

9.3

B I D O C
(bibliotheek en documentatie)

Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015 - 2518 363/364

list +

**EVALUATIE LABORATORIUMPROEVEN
OP KETELMEERSLIB**

207

Rapport
in opdracht van
DWW

9.3-207 DWW

EVALUATIE LABORATORIUMPROEVEN
OP KETELMEERSLIB

EVALUATIE LABORATORIUMPROEVEN OP KETELMEERSLIB

CO-327640/15
november 1992
Grw/Ark

Opgesteld in opdracht van:
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044
2600 GA DELFT

AFDELING GEOFYSICA
projectleider: dr. G. Greeuw
projectbegeleider: ing. D.A. Dillingh (afd. GROND)
afdelingshoofd: dr. J.K. van Deen

bladnummer : - 2 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992



GRONDMECHANICA/
DELFT

INHOUD:

blz.:

1.	INLEIDING	1
2.	PARAMETERBEPALING	2
3.	UITWERKING VAN PARAMETERS	3
4.	SIMULATIE VAN DE KOLOMPROEF	5
5.	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	6
	Referenties	7

bladnummer : - 3 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992



GRONDMECHANICA
DELFT

BIJLAGEN:

- | | |
|---|---|
| 1 | Data-uitvoer interpretatie HYDCONproef 1 |
| 2 | Data-uitvoer interpretatie HYDCONproef 2 |
| 3 | Uitvoer simulatie kolomproef met HYDCONparameters |
| 4 | Figuren |

APPENDIX:

- | | |
|---|---------------------|
| 1 | Factual meetrapport |
|---|---------------------|



1. INLEIDING

Ten behoeve van de voorspelling van slibgedrag in diepe opslagdepots is een numeriek consolidatiemodel ontwikkeld, genaamd FSCONBAG. De toetsing van dit model is in 1990 begonnen met een kolomproef op Grevelingslib. Het resultaat van deze toets was redelijk te noemen, maar met name het dichtheidsprofiel aan het einde van de proef week af van het berekende profiel. Een tweede kolomproef op slib uit de Nauernapolder [Greeuw, 1991a] bleek onbruikbaar voor de bedoelde toetsing vanwege excessieve gasvorming.

De huidige kolomproef op Ketelmeerslib is wederom bedoeld voor toetsing van FSCONBAG. Gasvorming is geremd door toevoegen van zogenaamd BES-poeder, zie het meetrapport (bijgevoegd als appendix A). Verdere toetsing van het consolidatiemodel is gebeurd door middel van een kleine centrifugeproef [Greeuw, 1992b]. Het ontbreekt op dit moment nog aan goede meetwaarden uit veldproeven om FSCONBAG te toetsen.



2. PARAMETERBEPALING

In het meetrapport (appendix A) wordt verslag gedaan van twee HYDCON-proeven, gecombineerd met oedometerproeven en watergehalte-bepalingen. De monsters zijn in principe gelijk qua samenstelling, hoewel de homogenisatie van het slib niet 100% gelukt is.

De HYDCONopstelling is in 1992 geheel vernieuwd om een aantal redenen. Ten eerste was er een doorslagprobleem, waardoor proeven mislukten of onbetrouwbaar werden. Ten tweede was de oude opstelling niet geautomatiseerd, waardoor er veel minder meetgegevens ingewonnen werden en niet vlak voor een weekend gestart kon worden. Ten derde is de nauwkeurigheid van de hoogte- en debietmeting sterk verhoogd. De meetprocedure was nog niet uitgekristalliseerd ten tijde van deze proeven; in het meetrapport staat de procedure met twee belastingsstappen in detail beschreven. Momenteel wordt de voorkeur gegeven aan een enkele belasting van 25 kPa; zie ook 3.

De eerste HYDCONproef is slechts ten dele geslaagd; door wrijving tussen de zuiger en de celwand is de hoogte-registratie enigszins ontregeld en ook het neergaand debiet beïnvloed. Deze problemen zijn na de proef verholpen. Voor de volledigheid is deze proef hierna wel uitgewerkt.

Uit de bovengenoemde proefbepalingen volgen de relaties tussen het poriëngetal e en de korrelspanning σ' en de doorlatendheid k . Bij de bepaling van deze relaties wordt er van uitgegaan, dat in het spanningsbereik van de HYDCONproef (0-50 kPa) $k(e)$ en $\sigma'(e)$ met enkelvoudige exponentiële functies beschreven kunnen worden. De oedometergegevens leveren een tweede exponentiële tak van de $\sigma'(e)$ -functie op. De $k(e)$ -functie wordt eenvoudig geëxtrapoleerd naar lagere e -waarden.

Genoemde functies zijn noodzakelijk voor het rekenen met FSCONBAG. Afwijking tussen simulatie en proef kan liggen aan de parameterbepaling, aan het model, aan de proef zelf of aan de monsters.

3. UITWERKING VAN PARAMETERS

De HYDCONproeven zijn uitgewerkt met de aangepaste programma's HYD3.PAS en HYD4.PAS. Deze programma's lezen tot 200 meetdata in en interpoleren deze op 25 berekende tijdstippen. De iteratieve procedure minimaliseert de afwijking tussen meting en berekening op deze tijdstippen voor hoogte en debiet (kleinste kwadraten criterium). Tevens worden de gemeten dichtheden onder- en bovenin het monster gefit.

Oorspronkelijk was de bedoeling om enkel de tweede belastingstap van 10 tot 50 kPa te fitten (met HYD3.PAS). Omdat de resultaten echter tegenvielen, is in overleg met de opdrachtgever besloten om ook de eerste stap te gaan fitten (met HYD4.PAS). Bij de tweede proef levert dit een kleine verbetering op.

De resultaten voor HYDCONproef 1 staan grafisch weergegeven in figuur 1 t/m 4. De data-uitvoer staat in bijlage 1. Uit de figuren blijkt, dat het programma moeite heeft om het grillig meetverloop te fitten. In tabel 1 vindt men de berekende parameters van de functies:

$$\begin{aligned}\sigma'(e) &= \exp(a_1 + a_2 \cdot e) && \text{.. [kPa]} \\ k(e) &= \exp(b_1 + b_2 \cdot e) && \text{.. [m/s]}\end{aligned}$$

Proefdeel	a1	a2	b1	b2
P1, 0-10kPa	7.52	-2.12	-24.9	1.33
P1, 10-50kPa	8.68	-1.78	-23.0	0.66
P2, 0-10kPa	7.12	-1.77	-23.8	1.30
P2, 10-50kPa	8.59	-1.98	-22.6	0.92

Tabel 1. Berekende HYDCONparameters

In deze tabel zijn ook de parameters van proef 2 (P2) opgenomen. Vergelijking leert, dat er een duidelijke trend zit in de data voor de $k(e)$ -functie. De 'b2'-kolom geeft aan, dat de helling van $k(e)$ afneemt bij hogere spanningen, dus bij lage e -waarden; daarbij neemt $b1$ toe. De figuren 5 t/m 8 geven aan, hoe goed de gevonden parameters van proef 2 zijn. De computeruitvoer staat in bijlage 2. De fit-resultaten ontlopen elkaar niet veel. Omdat de kolomproef over een laag spanningsgebied verloopt, wordt het vervolg enkel gerekend met de parameters uit de eerste belastingstap.



Oedometerdata

Met de methode, die beschreven is in [Greeuw,1991b], kan de $\sigma'(e)$ -functie worden aangepast aan het hogere spanningsgebied tot 250 kPa. De benodigde oedometerwaarden staan in bijlagen 11 en 16 van het meetrapport in appendix A.

De berekende totale functies zijn:

$$\begin{aligned} P1: \quad \sigma'(e) &= \exp(7.93 - 2.50e) + \exp(7.52 - 2.12e) && \text{..[kPa]} \\ P2: \quad \sigma'(e) &= \exp(10.7 - 3.64e) + \exp(7.12 - 1.77e) && \text{..[kPa]} \end{aligned}$$

De eerste exponent komt steeds overeen met het hoge spanningsgebied van de oedometerdata, de tweede volgt uit de HYDCONproef (10 kPa belasting).

Het is opvallend, dat de oedometerresultaten duidelijk verschillen voor deze duplo-monsters. Het monster uit proef 1 is meer samendrukbaar. Mogelijk is de belasting gedurende de HYDCONproeven niet echt gelijk geweest; bij de hogere belastingen mag dit echter niet uitmaken.

Kruipproef

De 250 kPa belasting bij het monster van proef 2 is in plaats van één dag één week doorgezet om een idee te krijgen van de kruipgevoelighed.

Bijlage 17 van appendix A toont de zettingscurve. De zetting door kruip na de eerste dag bedraagt ongeveer 0.28 mm.

Als we aannemen dat de kruip voldoet aan de relatie:

$$\delta_{ec} = C\alpha \cdot \log(t/t_0)$$

dan volgt uit de meting de waarde $C\alpha = 0.05$. De berekening is uitgevoerd door de zetting van $t = 160$ uur en $t_0 = 16$ uur af te trekken (verschil is 0.29 mm) en om te rekenen naar een δ_{ec} waarde van 0.05. Dit is een normale waarde, die al was ingevoerd in de HYDCONberekening voordat de kruipproef uitgewerkt was.

De verhouding $C\alpha/Cc$ volgt uit een berekende Cc -waarde van 1.26 in het spanningstraject 150-250 kPa. We vinden dus $C\alpha/Cc = 0.04$, hetgeen aardig klopt met literatuurgegevens, zie [Greeuw,1992a].



4. SIMULATIE VAN DE KOLOMPROEF

De simulatie is uitgevoerd met de meest betrouwbare parameters, dat wil zeggen de waarden volgend uit de eerste belastingsstap van de tweede proef.

De begindichtheid na sedimentatie is gesteld op 1.18 g/cm³, overeenkomend met een poriëngetal van 7.0. Na 102 dagen is een bovenbelasting van 2.5 kPa ingebracht.

De uitvoer van de berekening staat in bijlage 3. Het hoogteverloop is grafisch weergegeven in figuur 9, curve 1. Curve 2 is verkregen door de $\sigma'(e)$ -functie af te schatten uit het gemeten dichtheidsprofiel; de zetting is hier duidelijk minder en komt dus dichterbij de meetwaarde. Curve 3 is berekend met $\sigma'(e)$, bepaald uit de tafelcentrifuge-proef op hetzelfde slib. Deze curve valt praktisch samen met curve 1.

Het was van te voren al duidelijk, dat de geringe gemeten zetting niet goed te simuleren zou zijn. Na 150 dagen is de met de HYDCONgegevens berekende zetting ongeveer tweemaal groter dan de gemeten zetting. De berekende wateroverspanning is ook groter over de gehele periode. De berekende eindwaarde op de bodem bedraagt 4.8 kPa tegenover 3.5 kPa gemeten. De effectieve spanning bedraagt dan respectievelijk 1.0 kPa en 2.3 kPa.

De berekening laat verder zien dat de consolidatie nog lang niet is voltooid, getuige de zeer lage korrelspanningen in bijlage 3 na 150 dagen. De hoogte na consolidatie komt uit op 94.5 cm.

De meting laat een tamelijk evenwichtig dichtheidsprofiel zien ondanks de locale compressie bij de monstername, dat wil zeggen de dichtheid neemt duidelijk toe naar beneden gaand. Het wateroverspanningsprofiel na 150 dagen toont aan dat de consolidatie nog bezig is.

Tenslotte kan geconstateerd worden, dat het berekende dichtheidsprofiel na 150 dagen (figuur 10) totaal afwijkt van het gemeten profiel. Opgemerkt moet worden, dat er bij deze meting ernstige monsterverstoring optrad die de gemeten dichtheden fors zal hebben beïnvloed.



5. DISCUSSIE EN CONCLUSIES

De toetsing van het model FSCONBAG aan de hand van een 1.8 m hoge kolomproef is teleurstellend verlopen. De grote afwijking tussen de meetresultaten en de simulatie kan niet door meetfouten verklaard worden. Het is eveneens onwaarschijnlijk, dat de parameterbepaling te onnauwkeurig is. Ten eerste is de HYDCONproef zelf redelijk gefit, ten tweede is er een redelijk goede simulatie mee gemaakt van een kleine centrifugeproef op hetzelfde slib, zie [Greeuw, 1992b].

Deze gegevens wijzen erop dat mogelijk de tijdsduur en het lage spanningsnivo een rol spelen (de korrelspanning blijft overal lager dan 5 kPa). Stel bijvoorbeeld, dat er in ruwweg een week tijd een aging-effect optreedt dat zich uit als een structuurversteving van enkele kPa's. Dit betekent dat de korrelspanningsverandering door consolidatie in deze proef nauwelijks verdichting ofwel zetting tot gevolg zal hebben. Een dergelijk verschijnsel kan de waarnemingen redelijk verklaren, ook de lagere gemeten wateroverspanning, omdat de dissipatie wel gewoon doorgaat. De centrifugeproef duurt minder dan een dag en de korrelspanningen zijn veel hoger, en zal daarom geen last hebben van aging.

Merk op, dat **kruip een veel kleiner probleem vormt**, omdat we anders meer zetting hadden moeten waarnemen in plaats van minder.

De conclusie moet zijn, dat het de huidige versie van FSCONBAG niet het lange termijngedrag van Ketelmeerslib bij lage spanningen kan modelleren. Bij hogere spanningen zal het model waarschijnlijk betere predicties geven.

Het is nu zeer gewenst om gerichte experimenten op te zetten, die de grootte en de tijdsduur van het veronderstelde aging-effect kunnen bepalen.

bladnummer : - 7 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992



GRONDMECHANICA
DELFT

Referenties

- Greeuw G., 1991a
Interpretatie kolomproef op slib uit Nauerna depot
Grondmechanica Delft, CO-310830/22.
- Greeuw G., 1991b
Aanpassing procedure voor de bepaling van consolidatie-
parameters van slib
Grondmechanica Delft, CO-295704/9, september 1991
- Greeuw G., 1992a.
Notitie: Zetting door kruip in een diep depot
Grondmechanica Delft, CO-295704/16, maart 1992
- Greeuw G., 1992b.
Evaluatie kleine-centrifugeproef op Ketelmeerslib
Grondmechanica Delft, CO-295704/23, oktober 1992.

bladnummer : - 8 -
 ons kenmerk: CO-327640/15
 datum : november 1992



GRONDMECHANICA
 DELFT

BIJLAGE 1. HYDCONproef 1, belasting 10 kPa

date: 6 8 1992
 project: HYDCON4 Ketelmeer1 run2
 number of different layers: 1
 number of nodes: 25
 creep Calfa: 0.050
 period number: 1
 time interval: from day 0.0 to day 0.0
 surface condition: deposition
 deposition void ratio: 6.50
 deposition rate: 2.01E+0001 m/day
 settlement void ratio: 6.50
 deposition height: 20.10 cm
 settlement height: 19.96 cm
 period number: 2
 time interval: from day 0.0 to day 4.4
 surface condition: hydraulic
 hyd. load: 10.00 kPa
 piston load: 2.00 kPa
 start parameters:
 2.000E+0001 1.000E+0000 4.000E-0010 4.000E-0009
 end parameters :
 2.660E+0001 3.841E-0001 2.118E-0010 3.029E-0009
 fssq waarde: 2.31E-0001
 niter: 12

pas op! ytl meet rapport 6,2 !

meas. voidratios: 3.1E+0000 2.3E+0000
 calc. voidratios: 3.2E+0000 2.3E+0000

time(days)	hcal(cm)	hm(cm)	flcal(cm/d)	qm(cm/d)
0.05	19.60	19.39	5.45E+0000	1.71E+0000
0.08	19.46	19.33	2.09E+0000	1.68E+0000
0.12	19.34	19.26	2.03E+0000	1.65E+0000
0.17	19.23	19.20	1.95E+0000	1.62E+0000
0.21	19.12	19.17	1.78E+0000	1.59E+0000
0.26	19.02	19.17	1.49E+0000	1.55E+0000
0.31	18.92	19.17	1.19E+0000	1.52E+0000
0.36	18.84	19.17	1.00E+0000	1.48E+0000
0.41	18.76	19.17	9.34E-0001	1.45E+0000
0.47	18.69	19.17	9.22E-0001	1.41E+0000
0.53	18.61	19.17	9.20E-0001	1.37E+0000
0.59	18.53	19.17	9.04E-0001	1.33E+0000
0.65	18.44	19.17	8.64E-0001	1.29E+0000
0.72	18.35	18.93	8.03E-0001	1.25E+0000
0.79	18.27	18.03	7.36E-0001	1.21E+0000
0.87	18.19	17.90	6.82E-0001	1.17E+0000
0.95	18.11	17.90	6.47E-0001	1.12E+0000
1.03	18.04	17.89	6.28E-0001	1.08E+0000
1.12	17.96	17.89	6.15E-0001	1.03E+0000

bladnummer : - 9 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992



GRONDMECHANICA
DELFT

1.21	17.88	17.89	5.99E-0001	9.88E-0001
1.31	17.79	17.89	5.76E-0001	9.42E-0001
1.41	17.70	17.89	5.48E-0001	8.97E-0001
1.52	17.61	17.89	5.21E-0001	8.52E-0001
1.63	17.52	17.89	4.99E-0001	8.08E-0001
1.74	17.43	17.89	4.82E-0001	7.64E-0001
1.87	17.34	17.89	4.68E-0001	7.22E-0001
2.00	17.26	17.89	4.54E-0001	6.81E-0001
2.13	17.17	17.89	4.38E-0001	6.43E-0001
2.27	17.09	17.89	4.21E-0001	6.07E-0001
2.42	17.00	17.89	4.06E-0001	5.75E-0001
2.58	16.92	17.89	3.92E-0001	5.46E-0001
2.75	16.83	17.89	3.80E-0001	5.23E-0001
2.92	16.74	16.02	3.68E-0001	5.05E-0001
3.10	16.65	15.72	3.55E-0001	4.93E-0001
3.29	16.55	15.47	3.43E-0001	4.90E-0001
3.49	16.45	15.26	3.32E-0001	4.90E-0001
3.70	16.35	15.08	3.22E-0001	4.90E-0001
3.92	16.24	15.09	3.12E-0001	4.90E-0001
4.16	16.12	15.11	3.02E-0001	4.90E-0001
4.40	15.99	15.08	2.93E-0001	4.90E-0001

bladnummer : - 10 -
 ons kenmerk: CO-327640/15
 datum : november 1992



GRONDMECHANICA
 DELFT

Bijlage 2. HYDCONproef 2, belasting 10 kPa

date: 10 10 1992
 project: HYDCON4 Ketelmeer2 run 6
 number of different layers: 1
 number of nodes: 25
 creep Calfa: 0.050
 period number: 1
 time interval: from day 0.00 to day 0.01
 surface condition: deposition
 deposition void ratio: 6.20
 deposition rate: 2.05E+0001 m/day
 settlement void ratio: 6.20
 deposition height: 20.50 cm
 settlement height: 20.36 cm
 period number: 2
 time interval: from day 0.01 to day 2.75
 surface condition: hydraulic
 hyd. load: 10.00 kPa
 piston load: 3.00 kPa
 start parameters:
 2.500E+0001 9.000E-0001 7.200E-0010 8.200E-0009
 end parameters :
 3.566E+0001 1.027E+0000 6.015E-0010 8.059E-0009
 fssq waarde: 9.50E-0002
 niter: 7

meas. voidratios: 3.6E+0000 2.4E+0000
 calc. voidratios: 3.4E+0000 2.4E+0000

time(days)	hcal(cm)	hm(cm)	flcal(cm/d)	qm(cm/d)
0.03	19.89	19.61	1.27E+0001	4.98E+0000
0.06	19.67	19.34	5.65E+0000	4.79E+0000
0.08	19.48	19.13	4.91E+0000	4.60E+0000
0.11	19.31	18.95	4.01E+0000	4.40E+0000
0.14	19.15	18.79	3.40E+0000	4.20E+0000
0.16	19.00	18.65	3.10E+0000	4.00E+0000
0.19	18.86	18.50	2.88E+0000	3.80E+0000
0.23	18.72	18.36	2.67E+0000	3.60E+0000
0.26	18.59	18.22	2.47E+0000	3.40E+0000
0.30	18.45	18.08	2.30E+0000	3.20E+0000
0.33	18.32	17.94	2.17E+0000	3.00E+0000
0.37	18.19	17.81	2.05E+0000	2.81E+0000
0.41	18.06	17.68	1.94E+0000	2.62E+0000
0.45	17.93	17.54	1.84E+0000	2.43E+0000
0.50	17.80	17.38	1.75E+0000	2.25E+0000
0.55	17.67	17.23	1.67E+0000	2.08E+0000
0.60	17.54	17.08	1.60E+0000	1.92E+0000
0.65	17.41	16.93	1.53E+0000	1.77E+0000
0.70	17.28	16.78	1.46E+0000	1.62E+0000

bladnummer : - 11 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992



GRONDMEECHANICA
DELFT

0.76	17.14	16.64	1.40E+0000	1.50E+0000
0.82	17.01	16.50	1.35E+0000	1.38E+0000
0.88	16.87	16.38	1.30E+0000	1.28E+0000
0.95	16.73	16.33	1.25E+0000	1.20E+0000
1.02	16.59	16.18	1.21E+0000	1.13E+0000
1.09	16.45	16.02	1.17E+0000	1.08E+0000
1.17	16.30	15.87	1.13E+0000	1.05E+0000
1.25	16.16	15.71	1.10E+0000	1.04E+0000
1.33	16.01	15.56	1.06E+0000	1.04E+0000
1.42	15.85	15.40	1.04E+0000	1.04E+0000
1.52	15.70	15.24	1.01E+0000	1.04E+0000
1.62	15.54	15.08	9.81E-0001	1.04E+0000
1.72	15.38	14.91	9.55E-0001	1.04E+0000
1.83	15.22	14.74	9.27E-0001	1.04E+0000
1.94	15.05	14.57	9.00E-0001	1.04E+0000
2.06	14.89	14.41	8.72E-0001	1.04E+0000
2.18	14.71	14.23	8.45E-0001	1.04E+0000
2.32	14.54	14.05	8.17E-0001	1.04E+0000
2.45	14.36	13.88	7.91E-0001	1.04E+0000
2.60	14.18	13.71	7.64E-0001	1.04E+0000
2.75	14.00	13.54	7.38E-0001	1.04E+0000

