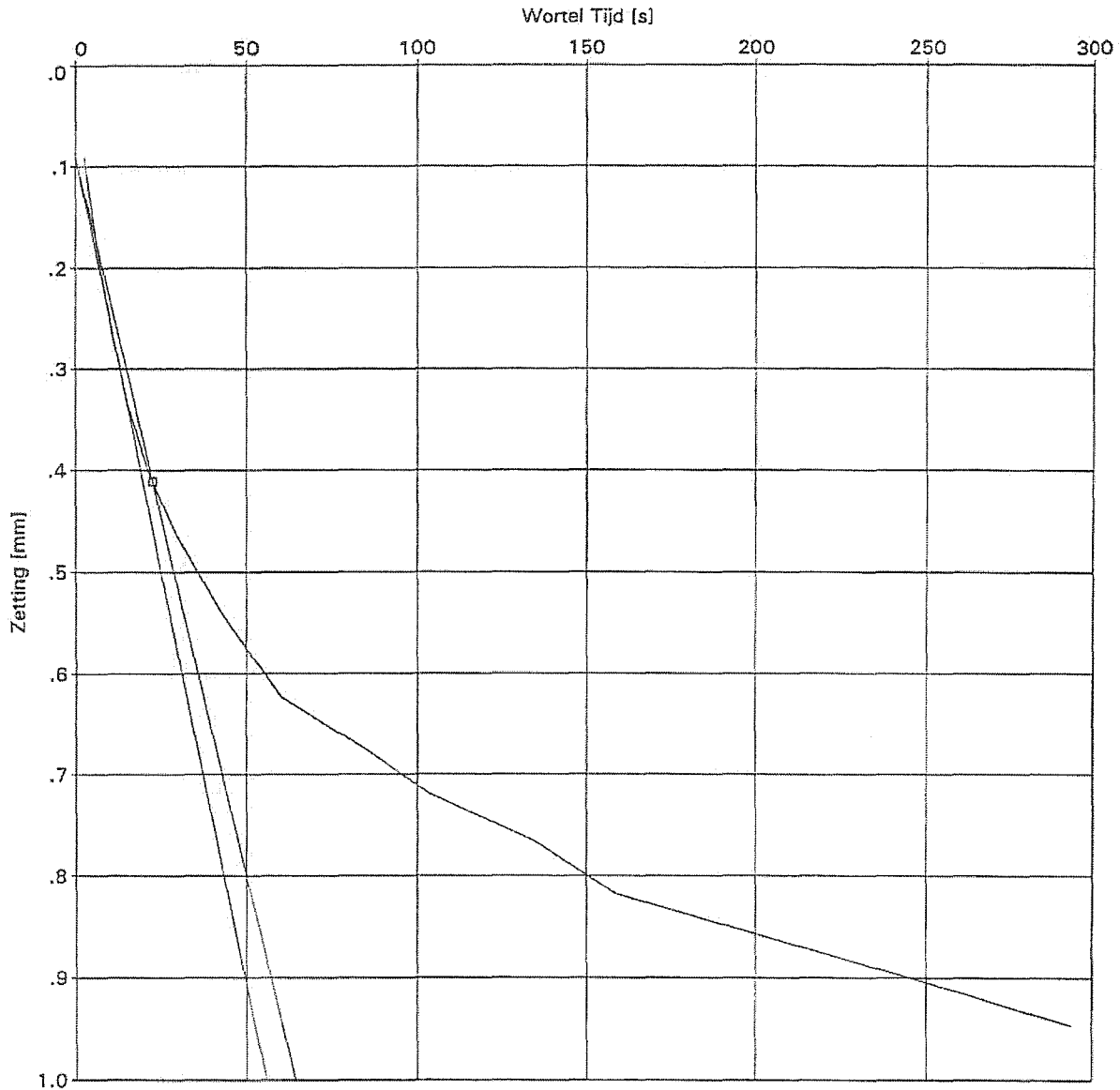


Made by: 13 sep 95 Checked by: 13 sep 95

AHM OEDG 00.15 (11:11:40/06.OED

Boring : B341
 Monster : 6
 Diepte-MV : 5.85 m
 Grondsoort : KLEI, sterk siltig, matig humeus, grijs/bruin met wat veenrestjes
 Vg nat = 12.2 kN/m³
 Vg droog = 4.3 kN/m³
 Watergehalte = 181.8 %

