

centrum voor onderzoek waterkeringen

Spreidingen in de wrijvingseigen-
schappen van grond in een
boezemkade (Starrevaart)

S-75.015

januari 1978

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	1
2. Uitgevoerd onderzoek	2
2.1. Locatie	2
2.2. Eerder uitgevoerd onderzoek	2
2.3. Boor- en Sondeerprogramma	2
2.4. Dwarsprofielen	3
2.5. Aangetroffen grondslag	3
2.6. Monsternamen en uitgevoerd laboratorium-onderzoek	5
2.7. Overzicht van alle laboratorium-onderzoeken	6
2.8. Waterspanningen en korrelspanningen	7
3. Beschouwing van de resultaten per grondlaag	8
3.1. Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	8
3.1.1. Spreidingen in wrijvingseigenschappen	8
3.1.2. Spreidingen in schuifweerstand	10
3.1.3. Correlaties van wrijvingseigenschappen met fysische en/of eenvoudige mechanische grootheden	13
3.1.4. Gelaagdheden	16
3.2. Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)	16
3.3. Veen	18
3.3.1. profiel 1	18
3.3.2. profiel 2	20
3.3.3. profiel 3	21
3.3.4. Onderlinge vergelijking van de profielen	22
3.3.5. Mogelijke afwijkingen tussen werkelijk gemiddelde τ -waarde en het met de steekproef bepaalde gemiddelde.	22
4. Samenvatting van de resultaten per grondlaag	24
4.1. Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	24
4.2. Klei met plantenresten (beneden scheidingsveen)	26
4.3. Veen	26
5. Stabiliteitsberekeningen	28
6. Conclusies	30
7. Aanbevelingen tot veranderingen in de opzet van het systematisch kade-onderzoek.	31

Bijlagenlijst Nota S-75.015

<u>Bijl. nr.</u>	<u>Omschrijving</u>	<u>Form/tek.nr.</u>
1	Situatie lengteonderzoek	A4/76.401
2	Dwarsprofiel 4B	A4/76.406
3	Schematisch boor- en sondeerprogramma	A4/76.409
4.1.	profiel 1, boring, peilbuizen	A4/76.385
4.2.	Profiel 2 en 3, boringen, peilbuizen	A4/76.386
5.1.	Boorbeschrijving en handpenetrometerwaarde profiel 1	A4/76.392
5.2.	Boorbeschrijving en handpenetrometerwaarde profiel 2	A4/76.393
5.3.	Boorbeschrijving en handpenetrometerwaarde	A4/76.394
6	Sondering en laagverdeling der profielen	A4/76.391
7.1.	Overzicht proefresultaten	A4/76.390
7.2.	Overzicht proefresultaten	A4/76.398
7.3.	Overzicht proefresultaten	A4/76.395
8	Peilbuis- en geonorfiltermetingen	A4/76.428
9	Overzicht van berekende gemiddelde korrelspanningen in terrein	A4/76.397
10	Grafisch overzicht van c- en tgφ waarden van de monsters uit de laag klei met plantenresten	A4/76.429
11	Verschillen tussen c en tgφ van de drie profielen	A4/76.399
12	Correlaties tussen c en tgφ van de mon- sters uit de laag met plantenresten	A4/76.400
13.1.	Grafische voorstelling gemiddelde, stan- daardafwijking en variatiecoëfficiënt in τ-waarden, profiel 1	A4/76.430
13.2.	Grafische voorstelling gemiddelde, stan- daardafwijking en variatiecoëfficiënt in τ-waarden, profiel 2	A4/76.431
13.3.	Grafische voorstelling gemiddelde, stan- daardafwijking en variatiecoëfficiënt in τ-waarden, profiel 3	A4/76.432
14.	Gemiddelde τ-waarden, klei met plantenres- ten	A4/76.407

Vervolg bijlagenlijst S-75.015

15.	Kendall rangcorrelatie, klei met plantenresten	A4/77.079
16.1.	Correlatie c en TV, klei met plantenresten	A4/77.080
16.2.	Correlatie $tg\phi$ en TV, klei met plantenresten	A4/77.081
17	Correlatie c en $tg\phi$ handpenetrometerwaarde, klei met plantenresten	A4/77.082
18	Gelaagdheden in kleilaag met plantenresten	A4/77.083
19	Gemiddelde wrijvingseigenschappen, profiel 1	A4/77.084
20	Gemiddelde wrijvingseigenschappen, klei met plantenresten, profiel 3	A4/77.085
21.1.	Gemiddelde, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt in τ -waarden, profiel 1, veen	A4/77.086
21.2.	Gemiddelde, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt in τ -waarden, profiel 2, veen	A4/77.087
21.3.	Gemiddelde, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt in τ -waarden, profiel 3, veen	A4/77.088
22	Gemiddelde τ -waarden, veen	A4/76.408
23	Overzicht gemiddelden en variatiecoëfficiënten van proefresultaten	A4/76.396
24.1.	Laagverdeling profiel 1 met minimum glijcirkel	A4/76.403
24.2.	Laagverdeling profiel 2 met minimum glijcirkel	A4/76.404
24.3.	Laagverdeling profiel 3 met minimum glijcirkel	A4/76.405

Appendix A: Bepaling van wrijvingseigenschappen uit geconsolideerde celproeven.

1. Inleiding

Het rapport "Spreidingen in de wrijvingseigenschappen van grond in een boezemkade" is een vervolgonderzoek van het eerder uitgebrachte rapport "Beschouwingen van de resultaten van de celproeven van het systematisch boezemkade onderzoek". Uit dit rapport bleek dat er ten eerste nog onvoldoende inzicht is in de grootte van de spreidingen die op kunnen treden in de wrijvingseigenschappen van een onderzocht profiel. Ten tweede bleek er onvoldoende inzicht te zijn in de verschillen die op kunnen treden tussen de wrijvingseigenschappen van meerdere profielen die in éénzelfde kadedeel op korte afstand van elkaar gelegen zijn. Beide punten zijn van groot belang bij het kadeonderzoek.

Het eerste i.v.m. afwijkingen die op kunnen treden in de evenwichtsfactor als gevolg van spreidingen in de wrijvingseigenschappen en het tweede i.v.m. het representatief stellen van één onderzocht profiel voor een kadedeel van zekere lengte.

Net als in het eerste onderzoek beperkt ook dit onderzoek zich tot de Holland-veenlaag en de bovenkant van de Calais formatie, welke bestaat uit klei met plantenresten (oude zeeklei). Beide lagen worden in vrijwel alle kaden in West- en Noord Nederland aangetroffen.

De Holland veenlaag speelt vooral een belangrijke rol in de kaden van Rijnland, Utrecht en Noord-Holland, omdat hier meestal het gehele kadelichaam uit dit veen bestaat. De direkt onder de Holland veenlaag gelegen klei met plantenresten speelt bij alle kaden een belangrijke rol in de stabiliteit als gevolg van zijn slechte wrijvingseigenschappen.

Naar aanleiding van de voorlopige resultaten van dit onderzoek is begin 1975 gestart met een tweede gelijksoortig onderzoek in een kade van de polder Groot-Mijdrecht. Over dit onderzoek zal in 1978 gerapporteerd worden.

2. Uitgevoerd Onderzoek

2.1. Locatie

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de Noordoostelijke kade van de polder Klein Starrevaart. Deze kade is gelegen langs de Starrevaart, welke in open verbinding met de Vliet staat. De ligging van de kade is aangegeven in de situatieschets op bijlage 1. De totale lengte van deze kade is ca. 350 m.

2.2. Eerder uitgevoerd onderzoek

In 1972 is de stabiliteit van deze kade in het kader van het systematisch boezemkade onderzocht. Het onderzochte profiel 4B van deze kade bleek voldoende stabiliteit te bezitten. (zie rapport A-72.015; onderzoek naar de toestand van de kade van de Gecombineerde Starrevaart en Damhouderpolder en de Polder Klein Starrevaart).

Vervolgens heeft na enige jaren een herprofilering van deze kade plaatsgevonden. Dit nieuwe profiel heeft in 1975 opnieuw een stabiliteitsonderzoek ondergaan, nadat bij de kade aan de overzijde van de Starrevaart bij een soortgelijke herprofilering een afschuiving was opgetreden. Nadat de ligging van de grondlagen opnieuw vastgesteld was en bleek dat zich geen veranderingen hadden voorgedaan t.o.v. de situatie in 1972 is de kade doorgerekend met dezelfde wrijvingseigenschappen zoals deze in 1972 waren gevonden. Ook nu bleek de kade ruim-schoots stabiel te zijn. (L.G.M.-rapport CO-22632-0).

Het profiel 4B van deze kade met de aangetroffen laagverdeling is weergegeven op bijlage 2.

2.3. Boor- en Sondeerprogramma

Op bijlage 3 is schematisch het boor- en sondeerprogramma weergegeven, alsmede de plaatsing van open peilbuizen en geonorfilters.

Bij de opzet van dit programma is uitgegaan van een onderzoek in drie gelijkvormige profielen, welke op afstanden van 80-90 m van elkaar gelegen zijn.

Profiel 1 : 10 m van profiel 4b, in de richting van de rijksweg
Profiel 2 : 100 m van profiel 4b, in de richting van de rijksweg
Profiel 3 : 180 m van profiel 4b, in de richting van de rijksweg.

Het profiel 4b is het in 1972 onderzochte profiel, waarover gerapporteerd is in het C.O.W.-rapport A-72.015.

Per profiel zijn telkens ongeveer halverwege het binnentalud vier boringen en 1 sondering gemaakt op korte afstand van elkaar. De boringen en de sondering liggen op één lijn die evenwijdig met de as van de kade loopt. Dit is gedaan opdat de boringen onderling vergelijkbaar zijn. De afstanden tussen de boringen bedragen:

6 m tussen de boringen 1 en 2
1,5 m tussen de boringen 2 en 3

3 m tussen de boringen 3 en 4

Midden tussen de boringen 3 en 4 in, is een sondering gemaakt. Op een meter afstand van deze lijn zijn taludafwaarts een peilbuis en een geonorfilter geplaatst. De peilbuis reikt tot 1,5 m beneden MV en de filters van de geonorbuizen zijn tot net iets boven de onderkant van de veenlaag geplaatst. In de profielen 1 en 2, waar zich een teensloot bevindt, zijn eveneens open peilbuizen op korte afstand van deze teensloot geplaatst.

2.4. Dwarsprofielen

Op de bijlagen 4.1. t/m 4.3. zijn de drie dwarsprofielen weergegeven, met de plaatsing van de boringen en de peilbuizen en geonorfilters. In deze profielen is tevens de laagverdeling aangegeven en de hoogste en laagste waarnemingen in de peilbuizen en geonorfilters. Hier wordt nog op teruggekomen.

2.5. Aangetroffen grondslag

De interpretaties van de boringen zijn weergegeven op de bijlagen 5.1. t/m 5.3. Per profiel zijn de boringen vrijwel gelijk, hetgeen ook de opzet van het boorprogramma is geweest. De sonderingen in de drie profielen zijn weergegeven op bijlage 6. Tevens is op deze bijlage nogmaals de laagverdeling in de drie profielen weergegeven zoals deze in de boringen

is aangetroffen. Uit deze bijlage 6 is duidelijk waar te nemen dat de lagen over de betrekkelijke korte afstand van 80 à 90 m tamelijk grote verschillen vertonen in hun diepteligging. Verder treden in de veenlaag bijzonder grote verschillen in de samenstelling op.

Bij profiel 1 bestaat de bovenste meter uit opgebracht materiaal, dat een mengsel van veen, klei en zand is. De veenlaag daaronder welke geologisch gezien tot het Hollandveen behoort vertoont een vrijwel volledig ontwikkeld veenprofiel. Zo wordt onderin deze laag zegge-, riet- en zeggerietveen aangetroffen, hetgeen gevormd is in een eutroof milieu waarbij zich voedselrijk zoet rivierwater vermengde met zeewater. Bovenin werd in een veel later stadium mos, heide en wollegras veen gevormd in een oligotroof milieu, waarbij alleen aanvoer van voedselarm regenwater plaatsvond.

In de profielen 2 en 3 is het veen van geheel andere samenstelling. Het veen is hier vermengd met zand. Een dergelijk groot verschil op korte afstand tussen het profiel 1 enerzijds en de profielen 2 en 3 anderzijds werd bij de aanvang van het onderzoek niet verwacht.

Aanvankelijk werd nog verondersteld dat deze vermenging met zand van natuurlijke oorsprong was en toegeschreven moest worden aan het voorkomen van strandwallen in dit gebied. In enkele boringen bevonden zich echter stukjes puin, waarmee vrijwel zeker is aangetoond dat dit materiaal opgebracht is. Alleen de onderste decimeters van de veenlaag bestaan uit zuiver veen (rietzegge- en rietveen).

Onder het veen bevindt zich in alle drie de profielen een kleilaag met plantenresten, die aan de onderzijde begrensd wordt door een scheidingsveenlaagje. Direct onder het veenlaagje bevindt zich weer een kleilaagje met plantenresten. Verder naar beneden gaande neemt het zandgehalte echter toe en treft men afwisselend zand en kleilaagjes aan. De klei met plantenrestenlaag behoort geologisch gezien tot de bovenkant van de Calaisformatie. Door zijn slechte wrijvings-eigenschappen speelt deze laag een belangrijke rol in de stabiliteitsbeschouwing van de kade.

2.6. Monsternamen en uitgevoerd laboratorium-onderzoek

Op de bijlagen 5.1. t/m 5.3. zijn bij de interpretaties van de boringen tevens de plaatsen aangegeven waar monsters genomen zijn. Steeds is getracht om per profiel de monsters uit de vier boringen op onderling gelijke diepten te nemen. Hierdoor is het mogelijk om eventuele invloeden van gelaagdheden te onderzoeken.

Aan de aangegeven monsters zijn de volgende grootheden bepaald:

wrijvingseigenschappen c en $tg\phi$.

De wrijvingseigenschappen zijn bepaald in het celapparaat. Voor een beschrijving van deze proefprocedure wordt verwezen naar appendix A, waarin ook de aangehouden wijze van interpretatie is weergegeven.

volumieke massa's.

De volumieke massa's van de celproefmonsters zijn bepaald voor beproeving in het celapparaat (f voor), direkt na beproeving (f na) en één dag na beproeving (f na 1).

watergehalten.

De watergehalten zijn door droging bepaald voor en na beproeving in het celapparaat (zie ook opm.). Het watergehalte is bepaald als de procentuele verhouding tussen het gewicht aan water en het gewicht aan droge stof.

Humusgehalte.

Na bepaling van het watergehalte wordt het humusgehalte bepaald als het gloeiverlies, hetgeen weergegeven wordt als de procentuele verhouding van het gloeiverlies t.o.v. de totale droge stof.

TV-waarden.

Bij de torvane proef wordt de maximale schuifweerstand bepaald welke optreedt bij het ronddraaien van een klein vinnetje in de boven- en onderkant van het monster.

De TV-waarde wordt bepaald als het gemiddelde van de waarden aan onder- en bovenzijde (zie ook opmerking).

Atterbergse grenzen.

Per profiel zijn aan de kleimonsters van één boring de atterbergse grenzen bepaald t.w. het watergehalte van de vloeigrens en het watergehalte van de uitrolgrens. Uit deze twee grenzen is de plasticiteitsindex bepaald als het verschil tussen het watergehalte van de vloeigrens en dat van de uitrolgrens.

Opmerking.

Bij het nemen van een monster uit een boring wordt in eerste instantie uitgegaan van een monster met een hoogte van 200 mm. Nadat op de boven- en onderzijde van dit monster de TV-waarden bepaald zijn, wordt aan beide uiteinden een schijfje van 25 mm afgesneden. Het overblijvende monster met een hoogte van 150 mm wordt nu in het celapparaat beproefd. De afgesneden schijfjes worden gebruikt voor de bepaling van het watergehalte vóór beproeving in het celapparaat.

Handpenetrometerwaarden.

Nadat de monsters uit de boringen gesneden zijn, zijn op het overige deel van de boringen om de 10 cm handpenetrometerwaarden bepaald. Hierbij wordt de indringingsweerstand per oppervlakte-eenheid bepaald d.m.v. een kleine conus die in de boring wordt gedrukt. De resultaten van deze handpenetrometerwaarden zijn in de bijlagen 4.1. t/m 4.3. uitgezet loodrecht op de geïnterpreteerde boring.

2.7. Overzicht van alle laboratorium-onderzoeken

De boringen, sonderingen en laboratoriumproeven zijn verricht door het Laboratorium voor Grondmechanica in Delft. Hun resultaten zijn gerapporteerd onder nummer CO-22976-0.

Op de bijlagen 7.1. t/m 7.3. zijn de resultaten van alle laboratorium onderzoeken per grondsoort weergegeven.

2.8. Waterspanningen en korrelspanningen.

Om een indruk te verkrijgen van de korrelspanningen waaronder de monsters in het terrein verkeerden zijn ter plaatse van de boringen ook de freatische lijn en de waterspanningen onderin de veenlaag bepaald. Hiertoe zijn op één meter afstand van de lijn waarin de boringen geplaatst zijn, een open peilbuis en een geonorfilter geplaatst. De peilbuis reikt tot 1,5 m diepte en de filters van de geonorbuizen zijn tot net iets boven de onderkant van de veenlaag geplaatst. In de profielen 1 en 2, waar zich een teensloot bevindt, zijn eveneens open-peilbuizen geplaatst op korte afstand van de teensloot (zie bijlagen 3, 4.1. t/m 4.3.).

De stijghoogten in deze peilbuizen en geonorbuizen zijn van half maart tot begin juni waargenomen. Het verloop van de stijghoogten over deze periode is weergegeven in bijlage 8. De peilbuizen, halverwege het binnentalud van de profielen 1 en 2, hebben gedurende enige tijd droog gestaan. Voor deze periode is het verloop van de stijghoogten geschat.

De stijghoogten tussen de geonors en de peilbuizen halverwege het binnentalud verschillen binnen één profiel slechts één à twee decimeters, zodat het waterspanningsverloop in het veen vrijwel hydrostatisch is. Over het verloop in de diepere lagen is feitelijk geen informatie. Het verloop is echter hier eveneens hydrostatisch aangenomen.

Met behulp van de beschikbare volumegewichten en de gemeten freatische lijn zijn onder aanname van een hydrostatisch waterspanningsverloop de gemiddelde korrelspanningen voor alle monsters berekend. Deze zijn weergegeven op de bijlage 9.

3. Beschouwing van de resultaten per grondlaag

In de paragraaf over de aangetroffen grondslag is er al op gewezen dat feitelijk alleen in profiel 1 veen voorkomt dat behoort tot de Hollandveenlaag.

In de profielen 2 en 3 bestaat het grootste deel van de veenlaag uit opgebracht materiaal dat gevormd wordt door een mengsel van zand en veen.

Voor wat betreft de spreiding van de wrijvingseigenschappen in de Hollandveenlaag zal dit onderzoek ons slechts een beperkte informatie bieden. Feitelijk moet de gekozen kade wat betreft spreiding in het veen gezien worden als een ongelukkig keus voor dit onderzoek. Daarentegen toont dit onderzoek ons wel heel duidelijk hoe sterk en onverwacht de samenstelling van een laag over korte afstand kan veranderen, zonder dat hiervoor direkte aanwijzingen zijn (geologisch niet en historisch niet).

Als gevolg van het beperkte aantal gegevens van de Hollandveenlaag zal in dit onderzoek de meeste aandacht besteed worden aan de kleilaag met plantenresten boven het scheidingsveenlaagje, waarvan in totaal 39 monsters beschikbaar zijn. Deze laag zal als eerste behandeld worden, en het meest uitgebreid.

3.1. Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

3.1.1. Spreidingen in wrijvingseigenschappen

De wijze van interpretatie van de c en $tg\phi$ waarden uit de celproeven is omschreven in appendix A van dit rapport.

Op bijlage 10 zijn de wrijvingseigenschappen van alle monsters weergegeven in een diagram, waarbij langs de horizontale as de $tg\phi$ waarden zijn uitgezet en langs de verticale as de c -waarden.

Uit dit grafische overzicht op bijlage 10 zijn de volgende conclusies al direct waarneembaar.

- a) Binnen de drie profielen afzonderlijk treden tamelijk grote spreidingen op in de c en $tg\phi$.
- b) Ondanks deze tamelijk grote spreidingen onderscheiden de drie profielen zich wat betreft hun wrijvingsgedrag duidelijk van elkaar.

- c) De c en $tg\phi$ zijn geen onafhankelijke grootheden.
Er zijn duidelijk zichtbare correlaties tussen de c en $tg\phi$ waarneembaar.

ad a) Zoals in tabel I waarneembaar is, bedragen de procentuele spreidingen in de profielen 1, 2 en 3 voor de c resp. 49,5%, 23,9% en 13,8%, en voor de $tg\phi$ resp. 13,6%, 15,8% en 20,3%.

Tabel I

$\bar{c}$, $\overline{tg\phi}$	gemiddelde waarden van resp. c en $tg\phi$	
s_c , $s_{tg\phi}$	standaardafwijkingen van resp. c en $tg\phi$	
V_c	$= \frac{s_c}{\bar{c}} \times 100\%$	} Variatiecoëfficiënt van resp. c en $tg\phi$
$V_{tg\phi}$	$= \frac{s_{tg\phi}}{\overline{tg\phi}} \times 100\%$	

profiel	c kN/m^2	s_c	$V_c(\%)$	$tg\phi$	$s_{tg\phi}$	$V_{tg\phi}(\%)$
1	2,06	1,02	49,5	0,416	0,057	13,6
2	5,32	1,27	23,9	0,310	0,049	15,8
3	8,86	1,22	13,8	0,241	0,049	20,3

ad b) Ondanks de tamelijk grote spreidingen binnen de profielen bestaan er tussen de profielen onderling duidelijk verschillen in c en $tg\phi$ -waarden. Deze verschillen blijken al direkt door de gemiddelde c en $tg\phi$ waarden uit tabel I onderling te vergelijken.

Bovendien is met behulp van de Wilcoxontoets aangetoond dat deze verschillen inderdaad significant zijn.

De resultaten van deze toets zijn weergegeven op bijlage 11.

ad c) Er blijkt een duidelijke correlatie te bestaan tussen de c en $tg\phi$. Deze correlatie is ten eerste duidelijk aanwezig binnen de totale groep van monsters, maar bovendien ook binnen de profielen 1 en 2 afzonderlijk. Bij het profiel 3 is deze correlatie niet significant.

De resultaten van deze correlaties zijn weergegeven op bijlage 12.

De aanwezigheid van deze correlaties heeft grote invloed op de spreiding in de τ -waarden, welke berekend worden uit de c en $\text{tg}\phi$ -waarden volgens $\tau = c + \sigma \cdot \text{tg}\phi$.

3.1.2. Spreidingen in schuifweerstand

In de vorige paragraaf zijn de spreidingen in de c en $\text{tg}\phi$ -waarden weergegeven. Voor de stabiliteitsberekeningen (en dus ook voor de evenwichtsfactoren) is het veel belangrijker hoe groot de spreidingen in de schuifweerstand (τ_s) zijn. De schuifweerstand wordt volgens de Wet van Coulomb beschreven door $\tau_s = \sigma \cdot \text{tg}\phi + c$.

In de bijlagen 12.1. t/m 12.3. zijn de spreidingen in de aldus berekende τ_s -waarden weergegeven voor verschillende waarden van σ . Opvallend is dat de spreiding in de τ -waarde eerst afneemt bij toename van de korrelspanning vanaf nul en bij een zekere korrelspanning een minimum bereikt, waarna bij nog groter wordende korrelspanning de spreiding in de τ weer toeneemt. Dit is het gevolg van de correlatie die er tussen de c en $\text{tg}\phi$ -waarden bestaat. Wanneer de regressielijn tussen c en $\text{tg}\phi$ de volgende lineaire uitdrukking heeft: $c = a \text{tg}\phi + b$, dan is eenvoudig aan te tonen dat de minimum spreiding in de τ optreedt bij een $\sigma = -a$. (Vergelijk de regressiecoëfficiënt a voor bijlage 11 met de waarde van σ , waar de spreiding het kleinst is). In de bijlagen 12.1. t/m 12.3. zijn verder nog aangegeven:

- a. de variatiecoëfficiënt V_τ in de schuifweerstand voor verschillende waarden van de korrelspanning σ .

$$V_\tau = \frac{S_\tau}{\tau} \times 100\% \left(\frac{\text{standaardafwijking in } \tau}{\text{gemiddelde } \tau} \right)$$

- b. Interpolatiegebied , d.w.z.

het gebied waarbinnen zich de raakpunten van de raaklijnen aan de representatieve bezwijkcirkels (zie appendix A; bijlagen A8.1. t/m 3.) bevinden. Binnen dit gebied kan men spreken van een interpolatie der meetgegevens (daarbuiten van een extrapolatie).

c. gebied waarbinnen zich de korrelspanningen in het terrein bevinden (zie bijlage 9).

Het gebied van de korrelspanningen in het terrein is telkens binnen het interpolatie gebied gelegen. Dit is geen toeval maar een gevolg van de bewuste keuze van de aan-gebrachte belastingen op de monsters en van de keuze van de representatieve bezwijkcirkels voor de bepaling van de c en $tg\phi$.