bladnummer : - 12 -
 ons kenmerk: CO-327640/15
 datum : november 1992



GRONDMECHANICA
 DELFT

HYDCONproef 2, belasting 50 kPa

date: 10 10 1992
 project: HYDCON3 Ketelmeer2 run 5
 number of different layers: 1
 number of nodes: 25
 creep Calfa: 0.050
 period number: 1
 time interval: from day 0.00 to day 0.01
 surface condition: deposition
 deposition void ratio: 6.20
 deposition rate: 2.05E+0001 m/day
 settlement void ratio: 6.20
 deposition height: 20.50 cm
 settlement height: 20.39 cm
 period number: 2
 time interval: from day 0.01 to day 2.75
 surface condition: hydraulic
 hyd. load: 10.00 kPa
 piston load: 3.00 kPa
 period number: 3
 time interval: from day 2.75 to day 7.75
 surface condition: hydraulic
 hyd. load: 50.00 kPa
 piston load: 3.00 kPa
 start parameters:
 9.000E+0001 2.000E+0000 9.800E-0010 8.000E-0009
 end parameters :
 1.020E+0002 1.943E+0000 9.424E-0010 5.880E-0009
 fssq waarde: 5.17E-0002
 niter: 3

meas. voidratios: 3.6E+0000 2.3E+0000
 calc. voidratios: 3.4E+0000 2.3E+0000

time(days)	hcal(cm)	hm(cm)	flcal(cm/d)	qm(cm/d)
2.79	13.93	13.39	5.60E+0000	2.59E+0000
2.83	13.73	13.25	3.36E+0000	2.54E+0000
2.88	13.56	13.13	2.87E+0000	2.49E+0000
2.93	13.40	13.03	2.59E+0000	2.43E+0000
2.98	13.24	12.93	2.41E+0000	2.38E+0000
3.03	13.09	12.83	2.29E+0000	2.32E+0000
3.09	12.94	12.74	2.19E+0000	2.26E+0000
3.15	12.79	12.64	2.09E+0000	2.20E+0000
3.21	12.64	12.55	2.00E+0000	2.14E+0000
3.27	12.48	12.45	1.92E+0000	2.07E+0000
3.34	12.33	12.36	1.83E+0000	2.01E+0000
3.41	12.18	12.26	1.75E+0000	1.94E+0000
3.48	12.02	12.16	1.68E+0000	1.88E+0000
3.56	11.87	12.06	1.61E+0000	1.81E+0000

bladnummer : - 13 -
 ons kenmerk: CO-327640/15
 datum : november 1992



GRONDMECHANICA
 DELFT

3.64	11.72	11.97	1.53E+0000	1.74E+0000
3.73	11.58	11.88	1.46E+0000	1.67E+0000
3.82	11.44	11.79	1.39E+0000	1.60E+0000
3.91	11.31	11.70	1.32E+0000	1.53E+0000
4.01	11.19	11.62	1.25E+0000	1.46E+0000
4.12	11.08	11.52	1.18E+0000	1.39E+0000
4.23	10.98	11.43	1.11E+0000	1.32E+0000
4.34	10.89	11.35	1.05E+0000	1.25E+0000
4.46	10.82	11.28	9.93E-0001	1.19E+0000
4.59	10.76	11.21	9.43E-0001	1.13E+0000
4.73	10.71	11.14	9.01E-0001	1.07E+0000
4.87	10.67	11.08	8.66E-0001	1.02E+0000
5.01	10.64	11.03	8.37E-0001	9.77E-0001
5.17	10.62	10.98	8.14E-0001	9.39E-0001
5.33	10.60	10.94	7.97E-0001	9.09E-0001
5.50	10.59	10.91	7.83E-0001	8.90E-0001
5.68	10.58	10.89	7.74E-0001	8.82E-0001
5.87	10.57	10.87	7.67E-0001	8.82E-0001
6.06	10.57	10.85	7.62E-0001	8.82E-0001
6.27	10.56	10.83	7.58E-0001	8.82E-0001
6.49	10.56	10.82	7.56E-0001	8.82E-0001
6.72	10.56	10.81	7.55E-0001	8.82E-0001
6.96	10.56	10.71	7.54E-0001	8.82E-0001
7.21	10.56	10.67	7.53E-0001	8.82E-0001
7.47	10.56	10.65	7.53E-0001	8.82E-0001
7.75	10.56	10.63	7.52E-0001	8.82E-0001



bladnummer : - 14 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992

BIJLAGE 3: Simulatie kolomproef; HYDCONparameters

date: 25 11 1992
time: 16 29 1
project: Ketelmeer modelproef run1 herhaling
number of different layers: 1
ksig parameters:
1.07E+0001 -3.64E+0000 1.00E+0000 7.12E+0000 -1.77E+0000
-2.38E+0001 1.30E+0000
creep CadCc: 0.030
period number: 1
time interval: from day 0.00 to day 0.10
bottom condition: undrained
surface condition: deposition
deposition void ratio: 7.00
deposition rate: 18.20 m/day
settlement void ratio: 7.00
deposition height of layer: 1.82 m
settlement height of layer: 1.82 m
specific mass of layer: 24.40 kN/m³
period number: 2
time interval: from day 0.10 to day 102.00
bottom condition: undrained
surface condition: drained
applied load: 0.00 kPa
period number: 3
time interval: from day 102.00 to day 150.00
bottom condition: undrained
surface condition: drained
applied load: 2.50 kPa
total deposition height: 1.82 m

time(days)	height(cm)	settlement(cm)	upfl(m/d)	set1 (%)
0.003	5.27	0.64	0.0E+0000	0.35
0.006	11.18	0.64	8.3E-0003	0.36
0.010	17.07	0.65	8.3E-0003	0.36
0.013	22.96	0.65	8.3E-0003	0.36
0.016	28.82	0.65	8.3E-0003	0.36
0.019	34.65	0.66	8.2E-0003	0.36
0.023	40.45	0.66	8.2E-0003	0.36
0.026	46.22	0.66	8.2E-0003	0.36
0.029	51.95	0.66	8.2E-0003	0.37
0.032	57.63	0.67	8.2E-0003	0.37
0.035	63.26	0.67	8.2E-0003	0.37
0.038	68.83	0.67	8.2E-0003	0.37
0.041	74.35	0.67	8.2E-0003	0.37
0.044	79.79	0.68	8.2E-0003	0.37
0.047	85.17	0.68	8.1E-0003	0.37
0.050	90.46	0.68	8.1E-0003	0.38
0.053	95.68	0.68	8.1E-0003	0.38



bladnummer : - 15 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992

0.056	100.81	0.69	8.1E-0003	0.38
0.059	105.85	0.69	8.1E-0003	0.38
0.061	110.79	0.69	8.1E-0003	0.38
0.064	115.62	0.69	8.1E-0003	0.38
0.067	120.35	0.69	8.1E-0003	0.38
0.069	124.97	0.70	8.1E-0003	0.38
0.072	129.47	0.70	8.1E-0003	0.39
0.074	133.84	0.70	8.1E-0003	0.39
0.076	138.09	0.70	8.0E-0003	0.39
0.079	142.21	0.70	8.0E-0003	0.39
0.081	146.19	0.71	8.0E-0003	0.39
0.083	150.02	0.71	8.0E-0003	0.39
0.085	153.71	0.71	8.0E-0003	0.39
0.087	157.24	0.71	8.0E-0003	0.39
0.089	160.61	0.71	8.0E-0003	0.39
0.090	163.82	0.71	8.0E-0003	0.39
0.092	166.86	0.71	8.0E-0003	0.39
0.094	169.73	0.72	8.0E-0003	0.39
0.095	172.42	0.72	8.0E-0003	0.40
0.097	174.92	0.72	8.0E-0003	0.40
0.098	177.24	0.72	8.0E-0003	0.40
0.099	179.36	0.72	8.0E-0003	0.40
0.100	181.28	0.72	8.0E-0003	0.40
0.587	180.81	1.19	9.5E-0003	0.65
1.098	180.39	1.61	8.3E-0003	0.89
1.634	179.97	2.03	7.8E-0003	1.12
2.198	179.55	2.45	7.6E-0003	1.35
2.790	179.11	2.89	7.4E-0003	1.59
3.411	178.65	3.35	7.3E-0003	1.85
4.063	178.18	3.82	7.2E-0003	2.11
4.748	177.69	4.31	7.2E-0003	2.38
5.467	177.18	4.82	7.1E-0003	2.66
6.222	176.64	5.36	7.1E-0003	2.96
7.015	176.08	5.92	7.0E-0003	3.26
7.848	175.50	6.50	7.0E-0003	3.59
8.722	174.89	7.11	7.0E-0003	3.92
9.640	174.25	7.75	7.0E-0003	4.28
10.603	173.58	8.42	6.9E-0003	4.64
11.615	172.88	9.12	6.9E-0003	5.03
12.678	172.15	9.85	6.9E-0003	5.44
13.793	171.38	10.62	6.9E-0003	5.86
14.965	170.58	11.42	6.9E-0003	6.30
16.195	169.73	12.27	6.8E-0003	6.77
17.486	168.85	13.15	6.8E-0003	7.25
18.842	167.94	14.06	6.8E-0003	7.76
20.266	166.98	15.02	6.7E-0003	8.29
21.761	165.99	16.01	6.6E-0003	8.83
23.331	164.97	17.03	6.5E-0003	9.39
24.979	163.93	18.07	6.3E-0003	9.97
26.710	162.87	19.13	6.1E-0003	10.55

bladnummer : - 16 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992



GRONDMECHANICA
DELFT

28.527	161.80	20.20	5.9E-0003	11.14
30.436	160.72	21.28	5.7E-0003	11.74
32.439	159.63	22.37	5.4E-0003	12.34
34.543	158.55	23.45	5.2E-0003	12.94
36.752	157.47	24.53	4.9E-0003	13.53
39.071	156.39	25.61	4.6E-0003	14.13
41.506	155.32	26.68	4.4E-0003	14.72
44.063	154.26	27.74	4.2E-0003	15.30
46.748	153.21	28.79	3.9E-0003	15.88
49.567	152.16	29.84	3.7E-0003	16.46
52.528	151.12	30.88	3.5E-0003	17.03
55.636	150.09	31.91	3.3E-0003	17.60
58.899	149.07	32.93	3.1E-0003	18.16
62.326	148.06	33.94	3.0E-0003	18.72
65.924	147.06	34.94	2.8E-0003	19.28
69.702	146.06	35.94	2.6E-0003	19.82
73.669	145.08	36.92	2.5E-0003	20.37
77.834	144.10	37.90	2.3E-0003	20.91
82.207	143.13	38.87	2.2E-0003	21.44
86.800	142.17	39.83	2.1E-0003	21.97
91.621	141.22	40.78	2.0E-0003	22.50
96.684	140.27	41.73	1.9E-0003	23.02
102.000	139.34	42.66	1.8E-0003	23.53
102.229	138.70	43.30	2.8E-0002	23.89
102.470	138.45	43.55	1.0E-0002	24.02
102.723	138.24	43.76	8.5E-0003	24.14
102.988	138.05	43.95	7.0E-0003	24.24
103.267	137.88	44.12	6.3E-0003	24.34
103.560	137.71	44.29	5.8E-0003	24.43
103.867	137.54	44.46	5.3E-0003	24.52
104.189	137.38	44.62	4.9E-0003	24.61
104.528	137.23	44.77	4.6E-0003	24.70
104.884	137.07	44.93	4.4E-0003	24.78
105.257	136.92	45.08	4.1E-0003	24.87
105.650	136.76	45.24	3.9E-0003	24.95
106.061	136.61	45.39	3.7E-0003	25.04
106.494	136.46	45.54	3.6E-0003	25.12
106.948	136.30	45.70	3.4E-0003	25.21
107.424	136.14	45.86	3.3E-0003	25.30
107.925	135.98	46.02	3.2E-0003	25.39
108.450	135.82	46.18	3.1E-0003	25.48
109.002	135.65	46.35	3.0E-0003	25.57
109.581	135.49	46.51	2.9E-0003	25.66
110.190	135.32	46.68	2.8E-0003	25.75
110.829	135.14	46.86	2.7E-0003	25.85
111.499	134.97	47.03	2.6E-0003	25.95
112.204	134.79	47.21	2.6E-0003	26.04
112.943	134.60	47.40	2.5E-0003	26.15
113.719	134.41	47.59	2.4E-0003	26.25
114.535	134.22	47.78	2.4E-0003	26.36

bladnummer : - 17 -
 ons kenmerk: CO-327640/15
 datum : november 1992



GRONDMECHANICA
 DELFT

115.391	134.02	47.98	2.3E-0003	26.47
116.290	133.82	48.18	2.2E-0003	26.58
117.233	133.61	48.39	2.2E-0003	26.69
118.224	133.40	48.60	2.1E-0003	26.81
119.265	133.18	48.82	2.1E-0003	26.93
120.357	132.96	49.04	2.0E-0003	27.05
121.504	132.73	49.27	2.0E-0003	27.18
122.709	132.50	49.50	2.0E-0003	27.31
123.974	132.25	49.75	1.9E-0003	27.44
125.302	132.01	49.99	1.9E-0003	27.58
126.696	131.75	50.25	1.8E-0003	27.72
128.160	131.49	50.51	1.8E-0003	27.86
129.697	131.22	50.78	1.7E-0003	28.01
131.312	130.94	51.06	1.7E-0003	28.16
133.006	130.66	51.34	1.7E-0003	28.32
134.786	130.37	51.63	1.6E-0003	28.48
136.655	130.07	51.93	1.6E-0003	28.65
138.617	129.76	52.24	1.6E-0003	28.82
140.677	129.45	52.55	1.5E-0003	28.99
142.840	129.12	52.88	1.5E-0003	29.17
145.111	128.79	53.21	1.5E-0003	29.35
147.496	128.45	53.55	1.4E-0003	29.54
150.000	128.10	53.90	1.4E-0003	29.73

50 % consolidation after 70.6 days
 final height is 94.54 cm

layer number: 1					
nodenr.	height(cm)	void ratio	sigma(kPa)	perm(m/s)	porepres(kPa)
40	128.10	3.41	2.505	3.9E-0009	0.000
39	127.03	3.50	2.112	4.4E-0009	0.427
38	125.82	3.61	1.727	5.1E-0009	0.851
37	124.46	3.74	1.363	6.0E-0009	1.257
36	122.95	3.89	1.033	7.3E-0009	1.631
35	121.28	4.07	0.749	9.2E-0009	1.964
34	119.42	4.28	0.519	1.2E-0008	2.246
33	117.37	4.50	0.346	1.6E-0008	2.474
32	115.12	4.74	0.226	2.2E-0008	2.651
31	112.65	4.96	0.153	2.9E-0008	2.785
30	109.98	5.13	0.113	3.6E-0008	2.889
29	107.13	5.23	0.095	4.1E-0008	2.973
28	104.13	5.27	0.088	4.4E-0008	3.049
27	101.01	5.28	0.087	4.4E-0008	3.122
26	97.78	5.26	0.089	4.3E-0008	3.193
25	94.46	5.24	0.093	4.2E-0008	3.266
24	91.05	5.21	0.098	4.0E-0008	3.340
23	87.57	5.18	0.104	3.9E-0008	3.415
22	84.01	5.14	0.111	3.7E-0008	3.491
21	80.39	5.10	0.119	3.5E-0008	3.569
20	76.71	5.06	0.128	3.3E-0008	3.647

bladnummer : - 18 -
ons kenmerk: CO-327640/15
datum : november 1992



GRONDMECHANICA
DELFT

19	72.98	5.02	0.137	3.2E-0008	3.726
18	69.20	4.98	0.149	3.0E-0008	3.806
17	65.38	4.93	0.161	2.8E-0008	3.885
16	61.53	4.88	0.176	2.6E-0008	3.964
15	57.65	4.83	0.193	2.5E-0008	4.043
14	53.75	4.78	0.212	2.3E-0008	4.121
13	49.83	4.72	0.234	2.1E-0008	4.197
12	45.91	4.66	0.259	2.0E-0008	4.271
11	41.98	4.61	0.288	1.8E-0008	4.342
10	38.05	4.54	0.321	1.7E-0008	4.411
9	34.14	4.48	0.359	1.6E-0008	4.475
8	30.23	4.42	0.402	1.4E-0008	4.535
7	26.35	4.35	0.452	1.3E-0008	4.590
6	22.48	4.29	0.507	1.2E-0008	4.638
5	18.65	4.22	0.570	1.1E-0008	4.680
4	14.84	4.16	0.641	1.0E-0008	4.715
3	11.07	4.09	0.720	9.4E-0009	4.742
2	7.34	4.03	0.808	8.7E-0009	4.760
1	3.65	3.97	0.905	8.0E-0009	4.770
0	0.00	3.91	1.012	7.4E-0009	4.770

hydraulic resistance after deposition: 5.24E+0001 days
hydraulic resistance after consolidation: 8.97E+0002 days