C1 = 14.3
 C2 = 3.6
 Pg = 52 kPa
 1/Cp1 = .0359
 1/Cs1 = .0085
 1/Cp2 = .1274
 1/Cs2 = .0382
 Hoogte = 19.9 mm
 Diameter = 65.0 mm

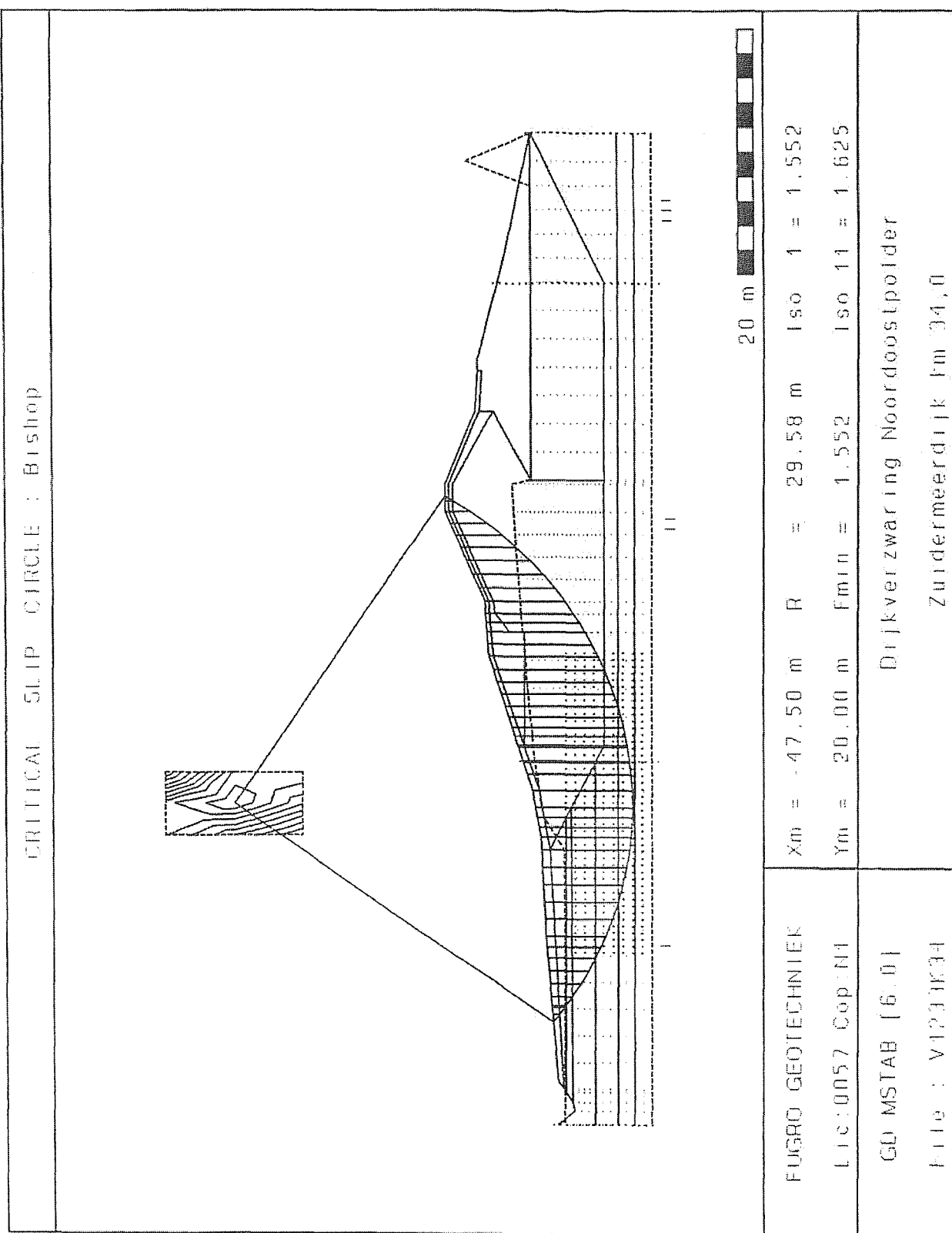


Made by: \Kld:13 asp:95 Checked by: \kld:13 asp:95

Boring : B341
 Monster : 6
 Diepte-MV : 5.85 m
 Grondsoort : KLEI, sterk siltig, matig humeus, grijs/bruin met wat veenrestjes
 Belastingstrap : 3
 Belasting P : 68. kN/m²
 Belasting dP : 28. kN/m²
 Hoogte : 18.840 mm

Consolidatie		50	90	%
H	=	.179	.322	mm
H100	=	.358	.358	mm
t	=	117	515	s
c _v	=	1.5E-01	1.4E-01	mm ² /s
m _v	=	6.8E-01	6.8E-01	mm ² /N
k _v	=	9.8E-07	9.7E-07	mm/s