Ter vergelijking zijn op bijlage 13 de gemiddelde waarden van de drie profielen in één figuur weergegeven. Tevens zijn de korrelspanningen in het terrein voor de drie profielen weergegeven. Hierbij is waarneembaar dat de verschillen in gemiddelde τ -waarden rond deze terreinspanningen kleiner zijn dan de verschillen in de c en $tg\phi$.

Uit de bijlagen 12.1. t/m 12.3. valt waar te nemen dat de variatiecoëfficiënt het kleinst is binnen het "interpolatie"-gebied. In de onderstaande tabel II is het een en ander weergegeven.

Tabel II

profiel	"interpolatie- gebied"	korrelspanningen in terrein	Variatieco- ëfficiënt V_{τ}
1	ca. 0,14-0,31	ca. 0,16-0,25	ca. 6%
2	ca. 0,14-0,35	ca. 0,20-0,35	ca. 7%
3	ca. 0,23-0,36	ca. 0,25-0,36	ca. 9%

Wanneer deze variatiecoëfficiënten in de τ vergeleken worden met die welke optreden in de c en $tg\phi$ (tabel I) valt op dat ze aanzienlijk kleiner zijn. Dus ondanks zeer grote variatiecoëfficiënten in de c en $tg\phi$, vallen de variatiecoëfficiënten in de τ -waarden erg mee. Dit is weer het gevolg van de correlatie die er tussen de c en $tg\phi$ -waarden blijkt te bestaan.

Bij de profielen 1 en 2 zijn de 2^o, 3^o en 4^o bezwijkbelastingen gebruikt voor de bepaling van de c en tgφ. De variatiecoëfficiënt in de τ bedraagt hier 6 à 7%.

Bij profiel 3 zijn alleen de 3^o en 4^o bezwijkbelastingen (raaklijn 3) gebruikt voor de bepaling van de c en tgφ. De variatiecoëfficiënt bedraagt hier 9%. Wellicht heeft het gebruik van minder meetgegevens hier geleid tot een grotere variatiecoëfficiënt.

Over het geheel genomen zijn de verschillen in de variatiecoëfficiënten in de τ-waarde van deze profielen klein en geven de indruk dat we hier met een redelijk constante waarde te maken hebben, ondanks verschillen in gemiddelde τ-waarden.

Wanneer deze waarde min of meer gelijk zou zijn voor de klei met plantenresten in het algemeen kunnen we een indruk geven van de nauwkeurigheid waarmee we de gemiddelde schuifspanning in deze laag met een steekproef kunnen schatten. We gaan er dus vanuit dat de gemiddelde waarde in de laag van profiel tot profiel kan veranderen - zoals in bijlage 13 mogelijk blijkt te zijn - maar dat de variatiecoëfficiënt (standaardafwijking gedeeld door gemiddelde waarde) constant blijft.

Uit de drie bekende variatiecoëfficiënten is een gecombineerde variatiecoëfficiënt te bepalen door de variatiecoëfficiënt te behandelen als een standaardafwijking

$$V_{\tau}^2 = \frac{11.6^2 + 15.7^2 + 10.9^2}{11 + 15 + 10} \quad V_{\tau} = 7,3\% (\phi = 36 \text{ vrijheidsgraden})$$

Uitgaande van deze gecombineerde variatiecoëfficiënt kunnen we aangeven hoeveel procent de werkelijke gemiddelde schuifweerstand beneden het steekproefgemiddelde kan liggen, nml.

$$t \times \frac{V_{\tau}}{n} .$$

Bij een betrouwbaarheid van 95% (5% eenzijdige onderschrijdingskans) en 36 vrijheidsgraden (waarmee V_{τ} is bepaald) vinden we: $t = 1,69$.

Tabel III mogelijke afwijking van de werkelijke gemiddelde waarde t.o.v. de gemiddelde waarde uit de steekproef.

steekproef- grootte n	mogelijke afwijking (95% betrouwbaarheid) naar beneden. $1,69 \times \frac{7,3}{n}$
2	8,8%
4	6,2%
6	5,1%
8	4,4%
10	3,9%
12	3,6%
16	3,1%

Voor de hier gebruikte steekproefgrootten (11 tot 16) mogen we dus met 95% betrouwbaarheid aannemen dat de werkelijke gemiddelde waarde in dat profiel het steekproefgemiddelde met niet meer dan 3 à 4% zal onderschreiden.

In de praktijk, waar de steekproefgrootten in deze laag ca. 3 à 4 monsters bedragen, zou dit betekenen dat we met 95% betrouwbaarheid mogen aannemen dat dit verschil niet meer dan 6 à 7% bedraagt, hetgeen een zeer acceptabel resultaat is.

3.1.3. Correlaties van wrijvingseigenschappen met fysische en/of eenvoudige mechanische grootheden.

In het voorgaande is duidelijk gebleken dat de wrijvingseigenschappen van de kleilaag met plantenresten in de drie profielen duidelijk verschillend zijn. Dit blijkt het duidelijkst in de optredende verschillen in c en $tg\phi$ (zie tabel I). Daarentegen zijn de verschillen in de τ -waarden bij een korrelspanning $\sigma = 35 \text{ kN/m}^2$ (gemiddelde korrelspanning in het terrein) aanzienlijk kleiner (nog slechts 5%).

Ook binnen de profielen afzonderlijk blijken in de c en $tg\phi$ tamelijk grote spreidingen op te treden. Om na te gaan of de optredende verschillen in deze c en $tg\phi$ ook samengaan met verschillen in fysische eigenschappen of eenvoudige mecha-

nische grootheden is gezocht naar correlaties. Eventuele correlaties tussen de wrijvingseigenschappen (c en $tg\phi$) enerzijds en de fysische en eenvoudige mechanische grootheden anderzijds zijn onderzocht m.b.v. de rangcorrelatie van Kendall.

Wat betreft de fysische grootheden is correlatie nagegaan

met: volumemassa na 1 dag γ_{na1} [tf/m³]

watergehalte na be- W_{na} [%]

proeving

humusgehalte h [%]

Wat betreft de mechanische grootheden is correlatie nagegaan

met: TV-waarde

handpenetrometerwaarde.

Op bijlage 15 zijn de resultaten van deze rangcorrelatie weergegeven, waarbij de waarden onderstreept zijn indien er een duidelijke correlatie aanwezig is. De correlaties zijn zowel nagegaan tussen de monsters van telkens één profiel als tussen het totaal van monsters van de drie profielen tezamen.

Conclusie correlatie met fysische eigenschappen.

Volgens bijlage 15 blijken er weinig correlaties te zijn met de fysische eigenschappen. Alleen tussen de volumieke massa en de $tg\phi$ van profiel 1 is een goede correlatie gevonden, waaraan echter gezien de uitkomsten van de andere correlaties in de andere profielen geen algemene geldigheid gegeven kan worden.

In onderstaande tabel zijn van de fysische grootheden nog eens de gemiddelde waarden en hun variatiecoëfficiënten weergegeven.

Tabel IV

Profiel	γ_{na1} tf/m ³	V_{γ}	watergehalte		humus	
			W_{na} %	V_W	H %	V_H
1	1,36	3,2%	106	11,0%	10,22	24,4%
2	1,36	4,9%	108,5	19,2%	10,72	24,9%
3	1,42	5,0%	94	18,9%	8,24	25,5%

Vooral tussen de gemiddelde waarden van profiel 1 en 2 zijn de fysische verschillen erg klein, hoewel er toch vrij grote verschillen bleken te bestaan tussen de c en $tg\phi$ van deze twee profielen.

De τ -waarden rond een korrelspanning van 30 kN/m^2 bleken echter vrijwel gelijk.

Conclusie mechanische eigenschappen

Binnen profiel 2 blijkt er een goede correlatie te bestaan tussen de c en $tg\phi$ enerzijds en de TV-waarde anderzijds. Dit is echter niet het geval binnen de profielen 1 en 3 zodat dit verband geen algemene geldigheid heeft.

Wanneer alle monsters van alle drie de profielen in beschouwing genomen worden blijkt er wel een goed verband te bestaan de c en $tg\phi$ enerzijds en de TV-waarde anderzijds.

Dit verband is in de bijlagen 16.1. en 16.2. nogmaals grafisch weergegeven. Hieruit blijkt tevens dat het verband tussen c en TV het duidelijkst is.

De handpenetrometerwaarden zijn bepaald op de boorgedeelten tussen de monsters in. Deze waarden zijn weergegeven op de bijlagen 5.1. t/m 5.3. waaruit blijkt dat ze van een grondlaag in één boring vrijwel constant zijn. Daarom zijn hier telkens de gemiddelde handpenetrometerwaarden vergeleken met de gemiddelde wrijvingswaarden uit dezelfde boring. De resultaten zijn grafisch uitgezet in bijlage 17.

Opvallend is dat over het algemeen de gemiddelde handpenetrometerwaarden van de boringen uit één profiel goed met elkaar overeenstemmen, met uitzondering van boring 1-3 en 3-3. In beide genoemde boringen zijn de handpenetrometerwaarden aanzienlijk lager. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat boring 1-3 en 3-3 resp. 1 dag en 3 dagen na het steken beproefd zijn, en nog vers waren toen ze met de handpenetrometer onderzocht werden. Bij de overige boringen zat tussen de datum dat de boring gemaakt werd en de beproeving in het laboratorium een tijdsduur van één tot vele weken. (De boringen werden overigens in een klimaatkamer met zeer hoge relatieve vochtigheid bewaard. Waarschijnlijk waren de oorspronkelijk aanwezige waterspanningen uit de verse boringen nog in zekere mate aanwezig).

Uit bijlage 17 blijkt dat er een duidelijk verband is tussen c en $tg\phi$ enerzijds en de handpenetrometerwaarde anderzijds. Tevens blijkt dat de waarde 1-3 en 3-3 tamelijk ver buiten dit verband gelegen zijn.

3.1.4. Gelaagdheden.

Bij de opzet van het onderzoek zijn de diepten van de monsters zodanig gekozen dat per profiel eventuele gelaagdheden onderkend zouden kunnen worden. Wat betreft de fysische eigenschappen blijkt er duidelijk sprake te zijn van gelaagdheden. Op bijlage 18 zijn deze gelaagdheden aangegeven. Met behulp van de Wilcoxontoets zijn deze gelaagdheden als significant aangetoond (5% significantiegebied). Bij de op deze wijze aangetoonde gelaagdheden is vervolgens nagegaan of deze gelaagdheden ook significant waarneembaar zijn in de c , $tg\phi$ en TV-waarde.

Alleen in profiel 1 bleek daarbij een verschil te bestaan in de $tg\phi$ van laag B en C. En verder bleek in profiel 2 een verschil te bestaan in de c -waarde en TV-waarde van laag A en B. Dus hoewel er zeer duidelijk gelaagdheden waarneembaar zijn op grond van de fysische grootheden, zijn de genoemde verschillen in de wrijvingseigenschappen en TV niet overtuigend genoeg om ook op dit gebied van een gelaagdheid te spreken. Had men zich namelijk geconcentreerd op verschillen in de boringen dan zou men geconcludeerd hebben dat in profiel 1 boring 4 zich significant onderscheid van boringen 1 en 2 wat betreft zijn c -waarde; dito in profiel 2 dat boring 2 zich significant onderscheid van boring 3 en 4 wat betreft zijn $tg\phi$ -waarde.

3.2. Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)

Van deze laag staan slechts enkele monsters ter beschikking. In profiel 1 zijn uit deze laag 7 monsters beschikbaar, waarvan slechts vier monsters bevredigende celproefresultaten hebben. (zie appendix A). In het profiel 3 zijn slechts vier monsters beschikbaar en in profiel 2 zijn in het geheel geen monsters genomen. De behandeling van deze laag zal daarom minder uitgebreid zijn dan van de klei met plantenresten-laag boven het scheidingsveen. De individuele proefresultaten zijn weergegeven in het totaal overzicht op bijlage 7.3. In onderstaande tabel

zijn een aantal gemiddelde waarden weergegeven, waarbij de tussen haakjes geplaatste waarden variatiecoëfficiënten zijn. (standaardafwijking gedeeld door gemiddelde).

Tabel met gemiddelde waarden en variatiecoëfficiënten
(tussen haakjes geplaatst.)

	c kN/m ²	tgφ	TV kN/m ²	γ _{na} t/m ³	waterge- halte na	humus- geh.	handpen. kN/m ²
Profiel 1							
monsters : 24A/24B/12/18A	3,19 (59,9%)	0,418 (35,2%)	13,5 (18,4%)	1,67 (2,1%)	46,0 (9,8%)	5,3 (13,9%)	36 (23,4%)
monsters : 24A/18A	4,42	0,295	13,5	1,67	45,3	4,9	-
monsters : 12/24B	1,97	0,541	13,5	1,68	46,8	5,7	-
Profiel 3	4,54 (28,2%)	0,401 (17,7%)	17,1 (29,1%)	1,63 (2,3%)	52,7 (10,2%)	5,08 (3,2%)	59 (15,8%)

Uit deze tabel zijn de belangrijkste conclusies ten aanzien van het wrijvingsgedrag en de fysische eigenschappen te trekken. Zo blijken de fysische eigenschappen als volumegewicht en watergehalte zich duidelijk te onderscheiden van die van de klei met plantenrestenlaag. (zie ook bijlage 23).

Wat betreft de wrijvingseigenschappen is de spreiding in de c en tgφ van profiel 1 opvallend groot. Bij nadere beschouwing blijken de monsters 24B en 12 uit dit profiel een geheel ander wrijvingsgedrag te vertonen dan de monsters 24A en 18. De tgφ van de monsters 24B en 12 wijzen op een sterk zandig karakter hetgeen echter in de gemiddelde fysische eigenschappen niet als kenmerkend verschil tot uiting komt.

Op bijlage 19 is het gemiddelde wrijvingsgedrag van de monsters 24A en 10A enerzijds en dat van 24B en 12 anderzijds weergegeven. Ter vergelijking is in deze laag het gemiddelde wrijvingsgedrag van de boven het veenlaagje gelegen kleilaag weergegeven. Opvallend hierbij is dat ondanks verschillen in het wrijvingsgedrag van de klei boven en onder het veenlaagje de τ-waarden in het gebied van de optredende korrelspanningen

in het terrein vrijwel gelijk zijn.

In het profiel 3 zijn de spreidingen in de c en $tg\phi$ van de monsters uit de kleilaag beneden het scheidingsveenlaagje aanzienlijk minder dan het geval was binnen profiel 1. Zo bedraagt de variatiecoëfficiënt in de c 28,2% en die in de $tg\phi$: 17,7%. De variatiecoëfficiënten in de τ -waarden ter plaatse van de korrelspanningen in het terrein (voor profiel 3: 30 ÷ 40 kN/m²) bedragen ca. 7 ÷ 8%, hetgeen goed overeenkomt met de waarden die hiervoor gevonden werden in de kleilaag boven het scheidingsveenlaagje.

Ook hier valt weer op dat ondanks de vrij grote verschillen in de wrijvingseigenschappen (c en $tg\phi$), de τ -waarden behorend bij de korrelspanningen in het terrein vrijwel gelijk zijn.

Gemiddeld gesproken heeft het profiel 3 voor deze laag ook betere wrijvingseigenschappen dan het profiel 1. Dit komt ook tot uiting in de hogere gemiddelde TV en handpenetrometerwaarden.

3.3. Veen.

Het profiel 1 verschilt wat betreft de samenstelling van de veenlaag duidelijk met die van de profielen 2 en 3. In de profielen 2 en 3 is het sterk met zand vermengde veen opgebracht materiaal, met uitzondering van een enkele decimeters dik laagje vlak boven de klei-met-plantenrestenlaag dat nog tot oorspronkelijke veenpakket behoort.

In profiel 1 is het oorspronkelijke veen nog ca. 2 m dik.

3.3.1. profiel 1

In dit profiel kan men twee verschillende groepen veenmonsters onderscheiden, al naar gelang hun onstaandswijze. Onderin deze veenlaag heeft de veenvorming plaatsgevonden in een eutroofmilieu, waarbij door vermenging van het zoete rivierwater met zeewater zegge-, riet- en zeggerietveen gevormd is. Bovenin de veenlaag heeft de veenvorming plaatsgevonden in een oligotroofmilieu, waar onder aanvoer van zeer voedselarm regenwater veen uit mos, heide en wollegras is gevormd. Op grond van hun onstaandswijze zijn de monsters als volgt in

te delen: oligotroofmilieu 20, 21A, 2A, 8, 9A, 15A en (2B)
eutroofmilieu 21B, 9B, 15B, 16 en (3).

De verschillende gemiddelde eigenschappen en hun variatie-coëfficiënten zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Gemiddelde eigenschappen en variatiecoëfficiënten (tussen haakjes geplaatst).

	c kN/m ²	tgφ	γ t/m ³	watergeh. %	TV kN/m ²
oligotroof (mos, heide en wollegras) (56%)	3,02 (21%)	0,496 (21%)	0,976 (2%)	600 (5%)	15,6 (2%)
eutroof (zegge, riet en rietzegge) (37%)	5,16 (12%)	0,490 (12%)	0,978 (2%)	552 (11%)	18,6 (3,3%)

Beide groepen hebben vrijwel hetzelfde volumegewicht. De watergehalten van deze twee groepen onderscheiden zich echter significant van elkaar.

Wat betreft de wrijvingseigenschappen lijkt een groot verschil aanwezig tussen de c-waarden van beide groepen. Dit verschil komt ook nog eens tot uitdrukking in de TV-waarde. Bij nadere beschouwing valt echter op dat dit grote verschil voornamelijk het gevolg is van de hoge c-waarden van de monsters 15B en 16A die beiden uit boring 4 afkomstig zijn. Het verschil zou dus ook te verklaren zijn uit het feit dat boring 4 afwijkend is van de overige boringen. De hoge handpenetrometerwaarden van boring 4 doen ook vermoeden dat hier de boring in zijn geheel afwijkend is t.o.v. de andere boringen. Er is feitelijk nog niet voldoende materiaal beschikbaar om met voldoende zekerheid vast te stellen dat er een verschil in c-waarden aanwezig is welke verklaard kan worden uit het verschil in samenstelling van het veen.

Op bijlage 21.1. is de gemiddelde τ -waarde van alle veen-monsters uit profiel 1 uitgezet in het τ/σ -diagram. Tevens is de standaardafwijking in deze τ uitgezet t.o.v. de gemiddelde τ -waarde.

Verder zijn in deze bijlage weergegeven:

- a) de variatiecoëfficiënt (standaardafwijking gedeeld door gemiddelde)
- b) het interpolatiegebied (zie blz.10)
- c) het gebied van de korrelspanningen

Uit deze bijlage blijkt dat de variatiecoëfficiënt in het gebied van de korrelspanningen in het terrein ca. 17% bedraagt. Dit is twee maal zo groot als de variatiecoëfficiënt die bij de klei met plantenresten werd gevonden.

3.3.2. profiel 2

In profiel 2 is een zeer duidelijke onderscheiding te maken in het opgebrachte veen dat vermengd is met zand en het oorspronkelijke veen waarvan nog een laagje van enige dm's dikte aanwezig is. Op grond hiervan is de volgende indeling te maken:

opgebracht veen: 33A, 33B, 38, 39, 44, 45, 27A, 27B
oorspronkelijk veen: 34, 40, (46), 28;

Monster 46 is een overgangsmoeder waar nog duidelijk rietzeggeresten waarneembaar zijn, maar het monster is ook verontreinigd met zandsporen.

De verschillende gemiddelde eigenschappen en hun variatiecoëfficiënten zijn in onderstaande tabel weergegeven.

	c kN/m ²	tg ϕ	γ t/m ³	watergeh.	TV kN/m ²
opgebracht veen	4,92 (45%)	0,432 (14%)	1,383 (4%)	92 (18%)	12 (22%)
oorspronke- lijk veen- laagje	7,0 (38%)	0,453 (23%)	1,06 (8%)	381 (46%)	19 (9%)

Uit deze tabel blijkt dat de fysische eigenschappen van deze twee lagen sterk verschillen. Ook in de c-waarden is het verschil tamelijk groot, hetgeen nog eens benadrukt wordt door het grote verschil in de TV-waarde.

Op grond van deze duidelijke verschillen tussen deze twee lagen is het hier verantwoord en noodzakelijk om bij de stabiliteitsberekening een onderscheiding in afzonderlijke lagen te maken. Dit dunne laagje met betere eigenschappen zal echter van weinig invloed zijn op de evenwichtsfactor.

Op bijlage 21.2. zijn de gemiddelde τ -waarden en de standaardafwijkingen van de opgebrachte veenlaag op dezelfde wijze weergegeven als op bijlage 21.1.

Hieruit blijkt dat de variatiecoëfficiënt in de τ bij korrelspanningen zoals deze in het profiel 2 optreden va. 14% bedraagt.

3.3.3. profiel 3

Profiel 3 is van dezelfde opbouw als profiel 2. De onderste decimeters van de veenlaag worden hier weer gevormd door oorspronkelijk veen; het overige veen uit deze laag is opgebracht en sterk vermengd met zand.

Uit het dunne zuivere veenlaagje zijn twee monsters in het celapparaat beproefd. De resultaten van deze celproeven zijn echter niet representatief te beschouwen (zie appendix).

In het opgebrachte materiaal zijn een aantal monsters die wat betreft samenstelling meer op zand lijken dan op veen. Ook de wrijvingseigenschappen doen meer aan die van zand denken dan van veen d.w.z. hoge $\tan \phi$ en zeer lage c. In deze monsters bleek het over het algemeen niet mogelijk om TV-waarden te bepalen; aan één monster (nr. 68) waar dit nog juist lukte bleek deze waarde zeer laag te zijn.

De "zand"-monsters zijn willekeurig over de gehele laag verspreid, zodat het niet mogelijk is om laagverdelingen weer te geven. De eigenschappen van deze laag zijn daarom bepaald als gemiddelde van alle zandige veenmonsters uit dit profiel 3.

Op bijlage 21.3. zijn de gemiddelde τ -waarden en de standaardafwijkingen in de τ van deze opgebrachte "veen"-laag op dezelfde wijze weergegeven als op de bijlagen 21.1. en 21.2. Hieruit blijkt dat de variatiecoëfficiënt in de τ bij korrel-

spanningen zoals deze in profiel 3 optreden ook ca. 14% draagt.

3.3.4. Onderlinge vergelijking van de profielen

Op bijlage 22 zijn de gemiddelde τ -waarden van de drie profielen nogmaals weergegeven in één τ/σ -diagram.

Hieruit blijkt dat de gemiddelde wrijvingseigenschappen van het "veen" uit deze drie profielen niet veel van elkaar verschillen, ondanks de grote verschillen in samenstelling en fysische eigenschappen.

Deze grote overeenkomst in het wrijvingsgedrag van deze sterk verschillende veenlagen lijkt op toeval te berusten.

3.3.5. Mogelijke afwijkingen tussen werkelijk gemiddelde τ -waarde en het met de steekproef bepaalde gemiddelde.

In de zuiver veenlaag van profiel 1 bedraagt de variatiecoëfficiënt in de τ bij korrelspanningen in het terrein: $V_{\tau} = 17\%$, waarbij het aantal vrijheidsgraden in de bepaling van deze variatiecoëfficiënt 9 bedraagt.

Het aantal procenten dat de werkelijke gemiddelde τ beneden de met de steekproef bepaalde gemiddeld τ kan liggen bedraagt,

$$t \times \frac{V_{\tau}}{n}, \text{ waarbij } t = 1,83 \text{ bij } 9 \text{ vrijheidsgraden en } 95\%$$

betrouwbaarheid.

Zuiver veen (profiel 1)

Steekproefgrootte	mogelijke afwijking (95% betrouwbaarheid) naar beneden.	
n	$1,83 \times \frac{17}{n}$	
2	22%	
4	15%	praktijk ca. 15% afwijking mogelijk.
6	13%	
9	10%	in ons profiel ca. 10% afwijking mogelijk.

Opgebracht materiaal

$V_t = 14\%$ bij 16 vrijheidsgraden
d.w.z. $t = 1,75$ (bij 95% betrouw-
baarheid).

Steekproefgrootte - n	mogelijke afwijking (95% betrouwbaarheid) naar beneden, $1,75 \times \frac{14}{n}$
--------------------------	--

2	16%	
4	11%	praktijk
6	9%	
8	8%	
10	7%	profiel 2 en 3

4. Samenvatting van de resultaten per grondlaag

Op bijlage 23 is een overzicht gegeven van de gemiddelde waarden en de variatiecoëfficiënten van alle proefresultaten. De variatiecoëfficiënt is de standaardafwijking gedeeld door de gemiddelde waarde (uitgedrukt in procenten).