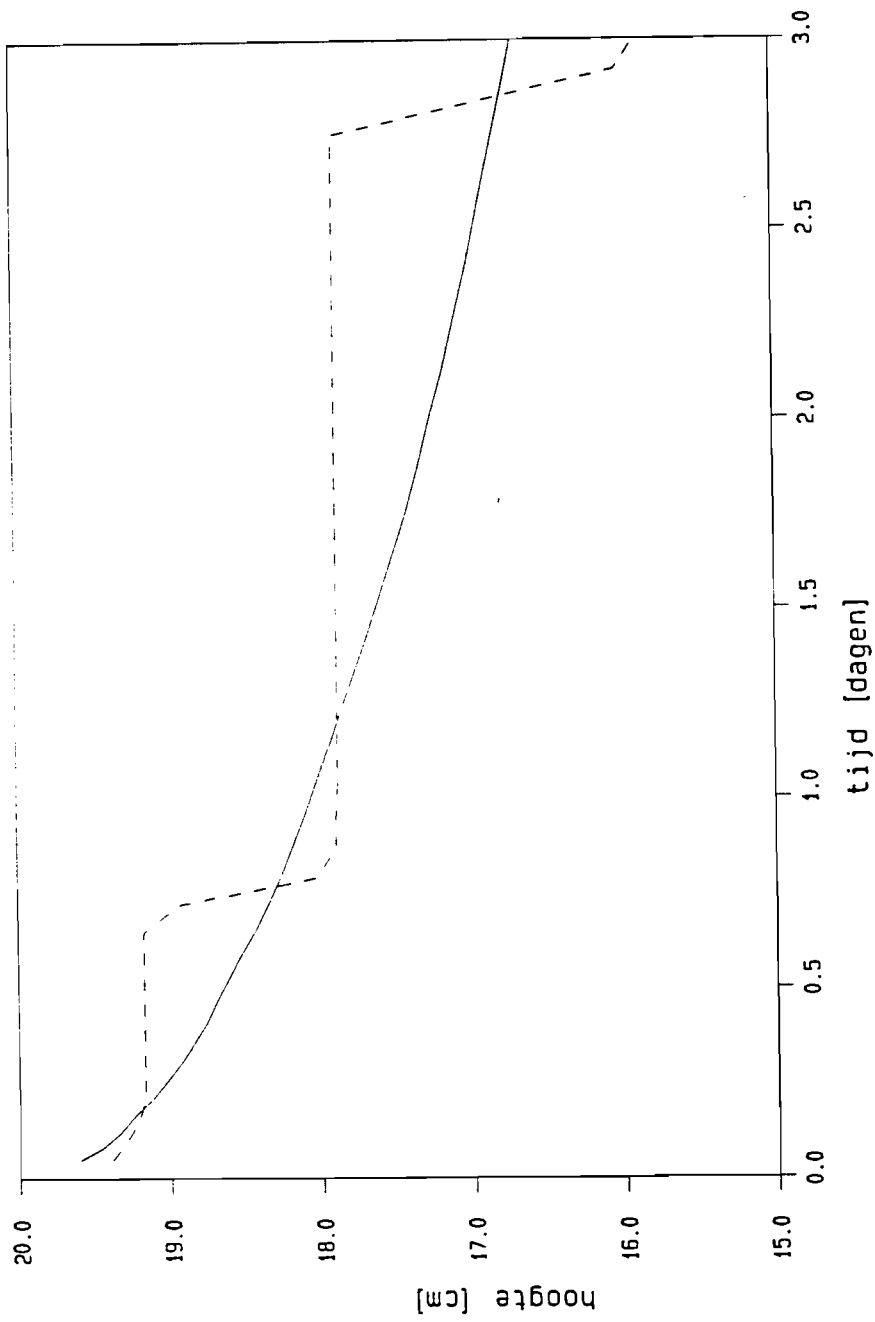


Fig. 1 Hydcon Ketelmeer 1 - 10 kPa
---- meting

BIJLAGEN

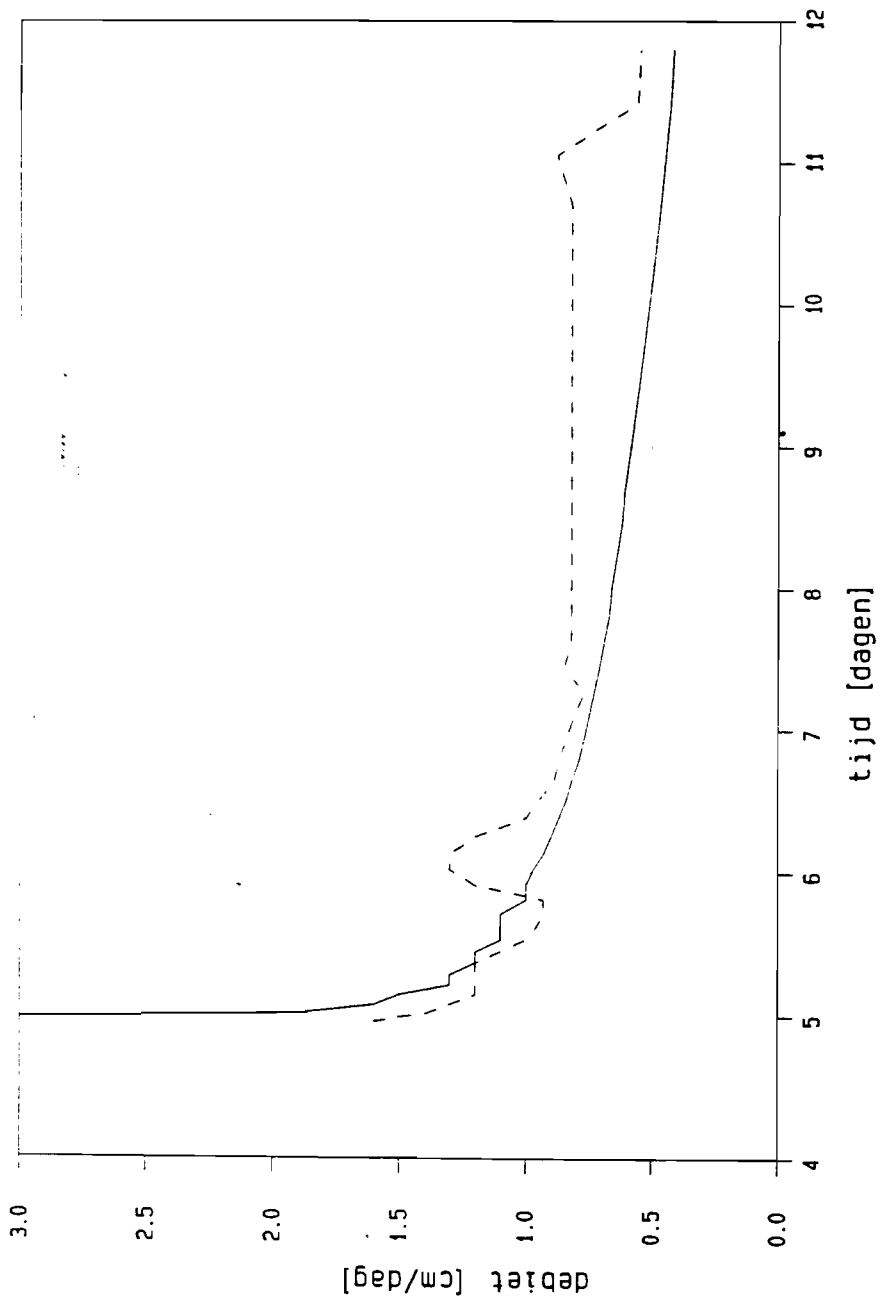


Fig.4 Hydcon Ketelmeer 1 10 - 50 kPa
--- meting

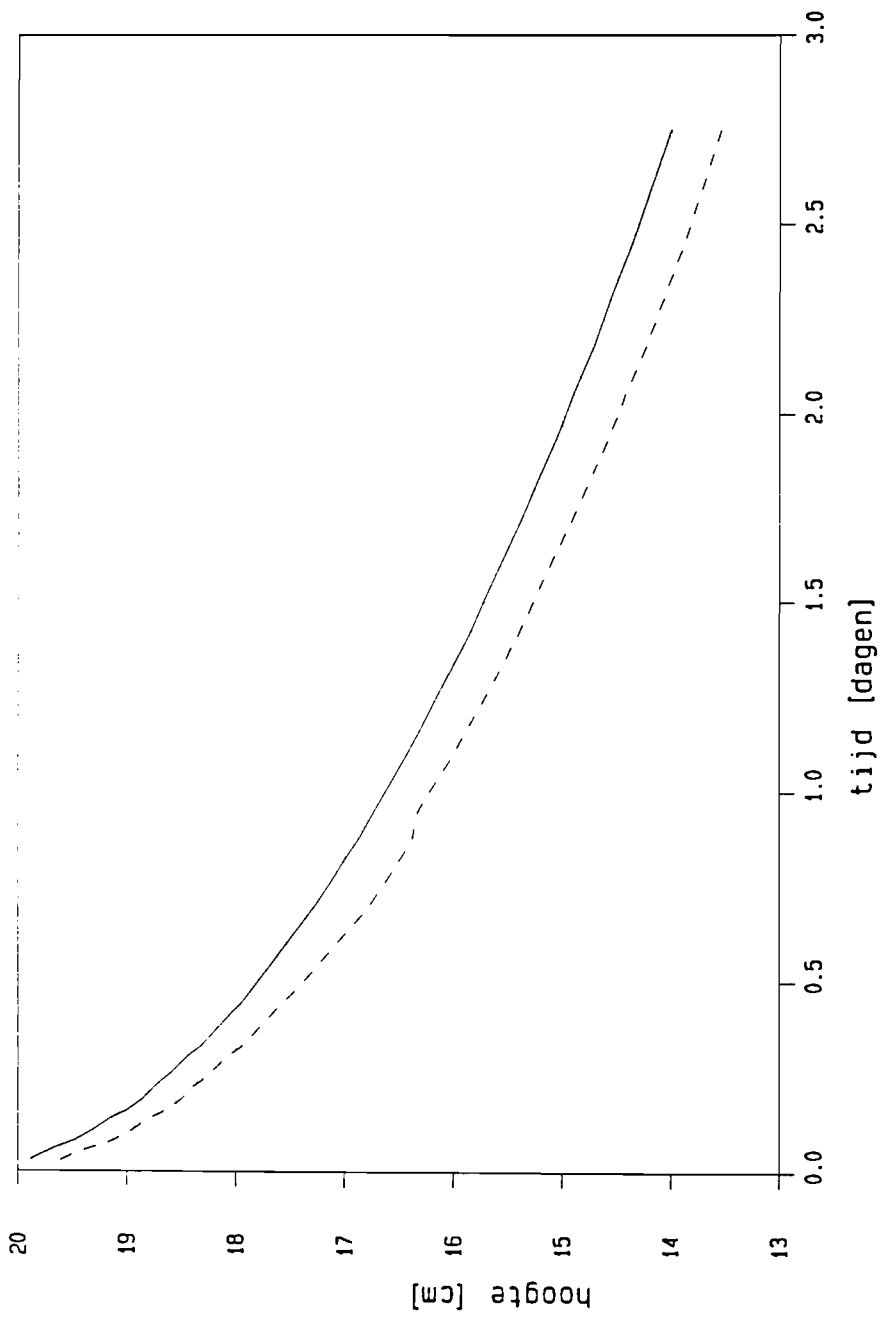


Fig.5 Hydcon Ketelmeer 2 10 kPa
---- meting

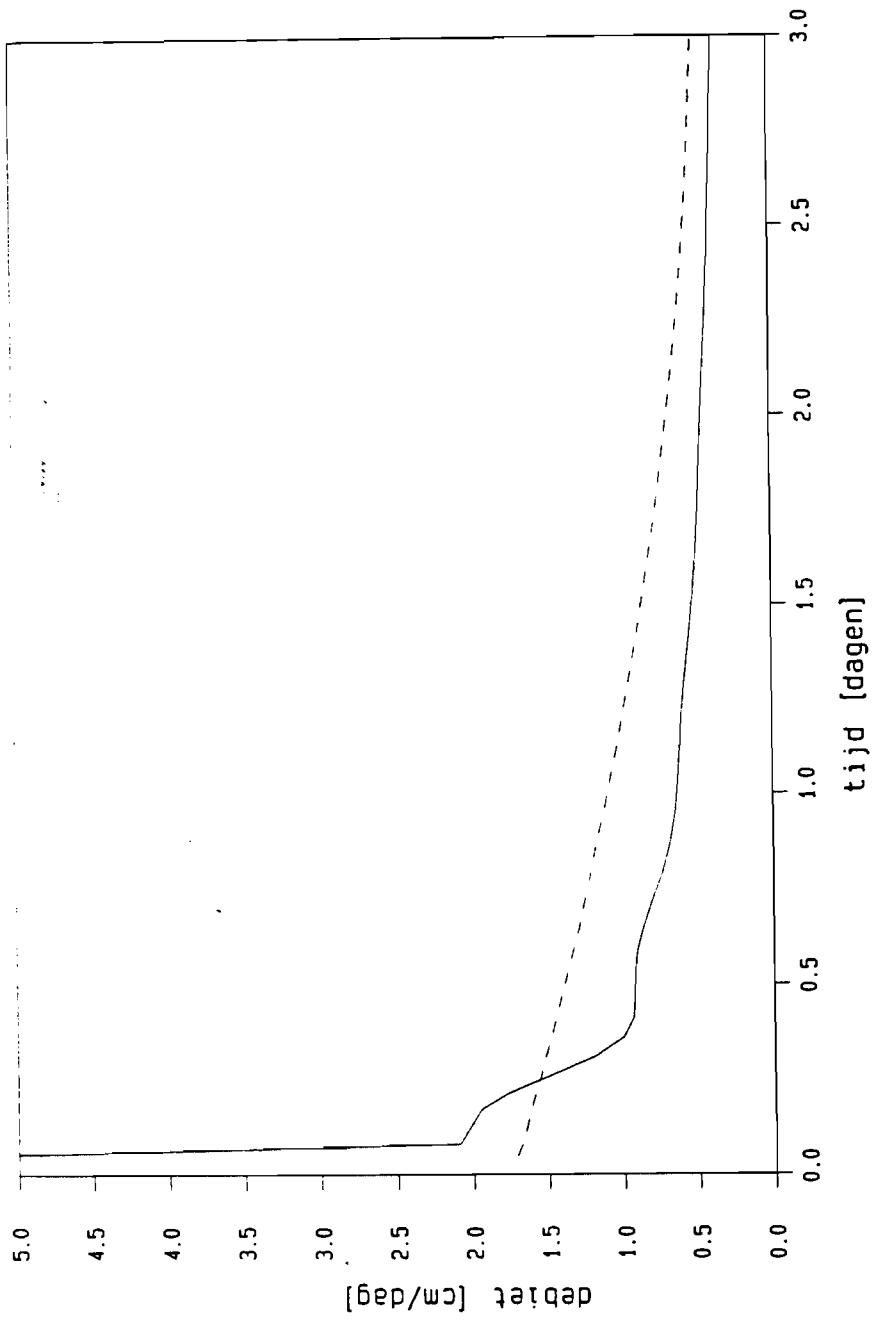


Fig. 2 Hydcon Ketelmeer 1 - 10 kPa
---- meting

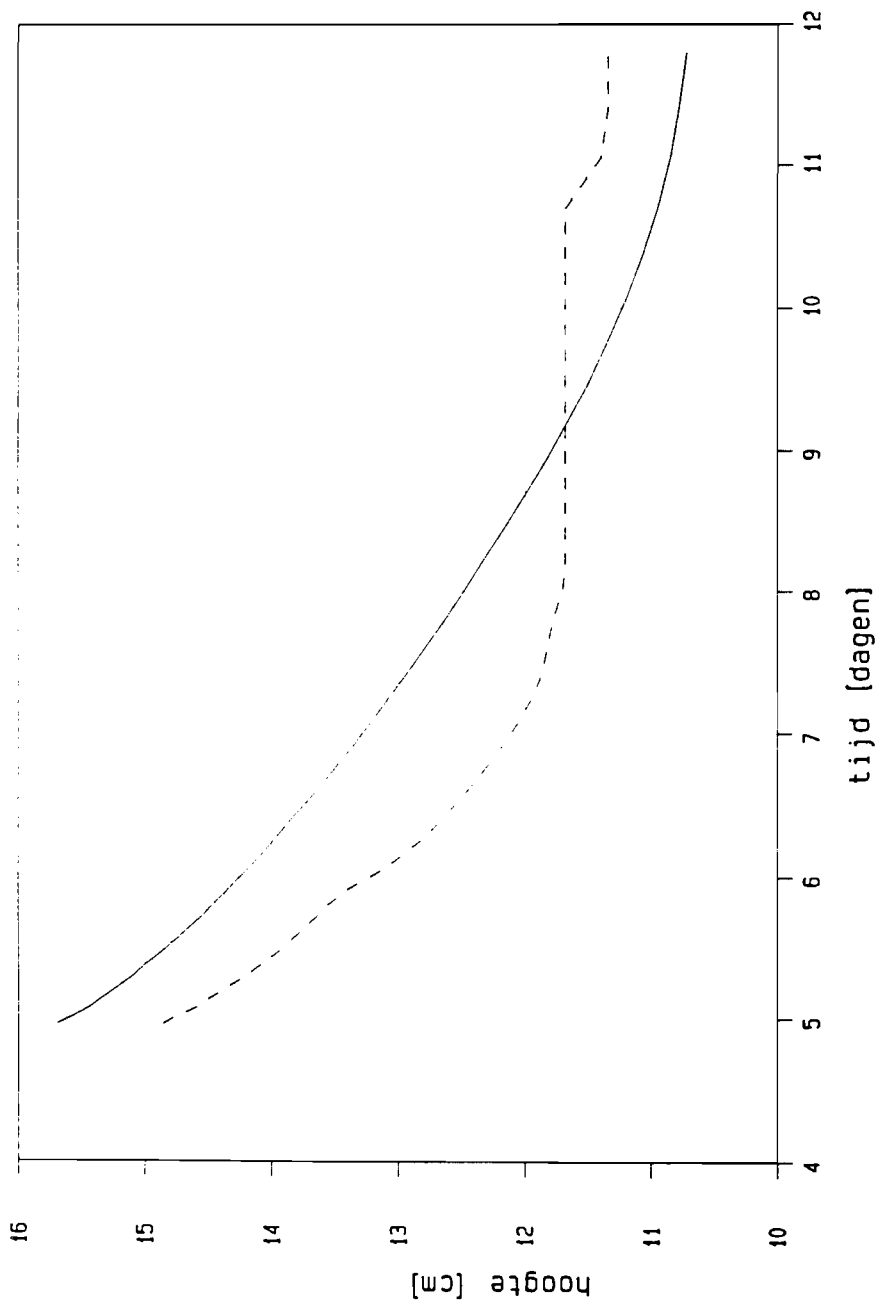


Fig.3 Hydcon Ketelmeer 1 10 - 50 kPa
--- meting

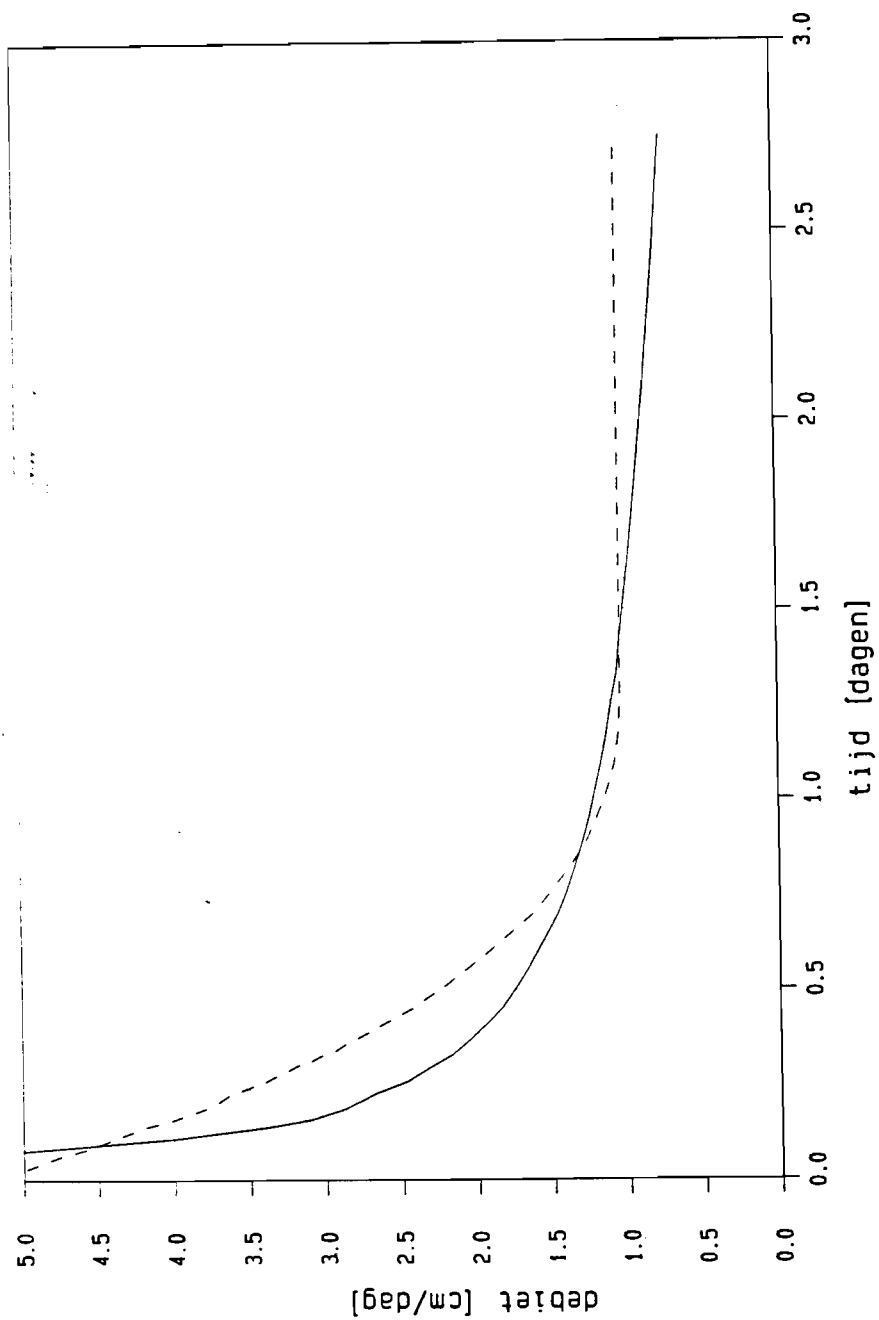


Fig.6 Hydcon Ketelmeer 2 10 kPa
---- meting

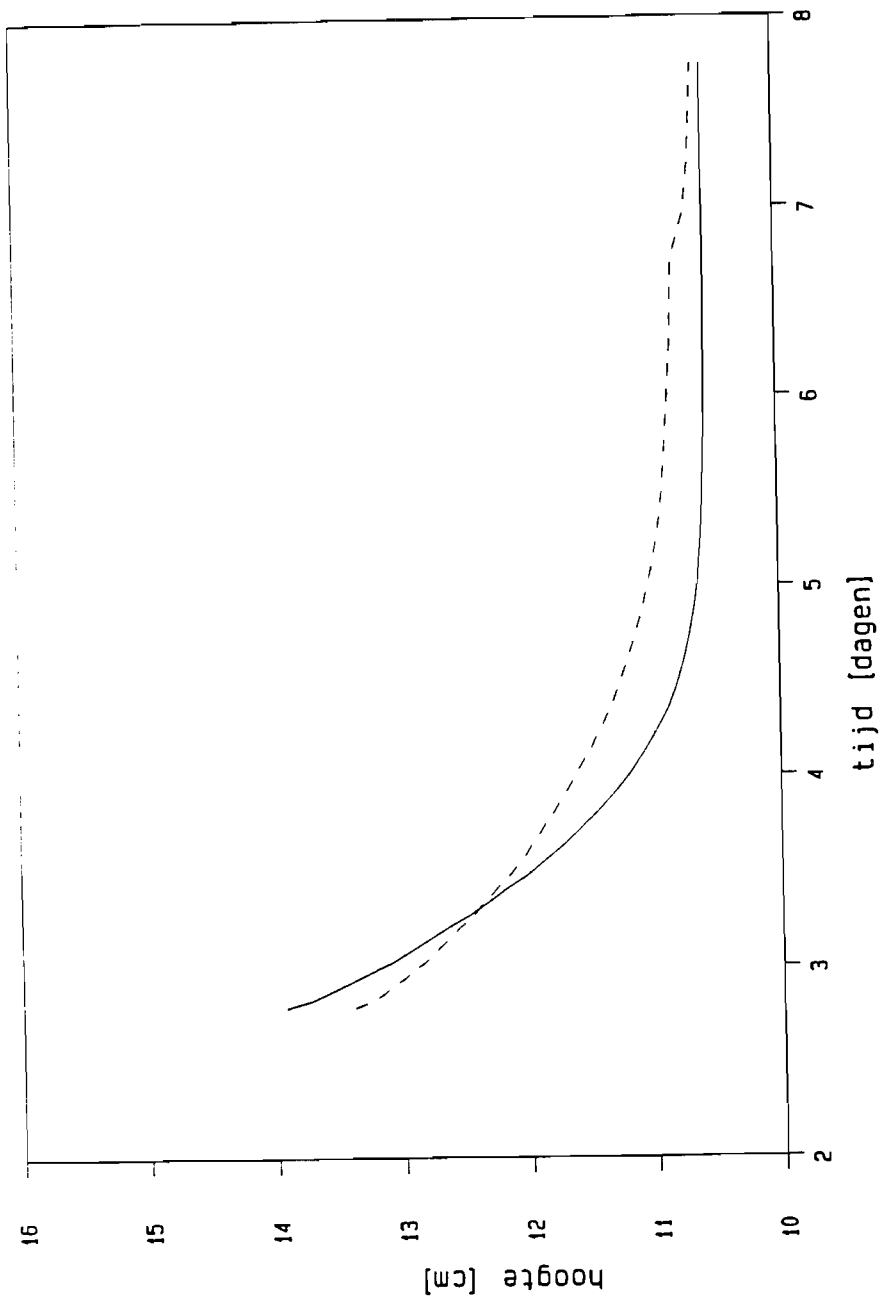


Fig.7 Hydcon Ketelmeer 2 50 kPa
--- meting

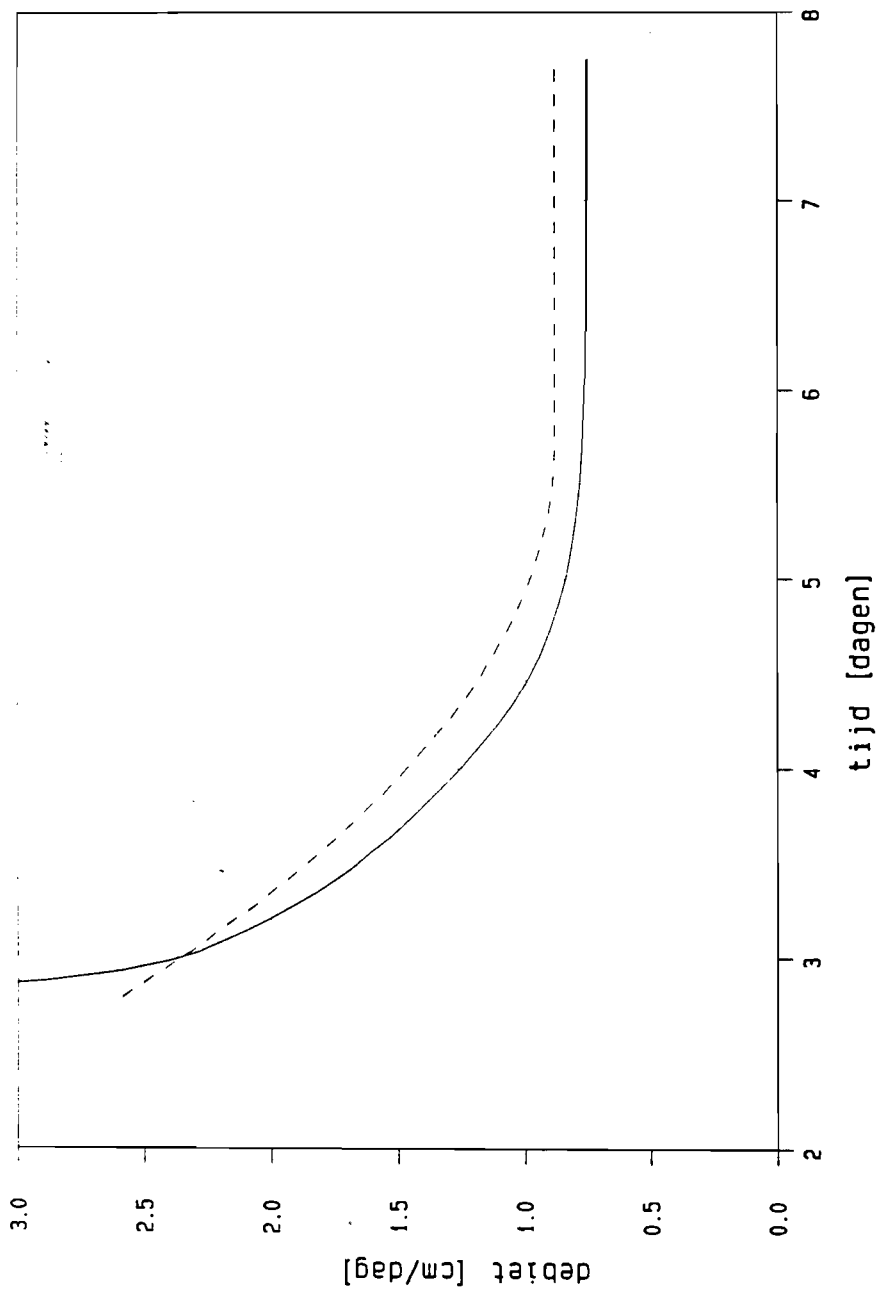


Fig.8 Hydcon Ketelmeer 2 50 kPa
--- meting

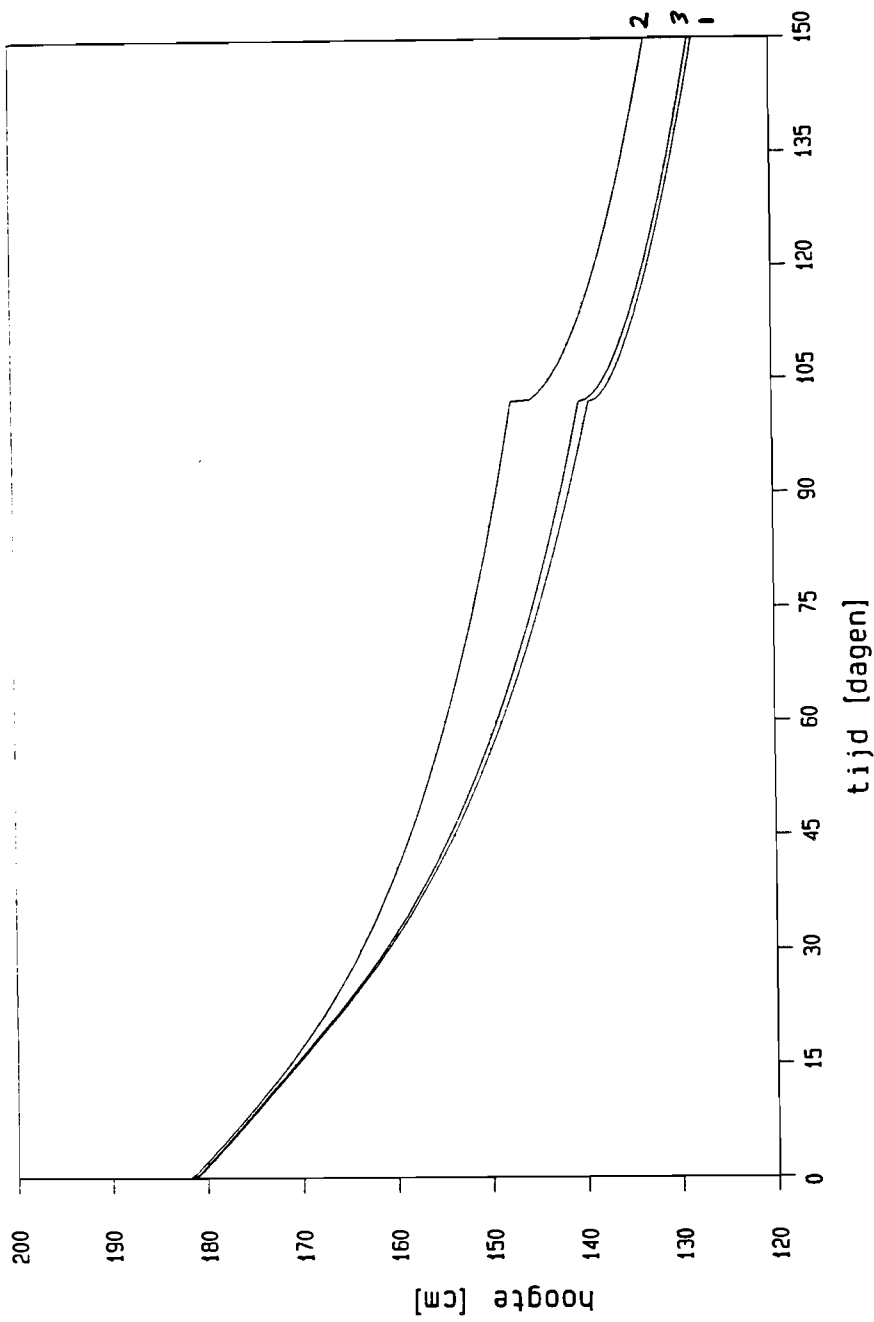


Fig.9 Simulatie modelproef Ketelmeerslib

- 1: Hydconddata
- 2: Modelproefdata
- 3: Centrifugedata

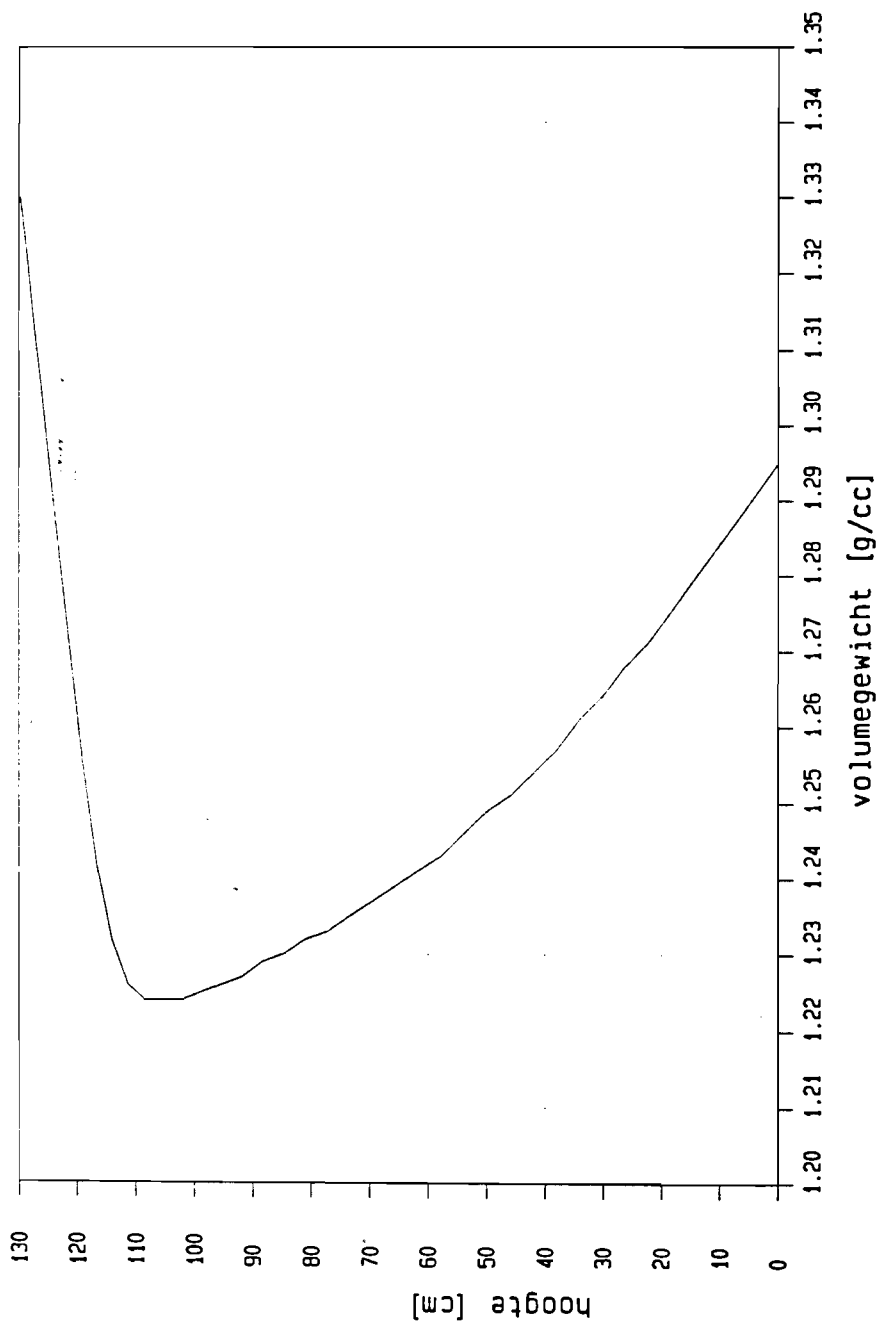


Fig.10 Simulatie modelproef Ketelmeer

APPENDIX A



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
2	ONDERZOEKSPROGRAMMA	2
3	VOORONDERZOEK	3
3.1	Homogenisatie	3
3.2	Klassifikatie	3
3.3	Chemische verontreinigingsgraad	3
4	EXPERIMENTEEL	5
4.1	Kolomproef (eigengewicht consolidatie)	5
4.1.1	Beschrijving van de opstelling	5
4.1.2	Uitvoering	5
4.1.3	Bepalingen op geconsolideerd slib	6
4.2	Hydcon proef (hydraulische consolidatie)	7
4.2.1	Beschrijving van de hydcon opstelling	7
4.2.2	Beschrijving van de hydcon proef	8
5	RESULTATEN	10
5.1	Homogeniteitsbepalingen	10
5.2	Klassifikatieproeven	10
5.3	Chemische verontreinigingsgraad	12
5.4	Mineralogische samenstelling	13
5.5	Kolomproef	13
5.6	Hydconproeven	16
5.6.1	Inleiding	16
5.6.2	Hydconproef 1	16
5.6.3	Hydconproef 2	17



Bladnummer : - 1 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

1 INLEIDING

In opdracht van Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouw is door Grondmechanica Delft (GD) een geotechnisch onderzoek uitgevoerd op verontreinigd slib uit het Ketelmeer. Dit onderzoek is onderverdeeld in een theoretisch gedeelte (afdeling GEOFYSICA) en een fysisch gedeelte (afdeling MODEL- en LABORATORIUMONDERZOEK). Dit rapport handelt over het fysisch onderzoek. Het theoretisch onderzoek, bestaande uit de bepaling van de konsolidatieparameters van het slib met behulp van de laboratoriumexperimenten en de toetsing van het computermodel FSCONBAG is hiervoor behandeld.



Bladnummer : - 2 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

2 ONDERZOEKSPROGRAMMA

Het fysisch onderzoek is onderverdeeld in een vooronderzoek en in een modelonderzoek.

Het vooronderzoek bestaat uit de volgende aspecten:

- Homogeniseren van het aangeleverde slib (ca. 1.5 m³)
- Klassificeren van het gemengde materiaal
- Bepalen chemische verontreinigingsgraad
- Bepaling mineralogische samenstelling

Het modelonderzoek is onderverdeeld in:

- Menging slib met gasremmend middel BES
- Kolomproef (eigengewicht consolidatie)
- 2 Hydconproeven op hetzelfde slib (consolidatie m.b.v. hydraulische gradient)



Bladnummer : - 3 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

3 VOORONDERZOEK

3.1 Homogenisatie

Het uit het Ketelmeer afkomstige slib (lokatie: x= 17876 y=511796) is in twee kunststof containers afgeleverd.

Voor het bereiken van een goede homogeniteit van het slib was het noodzakelijk dat de inhoud van beide containers tezamen gemengd zou moeten worden. Hiertoe is een aparte mehgcylander geconstrueerd. Deze cylinder heeft een diameter van 1.25 meter en een hoogte van ± 2.5 m. Het slib is met behulp van twee stalen platen intensief gemengd. Deze stalen platen werden door middel van een hydraulische plunjer vertikaal oscilerend door het slib bewogen.

Na homogenisatie zijn op drie verschillende niveau's monsters genomen, welke op korrelverdeling zijn getest. De resultaten hiervan zijn in tabel 5.1 weergegeven.

Alle vermelde volumieke massa's zijn berekend uit het watergehalte en soortelijke massa via formule (1).

$$\gamma_w = \frac{(1+w)}{(w+1/\gamma_s)} \quad (1)$$

Na menging is een deel van het slib overgepompt in een perspex cylinder en gemengd met het gasremmend middel BES ten behoeve van de eigen gewichtsconsolidatie-proef. Het resterende deel is in kunststof vaten van elk ongeveer 50 liter gepompt zonder BES. Tijdens het vullen van de kolom zijn op vier verschillende tijdstippen monsters genomen. Op deze monsters is de bepaling van de volumieke massa en korrelgrootte verdeling uitgevoerd. De resultaten hiervan staan vermeld in tabel 5.2.

3.2 Klassifikatie

Het slib is op de volgende eigenschappen getest:

Bovengenoemde proeven (tabel 3.1) vallen bij GD onder de categorie 'standaardproeven'.