AHM \cdo 00.15 /11:59/6.OED

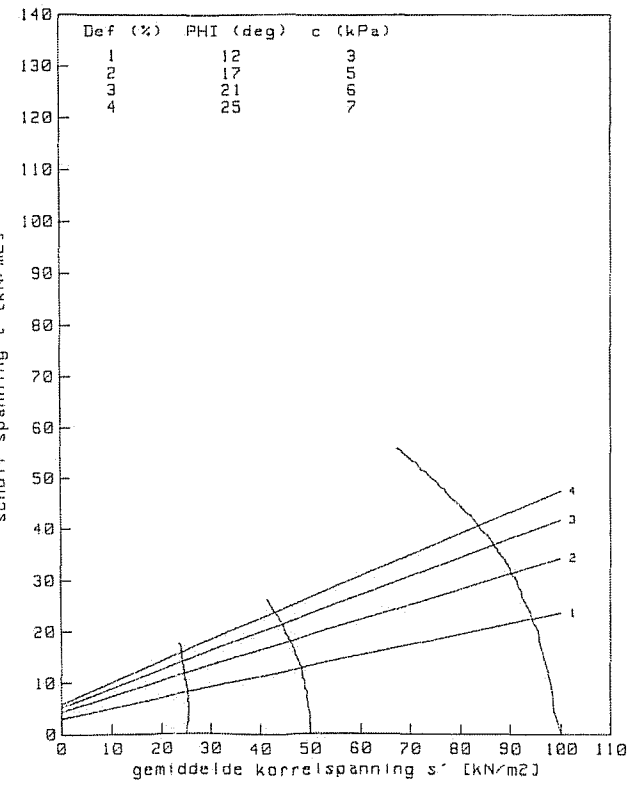
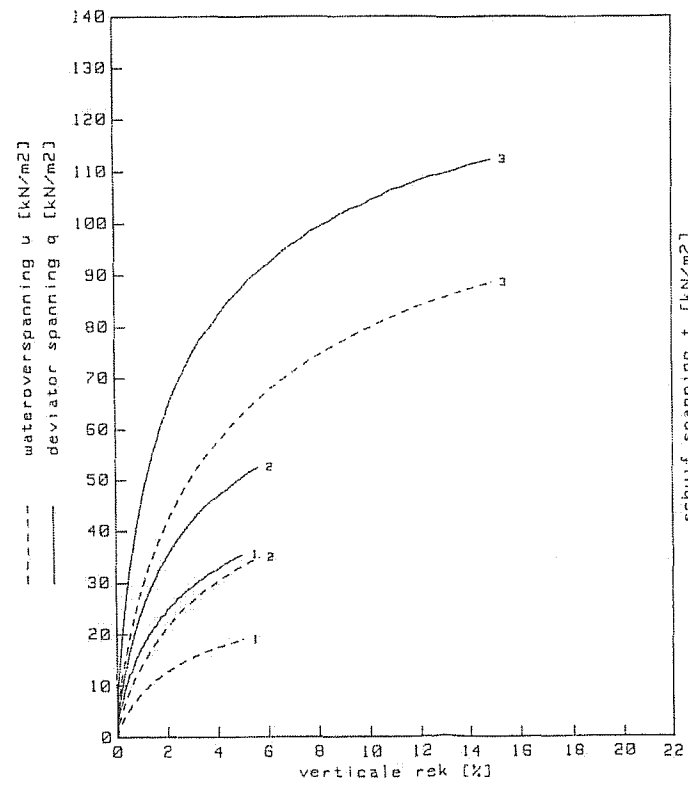
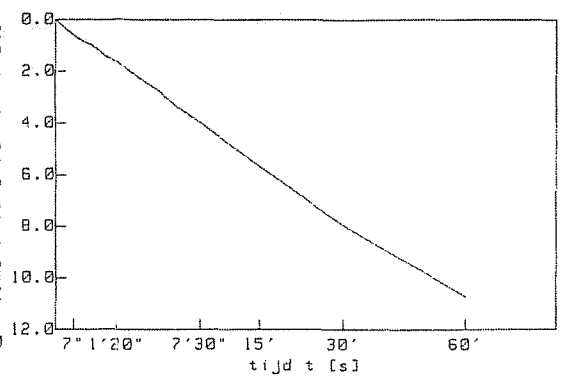
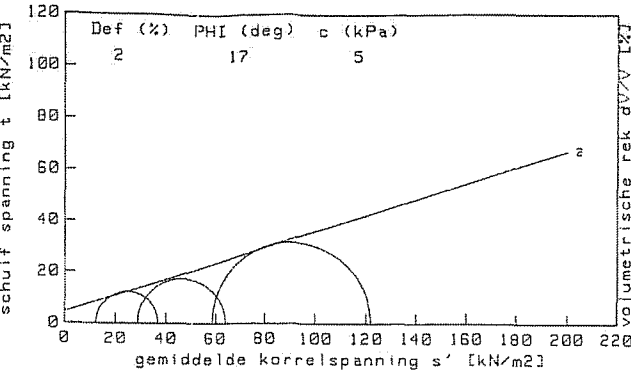
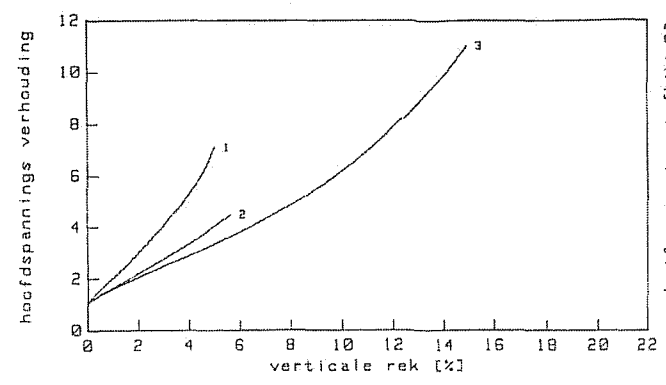


STABILITEIT BINNENTALUD HUIDIGE SITUATIE

ZUIDERMEERDIJK NOORDOOSTPOLDER KM 34,0

Opdr. : V-1233
 Bijl. : 8-K34

TRINX_STAT 910027-10-00:22/ HP0016
 Gemaakt: vln dd:13 Sep 1995 Geconfrid: 0-4-4 ddt: 13-9-95-3



Boring : B341
 Monster : 4
 Diepte - M.V. : 3.65 m.
 Grondsoort : VEEN mineraalarm bruin
 met wat houtrestjes