Achtereenvolgens zullen nu een aantal resultaten en conclusies per grondlaag samengevat worden:

4.1. Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

- a. In de c en tg ϕ treden binnen een profiel grote spreidingen op. De variatiecoëfficiënten binnen de profielen 1, 2 en 3 bedragen voor de c resp. 49,5% , 23,9% en 13,8%.
en voor de tg ϕ resp. 13,6%, 15,8% en 20,3%.
- b. De variatiecoëfficiënten in de schuifweerstand bedragen bij korrelspanningen zoals deze in het terrein optreden voor de profielen 1, 2 en 3 resp. 6%, 7% en 9%. Deze spreidingen zijn aanzienlijk minder dan die in de c en tg ϕ en bovendien onderling redelijk gelijk.
- c. Er van uitgaande dat een gecombineerde variatiecoëfficiënt van ca 7,5% in de schuifweerstand representatief zou zijn voor de klei met plantenresten, kan een schatting gemaakt worden van de mogelijke afwijking naar beneden van het werkelijke gemiddelde ten opzichte van het steekproefgemiddelde.
Met 95% betrouwbaarheid kan gezegd worden dat deze mogelijke afwijking bij een steekproefgrootte van ca 12 monsters (zoals hier het geval is) minder dan 3,6% zal bedragen.
In de praktijk waar de steekproefgrootten in deze lagen eerder 3 à 4 monsters bedragen, zal deze mogelijke afwijking minder dan 6 à 7% bedragen (met 95% betrouwbaarheid).
- d. Het wrijvingsgedrag van de drie profielen is significant verschillend. Dit is nagegaan met een verdelingsvrije toets (Wilcoxon). Het gemiddelde wrijvingsgedrag is weergegeven op bijlage 14, waarop ook de korrelspanningen zoals deze in het terrein heersen, zijn aangegeven.
De invloed van deze verschillen op de evenwichtsfactor is niet

eenvoudig weer te geven, omdat hier te veel factoren van invloed zijn (volumieke massa's en de eigenschappen van andere lagen, waardoor het glijvlak gaat). Om dit na te gaan zijn een aantal glijvlakberekeningen uitgevoerd, waarop in paragraaf 7 wordt teruggekomen.

- e. De profielen 1 en 2 blijken wat betreft hun fysische grootheden niet van elkaar te verschillen, ondanks hun verschillend wrijvingsgedrag. Profiel 3 onderscheidde zich wel significant van profiel 1 en 2 wat betreft zijn volumieke massa en watergehalten.
- f. Binnen de profielen bleek in de klei met plantenresten een duidelijke gelaagdheid te bestaan, waarbij de lagen zich significant onderscheiden in hun fysische grootheden (volumieke massa, watergehalte en humusgehalte). Deze gelaagdheid kwam echter niet tot uiting in eveneens significante verschillen in de wrijvingswaarden c en $tg\phi$ of T.V.-waarde.
- g. Bij correlatie met de fysische eigenschappen bleek geen verband te bestaan tussen de wrijvingseigenschappen en deze fysische grootheden; niet binnen de monsters van één profiel en niet binnen het totaal van monsters.
- h. Er blijkt wel een correlatie te bestaan tussen de wrijvingseigenschappen en T.V.-waarde. Deze correlatie wordt overigens alleen gevonden als men de totale groep van monsters in beschouwing neemt. Binnen de profielen blijkt geen correlatie te vinden te zijn; waarschijnlijk als gevolg van de grote willekeurige spreidingen in zowel de wrijvingseigenschappen als de T.V.-waarde. Bij beschouwing van de gemiddelde wrijvingseigenschappen en gemiddelde T.V.-waarde op bijlage 23 blijkt deze correlatie duidelijk. Een hogere T.V.-waarde gaat gepaard met een hogere c -waarde en een lagere $tg\phi$ -waarde.
- i. Er blijkt ook een correlatie te bestaan tussen de gemiddelde handpenetrometerwaarde van een boring en de gemiddelde wrijvingseigenschappen van de monsters uit deze boring. De handpenetrometerwaarde per boring zijn vrijwel constant over een laag. Ook hier wijst een hogere handpenetrometerwaarde op een hogere c en lagere $tg\phi$. Tevens is gebleken dat het resultaat van de handpenetrometerwaarde sterk afhankelijk is van de tijdsduur tussen

het maken van de boring en de beproeving. In de gevallen dat deze tijdsduur 1 à 3 dagen bedroeg werden aanzienlijk lagere waarden gevonden dan in gevallen waar deze tijdsduur meer dan een week bedroeg.

4.2. Klei met plantenresten (beneden scheidingsveen)

1. Ook hier treden in de c en $tg\phi$ grote spreidingen op.
De variatiecoëfficiënten binnen de profielen 1 en 3 bedragen
voor de c : resp. 59,9% en 28,2% en
voor de $tg\phi$: resp. 28,2% en 17,7%.
2. De variatiecoëfficiënt in de schuifweerstand bedraagt bij korrelspanning zoals deze in het terrein optreden voor profiel 3: 7 à 8,5%, hetgeen goed aansluit bij de gevonden waarden van de vorige laag. In profiel 1 is deze spreiding veel groter, waarschijnlijk als gevolg van de inhomogeniteiten in deze laag. Men treft hier afwisselende kleilaagjes en zandlaagjes aan.
3. Het wrijvingsgedrag tussen beide profielen is verschillend, hoewel hun fysische eigenschappen als volumieke massa, watergehalte en humusgehalte weinig verschil vertonen.
4. De hogere gemiddelde T.V.-waarde en handpenetrometerwaarde van profiel 3 t.o.v. profiel 1 gaan hier ook gepaard met een hogere c-waarde. De $tg\phi$ -waarden echter zijn vrijwel gelijk.

4.3. Veen

1. Profiel 1 verschilt duidelijk van profiel 2 en 3 wat betreft samenstelling. Profiel 1 bestaat uit puur veen, terwijl bij de profielen 2 en 3 dit veen sterk vermengd is met zand.
2. De variatiecoëfficiënten in de c en $tg\phi$ zijn weer groot;
voor het zuivere veen (profiel 1) in de c: 52% en $tg\phi$: 17,5%;
voor het veen vermengd met zand voor de profielen 2 en 3 in de c resp. 45,3 en 54,7% en in de $tg\phi$ resp. 13,6 en 18,8%.
3. De variatiecoëfficiënten in de schuifweerstand bedragen bij de korrelspanningen in het terrein voor het zuivere veen (profiel 1): ca 17%, hetgeen twee keer zo groot is als de variatiecoëfficiënten die bij de klei met plantenresten gevonden werd.

4. Wanneer de variatiecoëfficiënten van het veen in het algemeen in deze orde van grootte zou liggen dan zou met een betrouwbaarheid van 95% de werkelijke gemiddelde τ -waarde niet meer dan ca 10% beneden het steekproefgemiddelde liggen als de steekproefgrootte 10 monsters bedraagt (zoals in dit onderzoek). In de praktijk waar de steekproefgrootte eerder 4 à 5 monsters bedraagt ligt deze afwijking naar beneden in de orde van 14,5%. Aanzienlijk meer dan bij de klei met plantenresten het geval is.
5. Daar in het zuivere veen verschillende veensoorten aangetroffen zijn, is eveneens nagegaan of de oorzaak van deze grote spreiding in de wrijvingseigenschappen in de verschillende veensoorten gezocht kan worden. Er blijken echter geen significante verschillen aantoonbaar te zijn in de wrijvingseigenschappen van de verschillende veensoorten.
6. Bij het veen dat met zand vermengd is, (profiel 2 en 3), zijn de variatiecoëfficiënten in de schuifweerstand bij de korrelspanningen in het terrein kleiner dan in het zuivere veen, nml. ca 13%.
7. Uit bijlage 22 is te zien dat de verschillen in het wrijvingsgedrag van de drie profielen voor deze veenlaag erg gering zijn. Vooral de verschillen in τ -waarde bij de korrelspanning in het terrein zijn relatief erg klein. Het heeft dan ook geen zin om bij deze kleine verschillen te zoeken naar correlaties met fysische of mechanische grootheden.
8. Binnen de profielen afzonderlijk bestaan geen correlaties met fysische of mechanische grootheden, zodat de spreidingen in de wrijvingseigenschappen niet hieruit verklaard kunnen worden.

5. Stabiliteitsberekeningen

Om een inzicht te krijgen in het effect van verschillen in laagverdeling, wrijvingseigenschappen en volumieke massa's op de evenwichtsfactor zijn een aantal stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. Hierbij is de invloed van de vorm van de kade geëlimineerd door voor alle drie de gevallen uit te gaan van één en hetzelfde omtreksprofiel. De verschillen tussen de doorgerekende profielen zijn alleen gelegen in de laagverdelingen en de bijbehorende wrijvingseigenschappen en volumieke massa's, welke overeenstemmen met die zoals ze in de onderzochte profielen zijn aangetroffen. Deze profielen met laagverdeling en grondmechanische waarden zijn weergegeven op de bijlagen 24.1. t/m 24.3. Het omtreksprofiel en de twee freatische lijnen FL1 en FL2, zijn overgenomen uit het destijds uitgevoerde stabiliteitsonderzoek van het geherprofileerde profiel.

Bij de stabiliteitsberekeningen is niet uitputtend gezocht naar de minimum evenwichtsfactor, maar bij alle berekeningen is uitgegaan van één middelpuntenrooster dat gelegen is rond het middelpunt van de minimum-cirkel uit het vroegere onderzoek. De gevonden "minimum" evenwichtsfactoren zijn weergegeven in onderstaande tabel:

Profiel	FL 1	FL 2
1	1,55	1,34
2	1,64	1,49
3	1,85	1,70

Gezien de opmerkingen onder de punten 6.1.c en 6.3.d kunnen we met 95% betrouwbaarheid stellen dat de mogelijke afwijking van deze evenwichtsfactoren naar beneden als gevolg van spreidingen in de wrijvingseigenschappen tussen de 4 à 10% (gem. 7%) kan liggen. Bij een stabiliteitsonderzoek in de praktijk, waarbij van aanzienlijk minder monsters wordt uitgegaan, kan deze afwijking van de evenwichtsfactor tussen de 7 à 15% (gem. 11%) liggen.

Het profiel 1 blijkt de laagste evenwichtsfactor te bezitten. Dit is zowel een gevolg van de lagere volumieke massa van het veen in dit profiel als de slechtere wrijvingseigenschappen van de kleilaag met plantenresten (de wrijvingseigenschappen in het veen waren vrijwel gelijk aan die van de profielen 2 en 3). De lage volumieke massa van het veen in dit profiel heeft ook tot gevolg dat dit profiel gevoeliger is voor een verhoging van de freatische lijn; afname van 16% in de evenwichtsfactor bij een verhoging van FL 1 naar FL 2 tegenover 10% bij de profielen 2 en 3. Dat de evenwichtsfactor van profiel 1 afwijkt van die van de profielen 2 en 3 is eigenlijk niet zo verwonderlijk gezien de grote verschillen in de samenstelling van de veenlagen. Wat wel verwonderlijk is, is dat dergelijke grote verschillen in samenstelling over zulke korte afstanden (80 m) kunnen optreden, zonder dat dit vooraf vermoed werd. Dit betekent feitelijk dat bij het huidige systematisch onderzoek, ondanks het betrekken van geologische en historische gegevens, grote inhomogeniteiten in lengterichting over het hoofd gezien kunnen worden.

De profielen 2 en 3 vertonen veel meer gelijkenis. Zowel de sonderingen als de boorinterpretaties zijn vrijwel gelijk. Ook de fysische grootheden zoals volumieke massa en watergehalten verschillen slechts weinig. Een gering verschil blijkt te bestaan tussen de diepteligging der lagen.

Bekijken we nu de wrijvingseigenschappen van beide profielen dan zien we dat de wrijvingseigenschappen in het veen weinig verschillen tussen beide profielen (bijlage 22), maar dat daarentegen in de klei met plantenresten het verschil aanzienlijk groter is (bijlage 14). Het effect op de evenwichtsfactor blijkt dan ook vrijbehoorlijk te zijn, nml. evenwichtsfactor van profiel 3 14% hoger dan van profiel 2 zowel bij FL 1 als FL 2.

Het verschil tussen de evenwichtsfactoren van deze twee profielen geeft ons enige indicatie over mogelijke verschillen die op kunnen treden tussen twee sterk overeenkomstige profielen uit éénzelfde kadedeel.

Hoewel het profiel 1 weinig gelijkenis vertoonde met de profielen 2 en 3, vertoont het zeer veel gelijkenis met het profiel 4B van het eerder uitgevoerde onderzoek t.b.v. de herprofilering van de kade (L.G.M.-CO-22632-0). Dit profiel 4B is slechts 10 m van het profiel 1 gelegen. De stabiliteitsberekening berust op 5 monsters

uit de Holland-veenlaag, 5 monsters uit de kleilaag met plantenresten boven het scheidingsveen en slechts één monster uit de zandige kleilaag met plantenresten beneden het scheidingsveenlaagje. De verschillen tussen de berekende evenwichtsfactoren blijken aanzienlijk. Bij het destijds uitgevoerde onderzoek bleek de stabiliteit ruimschoots voldoende; $n = 1,67$ bij de freatische lijn FL 2. Bij profiel 1 blijkt de stabiliteit echter net voldoende: $n = 1,34$ bij de freatische lijn FL 2. Ook hieruit blijkt weer welke grote verschillen op kunnen treden bij het beoordelen van de stabiliteit van twee op het eerste gezicht gelijke profielen, die bovendien zeer dicht bij elkaar gelegen zijn. (afstand 10 m).

6. Conclusies

Uit dit onderzoek is gebleken dat over betrekkelijk korte afstanden de diepteligging van de lagen en hun samenstelling grote verschillen kunnen vertonen. In dit onderzoek bleek het verschil in samenstelling van de veenlaag zelfs onverwacht groot, waarbij alleen het veen in profiel 1 tot de Holland-veenlaag behoorden en het sterk met zand vermengde veen uit de profielen 2 en 3 opgebracht materiaal bleek te zijn.

De spreidingen in de wrijvingseigenschappen c en $\tan \phi$ zijn aanzienlijk. Gunstiger is het echter gesteld met de spreidingen in de schuifweerstand bij de korrelspanningen in het terrein. In het veen bedroeg de variatiecoëfficiënt hiervan 17% voor het zuivere veen en 13% voor het opgebrachte veen (vermengd met zand). De variatiecoëfficiënt in de klei met plantenresten bedroeg slechts ca. 7,5%.

Uitgaande van deze spreidingen in de schuifweerstand kan (met 95% betrouwbaarheid) gesteld worden dat de berekende evenwichtsfactoren met niet meer dan ca. 7% onderschreden zullen worden als gevolg van onzekerheden in de bepaling van de gemiddelde schuifweerstand in een profiel. Bij een praktijkonderzoek zal deze onderschrijdingsmarge groter zijn, ca 11% i.v.m. de kleine steekproefgrootte waarvan uitgegaan wordt.

Tussen de wrijvingseigenschappen van de verschillende profielen blijken echter significante verschillen te bestaan. Bij dit onderzoek werden deze significante verschillen alleen geconstateerd in de klei met plantenresten. De wrijvingseigenschappen in de veenlaag

vertoonde hier nauwelijks verschillen (zelfs niet tussen het zuivere veen en het opgebrachte materiaal).

De gevonden verschillen in de wrijvingseigenschappen hebben tot gevolg dat er tamelijk grote verschillen optreden tussen de evenwichtsfactoren van de onderzochte profielen.

Tussen de vergelijkbare profielen 2 en 3 (onderlinge afstand 90 m) bleek dit verschil een factor 1,14 te bedragen.

Tussen het profiel 1 uit dit onderzoek en het vergelijkbare profiel 4b uit het L.G.M.-onderzoek CO-22632-0 (onderlinge afstand 10 m) bleek dit verschil een factor 1,25 te bedragen.

Resumerend kan gesteld worden dat bij het beoordelen van één profiel in de praktijk de afwijkingen in de evenwichtsfactor t.g.v. onzekerheden in de wrijvingseigenschappen zeker niet meer dan ca. 10% zullen bedragen (betrouwbaarheid van deze bewering 95%).

Maar bij het beoordelen van een kade aan de hand van één representatief profiel moet met veel grotere marges rekening gehouden worden als gevolg van plaatselijke significante verschillen in de wrijvingseigenschappen. Verschillen als gevolg van profielvorm of waterspanningen zijn hierbij nog buiten beschouwing gelaten. Verschillen of overeenkomsten in de fysische grootheden (volumieke massa, watergehaltes, humusgehaltes) blijken geen goede indicatie te zijn om op grond daarvan ook verschillen of overeenkomsten in de wrijvingseigenschappen te verwachten. Sonderingen, handpenetrometerwaarden (let op invloed van uitdroging) en torvane waarde zijn veel eerder aanwijzingen voor de optredende verschillen in de wrijvingseigenschappen.

De 2^e fase van dit onderzoek "Spreidingen in de wrijvingseigenschappen van grond in een boezemkade", waarvan het veldwerk en het laboratoriumonderzoek juist gereed is, zal ongetwijfeld nog verdere belangrijke informatie verstrekken. (Rapportage 1978).

7. Aanbevelingen tot veranderingen in de opzet van het systematisch kadeonderzoek.

Voorlopig kan na de 1^e fase van het onderzoek "Spreidingen in de wrijvingseigenschappen van grond in een boezemkade" gesteld worden dat het bij het systematisch boezemkade-onderzoek van groot belang is meer informatie te krijgen over verschillen die op kunnen treden in de wrijvingseigenschappen in lengterichting van de kade. Dit

zou op de volgende wijzen kunnen gebeuren, waarbij de opzet zodanig is dat de kosten van deze veranderde opzet vrijwel gelijk blijven met de huidige:

- a) Geen verandering in het vooronderzoek; d.w.z. dat de laagverdeling en volumieke massa's van een aantal representatieve dwarsprofielen aan de hand van boringen met kleine diameter worden vastgesteld.

Wijziging van de huidige opzet van het stabiliteitsonderzoek door nu niet meer drie of vier boringen uit één profiel te nemen, maar deze boringen gelijkmatig te verdelen over het te beoordelen kadedeel. De boringen zouden dan het best genomen kunnen worden in de onderste helft van het binnentalud, waar ze het meest representatief zijn voor het glijvlak.

Op deze wijze wordt rechtstreeks informatie verkregen over de verschillen in wrijvingseigenschappen in lengterichting. De laagindeling in dwarsrichting en volumieke massa's welke nodig zijn voor de stabiliteitsberekening volgen dan uit het dwarsprofiel van het vooronderzoek.

- b) Wijziging van het vooronderzoek, waarbij de boringen met kleine diameter en sonderingen in de lengterichting van de kade worden verdeeld om op deze manier en beter inzicht te krijgen in het verloop van de lagen in lengterichting. Het "zwakste" profiel zou dan geselecteerd kunnen worden aan de hand van de handpenetrometerwaarden (let op verschillen in uitdroging) en sonderingen. In het zwakste profiel zou dan een stabiliteitsonderzoek kunnen worden verricht, waarbij de boringen in één profiel worden genomen, om voldoende gegevens te krijgen voor het stabiliteitsprogramma.

Bij de eerste methode a) krijgt men tijdens het vooronderzoek een goed inzicht in de opbouw van het hele representatief gestelde dwarsprofiel. Een inzicht in het verloop van de lagen in lengterichting is onafhankelijk van extra veldwerk globaal te verkrijgen door het maken van een geologisch profiel aan de hand van beschikbare gegevens (zoals thans wordt gedaan). Met het stabiliteitsonderzoek wordt dan direkt een inzicht verkregen in de verschillen die op kunnen treden in de wrijvingseigenschappen.

Bij b) kan het verloop van de lagen zoals verkregen in het

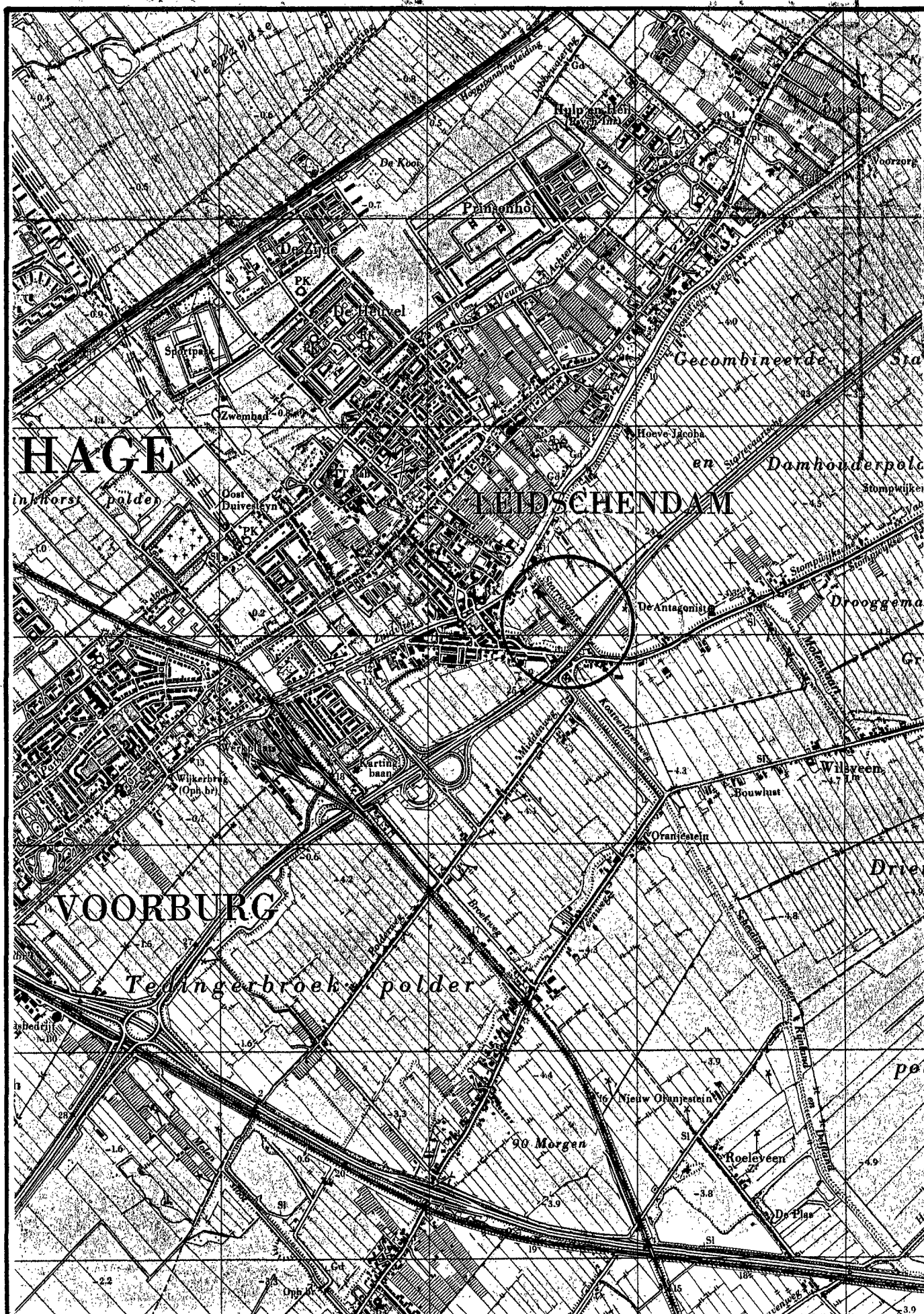
geologisch profiel gecontroleerd en zonodig gecorrigeerd worden. Men verkrijgt d.m.v. de handpenetrometerwaarden en de sonderingen slechts indirect een inzicht in relatieve verschillen in de wrijvingseigenschappen.

Ook krijgt men bij het vooronderzoek minder inzicht in de opbouw van het dwarsprofiel (bijv. doorlatende materialen in de kruin); dit inzicht verkrijgt men pas bij het stabiliteitsonderzoek waar het "zwakste" profiel geheel onderzocht wordt.

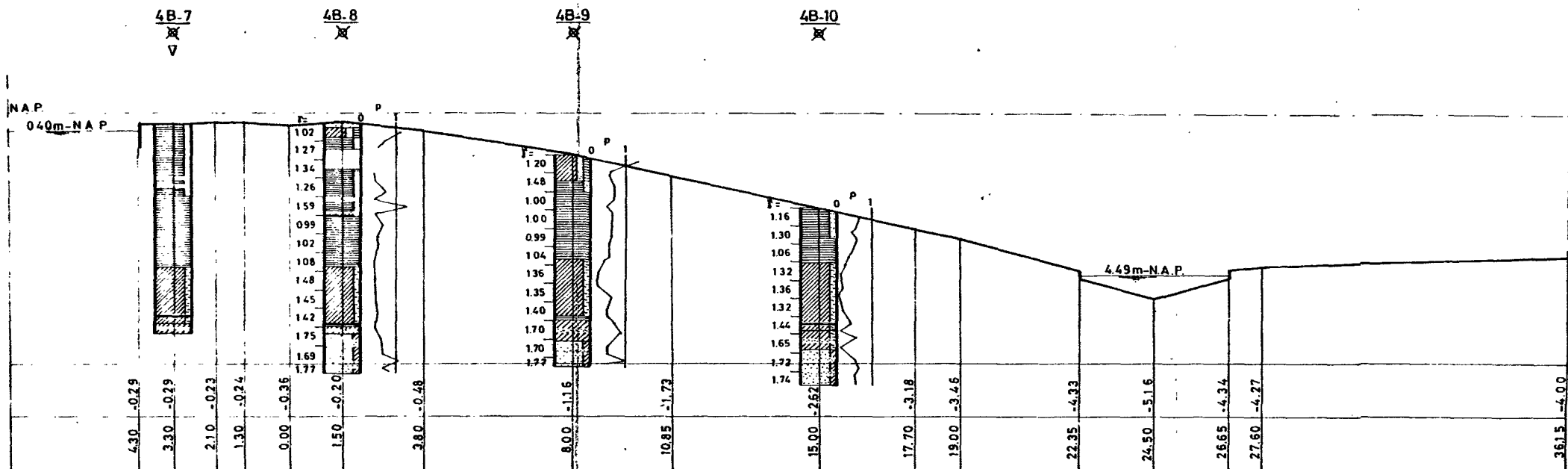
Voorlopig lijkt de voorkeur uit te gaan naar de onder a) voorgestelde wijziging.