De resultaten van bovengenoemde klassifikatie zijn in tabel 5.3 vermeld. De nauwkeurigheid van de belangrijkste staan vermeld in bijlage 18.

De vermelde volumieke massa is berekend uit het watergehalte en soortelijke massa via formule (1).

3.3 Chemische verontreinigingsgraad

Ten behoeve van de bepaling van de chemische verontreinigingsgraad zijn de volgende bepalingen uitgevoerd:

Bladnummer : - 4 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

Klassifikatieproef	Methode
Humusgehalte bepaling	oxyderen met waterstofperoxyde
Kalkgehalte bepaling	behandeling met verdund zoutzuur
Volumieke massa	volume- en gewichtsbepaling
Soortelijke massa	pyknometer (hexaan vloeistof)
Korrelgrootte ($> 63 \mu\text{m}$)	natte scheiding over draadzeef
Korrelgrootte ($< 63 \mu\text{m}$ en $> 2 \mu\text{m}$)	sedigraaf (bezinksnelheid)
Vloeigrens	methode van Cassagrande
Uitrolgrens	uitrollen kleistaafje

tabel 3.1: Toegepaste klassifikatieproeven en methodiek

- Vluchtige organische componenten
- Zware metalen
- Sulfaat (SO_4)
- pH
- Minerale oliën

De vluchtige componenten zijn gaschromatografisch bepaald. Hierbij wordt een bepaalde hoeveelheid grond geschud met water en gepurgeerd in water bij 95°C met stikstof, waarna de vluchtige componenten opgevangen worden in een tenaxbuisje en gaschromatografisch geanalyseerd.

De zware metalen worden na ontsluiting met koningswater m.b.v. de AAS-vlam gemeten. Alleen arseen en kwik worden met de AAS-hydride techniek gemeten.



Bladnummer : - 5 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

4 EXPERIMENTEEL

4.1 Kolomproef (eigengewicht consolidatie)

4.1.1 Beschrijving van de opstelling

De opstelling bestaat uit een consolidatiecilinder van perspex met een inwendige diameter van 0.65 m en een hoogte van 2.0 m. De bodem is met behulp van een voetplaat afgesloten. Ter vereenvoudiging van de uit te voeren monsternames is op de bodem van de cilinder een laag van ongeveer 4 cm zand aangebracht, afgedekt met ongeveer 11 cm klei.

Ten behoeve van de registratie van de waterspanningen tijdens het experiment zijn acht stijgbuizen gemonteerd. De positie van de stijgbuizen ten opzichte van de bovenkant van de kleibodem is respectievelijk:

0.05 - 0.15 - 0.25 - 0.35 - 0.45 - 0.65 - 0.85 - 1.05 meter.

Daar wateroverspanningen op een bepaald niveau altijd gemeten worden ten opzichte van de hydrostatische waterdruk op dat niveau, is één stijgbuis verbonden met het op het slib aanwezige water.

Bij voorgaande eigengewicht consolidatie experimenten is gebleken dat het consolidatieproces in hoge mate kan worden verstoord door de gasproductie van de in het slib aanwezige bacteriën. Daar de activiteit van de in het slib aanwezige bacteriën sterk samenhangt met de hoeveelheid licht, is gedurende het experiment een donker kleed over de opstelling gehangen.

4.1.2 Uitvoering

Tijdens het overpompen van het slib vanuit de mengcilinder naar de consolidatiecilinder zijn vier monsters genomen, welke geklassificeerd zijn (zie tabel 5.2). Om ontmenging van het slib zoveel mogelijk te voorkomen, is het slib tijdens het overpompen in de mengcilinder gemengd.

Om de gasproductie verder te reduceren is tijdens het vullen de gasproductieremmer Broom-ethaansulfonzuur (BES) door het slib gemengd in een concentratie van 20 g/l.

Na vullen werd de bovenkant van de kolom afgedekt met folie om verdamping te voorkomen. De volgende bepalingen zijn dagelijks uitgevoerd tijdens het consolidatieproces:



Bladnummer : - 6 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

de registratie van de:

- hoogte sliboppervlak
- hoogte waterniveau (in kolom en stijgbuis)
- wateroverspanningen in het slib
- temperatuur¹

Als gevolg van het traag verlopende consolidatieproces (geringe zakking van slibniveau en wateroverspanningen), is tussentijds besloten een bovenbelasting aan de brengen. De belasting is aangebracht met behulp van een tweevoudig filter. Dit filter bestaat uit een geperforeerde watervaste houten plaat, afgedekt met filterdoek. Om scheefzakken tijdens de belasting te voorkomen is op dit filter een pluiner met geleidingsstang aangebracht. Deze stang werd d.m.v. een gat in het daarvoor aangebrachte deksel in horizontale zin gefixeerd. Op deze zuiger is tenslotte de belasting geplaatst. In totaal is een belasting van ongeveer 2.5 kPa aangebracht (75 kg).

4.1.3 Bepalingen op geconsolideerd slib

Aan het eind van de consolidatieperiode is met behulp van een slibsteek apparaat een monster over de gehele hoogte van de kolom gestoken. Met behulp van dit monster is het watergehalte als functie van de hoogte bepaald. Aanvullend is op het onderste en bovenste monster een korrelverdeling uitgevoerd.