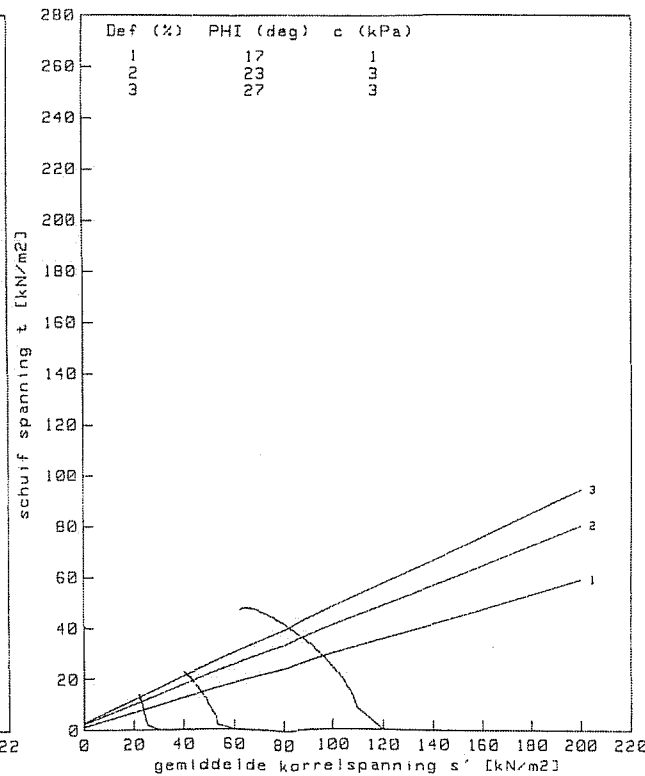
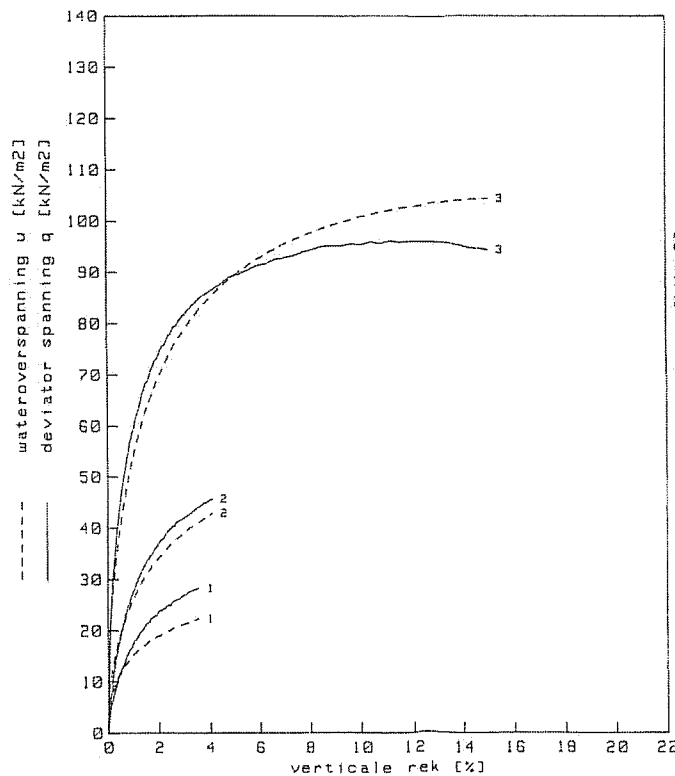
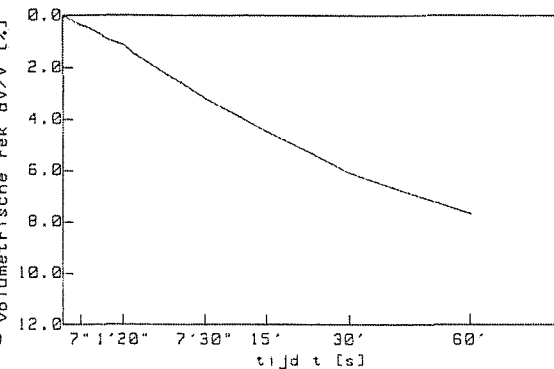
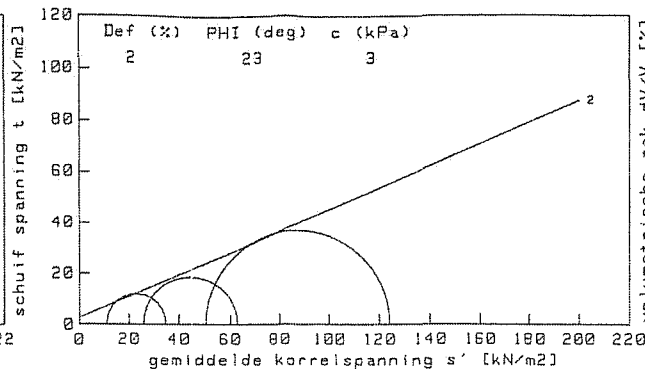
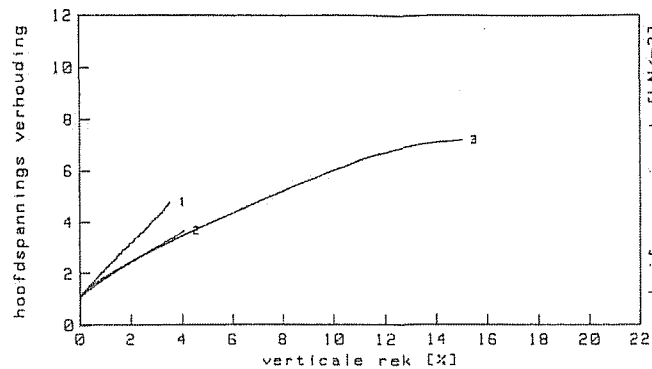
Soort monster : ONGEROERD
 Test techniek : Meer traps
 Vervormingssnelheid : 6 %/uur