Nog beter zou natuurlijk een combinatie van a) en b) zijn, waar bij het huidige vooronderzoek wordt uitgebreid met nog een aantal boringen of sonderingen tussen de profielen van het vooronderzoek in. Dit houdt in dat de kosten van het onderzoek per te onderzoeken polder omhoog zullen gaan.

Tot slot dient nog vermeld te worden dat in een aantal kaden het probleem van het vinden van het zwakste profiel vermeden kan worden door het dwarsprofiel uit het vooronderzoek door te rekenen met veilige waarden, waarvan bekend is dat deze waarden zelden of nooit onderschreden zullen worden. Wanneer het profiel bij deze waarde stabiel blijkt kan het gehele kadedeel met een grote zekerheid stabiel geacht worden. Dit is een procedure die destijds in het rapport "Beschouwingen van de resultaten van de celproeven van het systematisch boezemkadeonderzoek" ook reeds voorgesteld werd.



SITUATIE LENGTEONDERZOEK			BIJLAGE 1	
starrevaart			SCHAAL 1: 25.000	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gem	get	A 4	WERKNR. S-75.015
		vdI 11-76		TEK. NR. 76.401



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

ONDERZOEK T.B.V. HERPROFILERING KADE LANGS
STARRE VAART, LEIDSCHENDAM.

DWARSPROFIEL 4B

SCHAAL

30
60

BIJL. D 2

CO-22632-0

LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

DWARSPROFIEL 4B
starre vaart

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem

get

gez

vdl
11-76

BIJLAGE 2

SCHAAL

A4

WERKNR S-75.015
TEK. NR. 76.406

PROFIEL 4B
(van systematisch
boezemkade onderzoek)
4B

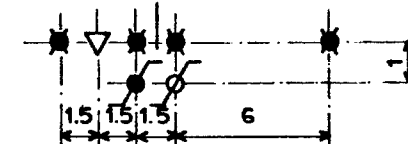
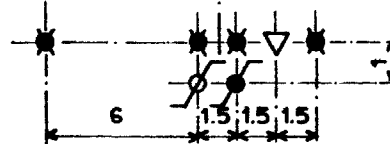
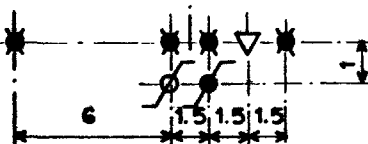
richting rijksweg E10 →

Starrevaart

10m

90m

80m



teensloot

- ✖ continuu boring 66mm
- ▽ sondering
- open peilbuis
- geonor buis

NIET NADER AANGEGEVEN MATEN IN METERS

SCHEMATISCH BOOR- EN SONDEER- PROGRAMMA

STARREVAART

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdl	
	11- 76	

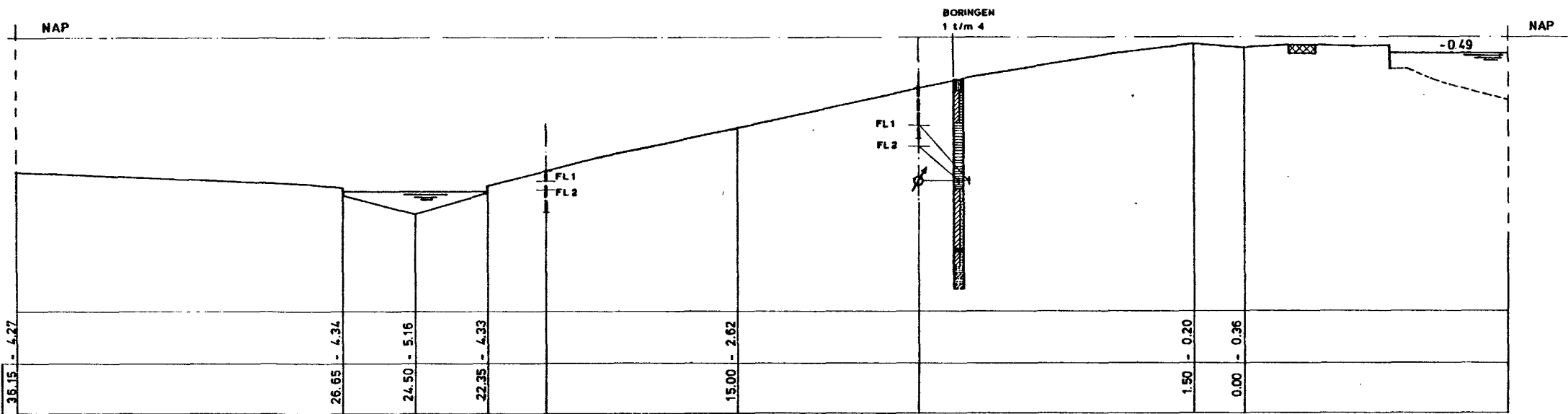
BIJLAGE 3

SCHAAL -

A4

WERKNR. S-75.015

TEK. NR. 76.409



35.15 - 4.27

HOOGTE IN M. T.O.V. NAP
AFSTAND IN M. T.O.V. O-PUNT

26.65 - 4.34

24.50 - 5.16

22.35 - 4.33

15.00 - 2.62

1.50 - 0.20

0.00 - 0.36

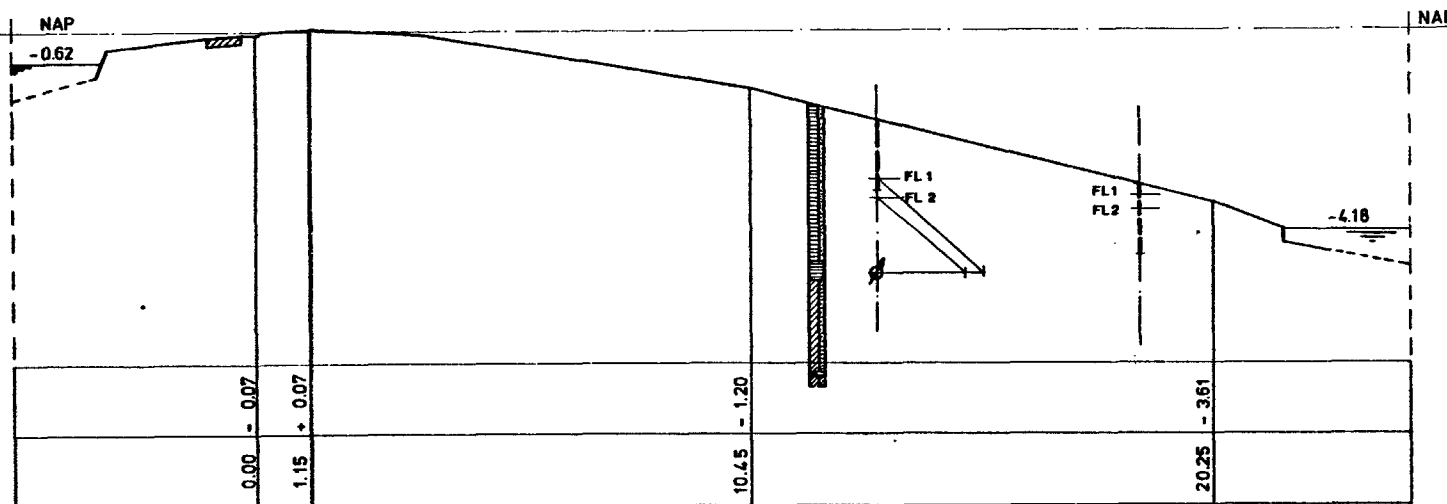
OPEN PEILBUIS

Ø FILTER VAN GEOMORBUIS

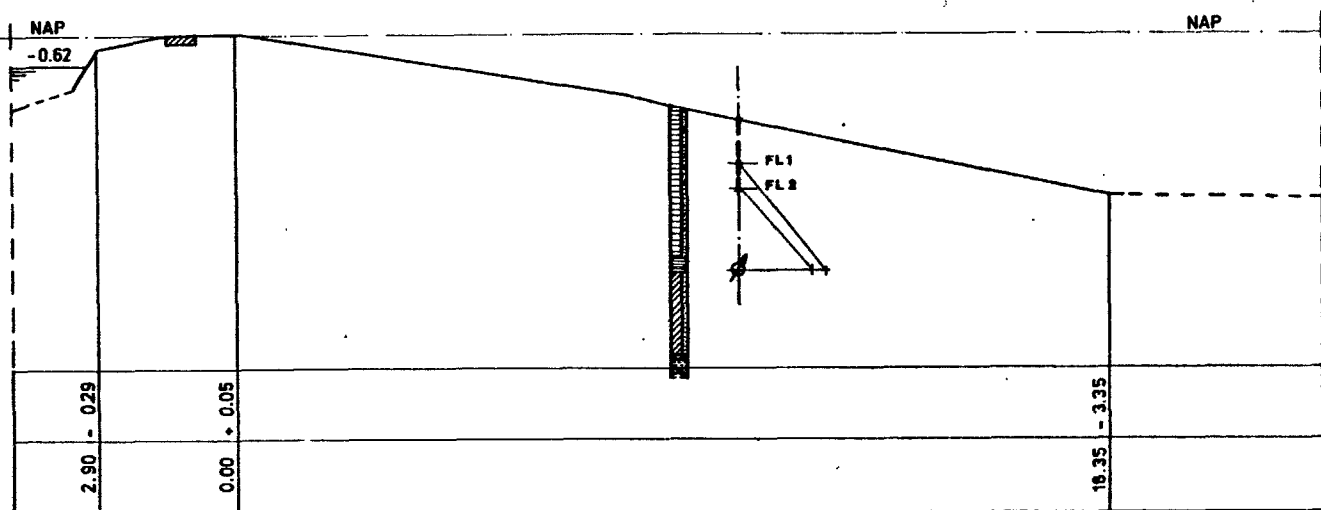
FL 1 HOOGST GEMETEN FREATISCHE LIJN

FL 2 LAAGST " " "

PROFIEL 1				BIJLAGE 4.1	
GEcombineerde STARREVAART-EN DAMHOUDERSPOLDER				SCHAAL 1:100	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gsm	get	gez	A4	WERKNR S-75.015 TEK NR. 76.385
	VDL. 10-76				



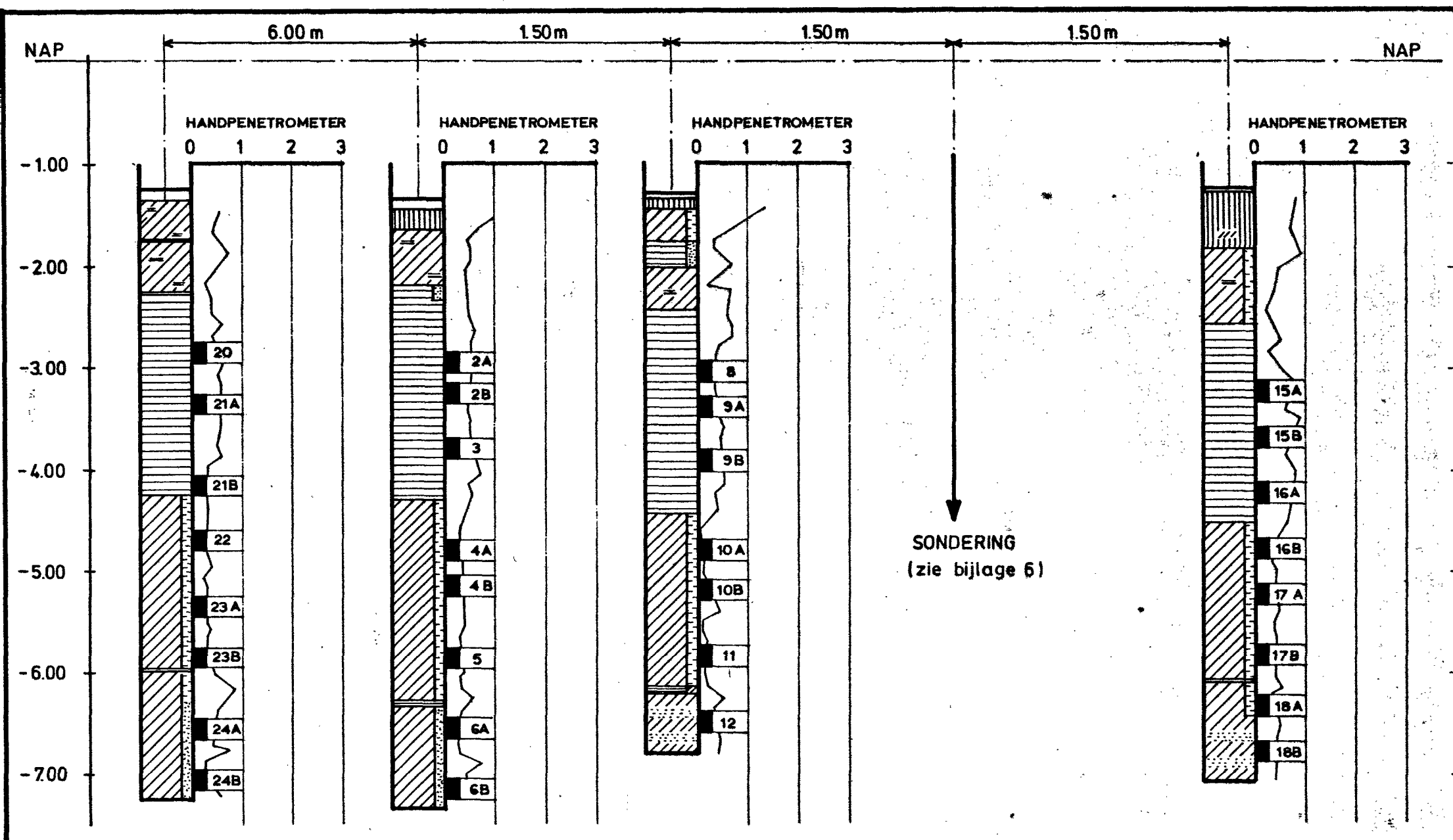
2

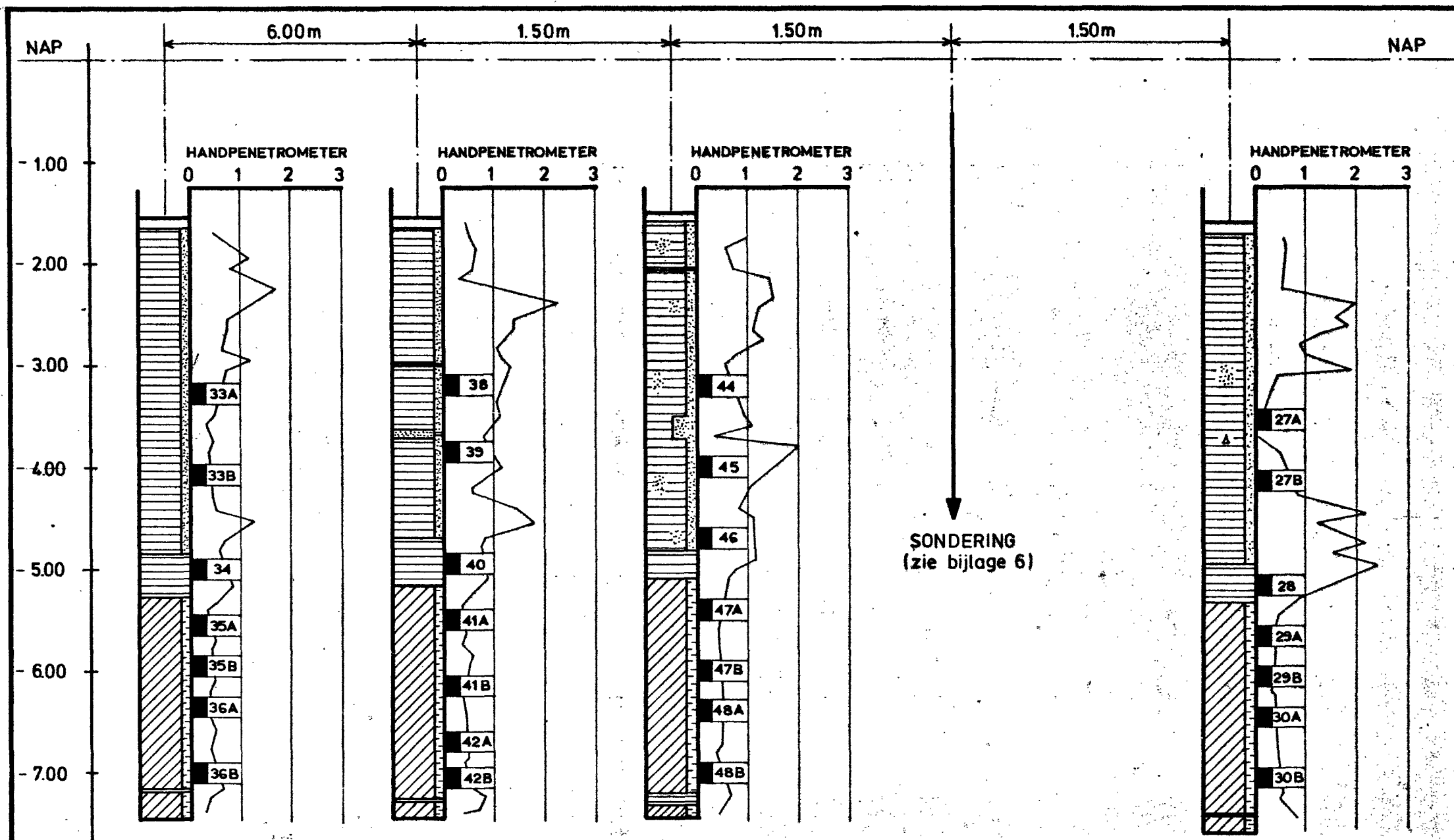


3

VOOR VERKLARING ZIE BIJLAGE 4.1

PROFIEL 2 en 3				BIJLAGE 4.2	
GECOMBINEERDE STARREVAART -en DAMHOUDERPOLDER				SCHAAL 1:100	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK		gem	get	A4	WERKNR. 5 75.015
WATERKERINGEN			vdL 10-76		TEK. NR. 75.386





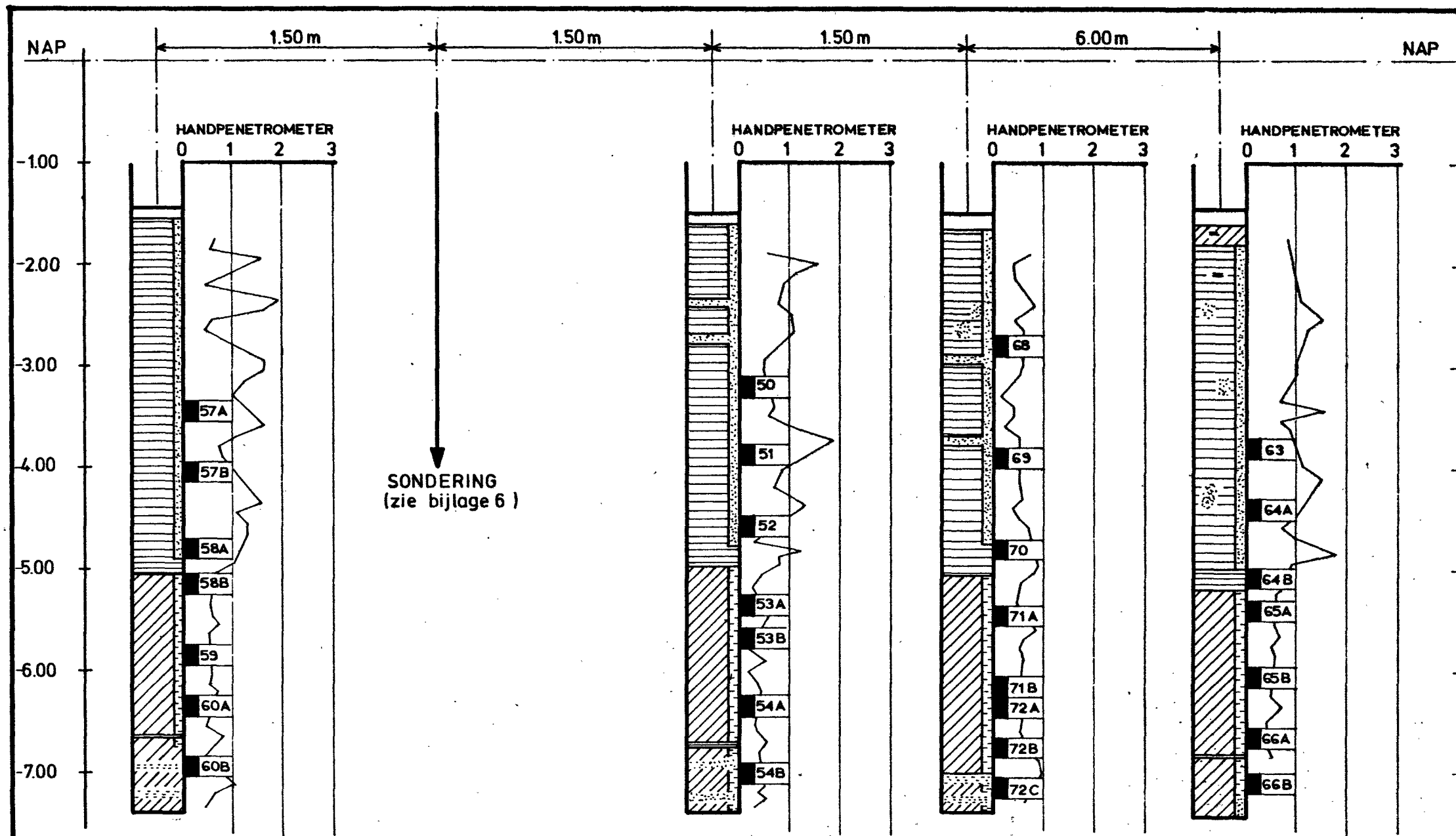
C.O.W.

BOORBESCHRIJVING EN HANDPENETROMETERWAARDE
(overgenomen uit L.G.M.-rapport CO 22976-0 bijlage D1) PROFIEL 2

BIJLAGE 5.2

A4

S-75.015
76.393



C.O.W.

BOORBESCHRIJVING EN HANDPENETROMETERWAARDE

(overgenomen uit L.G.M.-rapport CO 22976-0 bijlage D1)

PROFIEL 3

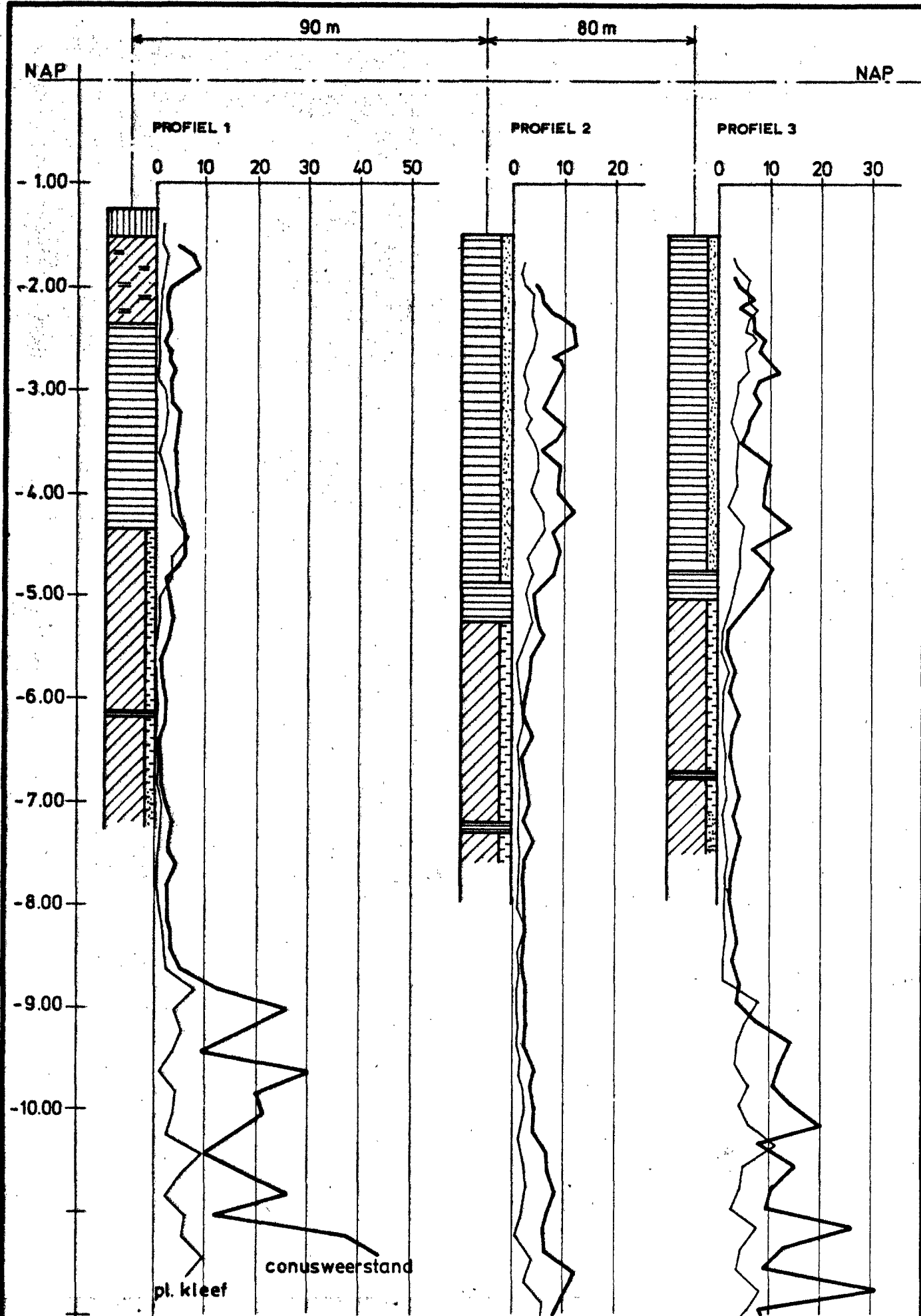
BIJLAGE

5.3

A4

S-75.015

76.394



Sonderingen en laagverdeling der profielen.