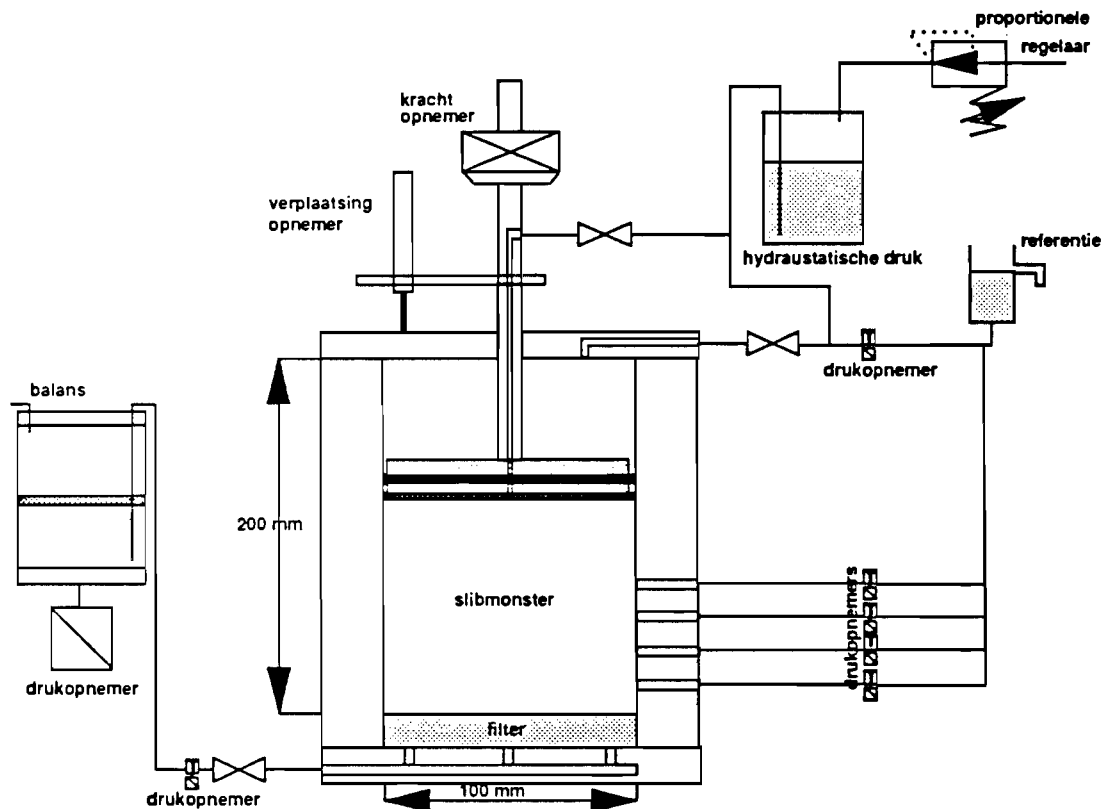
¹ Daar het niet mogelijk was de opstelling in een klimaat geregelde ruimte te plaatsen moest tijdens de proef de temperatuur van het slib worden bijgehouden. Dit om eventuele invloeden van de temperatuur op het consolidatieproces af te kunnen leiden. De temperatuur is voor het aanbrengen van de bovenbelasting in het bovenste gedeelte van het slib gemeten en na het aanbrengen in het bovenstaande water.

Bladnummer : - 7 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

4.2 Hydcon proef (hydraulische consolidatie)

4.2.1 Beschrijving van de hydcon opstelling

De hydcon opstelling (figuur 4.1) bestaat uit een perspex cel met een diameter van 10 cm en een hoogte van 20 cm.



figuur 4.1

In de zijwand zijn op respectievelijk 2, 4, 6 en 8 cm vanaf de bodem van de cel vier elektronische waterspanningsmeters gemonteerd, welke continu de waterspanning in het monster registreren. Het referentievaatje wordt gebruikt om de waterspanningsopnemers voor en na de proef te ijken c.q. tussentijds te controleren.

Bladnummer : - 8 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

De op het slib rustende plunjer wordt gebruikt ten behoeve van:

- hoogteregistratie (via de verplaatsingsopnemer)
- het voorkomen van doorslag tijdens het consolidatieproces.

Het voorkomen van doorslag wordt bewerkstelligd doordat, als gevolg van de lichte belasting op de plunjer, eventueel zich ontwikkelende scheuren direct worden dichtgedrukt. De druk op de plunjer is bij het eerste experiment via elektronische sturing aangebracht en bij het tweede monster via gewichten.

De effectieve plunjerbelasting wordt geschat uit het verschil tussen de celdruk en de initiële water(over)spanningen in het monster. Als gevolg van deze methode wordt aangenomen dat de plunjerdruk konstant blijft tijdens de proef.

De druk in de hydcon cel is tijdens de eerste proef aangebracht door middel van een mechanisch werkend regelventiel. Als gevolg van het feit dat dit een onnauwkeurige methode blijkt te zijn, is tijdens de tweede proef de waterdruk met behulp van een elektronisch gestuurde proportionele regelaar aangebracht.

Beide regelaars brengen een bepaalde (lucht)druk aan op de drukcel, en als gevolg daarvan op het in de cel aanwezige water. Het water staat via het centrale kanaal in de plunjerstang en via de rand van de topplaat in verbinding met het slibmonster. Deze twee manieren worden gebruikt ter voorkoming van een significante laterale stroming vlak onder de plunjer.

De totale hydraulische gradiënt over het monster wordt bepaald door het verschil in de celdruk en de druk in het afvoerkanaal, welke beide worden geregistreerd.

De bodem van de cel wordt gevormd door een poreuze steen welke als filter fungeert. De afvoer vanuit het monster wordt via een slang naar de balans geleid. Door middel van een waterondoorlatende laag op het wateroppervlak in de balans wordt verdamping voorkomen. Via de balans wordt de cumulatieve afvoer continu geregistreerd.

4.2.2 Beschrijving van de hydcon proef

Het slib dat wordt beproefd in de hydcon cel is voor het aanbrengen in de cel, samen met het gasvorming remmend poeder BES (zie hoofdstuk 4.1.2), intensief gemengd, ter verkrijging van een zo homogeen mogelijk monster. Na menging en voor beproeving is het initiële watergehalte van het slib bepaald. Met behulp van dit initiële watergehalte en de soortelijke massa van de vaste slibdeeltjes is de initiële volumieke massa van het slib bepaald met behulp van formule (1).

Nadat het slib in de cel is aangebracht, wordt voor de start van de proef de plunjer met belasting op het monster aangebracht. Als gevolg van het feit dat aan- en afvoer uit de cel in dit stadium niet mogelijk is, en verplaatsing van de plunjer een volumeverandering zou impliceren², veroorzaakt deze actie geen consolidatie.

Vervolgens wordt de celdruk op het monster aangebracht, waarna, door middel van het open-

² verplaatsing van de plunjer brengt een volumeverandering met zich mee dat gelijk is aan het deel van de plunjerstang dat de cel inkomt danwel verlaat.

Bladnummer : - 9 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

draaien van de afvoerkraan, de proef wordt gestart.

De uitvoering van beide proeven is in twee delen onder te verdelen:

- 1) Voorconsolidatie met behulp van een celdruk van 10 kPa.
Doordat aan het begin van de proef de hydraulische gradiënt voornamelijk over de onderste millimeters van het monster staat, bestaat er een reële kans op het dichtslaan van de onderkant van het monster. Door het aanbrengen van deze lage initiële celdruk wordt voorkomen dat deze gradiënt erg groot wordt.
Nadat de waterspanningen over een aantal centimeters aan de onderzijde een substantiële daling te zien hebben gegeven, is overgegaan naar de:
- 2) Uiteindelijke consolidatiefase met een celdruk van 50 kPa.
Deze consolidatiestap is voortgezet totdat de waterspanningen in en de hoogte van het monster nagenoeg konstant blijven.

Na afloop van de proef zijn de monsters in 6 deelmonsters opgedeeld. Van elk deelmonster is het watergehalte (en dus volumieke massa) en de c_u^3 bepaald. Op het onderste deelmonster is eveneens een samendrukkingsproef uitgevoerd. Normaal wordt de 'snelle' methode toegepast, hetgeen wil zeggen dat elke belastingstrap één dag duurt.

Om inzicht te krijgen in kruip van het slib is de laatste belastingstrap van het monster van de tweede hydconproef gedurende zeven dagen voortgezet.

Het verloop van het debiet tijdens de proef wordt door middel van de afgeleide functie van een polynomische regressie uit de cumulatieve afvoer berekend.

Aanvankelijk is getracht het debiet direkt uit de meetdata te berekenen, doch dit bleek instabiele resultaten op te leveren. Ook als van de methode van lopende gemiddelden gebruik werd gemaakt. De instabiele resultaten blijken voornamelijk voor te vallen indien

- van scanfrequentie werd gewisseld tijdens de proef of
- de nauwkeurigheid van de afvoer te klein bleek als gevolg van een in verhouding te hoge scanfrequentie. Dit gebeurde voornamelijk als tijdens de proef een hogere scanfrequentie werd ingesteld om een andere variabele nauwkeurig te volgen.

³: *schijnbare cohesie*

Bladnummer : - 10 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

5 RESULTATEN

5.1 Homogeniteitsbepalingen

De resultaten van de bepalingen op de monsters, welke genomen zijn zoals beschreven in hoofdstuk 3.1, zijn in tabel 5.1 weergegeven.

monster no. (positie)	korrelgrootteverdeling [%]			γ_v [t/m ³]
	< 2 μm	< 16 μm	> 63 μm	
1 (boven)	21.355	72.088	1.441	1.175
2 (midden)	32.520	74.833	1.952	1.175
3 (onder)	27.830	77.691	1.022	1.178

tabel 5.1: resultaat korrelgrootte bepaling op het gemengde slib

Tijdens het vullen van de consolidatiecilinder is op vier verschillende tijdstippen een monster genomen. De resultaten van de bepalingen op deze monster zijn in tabel 5.2 weergegeven⁴

monster no.	korrelgrootteverdeling [%]			γ_{nat} [t/m ³]
	< 2 μm	< 16 μm	> 63 μm	
4	22.110	75.480	1.290	1.179
5	19.075	75.504	0.780	1.176
6	22.812	78.308	0.664	1.174
7	29.421	78.890	0.588	1.176

tabel 5.2: resultaten van de bepalingen op het in de kolom gepompte materiaal op vier verschillende tijdstippen

Uit de kolommen 1, 2, 3 en 4 zijn de volgende gegevens af te lezen:
 1. $\gamma_{nat} = 1.179 \text{ t/m}^3$ (monster 4)
 2. $\gamma_{nat} = 1.176 \text{ t/m}^3$ (monster 5)
 3. $\gamma_{nat} = 1.174 \text{ t/m}^3$ (monster 6)
 4. $\gamma_{nat} = 1.176 \text{ t/m}^3$ (monster 7)
 De gemiddelde waarde van γ_{nat} is 1.176 t/m^3 .

⁴ De volumieke massa van monster 4 is tevens bepaald via de bepaling van het volume en de massa. Hierbij was de waarde van de volumieke massa 1.147 t/m^3 .

Bladnummer : - 11 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

5.2 Klassifikatieproeven

De resultaten van de klassifikatiebepalingen zijn in tabel 5.3 weergegeven.

Klassifikatieproef		Resultaat
Humusgehalte [%]		1.24
Kalkgehalte [%]		19.62
Watergehalte [%]		287.99
Volumieke massa [t/m^3]		1.176
Soortelijke massa [t/m^3]		2.439
korrelgrootte verdeling (gemiddeld)	< 2 μm	25.018
	< 16 μm	76.113
	> 63 μm	1.105
Vloeigrens [%]		66.4
Uitrolgrens [%]		33.7
Plasticiteitsindex [%]		32.7

tabel 5.3: resultaat van de uitgevoerde klassifikatieproeven

Op monster 4 is tevens een volledige korrelverdeling uitgevoerd, deze staat vermeld in bijlage 1.

Naast aanleiding van de bovenvermelde plasticiteitsindex, welke erg laag gevonden werd, is de plasticiteitsindex bepaald van een slibmonster zonder en met BES. De resultaten staan vermeld in tabel 5.4.



Bladnummer : - 12 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

	met BES	zonder BES
Uitrolgrens [%]	54.55	40.91
Vloeigrens [%]	163.20	153.00
Plasticiteitsindex [%]	108.65	112.09

tabel 5.4: uitgevoerde bepaling van de plasticiteitsindex op een monster zonder en met BES

5.3 Chemische verontreinigingsgraad

Olie gehalte [mg/kg droge stof]	
C10-C12	<50
C12-C16	<50
C16-C20	130
C20-C24	210
C24-C28	260
C28-C32	380
C32-C36	380
C36-C40	170
Σ C10-C40	1530
Benzeen	0.01
Tolueen	0.12
Ethylbenzeen	0.02
m+p-Xylenen	0.02
o-Xyleen	<0.01

Zware metalen en andere ionen [mg/kg droge stof]	
Arseen	21
Cadmium	7
Chroom	140
Koper	120
Kwik	2.4
Nikkel	55
Lood	180
Zink	1000
Sulfaat	400
pH	7.18

Bladnummer : - 13 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

5.4 Mineralogische samenstelling

De mineralogische samenstelling is bepaald met behulp van röntgendiffractie⁵.

Gewichtspercentage kwarts	in fraktie < 2 μm	: 5-7%
	in totale fraktie	: 25-30%
Zwellende kleimineralen	vermiculiet; smectiet. Interstratifikaties tussen mogelijk illiet en vermiculiet/smectiet; vermiculiet en smectiet. Verder bestaat de mogelijkheid van inter- stratifikaties tussen chloriet en vermiculiet/smectiet.	
	Totaal	: 27 %
Niet zwellende kleimineralen	Illiet	: 50 %
	Chloriet	: 10 %
	Kaoliniet	: 13 %

5.5 Kolomproef

De resultaten van de kolomproef zijn weergegeven in bijlagen 2 t/m 4. Het verloop van de waterspanningen, bijlagen 2 en 3, is driedimensionaal weergegeven t.o.v. het niveau van de waterspanningmeters en tijd.

Het verloop van de monsterhoogte is in figuur 5.1 te zien.

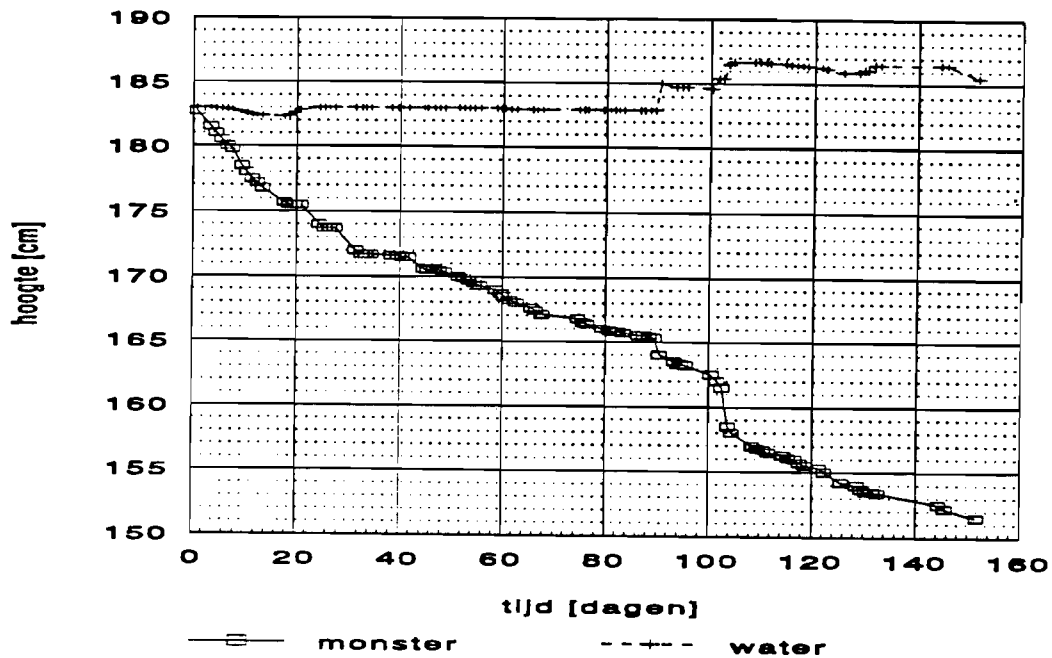
De versnelde zakking na ongeveer 100 dagen is het gevolg van de opgebrachte bovenbelasting.

Na afloop van de kolomproef is, zoals eerder vermeld, over de totale hoogte van de kolom een monster gestoken, waarvan de hoogte, als gevolg van indrukking van het pakket in het slibsteekapparaat, met ruim $\frac{1}{3}$ deel is afgenomen (ongeveer 60 cm). Dit monster is vervolgens verdeeld in 17 submonsters, waarvan het watergehalte is bepaald. Het verloop van het watergehalte en volumieke massa over de hoogte is in figuur 5.2, respectievelijk figuur 5.3 te zien. Doordat de indrukking niet uniform over de monsterhoogte plaatsvond, is het niet mogelijk de niveau's van de submonsters van dit steekmonster te relateren aan het oorspronkelijke niveau van dat submonster in de slibkolom⁶.

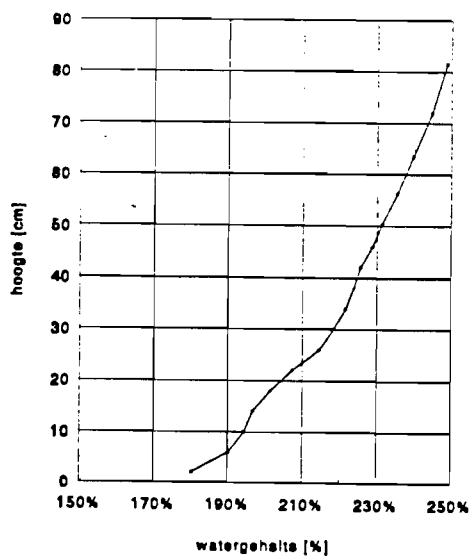
⁵ De vermelde percentages zijn geen absolute percentages, maar slechts een indicatie van de in het monster aanwezige kleimineralen.

⁶ Tijdens het steken bleek vooral het centrale gedeelte van de slibkolom sterk samen te drukken. Doordat bij de tweede poging hetzelfde gebeurde, mag worden aangenomen dat de oorzaak hiervan niet het gevolg is van de bemonsteringsprocedure.

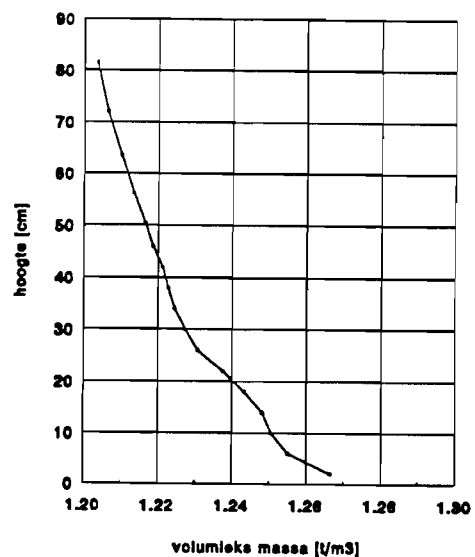
Bladnummer : - 14 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992



figuur 5.1: verloop monsterhoogte tijdens kolomproef



figuur 5.2: verloop van watergehalte na consolidatie over de hoogte van de slibkolom



figuur 5.3: verloop van volumieke massa na consolidatie over de hoogte van de slibkolom



Bladnummer : - 15 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

Van het onderste en bovenste monster is tevens de korrelverdeling bepaald, welke in tabel 5.7 is weergegeven.

	boven	onder
< 2 μm	34.267	39.753
< 16 μm	81.300	84.092
> 63 μm	1.121	1.422

tabel 5.7: resultaat korrelgrootte bepaling op het geconsolideerde slib.

Het verloop van de temperatuur tijdens de proefperiode is in bijlage 4 te zien.

Bladnummer : - 16 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

5.6 Hvdconproeven

5.6.1 Inleiding

De resultaten van de twee hydconproeven zijn grafisch weergegeven in de bijlagen. De monsterbepaling voor en na de proef zijn tevens als bijlage opgenomen. De hierin vermelde volumieke massa's zijn berekend met behulp van formule (1).

5.6.2 Hydconproef 1

De resultaten van de voorconsolidatie bij 10 kPa zijn grafisch weergegeven in bijlagen 5 t/m 7⁷.

Wat opvalt uit de registraties van de waterspanningen is dat, afgezien van de onderste waterspanningsmeter, geen afname hierin te konstaten is. De waterspanning op twee centimeter hoogte neemt daarentegen vrijwel direct na de start van de proef af. Deze afname neemt echter na verloop van tijd onrealistische lage waarden aan (een onderdruk van bijna 20 kPa bij een celdruk van 10 kPa). Daar een fysische oorzaak vrijwel uitgesloten kan worden, moet worden verondersteld dat een elektronische afwijking hier de oorzaak van is. Een elektronische oorzaak hiervoor is echter moeilijk te vinden; de ervaring leert namelijk dat als er een elektronische fout optreedt, de geregistreerde waarde onmiddellijk 'heen en weer gaat springen' en niet een dergelijke geleidelijk verloop laat zien.

De sprong in de waterspanningen in het monster na ongeveer 70 uur is het gevolg van de, om onderstaande reden uitgevoerde, verhoging van de plunjerdruk op dat tijdstip.

Uit de registratie van de monsterhoogte is gebleken dat de initieel uitgeoefende druk onvoldoende was om permanent de wrijving van de plunjer te overwinnen. De daarna uitgeoefende plunjerdruk (≈ 2.6 kPa) blijkt echter na enige tijd ook onvoldoende de wrijving blijvend te overwinnen. De uiteindelijk uitgeoefende plunjerdruk (≈ 3.4 kPa) blijkt voldoende om het monsteroppervlak goed en regelmatig te volgen.

De resultaten van de uiteindelijke consolidatie bij 50 kPa zijn grafisch weergegeven in bijlagen 8 t/m 10.

Wat opvalt bij de gemeten waterspanningen is dat vrijwel direct na het aanbrengen van de celdruk van 50 kPa (na ongeveer 24 uur) een afname van alle gemeten waterspanningen te zien is, hetgeen verwacht wordt. Deze trend wordt echter doorbroken na ongeveer 65 uur, op welk tijdstip alle waterspanningen zeer sterk toenemen, vervolgens zeer sterk afnemen en dan weer toenemen. Na deze fluktuaties blijken de waterspanningen, afgezien van de onderste, nauwelijks meer te variëren.

Indien de verschillende grafieken met elkaar worden vergeleken, valt op dat veranderingen van een bepaalde variabele vaak gekoppeld kan worden aan veranderingen van andere variabelen:

⁷ Alle gepresenteerde resultaten van de metingen tijdens de hydconproeven geven de ruwe meetdata weer.

Bladnummer : - 17 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

- Een stijging van de gemeten waterspanningen blijkt samen te gaan met:
 - een stijging van het debiet en
 - afname van de consolidatiesnelheid.
- Een daling van de gemeten waterspanningen blijkt eveneens samen te gaan met:
 - daling van het debiet en
 - toename van de consolidatiesnelheid.