= INITIEEL =

Watergehalte	: 437.4	-	-	%
Nat volume gewicht	: 9.9	-	-	kN/m3
Droog volume gewicht	: 1.8	-	-	kN/m3
Hogte	: 76.0	-	-	mm
Diameter	: 36.0	-	-	mm

Belastingstrap	: 1	2	3
Back pressure	: 300.	300.	300. kN/m2
Consolidatiedruk	: 25.	50.	100. kN/m2
B factor na verz.	: .99	-	-
Celddruk	: 325.	350.	400. kN/m2
S _{ij}	: 17.7	26.3	56.1 kN/m2
ε ₅₀	: 1.0	1.1	1.5 %
E ₅₀	: 1.8	2.4	3.7 MN/m2

TRINX_STRT 910627/BI-10-50/ HP9015
 Gemaakt: vln ddt:13 Sep 1995
 Gecontrl: vln ddt:13 Sep 1995



Boring : B341
 Monster : 6
 Diepte - M.V. : 5.75 m.
 Grondsoort : KLEI sterk siltig matig humeus grijs/bruin veenrestjes
 Soort monster : ONGEROERD
 Test techniek : Meer traps
 Vervormingssnelheid : 6 %/uur

= INITIEEL =

Watergehalte	: 167.2	-	-	%
Nat volume gewicht	: 12.0	-	-	kN/m3
Droog volume gewicht	: 4.5	-	-	kN/m3
Hoogte	: 76.0	-	-	mm
Diameter	: 38.0	-	-	mm
Belastingstrap	: 1	2	3	
Back pressure	: 300.	300.	300.	kN/m2
Consolidatiedruk	: 30.	60.	120.	kN/m2
B factor na verz.	: .98	-	-	
Celdruk	: 330.	360.	420.	kN/m2
S _u	: 14.2	22.8	48.1	kN/m2
e ₅₀	: .7	.7	.6	%
E ₅₀	: 2.1	3.3	8.2	MN/m2