(overgenomen uit L.G.M.-rapport CO 22976-0 bijlage D1)

BIJLAGE 6

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdl	
	11-76	

A4

WERKNR.	S-75.015
TEK. NR.	76.391

Grondsoort: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

PROFIEL	BORING	MONSTER	volumieke massa [t/m ³]			watergehalte (gewichts %)		wrijfingswaarden		T.V. [kN/m ²]	humus - gehalte %	Atterbergse grenzen (watergehaltes)		
			voor	na	na 1 dag	voor	na	c [kN/m ²]	tg ø			vloei- grens	uitrol- grens	plastici- teits- index
1	1	22	1,32	1,37	1,34	122	104	1,22	0,4731	12	9,7	129	40	89
		23A	1,29	1,36	1,31	147	117	1,16	0,4572	14	8,5	128	40	80
		23B	1,32	1,34	1,33	167	115	2,06	0,3999	16	9,7	134	44	89
	2	4A	1,38	1,43	1,40	94	89	1,66	0,3831	12	7,8			
		4B	1,31	1,35	1,33	125	114	1,05	0,4885	15	13,6			
		5	1,39	1,41	1,39	119	98	1,81	0,4368	15	13,1			
	3	10A	1,37	1,40	1,38	99	107	3,22	0,3696	12	7,0			
		10B	1,30	1,33	1,31	125	124	0,97	0,4728	11	11,4			
		11	1,38	1,42	1,39	108	99	3,29	0,3111	13	13,1			
	4	16B	1,43	1,44	1,44	115	87	2,23	0,4248	11	7,2			
		17A	1,32	1,36	1,33	260	117	4,84	0,4314	16	11,1			
		17B	1,40	1,44	1,41	101	102	3,96	0,3549	17	14,2			
2	1	35A	1,34	1,35	1,35	132	102	3,84	0,3239	18	9,3	114	32	81
		35B	1,29	1,30	1,29	129	114	6,33	0,2802	21	15,0	141	46	94
		36A	1,50	1,52	1,51	74	79	5,62	0,3466	20	7,9	81	28	52
		36B	1,35	1,37	1,35	98	110	7,25	0,2494	21	11,6	122	34	88
	2	41A	1,38	1,42	1,39	110	99	4,85	0,2699	13	12,4			
		41B	1,30	1,30	1,30	136	140	7,45	0,2205	18	15,0			
		42A	1,30	1,35	1,31	122	117	6,19	0,2589	25	-			
		42B	1,31	1,38	1,32	110	112	3,90	0,3086	19	-			
	3	47A	1,34	1,39	1,35	118	101	3,73	0,3349	10	8,9			
		47B	1,25	1,29	1,25	168	146	6,34	0,3069	17	14,4			
		48A	1,44	1,48	1,45	91	77	5,21	0,3109	18	7,9			
		48B	1,33	1,37	1,34	123	108	3,75	0,3965	17	11,3			
	4	29A	1,38	1,42	1,39	104	99	4,90	0,3268	15	8,5			
		29B	1,35	1,38	1,36	112	145	3,93	0,4039	18	9,1			
		30A	1,43	1,47	1,44	90	89	5,40	0,3249	18	7,3			
		30B	1,34	1,38	1,35	101	97	6,43	0,2990	19	11,5			
3	1	65A	1,38	1,41	1,38	98	86	10,02	0,2082	18	6,6	118	48	70
		65B	1,52	1,68	1,57	57	59	-	-	16	7,4	79	29	50
		66A	1,40	1,43	1,41	102	101	-	-	11	12,6	108	34	73
	2	71A	1,36	1,39	1,36	111	105	9,56	0,1635	23	9,8			
		71B	1,46	1,46	1,46	87	86	8,92	0,2176	23	11,3			
		72A	1,37	1,39	1,38	89	109	11,39	0,2494	29	14,2			
		72B	1,28	1,31	1,29	193	132	8,21	0,2987	26	20,1			
	3	53A	1,42	1,38	1,42	141	101	3,78	0,4561	22	6,9			
		53B	1,40	1,41	1,40	68	96	7,74	0,2623	22	9,4			
		54A	1,38	1,43	1,39	96	91	8,37	0,3205	23	9,7			
	4	58B	1,44	1,39	1,45	97	93	8,76	0,2217	19	6,8			
		59	1,51	1,52	1,52	70	73	8,59	0,1946	19	5,9			
		60A	1,45	1,46	1,45	159	88	7,07	0,2758	20	8,9			

OVERZICHT PROEFRESULTATEN

BIJLAGE 7.1

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem
vdl
11-76

SCHAAL -

A4 WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.390

Grondsoort: Veen

PROFIEL	BORING	MONSTER	volumieke massa (t/m ³)			watergehalte (gewichts%)		wrijvingswaarden		T.V.	VEENSOORT
			voor	na	na 1 dag	voor	na	c (kN/m ²)	tg °		
1	1	20	0,94	1,01	0,96	636	590	2,87	0,5858	17	wollegras met heide-zegge.
		21A	0,99	0,97	0,98	661	579	0,59	0,6608	14	zegge-heide overgaand in mosheide
		21B	0,95	0,97	0,95	705	521	3,53	0,5187	13	zegge-riet tot rietzegge
	2	2A	0,99	0,97	0,99	573	568	4,12	0,4740	14	1/3 bos, overgaand in heide-mos
		2B	1,00	1,01	1,00	632	664	-	-	14	mos-heide enkele dunne laagjes wollegras
		3	0,95	1,03	0,96	-	653	-	-	11	iets rietzegge
	3	8	0,99	0,99	0,99	633	586	4,78	0,4186	16	heide tot mos; 2 cm wollegras
		9A	0,95	0,97	0,95	659	595	1,44	0,3828	16	3/5 wollegras; rest heide-mos
		9B	0,98	0,99	0,99	613	558	3,79	0,4093	17	(iets) rietzegge
	4	15A	0,95	1,00	0,96	660	609	4,30	0,4563	18	wollegras ca. 2 cm; heide-mos
		15B	0,98	1,03	0,99	683	493	7,67	0,4802	18	boszegge
		16A	0,99	1,01	1,00	784	535	5,63	0,5499	27	(iets) rietzegge
2	1	33A	1,37	1,36	1,38	104	93	1,46	0,5221	8	zandig tot sterk zandig, met zandlaagjes,
		33B	1,35	1,38	1,36	74	93	4,57	0,4962	10	zandig (met één zandlaagje)
		34	0,99	0,99	0,99	621	434	7,16	0,3675	22	rietzegge, bovenkant met bos
	2	38	1,46	1,45	1,47	67	80	5,35	0,4075	16	zand, weinig met veenlaagjes.
		39	1,40	1,41	1,41	42	82	8,27	0,4421	10	zand, weinig met veenlaagjes en stukje puin
		40	1,03	1,01	1,03	531	470	3,20	0,5511	-	onderkant rietzegge dunne zandlaagjes, daarna zegge-bos.
	3	44	1,33	1,35	1,34	123	78	5,16	0,4304	14	zandig met zandlaagjes
		45	1,36	1,38	1,36	82	94	5,42	0,3486	11	zandig met zandlaagjes
		46	1,19	1,20	1,19	68	123	9,14	0,3574	18	(iets) rietzegge met dunne zandlaagjes
	4	27A	1,31	1,31	1,32	48	128	6,88	0,3673	13	veen, overgaand in zand, iets weinig
		27B	1,40	1,38	1,42	69	84	2,22	0,4405	15	zandig, met zandlaagjes
		28	1,03	1,04	1,03	331	495	8,50	0,5354	18	(rietzegge) onderkant iets zandig
3	1	63	1,58	-	1,65	47	55	0,03	0,6505	11	zand met veenlaagjes
		64A	1,59	1,57	1,59	-	115	1,13	0,5319	-	zand met veenlaagjes
		64B	1,01	1,02	1,01	200	442	-	-	26	1/3 riet 2/3 riet-zegge
	2	68	1,46	1,56	1,49	54	53	2,83	0,5928	6	zand, weinig
		69	1,32	1,34	1,32	81	92	6,25	0,4800	8	veen, zandig met dunne zandlaagjes
		70	1,37	1,46	1,44	236	-	5,52	0,3908	25	veen, zandig met dunne zandlaagjes en een stukje puin.
	3	50	1,28	1,27	1,28	157	107	4,26	0,3949	26	veen, zandig tot veel zandig
		51	1,36	1,36	1,36	276	93	6,06	0,4634	15	veen met zandinschakelingen
		52	1,37	1,36	1,37	-	93	5,55	0,6348	20	veen, zandig met zandlaagjes
	4	57A	1,42	1,42	1,42	74	101	7,14	0,4300	28	veen, zandig met zandlaagjes
		57B	1,54	1,52	1,55	81	73	3,82	0,4719	20	veen, sterk zandig met zandlaagjes of bandjes
		58A	1,04	1,04	1,04	43	-	-	-	26	rietzegge overgaand in boszegge.

OVERZICHT PROEFRESULTATEN

BIJLAGE 7.2

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem
vdl
11-76

SCHAAL

A4 WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.398

Grondsoort: Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)

PROFIEL	BORING	MONSTER	volumieke massa (t/m ³)			watergehalte (gewichts %)		wrijvingswaarden		T.V. kN/m ²	humus- gehalte %	Atterbergse grenzen (watergehaltes)		
			voor	na	na 1 dag	voor	na	c [kN/m ²]	tg ϕ			vloei- grens	uitrol- grens	plasticiteits- index
1	1	24A	1,64	1,67	1,66	44	46	2,93	0,3338	13	4,9	49	24	25
		24B	1,68	1,73	1,72	46	41	1,46	0,5169	11	4,9	49	25	19
	2	6A	1,63	1,56	1,70	47	44	-	-	16	4,7			
		6B	1,70	1,77	1,74	57	40	-	-	17	5,6			
	3	12	1,62	1,67	1,64	58	52	2,47	0,5658	17	6,4			
		18A	1,66	1,69	1,67	73	45	5,91	0,2564	-	4,9			
	4	18B	1,62	1,67	1,66	67	51	-	-	15	5,7			
3	1	66B	1,57	1,59	1,59	78	53	3,08	0,4476	11	5,0	58	22	36
		72c	1,59	1,62	1,60	36	60	5,01	0,4241	23	7,9			
		54B	1,64	1,64	1,64	69	50	4,02	0,4370	16	5,2			
		60B	1,66	1,67	1,67	87	48	6,05	0,2953	20	5,1			

OVERZICHT PROEFRESULTATEN

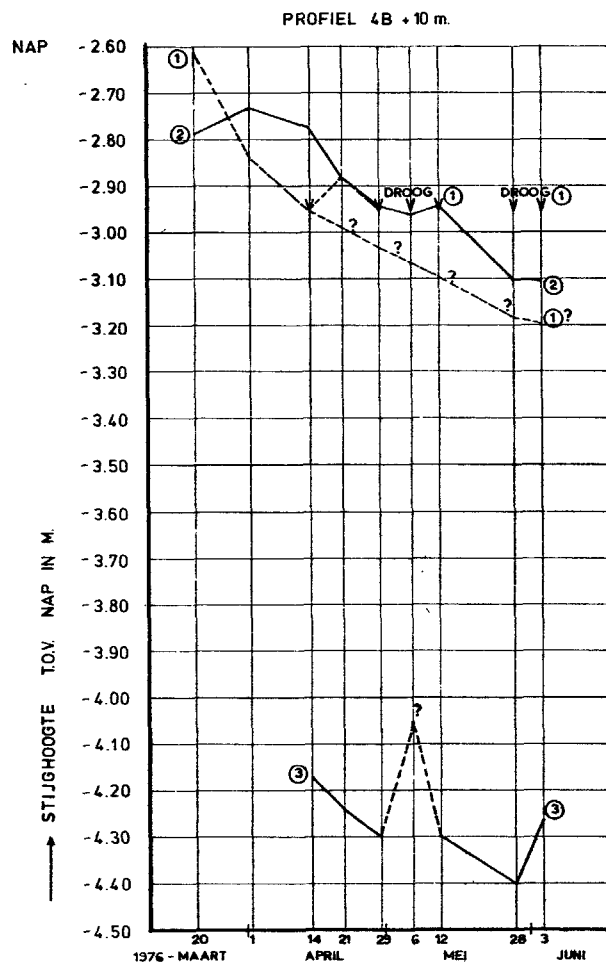
BIJLAGE 7.3

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem
vdl
11-76

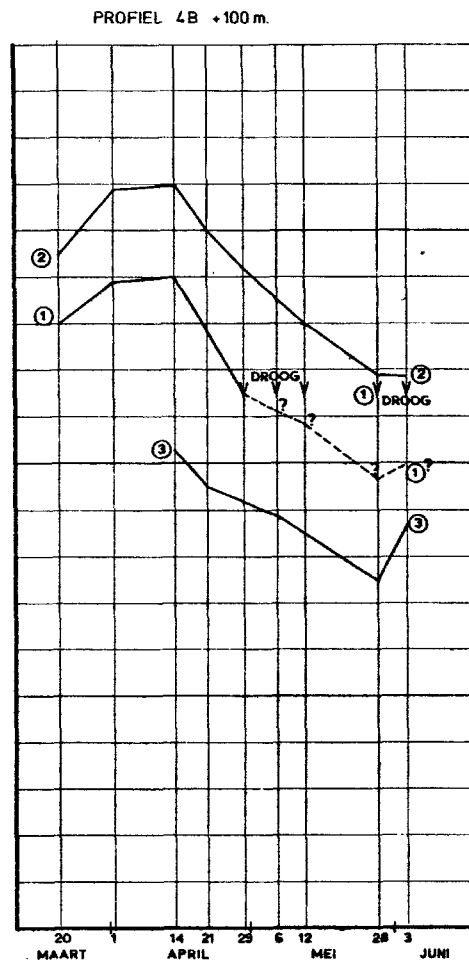
SCHAAL -

A4 WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.395



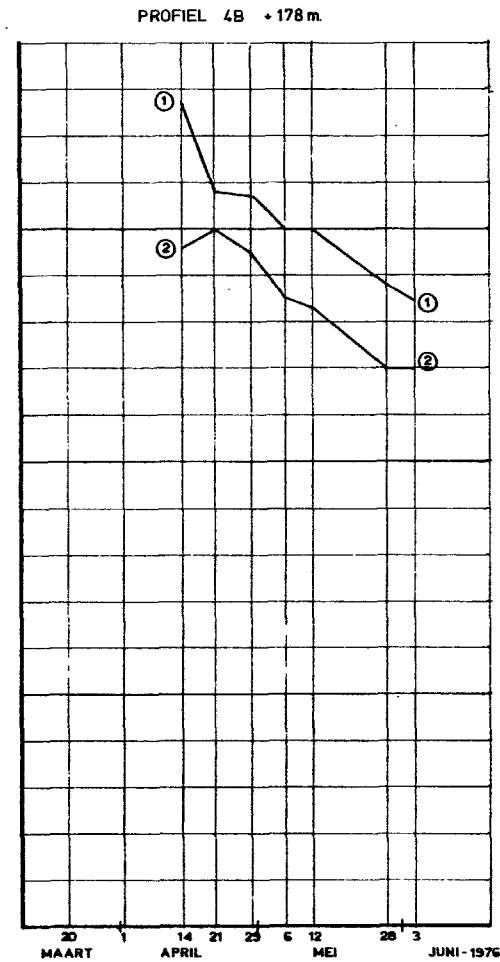
- ① Open Peilbuis
9,50 m uit nulpunt
- ② Geonor Filter
9,50 m uit nulpunt
- ③ Open peilbuis
20,50 m uit nulpunt

M.V.: NAP - 1,50
OK. Peilbuis: NAP - 2,95
M.V.: NAP - 1,50
OK. filter: NAP - 4,20
M.V.: NAP - 3,85
OK. peilbuis: NAP - 5,05



- ① Open peilbuis
13,20 m uit nulpunt
- ② Geonor Filter
13,20 m uit nulpunt
- ③ Open peilbuis
18,70 m uit nulpunt

M.V.: NAP - 1,90
OK. Peilbuis: NAP - 3,35
M.V.: NAP - 1,90
OK. filter: NAP - 5,10
M.V.: NAP - 3,20
OK. peilbuis: NAP - 4,65



- ① Open Peilbuis
10,70 m uit nulpunt
- ② Geonor Filter
10,70 m uit nulpunt

M.V.: NAP - 1,80
OK. Peilbuis: NAP - 3,25
M.V.: NAP - 1,80
OK. filter: NAP - 4,85

PEILBUIS - en GEONORFILTERMETINGEN
starrevaart

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez	BIJLAGE
	vdl		8
	11-76		A4
			WERKNR. S-75.015
			TEK. NR. 76.428

σ_{kt} = gemiddelde korrelspanning in terrein [kN/m²]

PROFIEL	GRONDSOORTEN	BORING 1		BORING 2		BORING 3		BORING 4	
		monster	σ_{kt}	monster	σ_{kt}	monster	σ_{kt}	monster	σ_{kt}
1	Veen	20	17	2A	18	8	18	15A	19
		21A	17	2B	18	9A	18	15B	19
		21B	17	3	18	9B	18	16A	19
	Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	22	18	4A	21	10A	19	16B	20
		23A	21	4B	22	10B	21	17A	21
		23B	23	5	24	11	23	17B	24
	Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)	24A	28	6A	28	12	26	18A	27
		24B	31	6B	32			18B	29
2	Veen	33A	21	38	17	44	18	27A	18
		33B	23	39	20	45	20	27B	20
		34	26	40	21	46	22	28	22
	Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	35A	28	41A	26	47A	24	29A	24
		35B	29	41B	29	47B	26	29B	25
		36A	30	42A	31	48A	27	30A	27
		36B	32	42B	33	48B	29	30B	30
3	Veen	63	23	68	17	50	19	57A	25
		64A	27	69	23	51	22	57B	23
		64B	31	70	27	52	23	58A	31
	Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	65A	32	71A	29	53A	27	58B	32
		65B	34	71B/72A	32	53B	28	59	35
		66A	38	72B	34	54A	31	60A	37
	Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)	66B	40	72C	36	54B	34	60B	39

OVERZICHT van BEREKENDE GEMIDDELDE
KORRELSPANNINGEN IN TERREIN.

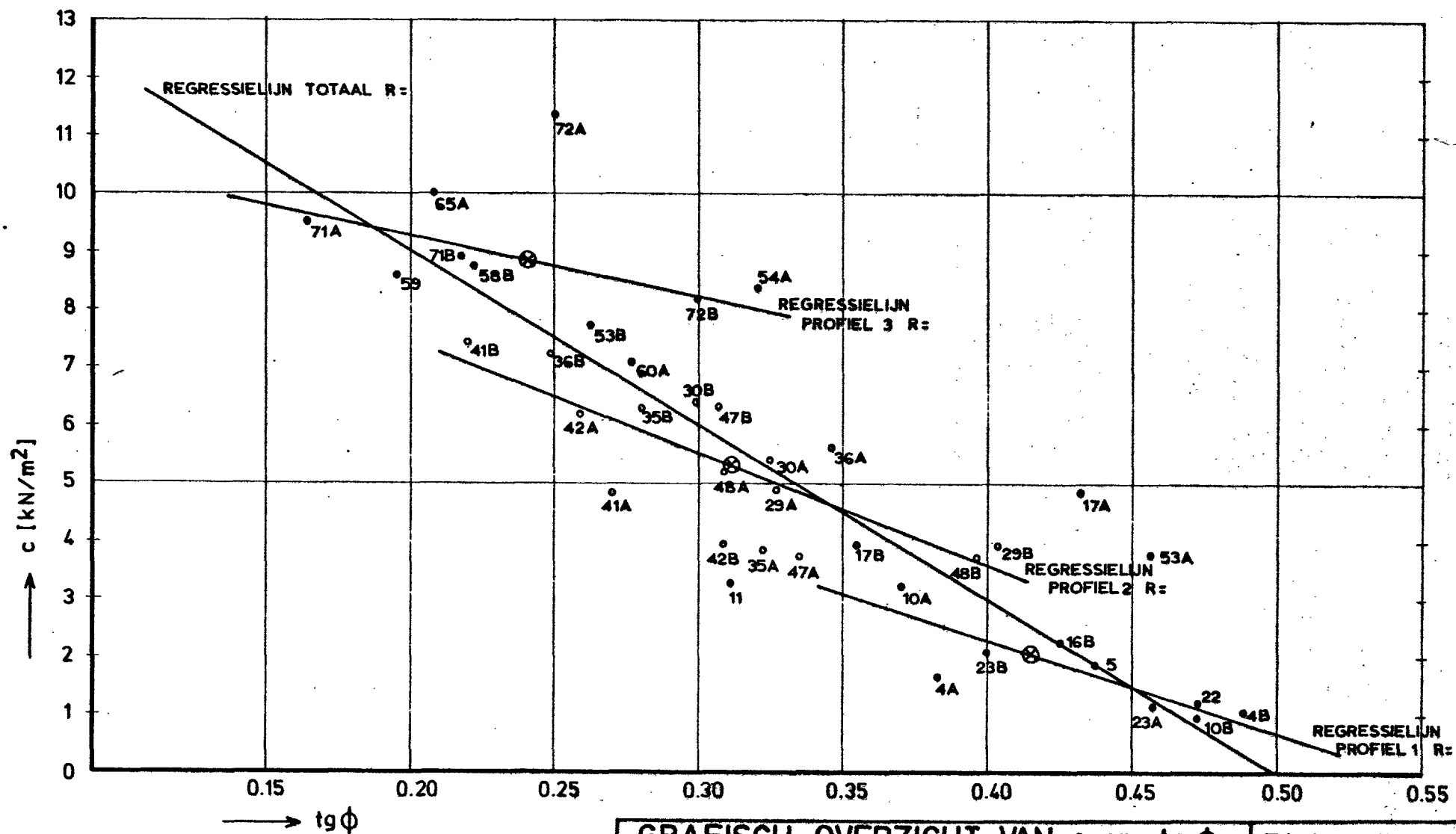
BIJLAGE 9

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem
vdl
11-76

A4 WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.397



- PROFIEL 3
- PROFIEL 2
- PROFIEL 1

GRAFISCH OVERZICHT VAN c-en $\text{tg } \phi$
 WAARDEN VAN DE MONSTERS UIT DE
 LAAG KLEI MET PLANTENRESTEN

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
 WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdl	
	11-76	

BIJLAGE 10

SCHAAL -

A4

WERKNR. S-75.015

TEK. NR. 76.429

Basisgegevens : zie grafisch overzicht bijlage 10

Wilcoxon toets.

Nulhypothese : er is geen verschil.

Vershil tussen groep 1 en groep 2

aantallen $n_1 = 16$ standaardafwijking in Q : $\sigma_Q = \sqrt{\frac{16 \times 12 (16 + 12 + 1)}{3}} = 43,1$
 $n_2 = 12$

tgφ : Q = 178 - 14 = 164

excentriciteit $u = \frac{Q}{\sigma_Q} = \frac{164}{43,1} = 3,8$ significant verschil *

c : Q = 181 - 7 = 174

excentriciteit $u = \frac{Q}{\sigma_Q} = \frac{174}{43,1} = 4,04$ significant verschil *

Vershil tussen groep 2 en groep 3

aantallen $n_2 = 16$ standaardafwijking in Q : $\sigma_Q = \sqrt{\frac{16 \times 11 (16 + 11 + 1)}{3}} = 40,5$
 $n_3 = 11$

tgφ : Q = 137 - 38 = 99

excentriciteit : $u = \frac{Q}{\sigma_Q} = \frac{99}{40,5} = 2,44$ significant verschil *

c : Q = 158 - 14 = 144

excentriciteit: $u = \frac{Q}{\sigma_Q} = \frac{144}{40,5} = 3,55$ significant verschil *

* enige overschrijdingskansen van nulhypothese

u = 2,58 overschrijdingskans < 1/2%

u = 2,33 " " < 1%

VERSCHILLEN TUSSEN c en tg φ
VAN DE DRIE PROFIELEN.