Het feit dat het debiet plotseling toeneemt impliceert dat de doorlatendheid van het monster plotseling toeneemt. Deze toename in de k -waarde kan het gevolg zijn van kanaalvorming. Door deze kanaalvorming wordt de hydraulische gradient over het gedeelte van het monster waarin de kanalen zich bevinden kleiner, zodat de waterspanningen daar zullen gaan stijgen. Het gevolg van de afnemende hydraulische weerstand is dat het monster minder geneigd zal zijn verder te consolideren. Op het moment dat de hydraulische weerstand echter weer toeneemt (a.g.v. het dichtdrukken van de kanalen), zal de oorspronkelijke situatie zich gaan herstellen. Hierdoor zullen de waterspanningen weer afnemen en zal het monster weer gaan consolideren.

Indien deze veronderstelling juist is blijkt de uitgeoefende plunjerdruk hier niet voldoende te zijn om de ontstane kanalen dicht te drukken.

5.6.3 Hydconproef 2

De resultaten van de tweede hydconproef zijn grafisch weergegeven in bijlagen 9 t/m 12. De omgevingstemperatuur is bij dit experiment continu geregistreerd om na te gaan of gebeurtenissen tijdens de proef mogelijkwerijs het gevolg zijn van temperatuursfluctuaties.

Tijdens de voorconsolidatiefase laten alle waterspanningen een logisch verloop zien; des te lager de positie van de waterspanningsmeter, des te sterker de daling van de waterspanning. Op het moment dat alle waterspanningsmeters een daling te zien hebben gegeven, is de celdruk naar de uiteindelijke druk van 50 kPa verhoogd. De knik tijdens de voorconsolidatie in de monsterhoogte curve is waarschijnlijk het gevolg van het gedurende korte tijd blijven steken van de plunjer. Dit heeft geen zichtbare gevolgen gehad op de registratie van de overige variabelen, zelf de waterspanningen zijn hierdoor niet beïnvloed.

Ook de registraties van de monsterhoogte en afvoer laten een geleidelijk verloop zien.

De plotselinge piek bij 96 uur is het gevolg van het legen van de balans.

Na ongeveer 100 uur blijkt de celdruk plotseling af te nemen. Als gevolg hiervan laten de waterspanningsmeters 1 t/m 4 een sterkere daling zien in vergelijking met de periode daarvoor. De afname van de celdruk is het gevolg van het volledig opgeblazen zijn van de balg, waardoor de toegevoerde luchtdruk voor een steeds groter wordend deel moest worden gebruikt voor het uiteen drukken van de balg. De invloed van het afnemen van de celdruk lijkt echter een nauwelijks waarneembaar gevolg te hebben gehad voor zowel de afvoer als de hoogteafname van het monster.

De resultaten van de bepalingen op de zes deelmonsters, tezamen met de resultaten van de

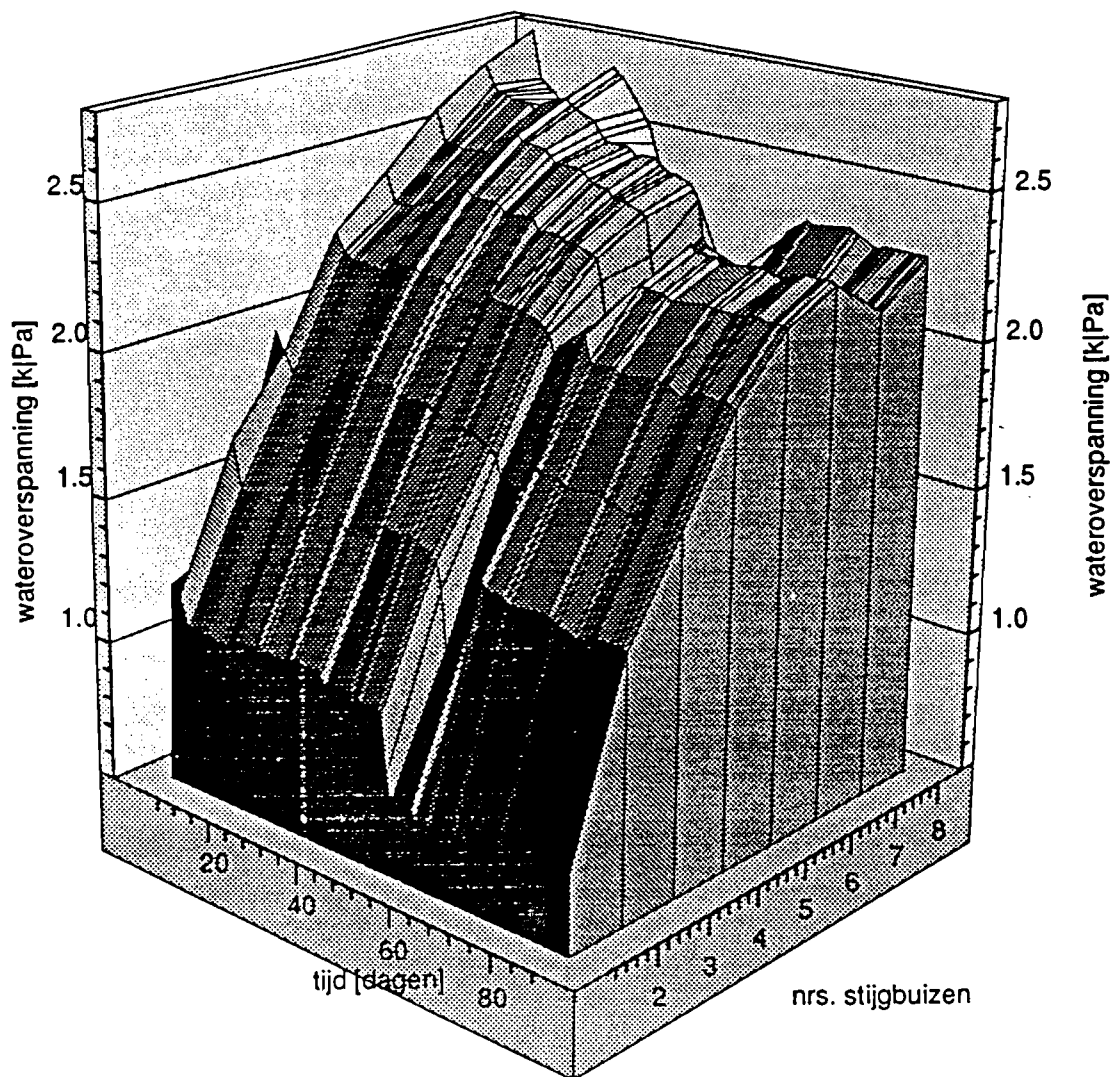


Bladnummer : - 18 -
Ons kenmerk : CO-327640/14
Datum : 30 november 1992

samendrukkingsproef, zijn vermeld in bijlagen 13 en 14⁸. De resultaten van de voortgezette samendrukkingsproef t.b.v. de bepaling van de kruipfactor staan vermeld in bijlage 17.

⁸ De initiële volumieke massa en poriegetal van het monster in de oedometer zijn overgenomen uit de gegevens zoals bepaald op het onderste deelmonster (via watergehalte) en zijn dus niet op het monster zelf bepaald, daar eerstgenoemde bepaling nauwkeuriger wordt geacht dan de meting van de volumieke massa in de oedometer (via volume).

BIJLAGEN



niveau stijgbuizen

1: 105 cm

3: 65 cm

5: 35 cm

7: 15 cm

2: 85 cm

4: 45 cm

6: 25 cm

8: 5 cm



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 610821
Telex 38234 soil nl

d.d. november '92 Ess

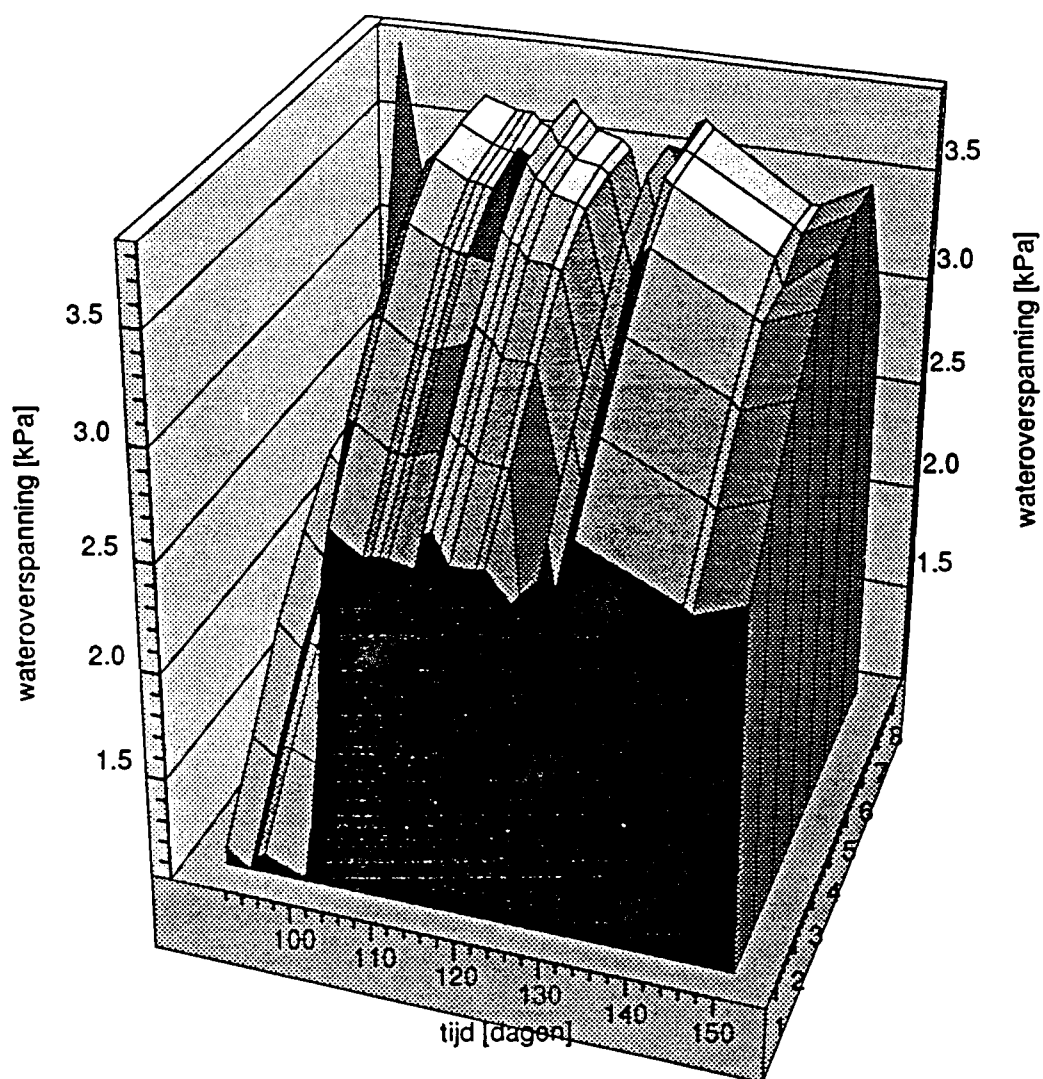
Resultaten kolomproef

Verloop waterspanningen voor belasting

Ref: CO-327640

Bijl. 2

A4



niveau stijgbuizen

1: 105 cm	3: 65 cm	5: 35 cm	7: 15 cm
2: 85 cm	4: 45 cm	6: 25 cm	8: 5 cm



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 610821
Telex 38234 soil nl

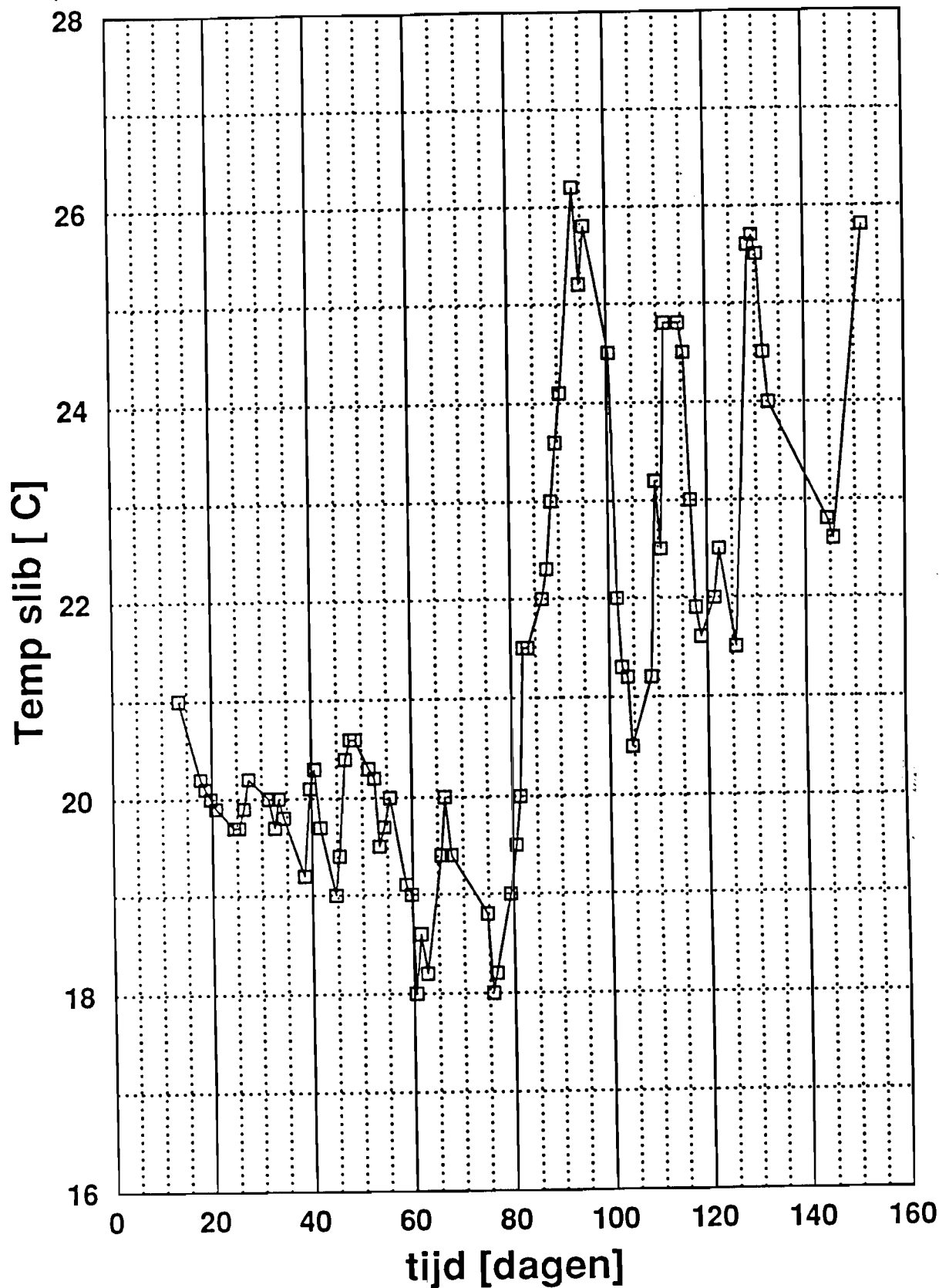
d.d. november '92 Ess

Resultaten kolomproef
Verloop waterspanningen na belasting

Ref: CO-327640

Bijl. 3

A4



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

d.d.
september '92

get.
Ess

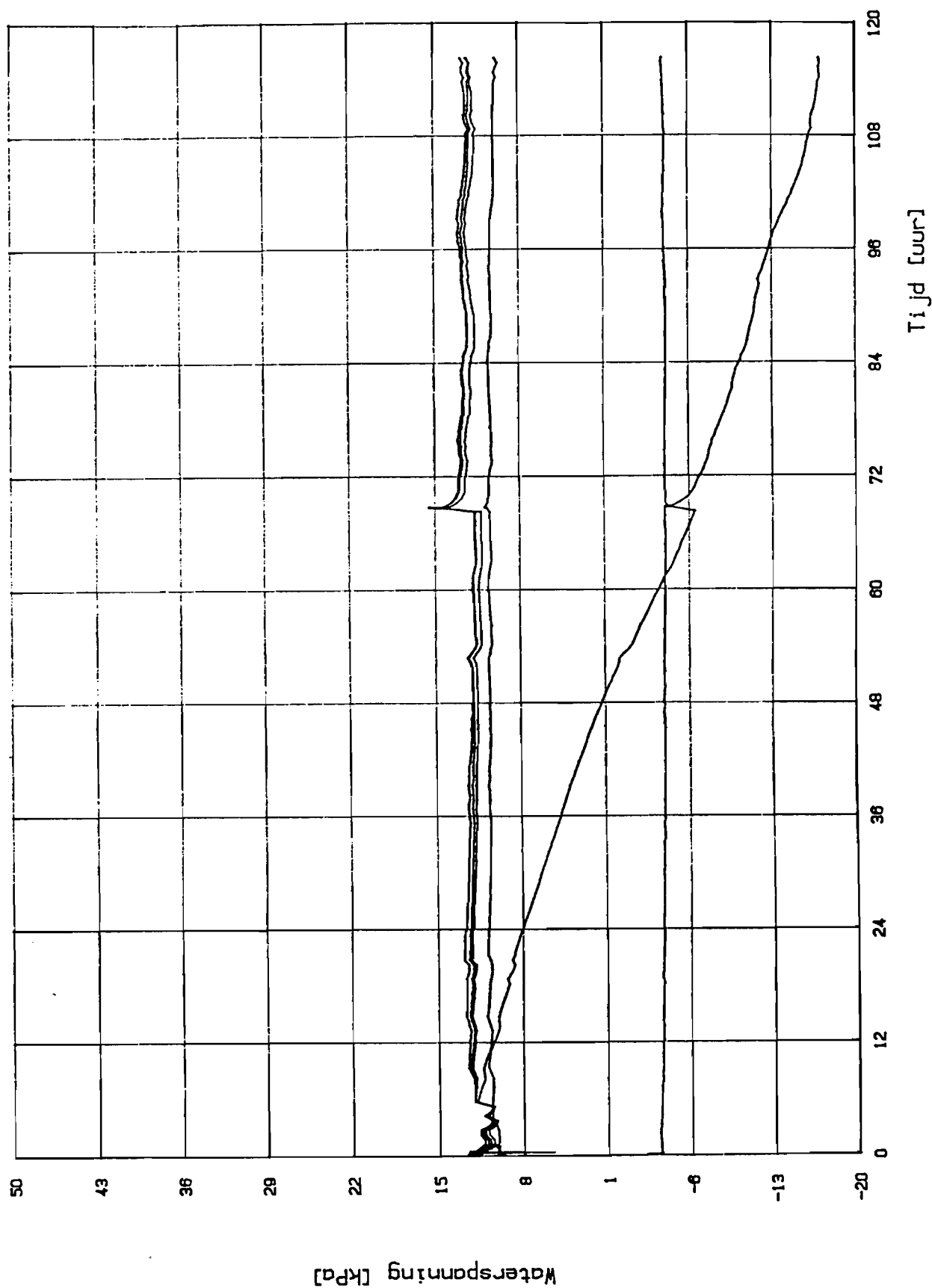
Resultaten kolomproef
Verloop slijbtemperatuur tijdens proef

CO-326740

gez.

BIJL. 4

form.
A4



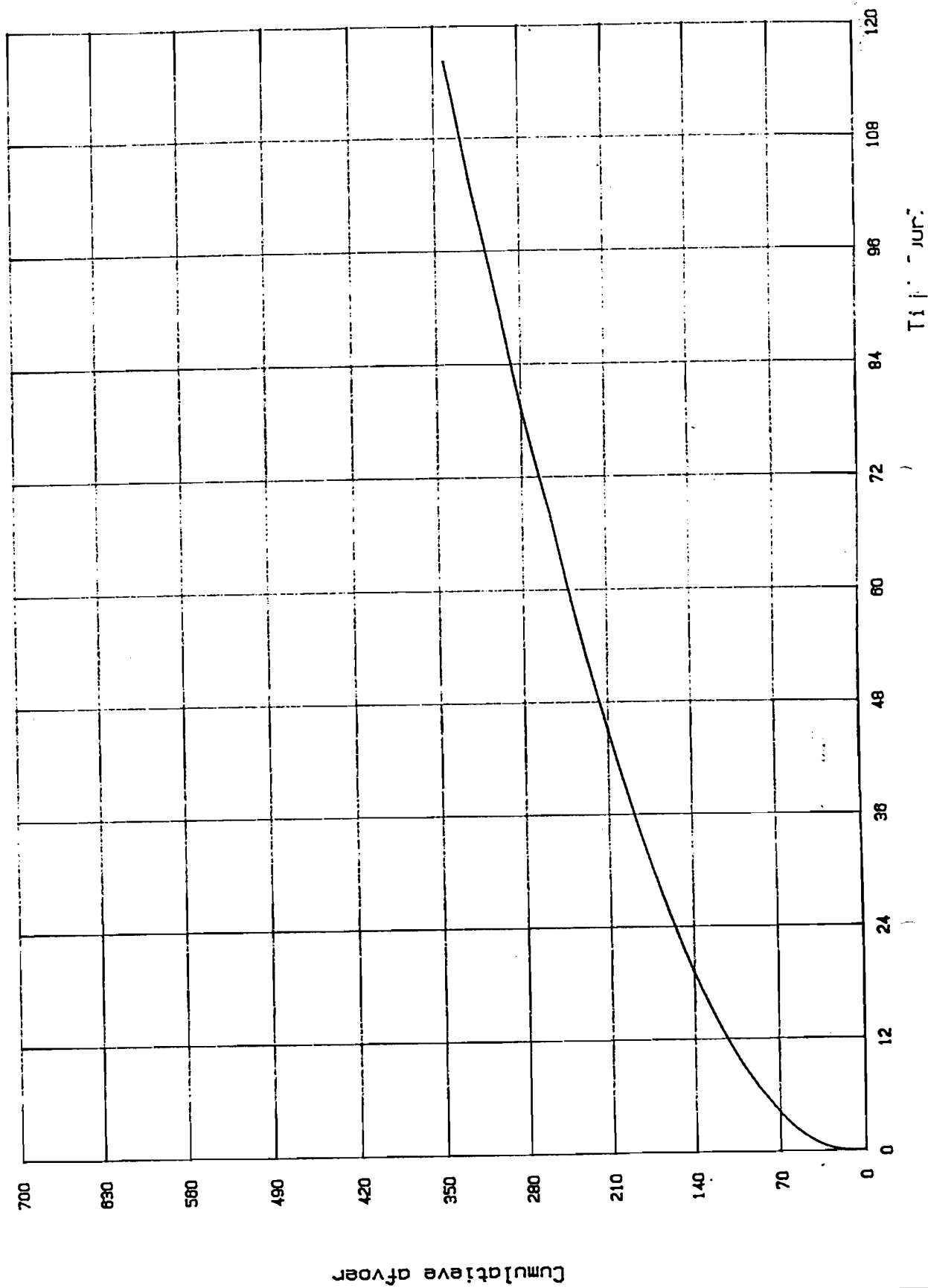
DELFT
GEOTECHNICS

Dat: 92-04-16

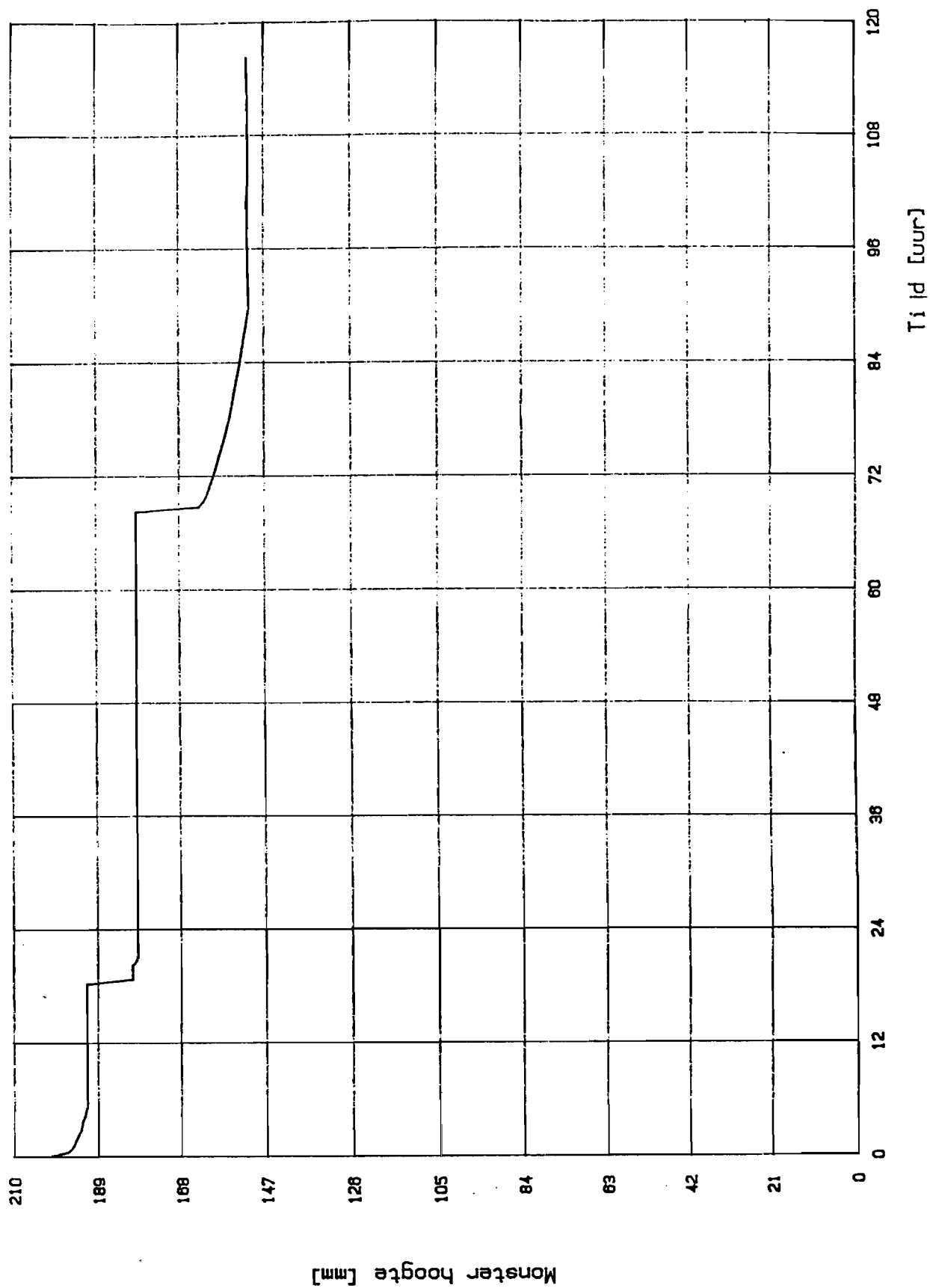
Hydraulische consolidatie ketelmeerslib
Monster No.1
Fase 1 : 10kPa

C0-327640

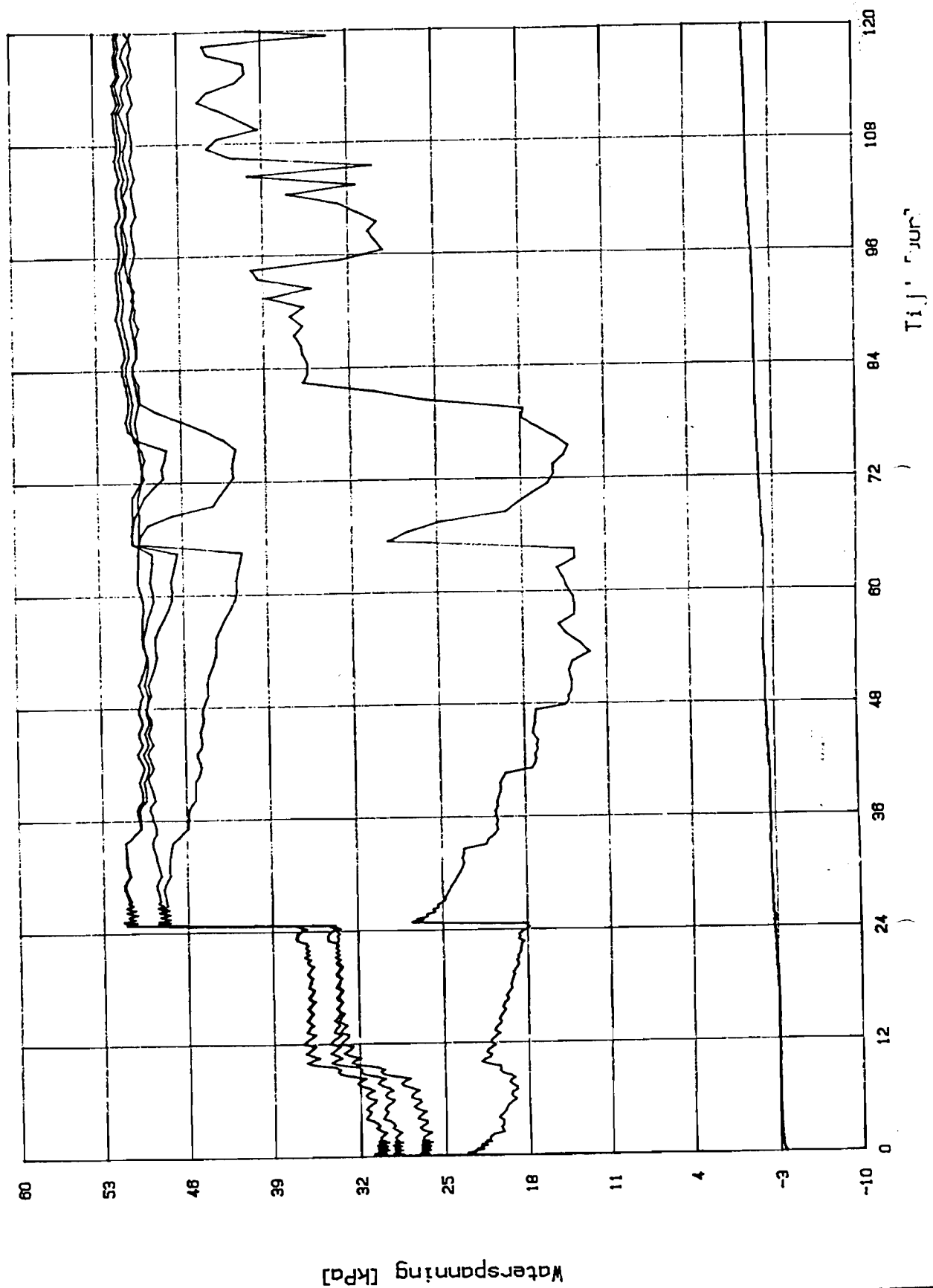
BIJL.: 5



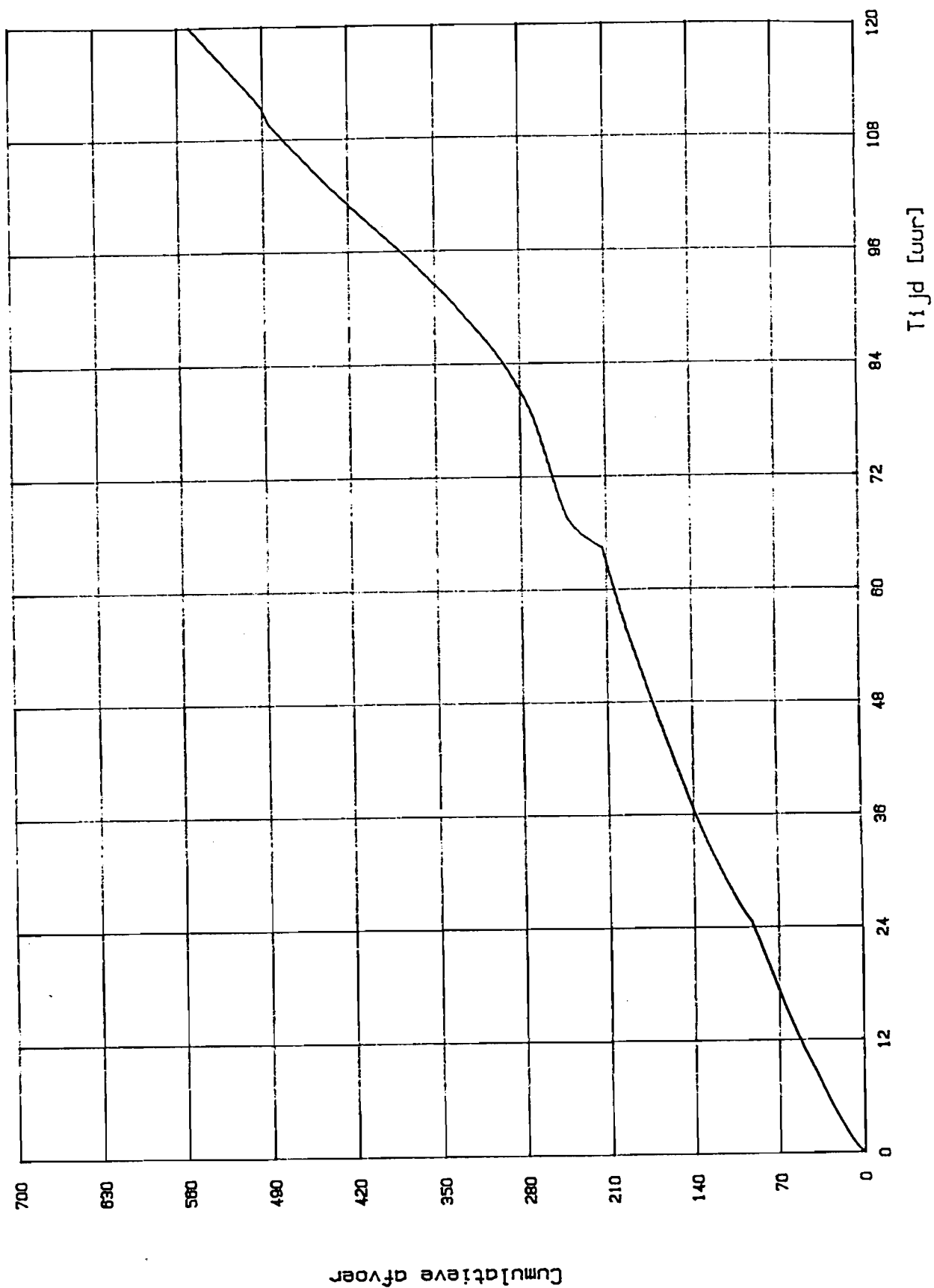
 DELFT GEOTECHNICS	Dat: 92-04-16	
	CO-327640	
	BIJL.: 6	
Hydraulische consolidatie ketelmeerslib Monster No.1 Fase 1 : 10kPa		



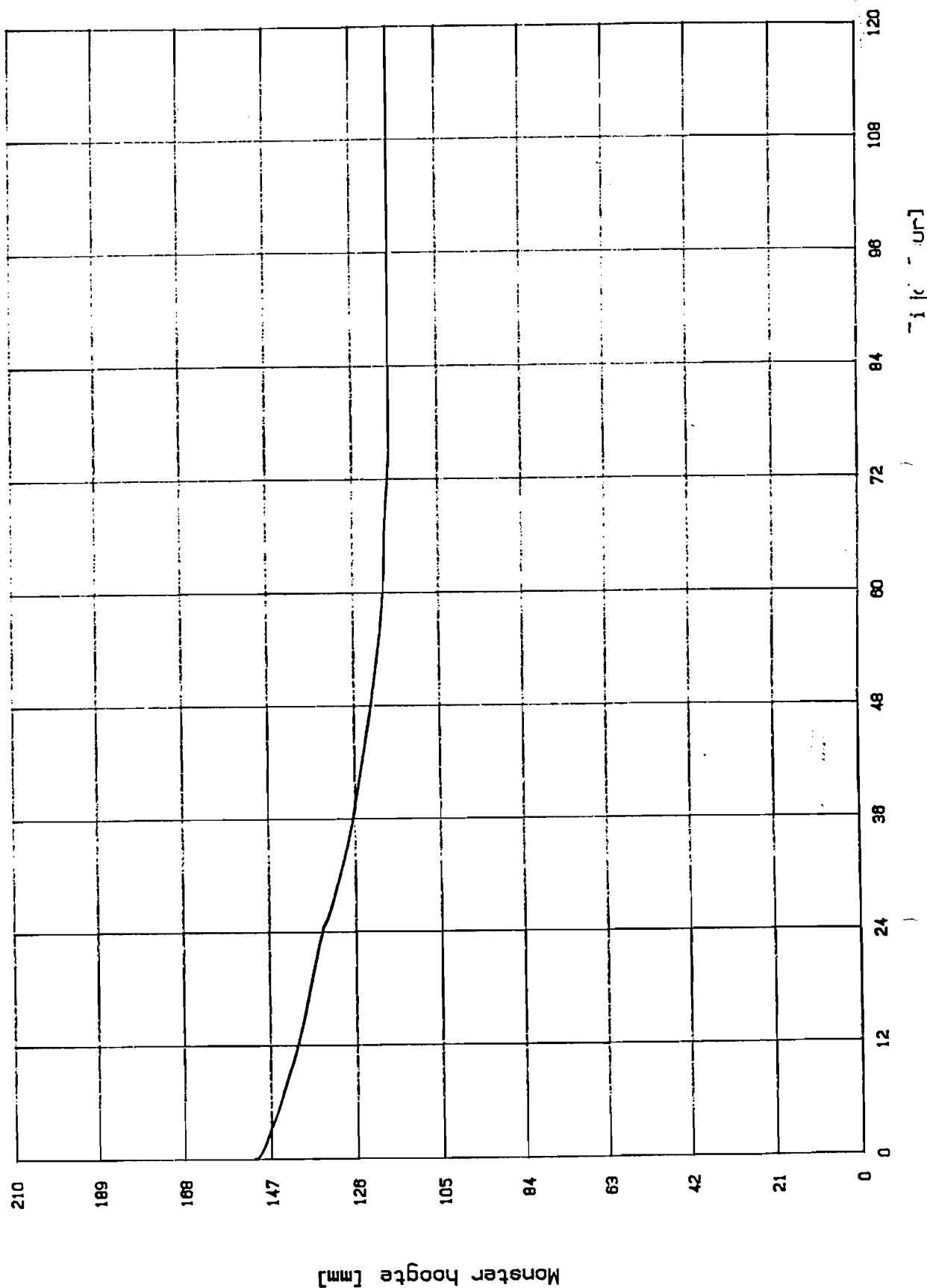
 DELFT GEOTECHNICS	Dat: 92-04-16	
	CO-327640	
	BIJL.: 7	
Hydraulische consolidatie ketelmeerslib Monster No.1 Fase 1 : 10 kPa		



 DELFT GEOTECHNICS	Dat: 92-04-21
Hydraulische consolidatie Ketelmeerslib Monster No. 1 Fase 2 : 50 kPa	C0-327640
	BIJL. 8



 DELFT GEOTECHNICS	Dat: 92-04-21	
	CO-327640	
	BIJL.: 9	
Hydraulische consolidatie Ketelmeerslib Monster No.1 Fase 2 ; 50 kPa		



DELFT
GEOTECHNICS

Dat: 92-04-21

Hydraulische consolidatie ketelmeerslib

Monster No. 1

Fase 2 : 50 kPa

CO-327640

BIJL.: 10

Resultaten HYDCON proef 1 op ketelmeerslib		
CO	327640	
Datum	4 JULI 1992	
Monster	KETELMEER	
Celdruk	10 en 50	kPa
Soort. massa	2,439	t/m3

INITIELE GEGEVENS		
Hoogte	20,30	cm
Watergehalte	254,70%	
Vol. massa	1,200	t/m3
poriegetal	6,212	

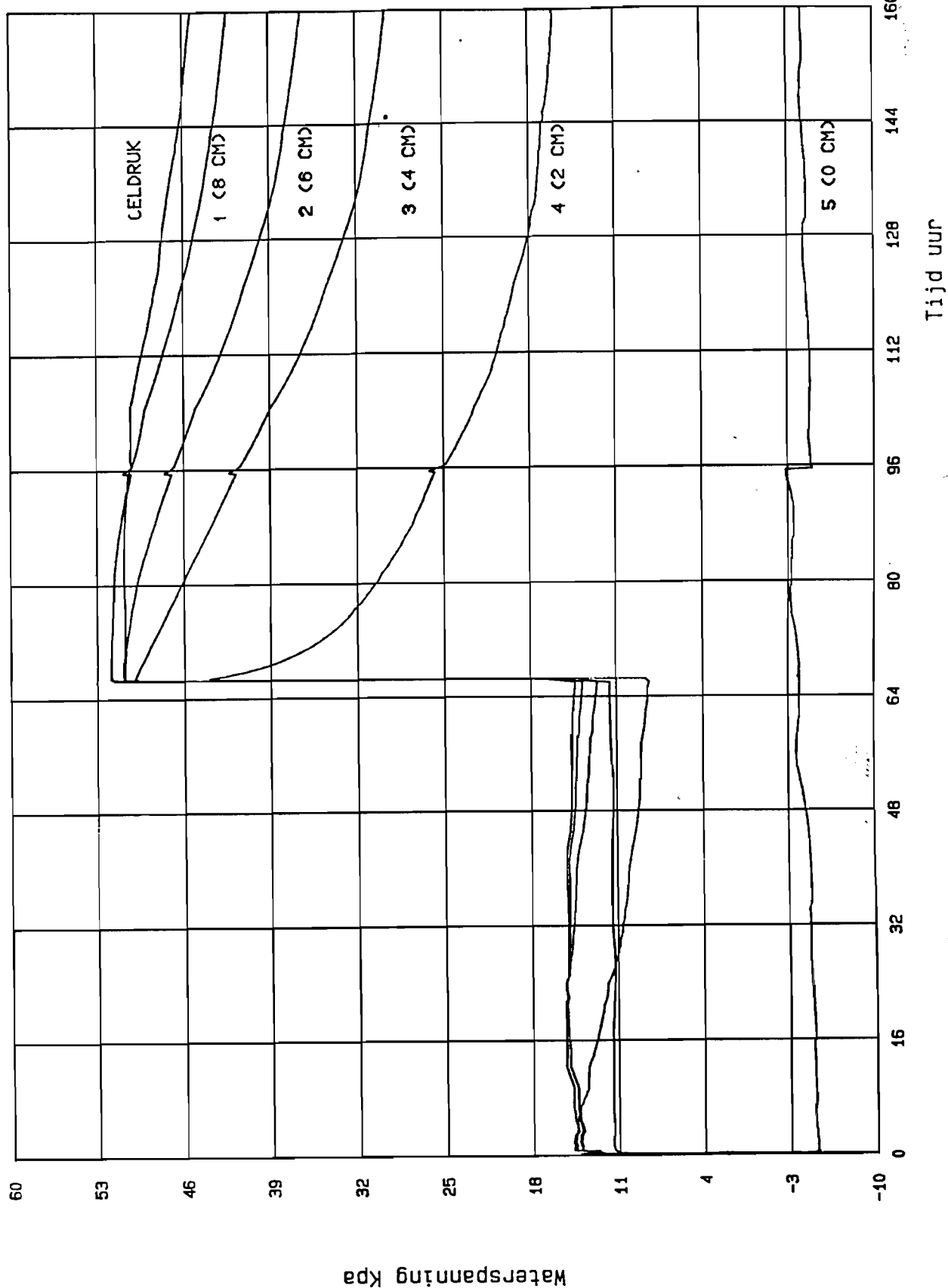
EIND GEGEVENS		
Hoogte	11,30	cm

Monster	niveau	watergeh.	vol. massa	poriegetal	c_u
	[cm]	[%]	[t/m3]		[kg/cm2]
1	10,49	122,85%	1,360	2,996	4,54e-02
2	9,03	120,24%	1,366	2,933	5,38e-02
3	7,68	114,88%	1,378	2,802	7,14e-02
4	6,26	108,06%	1,396	2,636	9,74e-02
5	4,33	101,93%	1,413	2,486	1,25e-01
6	2,93	96,38%	1,429	2,351	1,49e-01