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdl	
	11-76	

BIJLAGE 11

SCHAAL -

A4 WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.399

Correlatie door monsters van profiel 1

aantal monsters: $n = 11$

R bij eenzijdige overschrijdingskansen : $< 5\% : R = 0,521$
 $< 1/2\% : R = 0,735$

$c = a \operatorname{tg} \phi + b$ $a = -0,1584$
 $b = 8,64$
 $R = -0,879$ duidelijk significante correlatie

Correlatie door monsters van profiel 2

aantal monsters: $n = 16$

R bij eenzijdige overschrijdingskansen : $< 5\% : R = 0,426$
 $< 1/2\% : R = 0,623$

$c = a \operatorname{tg} \phi + b$ $a = -0,1946$
 $b = 11,35$
 $R = -0,753$ duidelijk significante correlatie

Correlatie door monsters van profiel 3

aantal monsters : $n = 10$

R bij eenzijdige overschrijdingskansen : $< 5\% : R = 0,550$
 $< 1/2\% : R = 0,765$

$c = a \operatorname{tg} \phi + b$ $a = -0,1024$
 $b = 11,33$
 $R = -0,410$ geen significante correlatie

Correlatie door alle monsters

aantal monsters : $n = 37$

R bij eenzijdige overschrijdingskansen : $< 5\% : R = 0,275$
 $< 1/2\% : R = 0,418$

$c = a \operatorname{tg} \phi + b$ $a = -0,3017$
 $b = 15,05$
 $R = -0,891$ duidelijke significante correlatie

Correlaties tussen c en $\operatorname{tg} \phi$ van de monsters uit de laag: klei met plantenresten.

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdi	
	11 - 76	

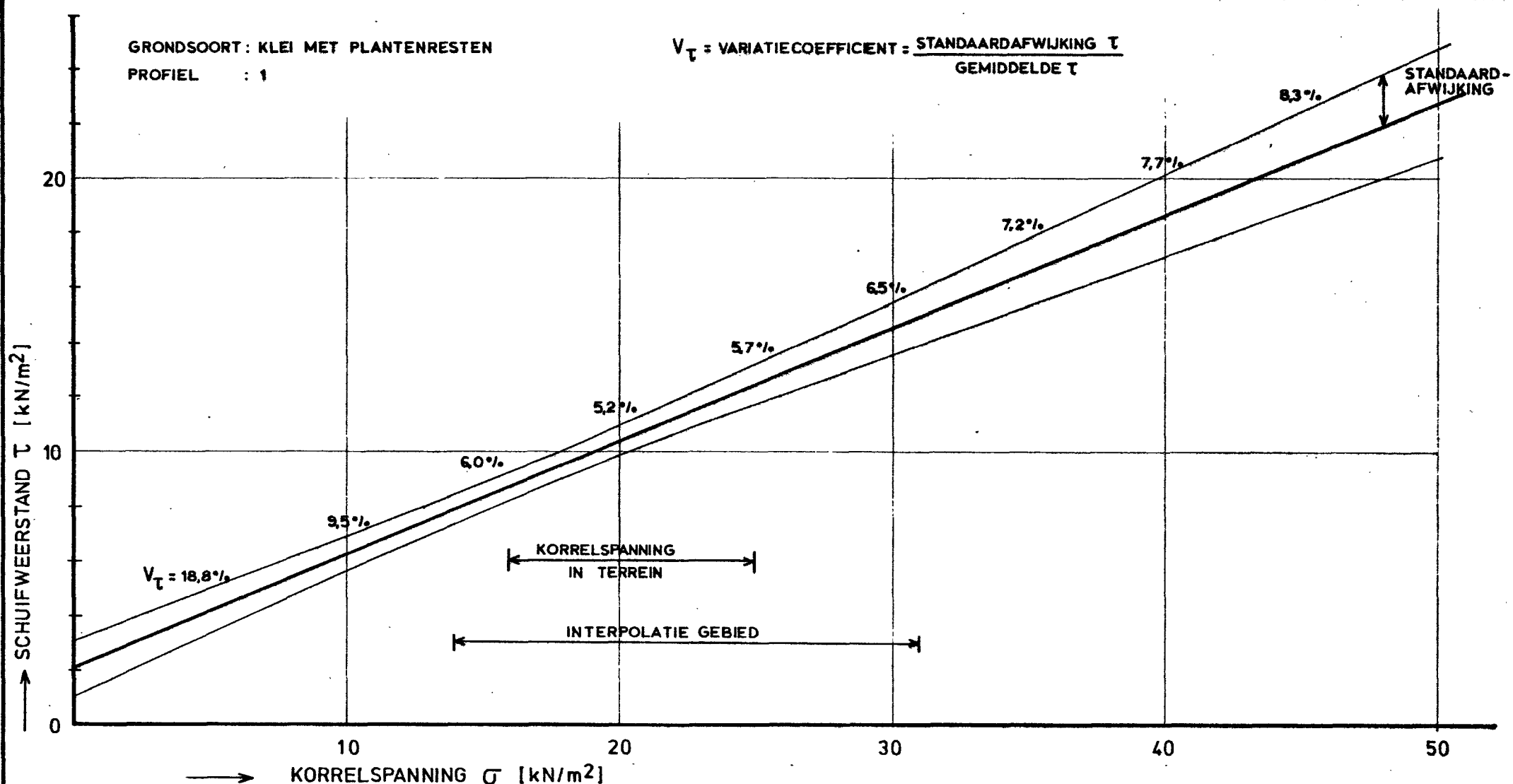
BIJLAGE 12

SCHAAL -

A4 WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.400

GRONDSOORT: KLEI MET PLANTENRESTEN
PROFIEL : 1

$$V_T = \text{VARIATIECOEFFICIENT} = \frac{\text{STANDAARDAFWIJKING } \tau}{\text{GEMIDDELDE } \tau}$$



GRAFISCHE VOORSTELLING
GEMIDDELDE, STANDAARDAFWIJKING
EN VARIATIECOEFFICIENT IN τ -WAARDEN

BIJLAGE 13.1

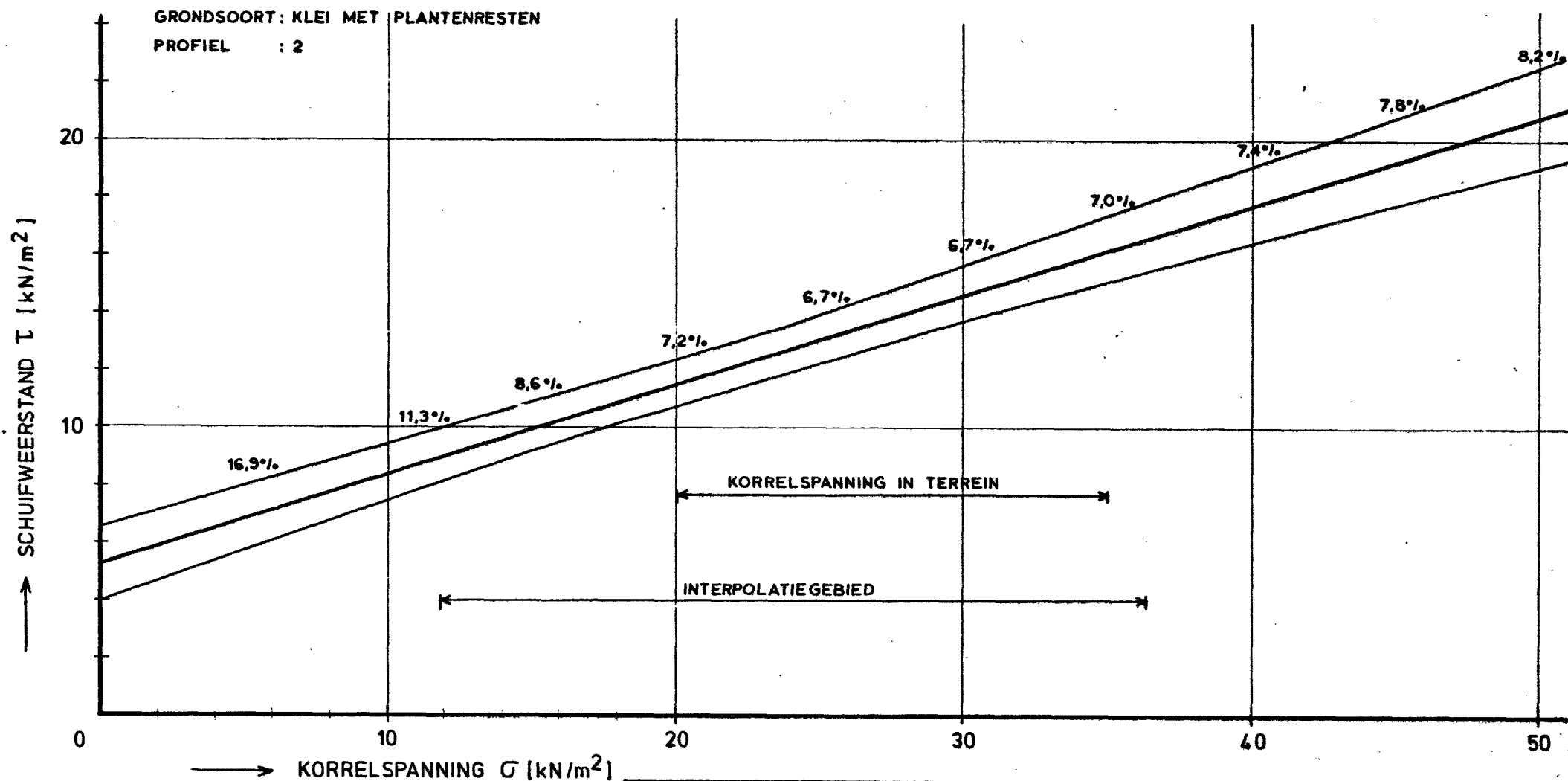
SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdl 11-76	

A4

WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.430



GRAFISCHE VOORSTELLING
GEMIDDELTE, STANDAARDAFWIJKING
EN VARIATIECOEFFICIENT IN τ -WAARDEN

BIJLAGE 13.2

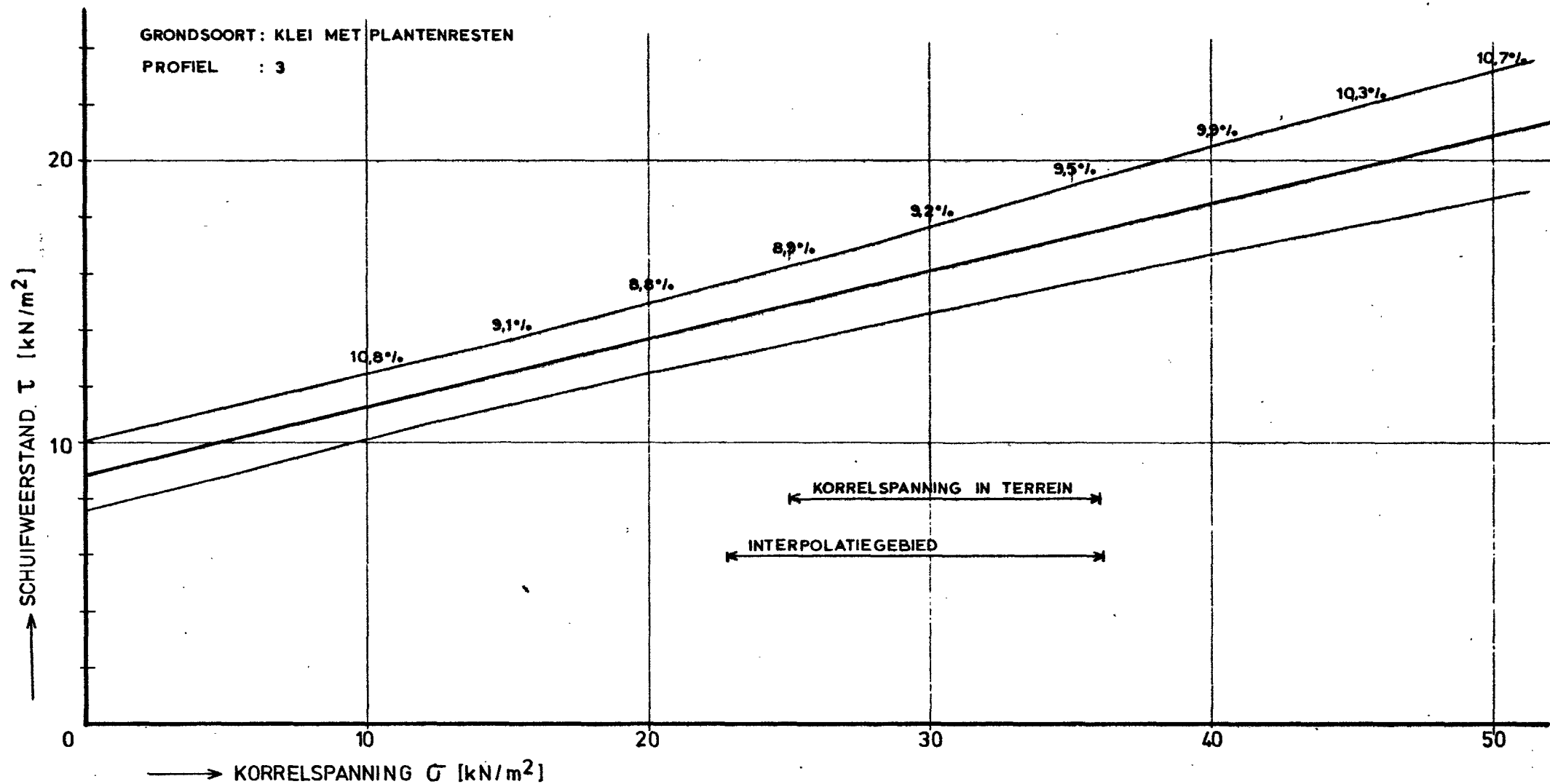
SCHAAL

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdl	
	11-76	

A4

WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.431



GRAFISCHE VOORSTELLING
GEMIDDELTE, STANDAARDAFWIJKING
EN VARIATIECOEFFICIENT IN τ -WAARDEN

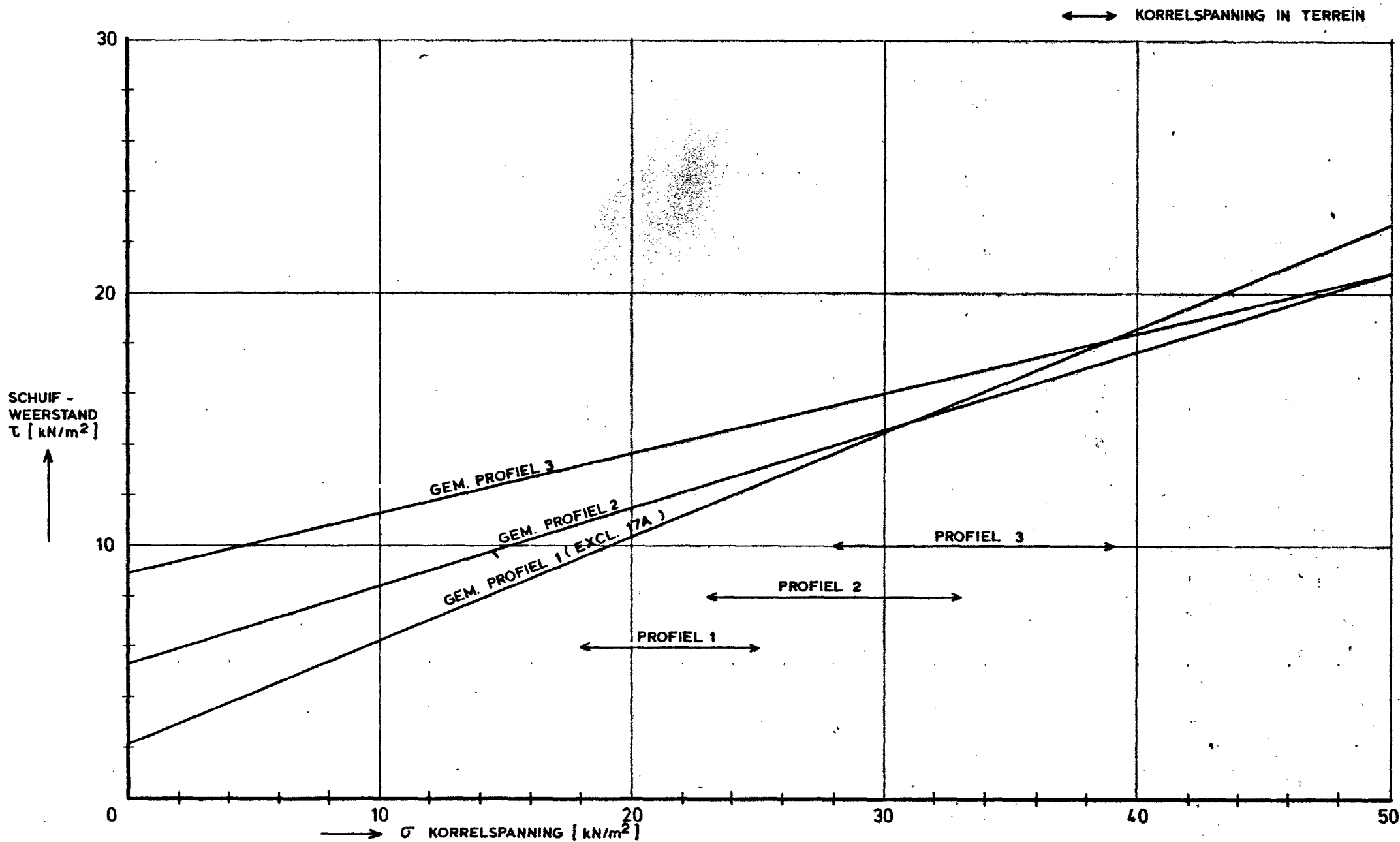
CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdl	
	11-76	

BIJLAGE 13.3

SCHAAL -

WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.432

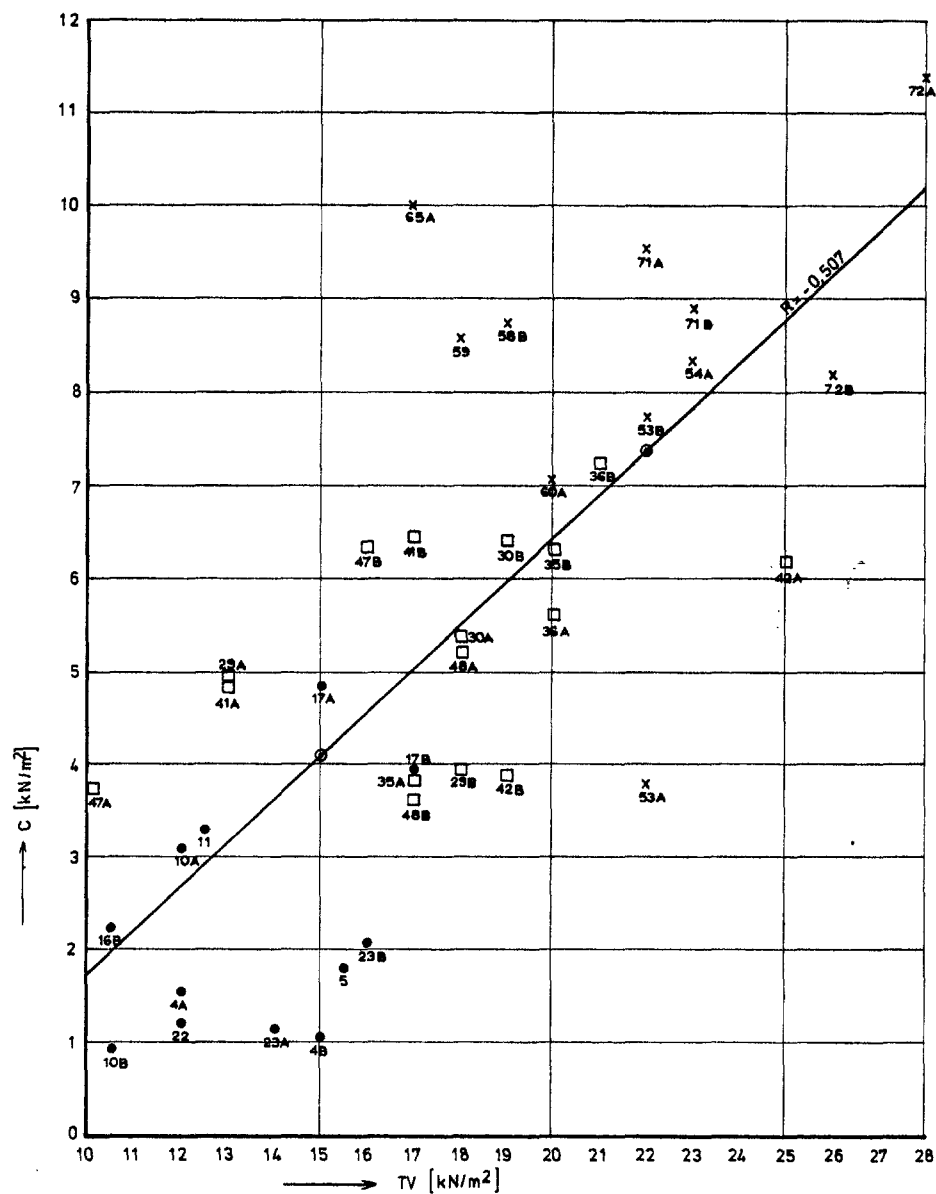


Rangcorrelatie tussen c en	γ	water- gehalte	humus- gehalte	TV
groep 1 (n= 12)	+ 25	- 21	- 3	+ 17
groep 2 (n= 16)	- 8	+ 12	+29	<u>+ 43</u>
groep 3 (n= 11)	- 9	- 2	+ 9	+ 1
groep (1+2+3) (n= 39)	+114	-129	+16	<u>+409</u>

Rangcorrelatie tussen tg ϕ en	γ	water- gehalte	humus- gehalte	TV
groep 1 (n= 12)	- 27	+ 21	+ 11	- 9
groep 2 (n= 16)	+ 28	- 28	- 35	- 28
groep 3 (n= 11)	- 5	+ 18	+ 11	+ 15
groep (1+2+3) (n = 39)	- 82	+ 123	- 17	<u>-297</u>

NB. Significante correlatiecoëfficiënten zijn onderstreept.

KENDALL RANGCORRELATIE				BIJLAGE 15	
KLEI MET PLANTENRESTEN				SCHAAL	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gem	get	gez	A4	WERKNR. S-75.015
		vdl 2-77			TEK. NR. 77.079



CORRELATIE c en TV

klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

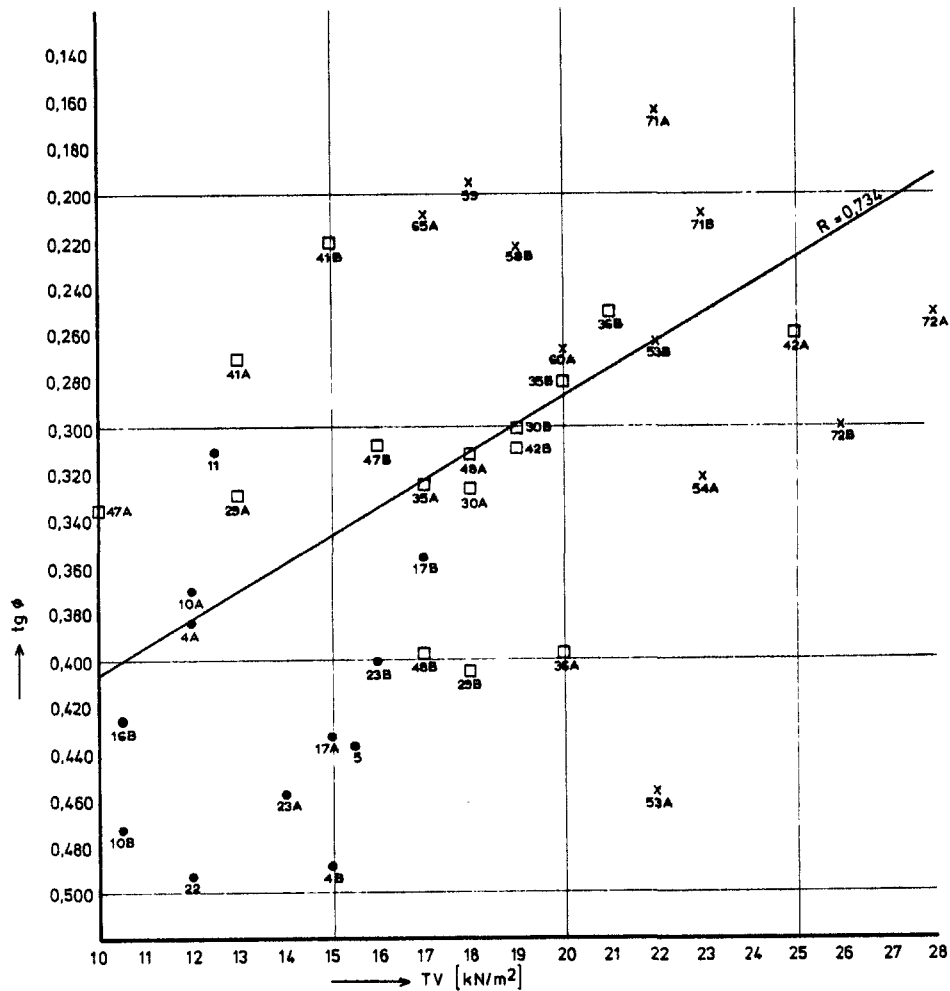
CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	HW	
	2-77	

BIJLAGE 16.1

SCHAAL -

A4	WERKNR. S 75.015
	TEK. NR. 77.080



CORRELATIE $tg \phi$ en TV

klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

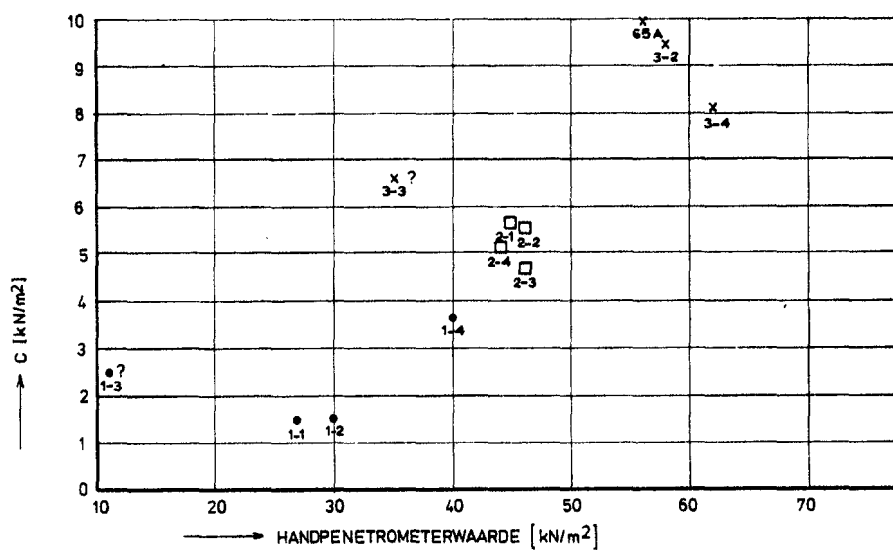
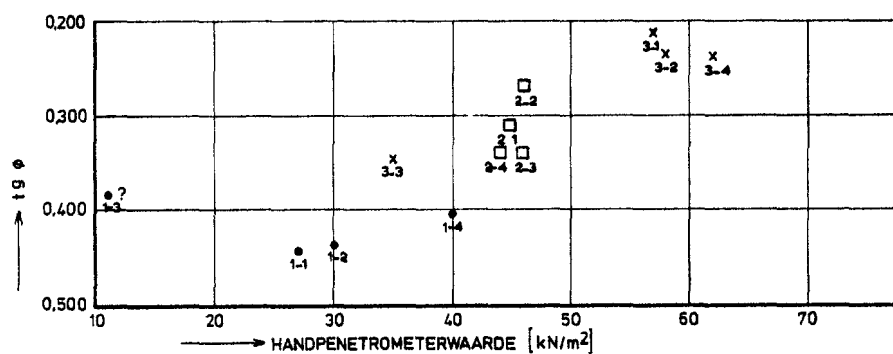
gem	get	gez
	vdl	
	2-77	

BIJLAGE 16.2

SCHAAL -

A4

WERKNR.	S-75.015
TEK NR.	77.081



CORRELATIE c en $tg \phi$ -handpenetrometer-
klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

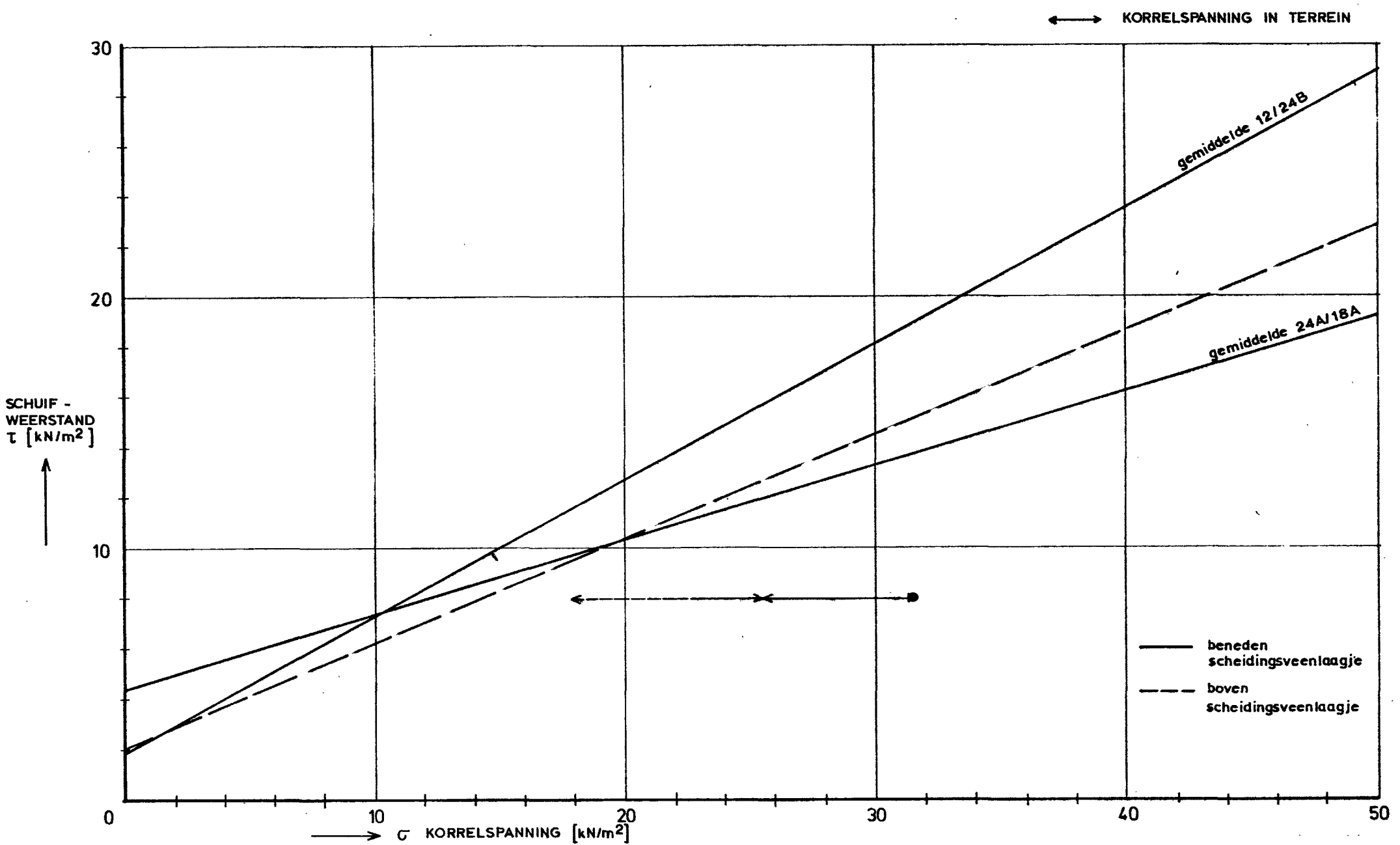
CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

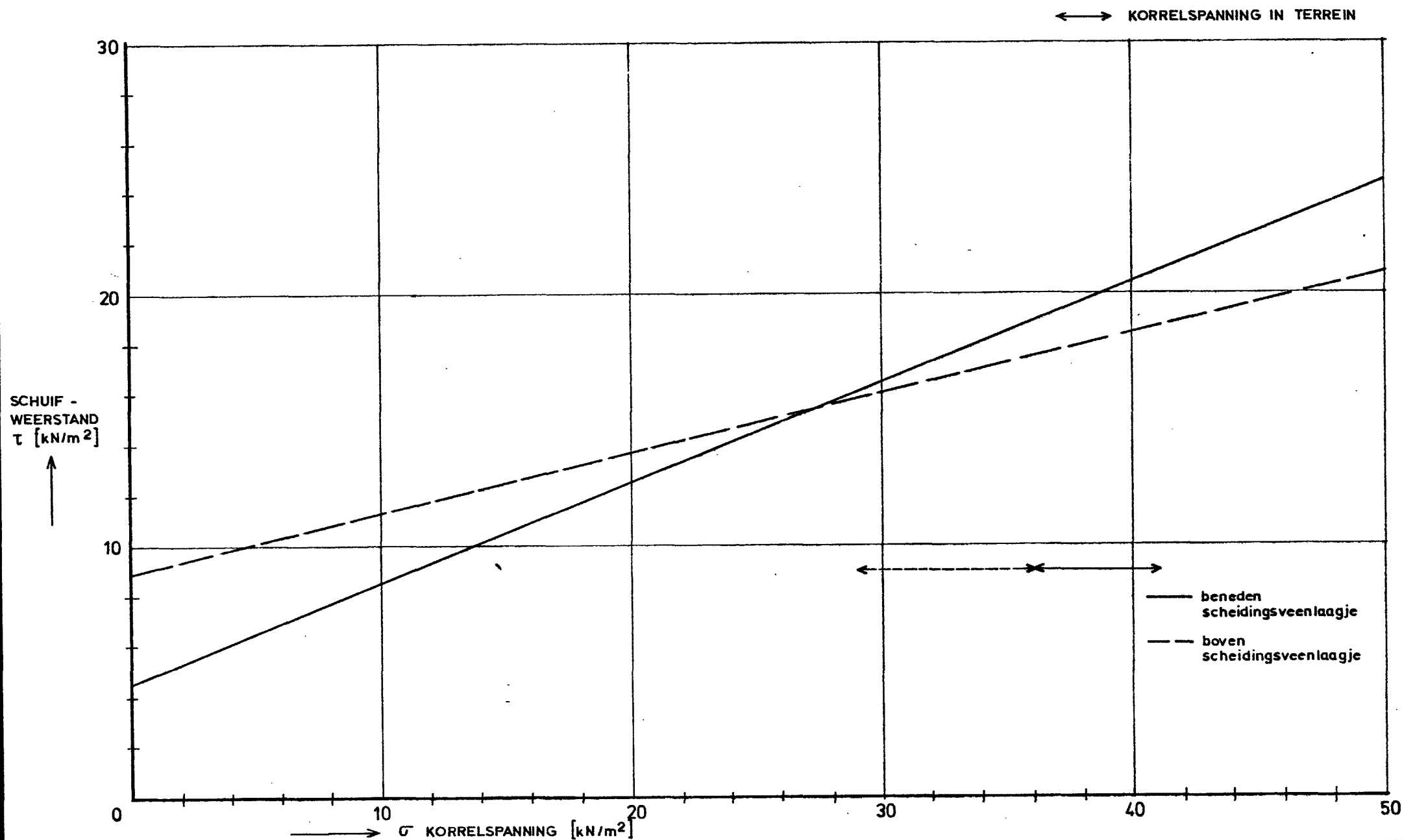
gem	get	gez
	vdI	
	2-77	

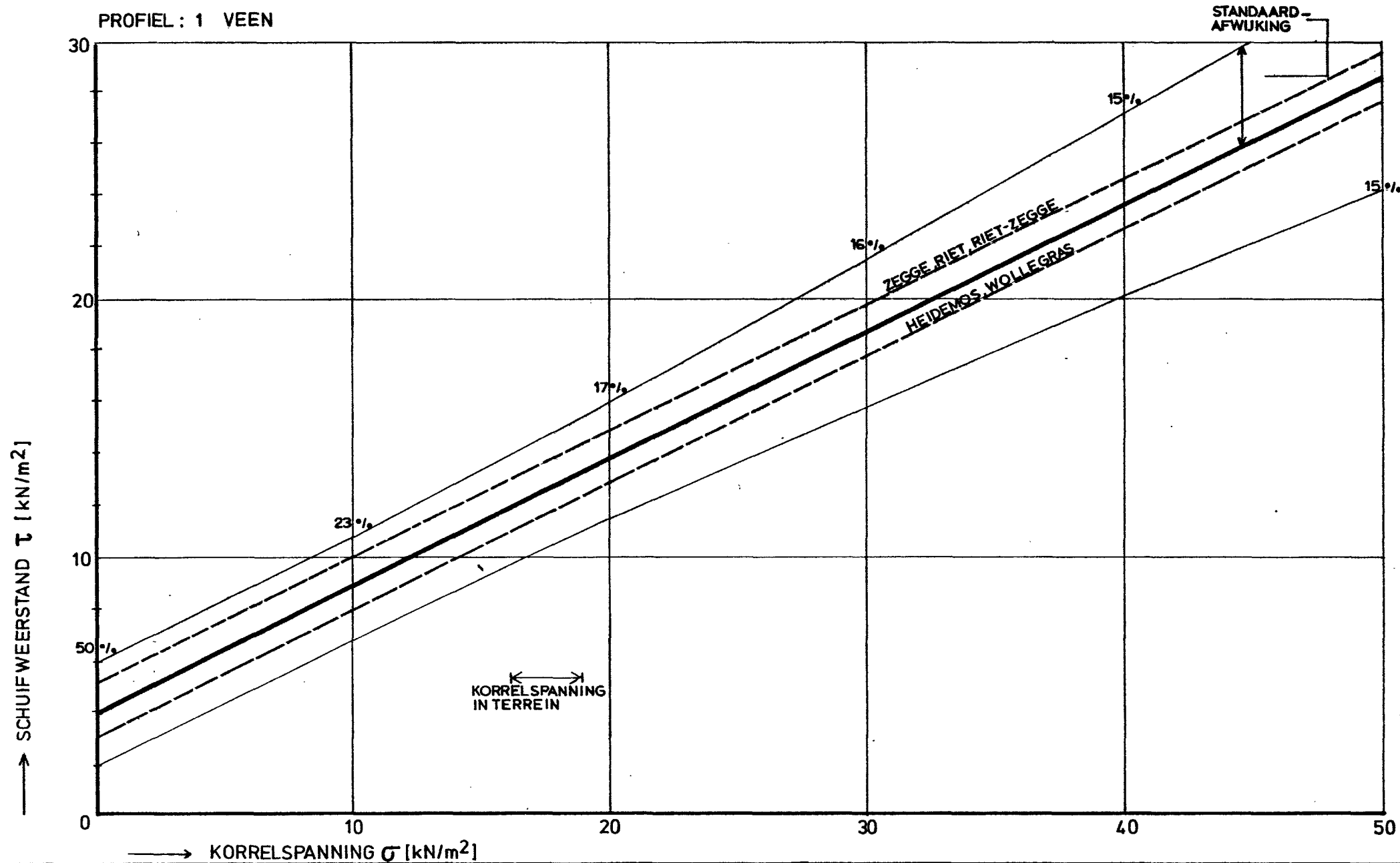
BIJLAGE 17

SCHAAL -

A4	WERKNR. S-75.015
	TEK NR. 77.082

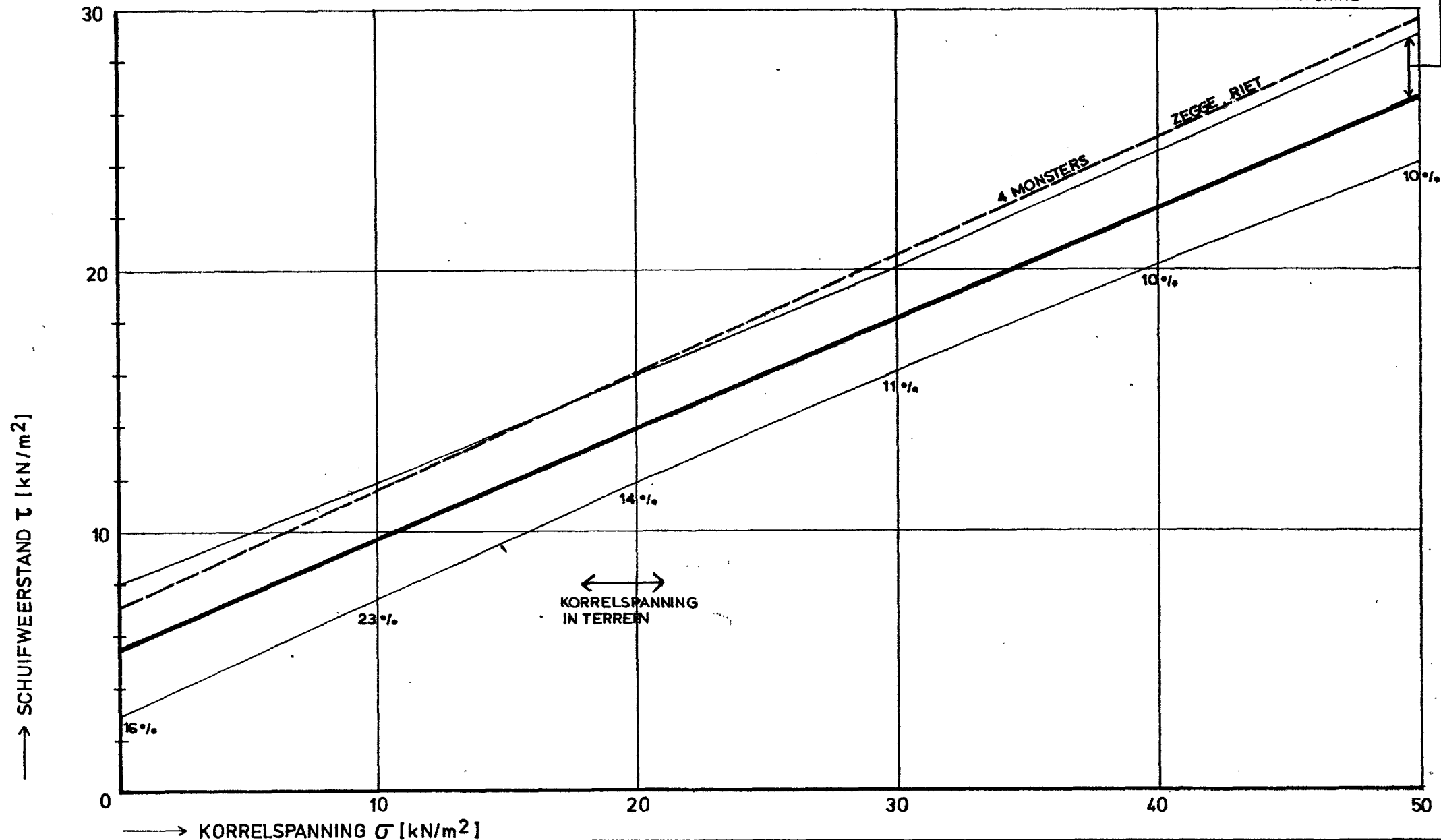




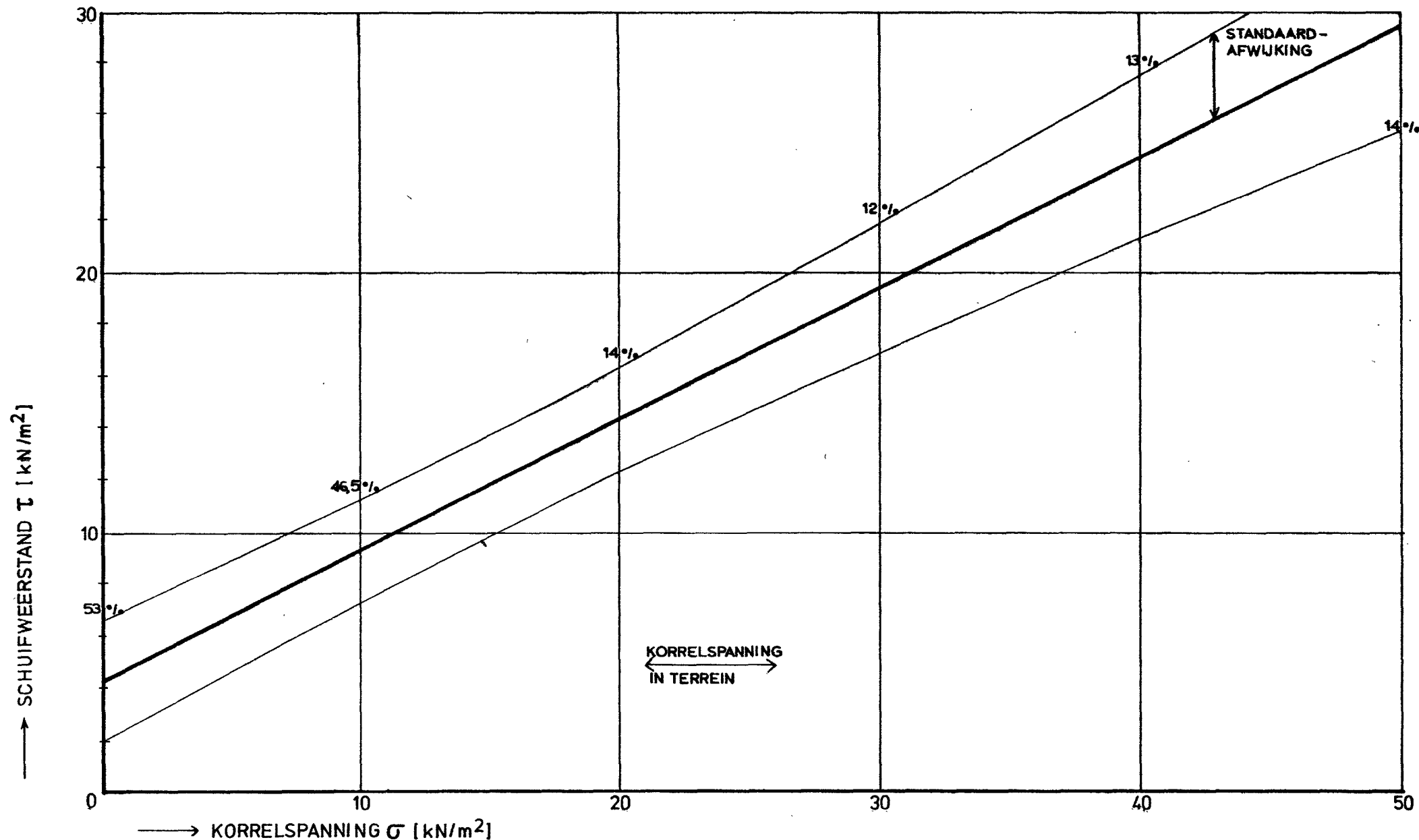


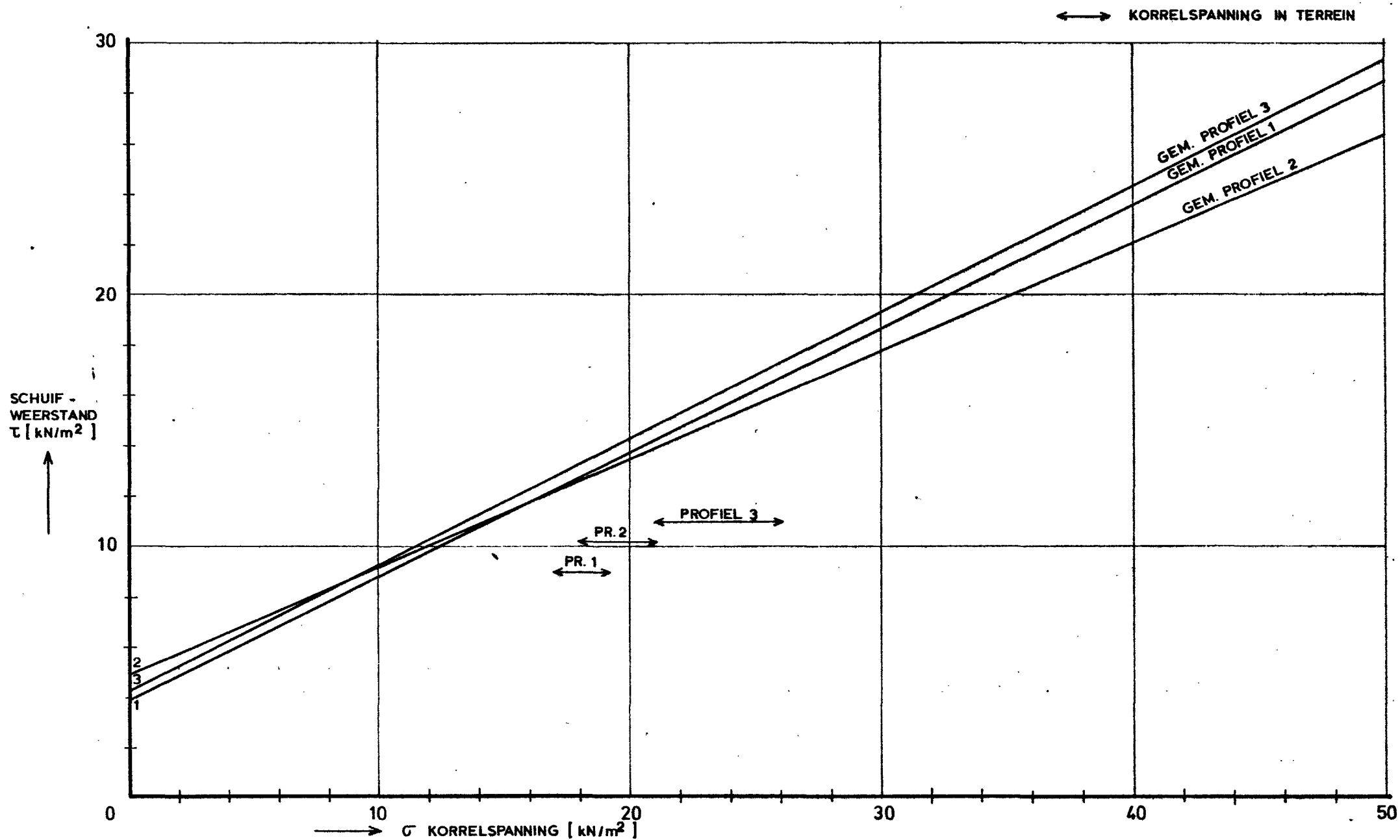
PROFIEL : 2 VEEN VERMENGD MET ZAND

STANDAARD-
AFWIJKING



PROFIEL : 3 VEEN VERMENGD MET ZAND





$$\text{variatiecoëfficiënt} = \frac{\text{standaardafwijking}}{\text{gemiddelde}} \times 100\%$$

pro- fiel	GRONDSOORT	volumieke massa [t/m ³]	water- gehalte gew. %	humus- gehalte gew. %	wrijfingswaarden		T.V. [kN/m ²]	H.P.M. waar- de [kN/m ²]	P.I.
					c [kN/m ²]	tg φ			
1	Veen	0,98 (2%)	580 (8,6%)	-	3,87 (52%)	0,494 (17,5%)	16 (24,2%)	50	-
	klei met plantenresten (boven schei- dingsveenlaagje)	1,36 (3,2%)	106 (11,0%)	10,2 (24,4%)	2,06 (49,5%)	0,416 (13,6%)	13,6 (15%)	27	86
	klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)	1,67 (2,1%)	46 (9,8%)	5,3 (13,9%)	3,19 (59,9%)	0,418 (35,2%)	13,5 (18,4%)	36	22
2	Veen	1,38 (3,5%)	91,5 (17,6%)	-	4,92 (45,3%)	0,432 (13,6%)	12 (22,3%)	81	-
	klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	1,36 (4,9%)	108,5 (19,2%)	10,72 (24,9%)	5,32 (23,9%)	0,310 (15,8%)	17,5 (20%)	45	78,8
3	Veen	1,44 (8,4%)	87 (25,3%)	-	4,26 (54,7%)	0,504 (18,8%)	20 (40%)	78	-
	klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	1,42 (5,0%)	94 (18,9%)	8,24 (25,5%)	8,86 (13,8%)	0,241 (20,3%)	20 (16,5%)	53	54,3
	Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)	1,63 (2,3%)	53 (10,2%)	5,1 (3,2%)	4,54 (28,2%)	0,401 (17,7%)	17,1 (29,1%)	59	36

1) handpenetrometerwaarden niet bepaald aan monsters, maar op boringen tussen de monsters, waar om de 10 cm een hand-penetrometerwaarde is uitgevoerd. Hier zijn de variatiecoëfficiënten niet berekend.