Oedometer monster 6				
spanning	beginhoogte	eindhoogte	vol. massa	porie getal
[kPa]	[mm]	[mm]	[t/m3]	
0	20,0000	20,000	1,429	2,351
25	20,0000	19,248	1,446	2,225
75	19,2480	17,928	1,479	2,004
175	17,9280	16	1,537	1,681
325	16,0000	14,612	1,588	1,448
575	14,6120	13,415	1,640	1,248

 GRONDMECHANICA DELFT	Postbus 69, 2600 AB Delft Telefoon (015) 69 35 00	Telefax (015) 610821 Telex 38234 soil nl	d.d. november '92	Ess
			Ref: CO-327640	
			Bijl. 11	A4

HYDCONproef 1
resultaten monsterbepalingen

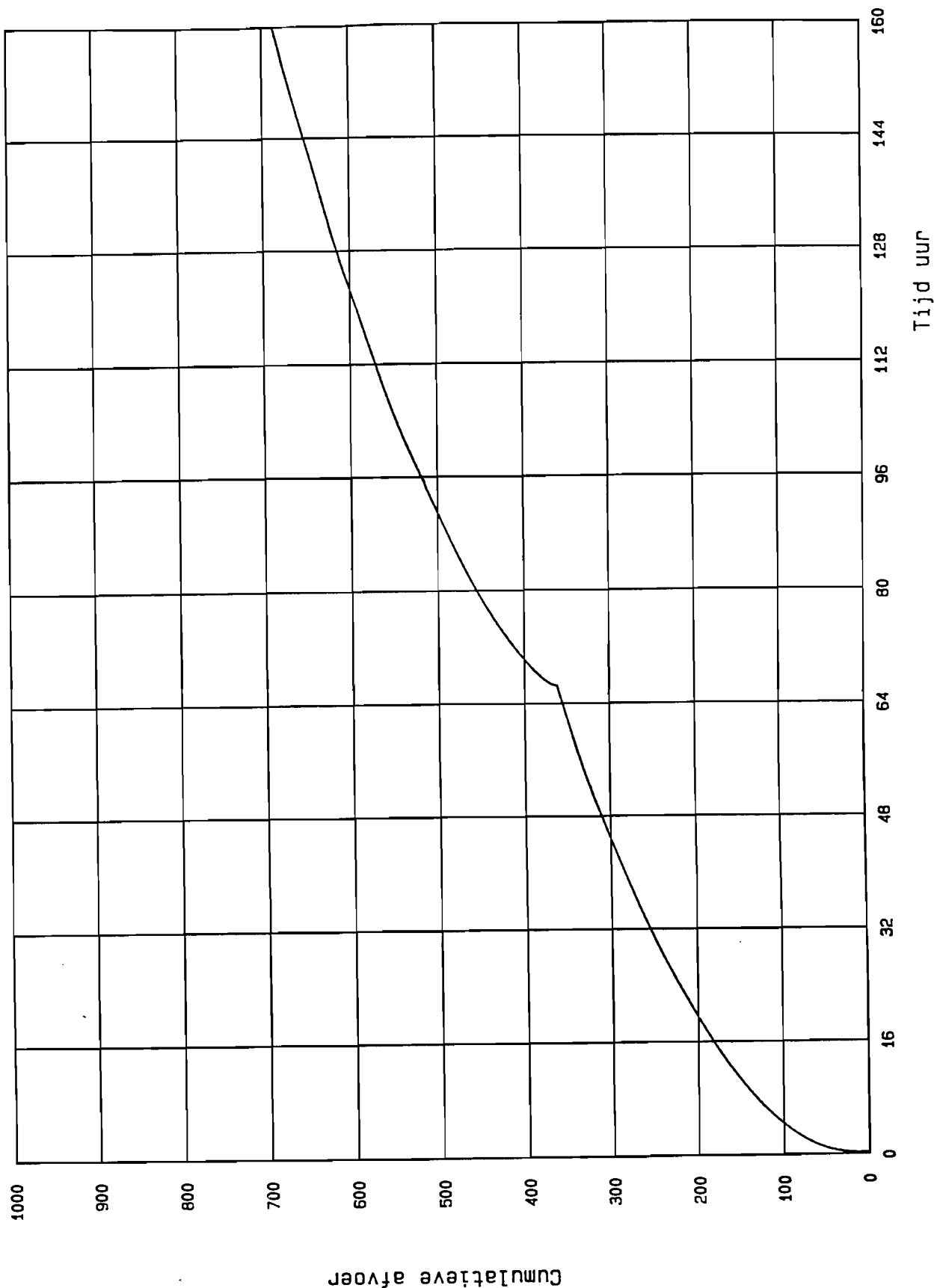


Hydraulische consolidatie ketelmeerslib
Monster No.2

Dat: 92-06-22

CO-327640

BIJL: .12



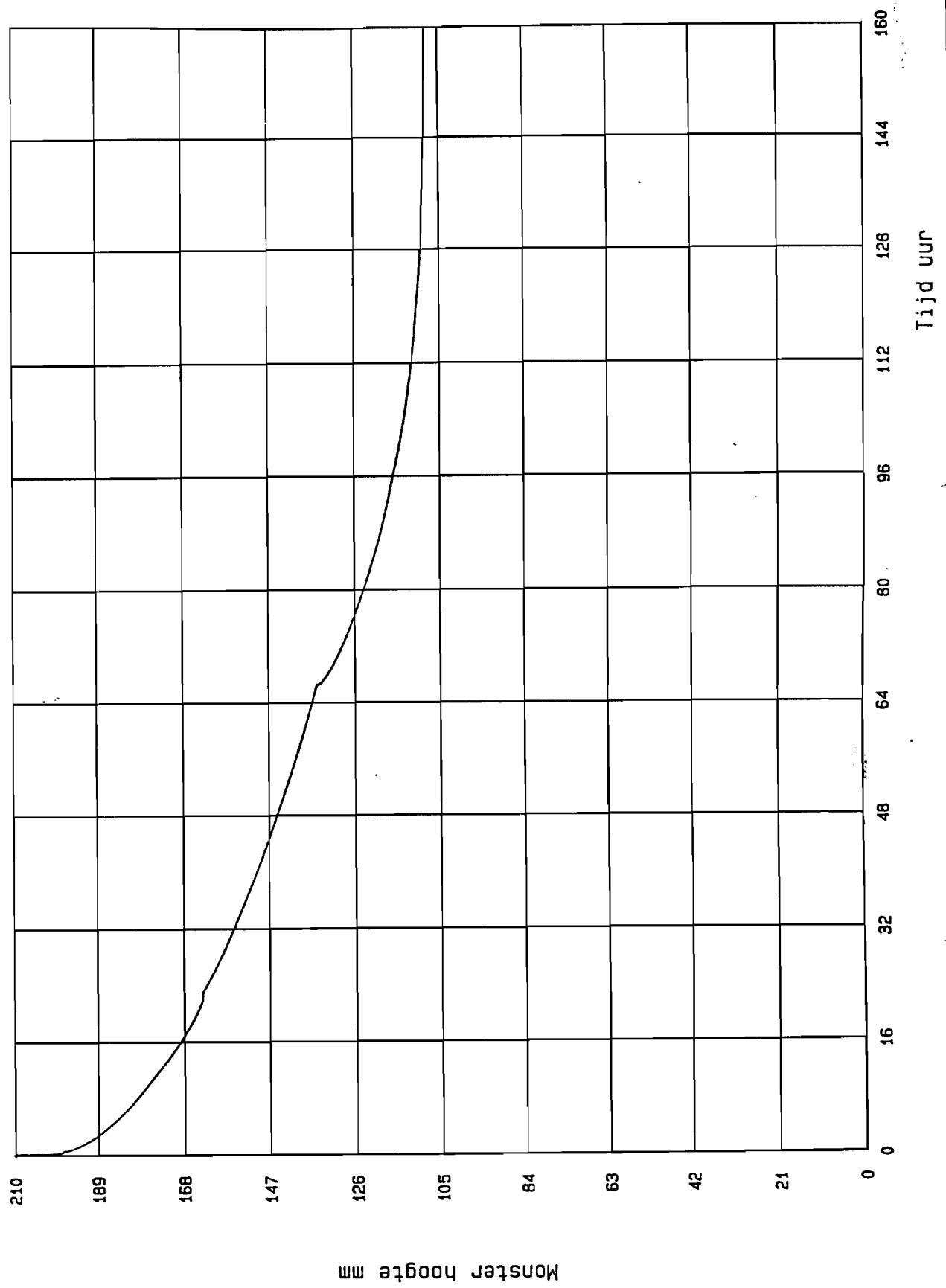
DELFT
GEOTECHNICS

Dat: 92-06-22

Hydraulische consolidatie ketelmeerslib
Monster No.2

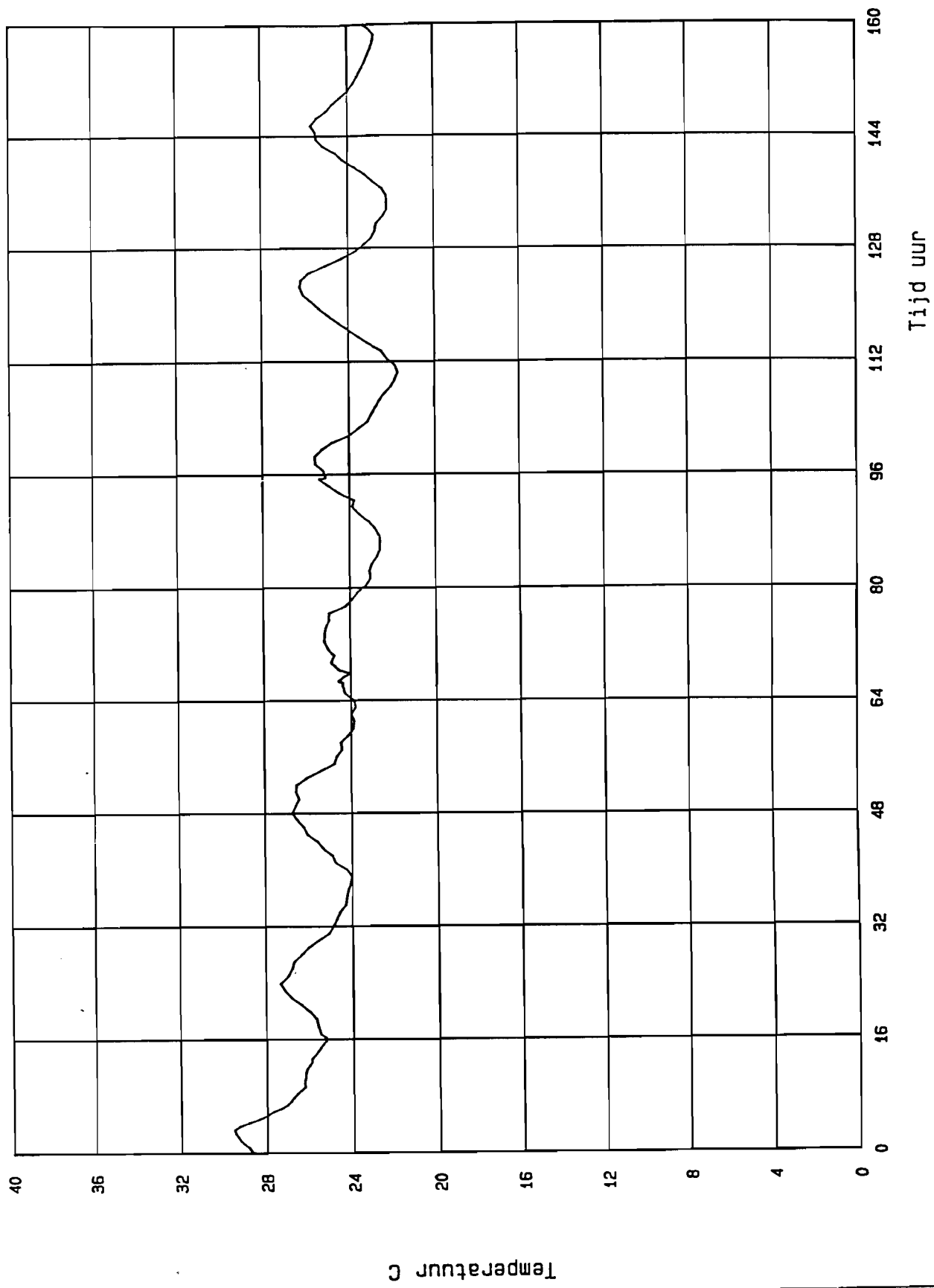
CO-327640

BIJL: . 13



 DELFT GEOTECHNICS	Dat: 92-06-22	
	CO-327640	
	BIJL: . 14	

Hydraulische consolidatie ketelmeerslib
 Monster No.2



 DELFT GEOTECHNICS	Dat: 92-06-22	
	CO-327640	
	BIJL: . 15	
Hydraulische consolidatie ketelmeerslib Monster No.2		

Resultaten HYDCON proef 2 op ketelmeerslib		
CO	327640	
Datum	4 JULI 1992	
Monster	KETELMEER	
Celdruk	10 en 50	kPa
Soort. massa	2,439	t/m3

INITIELE GEGEVENS		
Hoogte	21,00	cm
Watergehalte	254,70	%
Vol. massa	1.200	t/m3
poriegetal	6,212	

EIND GEGEVENS		
Hoogte	10,63	cm

Monster	niveau	watergeh.	vol. massa	poriegetal	c _u
	[cm]	[%]	[t/m3]		[kg/cm2]
1	9,83	147,61%	1,313	3,600	1,67e-02
2	8,38	137,17%	1,331	3,346	3,06e-02
3	7,03	126,09%	1,353	3,075	4,45e-02
4	5,71	117,72%	1,372	2,871	7,23e-02
5	3,58	110,53%	1,389	2,696	8,90e-02
6	1,93	101,86%	1,413	2,484	1,17e-01

Oedometer monster 6				
belasting	beginhoogte	eindhoogte	vol. massa	porie getal
[kPa]	[mm]	[mm]	[t/m3]	
0	20,0000	20,000	1,413	2,484
25	20,0000	19,181	1,431	2,342
50	19,1810	18,275	1,452	2,184
100	18,2750	16,441	1,502	1,864
150	16,4410	15,723	1,525	1,739
250	15,7230	14,111	1,585	1,458



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 610821
Telex 38234 soil nl

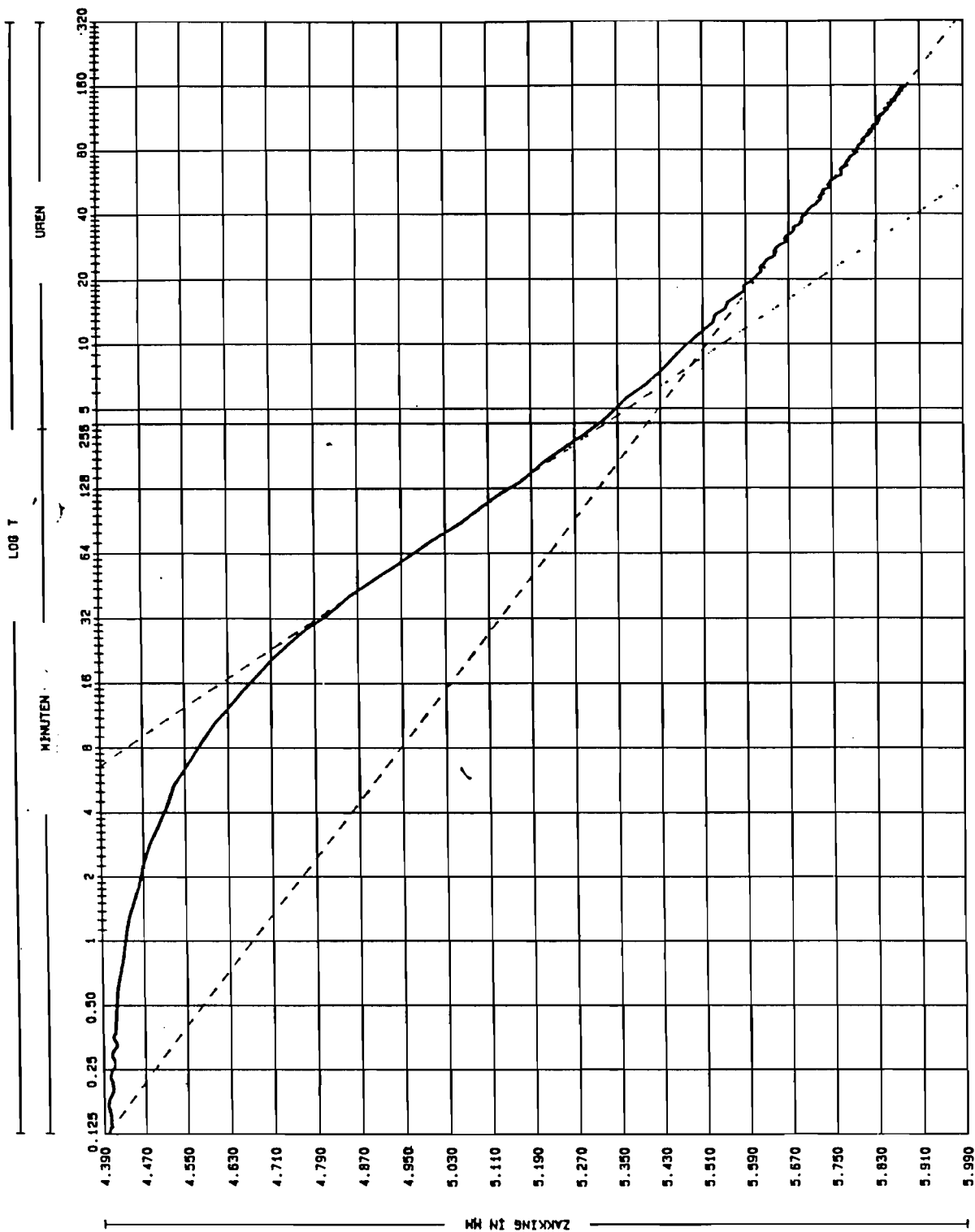
d.d. november '92 Ess

HYDCONproef 2
resultaten monsterbepalingen

Ref: CO-327640

Bijl. 16

A4



C_v : $3.802E-09 \text{ m}^2/\text{s}$
 α_v : $7.183E-04 \text{ m}^2/\text{kN}$
 k : $2.679E-11 \text{ m/s}$

S_1 : -0.007 mm
 S_u : 1.129 mm
 $S_{u,s}$: $.585 \text{ mm}$
 $t_{u,s}$: 3186 s
 h_{begin} : 15.633 mm

$S_{10^{-4} \text{ dag}}$: 8.856 mm

GRONDMECHANICA
DELFT

MODELPROEF KETELMEERSLIB.

SAMENDRUKKINGSPROEF Cv/Ca-WAARDE, log-t methode

Boring KETEL Monster 9 Diepte m Trap 5

92-06-23

CO-327640

811.17 A3

Bijlage 18: Nauwkeurigheid standaardbepalingen Grondmechanica Delft

Korrelgrootte verdeling:

- > 63 μm : Borging:
- Periodieke bepaling nauwkeurigheid draadzeven na 350 uitgevoerde zevingen (certifikaten beschikbaar).
 - Periodieke uitvoering van ijkkromme door alle laboranten (per maand).
 - Periodieke controle gebruikte balansen (1 maal per jaar)
- < 63 μm : Borging:
- Periodieke ijking sedigraaf
- Nauwkeurigheid: ca. 99 %

Plasticiteitsindex:

- Vloeigrens: Borging:
- Periodieke controle balans (1 maal per jaar).
- Nauwkeurigheid:
- Nauwkeurigheid bepaling aantal slagen apparaat bij een bepaald watergehalte ca. 4 %. Als gevolg van het feit dat per bepaling 5 metingen worden verricht, waardoor een rechte wordt getrokken zullen eventuele fouten hierdoor grotendeels uitgemiddeld worden.
- Onnauwkeurigheid balans < 0.02 gr.
- Schatting nauwkeurigheid bepaling: ca. 99 à 98 %.
- Uitrolgrens: Borging:
- Periodieke controle balans (1 maal per jaar).
- Nauwkeurigheid: 95 %
- Nauwkeurigheid: 95 %

Soortelijke massa:

- Borging: Periodieke controle pyknometer (1 à 2 maal per jaar).
- Periodieke controle balans (1 maal per jaar).
- Duplo uitvoering.
- Nauwkeurigheid:
- Nauwkeurigheid balans beter dan 3 decimalen.
- Afwijking tussen duplobepalingen < 0.05 %.
- Totale nauwkeurigheid > 99.8 %

Volumieke massa:

Op basis van volume en massa:

- Borging:
- Periodieke controle steekring (1 à 2 maal per jaar).
- Periodieke controle balans (1 maal per jaar).
- Nauwkeurigheid:
- Onnauwkeurigheid volume steekring < 0.5 %.
- Onnauwkeurigheid balans < 0.02 gr.
- Geschatte totale onnauwkeurigheid (i.v.m. monsternamen) < 1 %.

Op basis van soortelijke massa en watergehalte:

Borging:

Zie bepaling soortelijke massa.

Periodieke controle balans (1 maal per jaar) .

Nauwkeurigheid:

Totale onnauwkeurigheid (afhankelijk van monstermassa) < 0.1 %.