2) De plasticiteitsindex is slechts bepaald aan de monsters uit één boring per profiel. Per profiel beschikt men dus over slechts 3 à 4 monsters voor de kleilaag met plantenresten boven het scheidingsveen en over slechts 1 à 2 monsters bij de laag onder het scheidingsveen. Hier zijn de variatiecoëfficiënten niet berekend.

**OVERZICHT GEMIDDELDEN EN VARIATIE-
COEFFICIENTEN VAN PROEFRESULTATEN**

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdi	
	11-76	

BIJLAGE 23

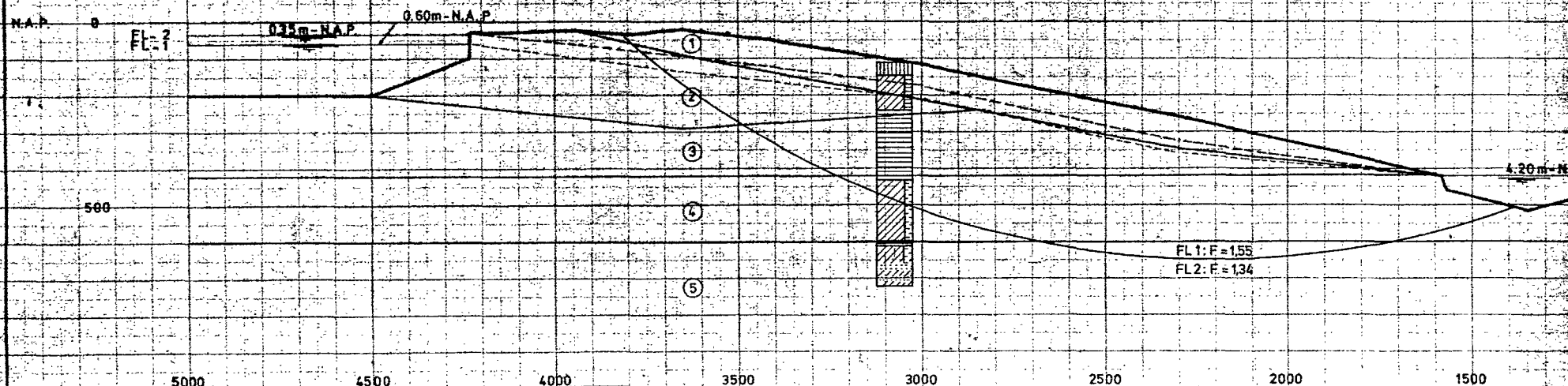
SCHAAL -

A4 WERKNR. S-75.015
TEK NR. 76.396

LAAG	γ kN/m ³	c kN/m ²	ϕ °
1	13.5	1.8	29.45
2	13.9	1.8	29.45
3	9.6	3.8	26.27
4	13.3	2.0	22.57
5	16.4	3.1	22.70

VOOR DE EVENWICHTSFACTOREN

ZIE TABEL G.1



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT			
STATISTISCH LENGTEONDERZOEK	SCHAAL	ϕ	BIJL. G. 1
GLIJVLAKKEN PROFIEL 1		3 0	CO-229760
		7 0	

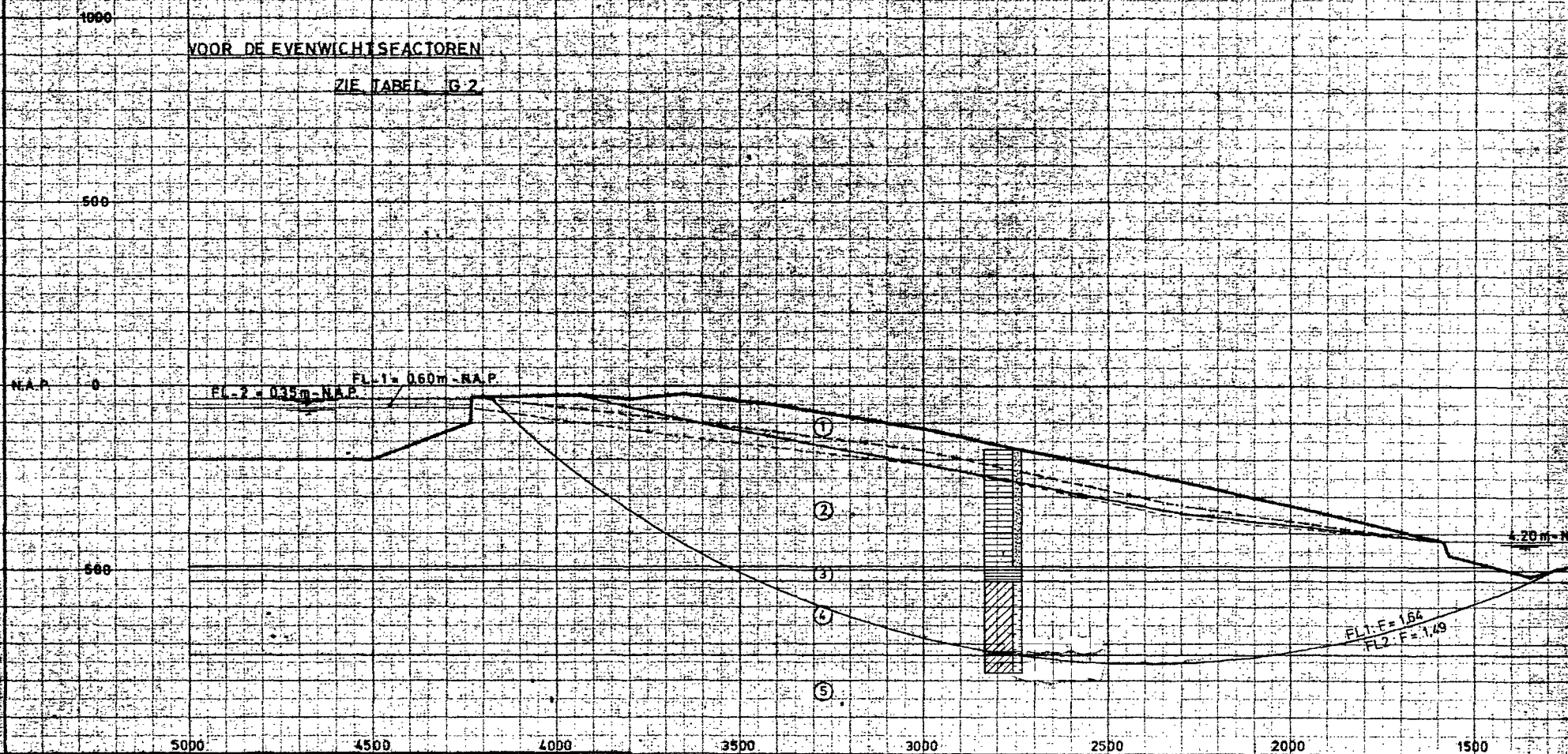
LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

LAAGVERDELING PROFIEL 1 MET		BIJLAGE 24.1	
MINIMUM GLIJCIRKEL		STARREVAART	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK		gcm	get
WATERKERINGEN		vdi	gez
		11-76	
		SCHAAL	
		A4	
		WERKNR. S-75.015	
		TEK. NR. 76.403	

LAAG	γ kN/m ³	c kN/m ²	ϕ °
1	14.2	4.8	21.38
2	11.5	4.8	23.36
3	10.0	6.9	24.37
4	11.3	5.2	17.22
5	16.2	3.8	22.27

VOOR DE EVENWICHTSFACTOREN

ZIE TABEL G 2



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

STATISTISCH LENGTEONDERZOEK

SCHAAL

3 0
7 0

BIJL. G 2

CO-229760

LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

GLIJVLAKKEN PROFIEL 2

LAAGVERDELING PROFIEL 2 MET
MINIMUM GLIJCIRKEL

STARREVAART

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	vdI	
	11-76	

BIJLAGE 24.2

SCHAAL

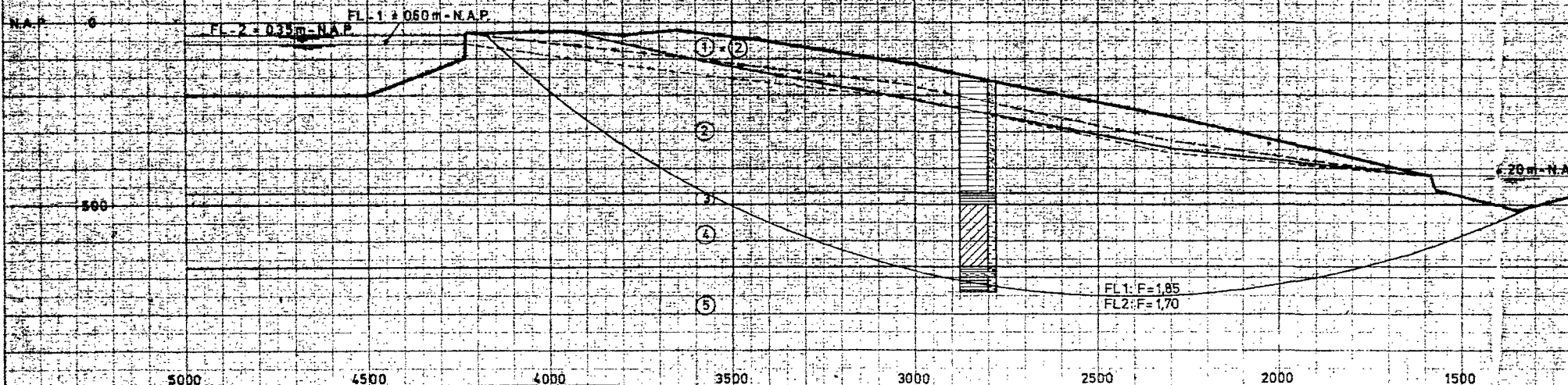
A4

WERKNR S-75.015
TEK. NR 76.404

LAAG	γ kN/m ³	c kN/m ²	φ °
1	14.2	4.2	26.75
2	14.2	4.2	26.75
3	10.0	6.9	21.37
4	13.9	8.7	18.55
5	18.0	4.4	21.85

VOOR DE EVENWICHTSFACTOREN

ZIE TABEL G.3



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT				LAAGVERDELING PROFIEL 3 MET				BIJLAGE 24.3	
STATISTISCH LENGTEONDERZOEK				MINIMUM GLIJCIRKEL				SCHAAL	
SCHAALEN				STARREVAART					
GLIJVLAKKEN PROFIEL 3				CENTRUM VOOR ONDERZOEK				A4	
				WATERKERINGEN				WERKNR S-75.015	
								TEK. NR 76.405	

centrum voor onderzoek waterkeringen

Samenvatting van het rapport;

Spreidingen in de wrijvingseigenschappen van grond in een boezemkade (Starrevaart)

Deze nota is een samenvatting van het rapport "Spreidingen in de wrijvingseigenschappen van grond in een boezemkade (Starrevaart)".

Bij de samenvattingen is gebruik gemaakt van de bijlagen van het volledige rapport. Dit heeft tot gevolg dat de voor deze samenvatting geselecteerde bijlagen geen doorlopende nummering hebben. De juiste volgorde in deze bijlagen is te controleren aan de hand van bijgevoegde bijlagenlijst.

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	1
2. Locatie van onderzoek	2
3. Opzet van onderzoek	2
4. Aangetroffen grondslag	3
5. Monstername + uitgevoerd laboratorium onderzoek	3
6. Beschouwing proefresultaten per grondlaag	5
6.1. Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	5
6.2. Klei met plantenresten (beneden scheidingsveen)	7
6.3. Veen	8
7. Stabiliteitsberekeningen	10
8. Conclusies	12
9. Aanbevelingen tot veranderingen in de opzet van het systema- tisch kade-onderzoek	13

Bijlagenlijst (samenvatting nota S-75.015)

form.-tek.nr.

1. Situatie lengteonderzoek	A4-76.401
2. Dwarsprofiel 4B	A4-76.406
3. Schematisch boor- en sondeerprogramma	A4-76.409
5.1. Boorbeschrijving en handpenetrometerwaarde profiel 1	A4-76.392
5.2. Boorbeschrijving en handpenetrometerwaarde profiel 2	A4-76.393
5.3. Boorbeschrijving en handpenetrometerwaarde profiel 3	A4-76.394
6. Sonderingen en laagverdeling der profielen	A4-76.391
14. Gemiddelde τ -waarden, klei met plantenresten	A4-76.407
22. Gemiddelde τ -waarden, veen	A4-76.408
23. Overzicht gemiddelden en variatiecoëfficiënten van proefresultaten.	A4-76.396
24.1. Laagverdeling profiel 1 met minimum glijcirkel	A4-76.403
24.2. Laagverdeling profiel 2 met minimum glijcirkel	A4-76.404
24.3. Laagverdeling profiel 3 met minimum glijcirkel	A6-76.405

1. Inleiding

Het rapport "Spreidingen in de wrijvingseigenschappen van grond in een boezemkade" is een vervolgonderzoek van het eerder uitgebrachte rapport "Beschouwingen van de resultaten van de celproeven van het systematisch boezemkade onderzoek". Uit dit rapport bleek dat er ten eerste nog onvoldoende inzicht is in de grootte van de spreidingen die op kunnen treden in de wrijvingseigenschappen van een onderzocht profiel. Ten tweede bleek er onvoldoende inzicht te zijn in de verschillen die op kunnen treden tussen de wrijvingseigenschappen van meerdere profielen die in éénzelfde kadedeel op korte afstand van elkaar gelegen zijn. Beide punten zijn van groot belang bij het kadeonderzoek.

Het eerste i.v.m. afwijkingen die op kunnen treden in de evenwichtsfactor als gevolg van spreidingen in de wrijvingseigenschappen en het tweede i.v.m. het representatief stellen van één onderzocht profiel voor een kadedeel van zekere lengte.

Net als in het eerste onderzoek beperkt ook dit onderzoek zich tot de Holland-veenlaag en de bovenkant van de Calais formatie, welke bestaat uit klei met plantenresten (oude zeeklei). Beide lagen worden in vrijwel alle kaden in West- en Noord Nederland aangetroffen.

De Holland veenlaag speelt vooral een belangrijke rol in de kaden van Rijnland, Utrecht en Noord-Holland, omdat hier meestal het gehele kadelichaam uit dit veen bestaat. De direkt onder de Holland veenlaag gelegen klei met plantenresten speelt bij alle kaden een belangrijke rol in de stabiliteit als gevolg van zijn slechte wrijvingseigenschappen.

Naar aanleiding van de voorlopige resultaten van dit onderzoek is begin 1975 gestart met een tweede gelijksoortig onderzoek in een kade van de polder Groot-Mijdrecht. Over dit onderzoek zal in 1978 gerapporteerd worden.

2. Locatie van onderzoek

Het onderzoek naar de spreidingen in de wrijvingseigenschappen heeft plaatsgevonden in de Noord Oostelijk gelegen kade van de polder Klein Starrevaart. Deze kade is gelegen langs de Starrevaart (zie bijlage 1). Van deze kade bestaat het kadelichaam uit veen en bovendien komt hier een relatief dikke laag klei met plantenresten voor, waaruit voldoende monsters voor het onderzoek te halen zijn. Om deze reden en het feit dat dit één van de dichtsbij gelegen "veenkaden" is, is de keus voor dit onderzoek op deze kade gevallen.

Deze kade is reeds eerder onderzocht in 1972 in het kader van het systematisch boezemkade onderzoek. Daarna heeft opnieuw onderzoek plaats gevonden in 1975 na een aan deze kade uitgevoerde herprofilering. Dit nieuwe onderzoek werd nodig geacht nadat aan de kade aan de overzijde van de Starrevaart na eenzelfde herprofilering een afschuiving was opgetreden. Een dwarsprofiel met laag verdeling van de beschouwde kade uit dit nieuwe onderzoek is weergegeven op bijlage 2.

3. Opzet van onderzoek

Bij de opzet van dit onderzoek is uitgegaan van onderzoek in drie gelijkvormige profielen, welke op afstanden van 80-90 m van elkaar gelegen zijn. Per profiel zijn telkens ongeveer halverwege het binnentalud vier boringen en 1 sondering gemaakt op korte afstand van elkaar. De boringen en sonderingen liggen op één lijn die evenwijdig met de as van de kade loopt. Op bijlage 3 is dit boor- en sondeerprogramma schematisch in een bovenaanzicht weergegeven. Hierop staan zowel de afstanden tussen de profielen als de afstanden tussen de boringen binnen één profiel aangegeven. Ook staan hier de plaatsen aangegeven van open peilbuizen (tot 1,5 m diepte) en geonorbuizen (filters net boven de kleilaag).

Deze waterspanningsmetingen en meting van de freatische lijn zijn nodig om een indruk te krijgen van de korrelspanningen in het terrein.

4. Aangetroffen grondslag

De interpretaties van de boringen zijn weergegeven op bijlage 5.1 t/m 5.3.

Per profiel zijn de boringen vrijwel gelijk, hetgeen ook de opzet van het boorprogramma is geweest.

De sonderingen in de drie profielen zijn weergegeven op bijlage 6. Tevens is op deze bijlage nogmaals de laagverdeling in de drie profielen weergegeven. Op deze bijlage is goed te zien welke grote verschillen op kunnen treden in de laagverdeling over een afstand van 80 à 90 m. Bovendien treden er bijzonder grote verschillen in de samenstelling van de veenlaag op.

Bij profiel 1 bestaat de bovenste meter uit materiaal dat tijdens de herprofilering op het binnentalud is opgebracht. Daaronder wordt veen uit de Holland veenlaag aangetroffen met vrijwel volledig ontwikkeld veenprofiel, d.w.z. onderin zegge-, riet en rietzeggeveen (eutroof milieu) en bovenin mos-, heide- en wollegrasveen (oligotroof milieu).

In de profielen 2 en 3 is het veen van geheel andere samenstelling. Het veen is hier vermengd met zand; alleen de onderste decimeters bestaat uit zuiver veen (rietzegge- en rietveen). Een dergelijk groot verschil tussen het profiel 1 enerzijds en de profielen 2 en 3 anderzijds werd bij de aanvang van het onderzoek niet verwacht. Gezien de aanwezigheid van stukjes puin is het vrijwel zeker dat we hier met opgebracht materiaal te maken hebben.

Onder het veen wordt de klei met plantenresten laag (bovenkant Calais formatie) aangetroffen, waarin een dun scheidingsveenlaagje wordt aangetroffen. Boven dit scheidingsveenlaagje is laagdikte ongeveer 2 m; de meeste monsters zijn uit deze laag genomen. Onder het scheidingsveenlaagje is het zandgehalte hoger. Hier zijn slechts enkele monsters genomen.

5. Monsternamen + uitgevoerd laboratorium onderzoek

Op de bijlagen 5.1. t/m 5.3. zijn bij de interpretaties van de boringen tevens de plaatsen aangegeven waar monsters genomen zijn. In totaal zijn 36 monsters uit het veen genomen, 41 monsters uit de klei met plantenresten boven het scheidingsveen en 11 monsters uit de klei met plantenresten beneden het scheidingsveenlaagje. Aan deze monsters zijn in het laboratorium de volgende grootheden

bepaald: a) wrijvingseigenschappen c en $tg\phi$ in het celapparaat
b) volumieke massa's
c) watergehalten
d) humusgehalten (alleen bij kleimonsters)
e) T.V.-waarden
f) Attenbergse grenzen (alleen bij kleimonsters)
d.w.z. vloeigrens, uitrolgrens en plasticiteitsindex.

ad a) Aan de interpretatie van deze c en $tg\phi$ waarden uit de celproefresultaten is een aparte appendix gewijd, waarin de keuze van c en $tg\phi$ van alle celproeven uit dit onderzoek gemotiveerd wordt.

ad e) Bij de torvaneproef wordt de maximale schuifweerstand bepaald welke optreedt bij het ronddraaien van een klein vinnetje in de boven- en onderkant van het monster. De T.V.-waarde wordt bepaald als gemiddelde van deze waarde aan onder- en bovenzijde.

ad f) Deze proeven zijn slechts op monsters uit één boring per profiel uitgevoerd.
Op de boringen zijn nadat de monsters onttrokken zijn vervolgens om de 10 cm handpenetrometerwaarden bepaald. Deze waarden zijn naast de boorstaten op de bijlagen 5.1. t/m 5.3. grafisch weergegeven.

De boringen, sonderingen en laboratorium-proeven zijn verricht door het Laboratorium voor Grondmechanica in Delft. Hun resultaten zijn gerapporteerd onder nummer CO-22976-0.

6. Beschouwing proefresultaten per grondlaag

In het rapport zijn de resultaten per grondlaag beschouwd.

Daarbij is de meeste aandacht besteed aan de kleilaag met plantenresten boven het scheidingsveen, omdat van deze laag in alle profielen voldoende monsters beschikbaar waren. (profielen 1, 2 en 3 resp. 12, 16 en 13 monsters).

In de kleilaag met plantenresten beneden het scheidingsveen zijn slechts enkele monsters beschikbaar, zodat deze laag slechts kort behandeld is.

De Holland-veenlaag is alleen in profiel 1 aanwezig, waardoor hier slechts over een gering aantal monsters (12) beschikt wordt. Feitelijk gezien moet de gekozen kade wat betreft een onderzoek naar de spreidingen in het veen als een ongelukkige keuze worden aangemerkt. Daarentegen toont dit onderzoek ons wel heel duidelijk hoe sterk en onverwacht de samenstelling van een laag kan veranderen, zonder dat hiervoor directe aanwijzingen zijn. (geologisch niet en historisch niet). Ook de diepteligging van de lagen en hun dikten toonden in deze kade nogal grote verschillen, zoals duidelijk te zien is in bijlage 6.

Op bijlage 23 is een overzicht gegeven van de gemiddelde waarden en de variatiecoëfficiënten van alle proefresultaten. De variatiecoëfficiënt is de standaardafwijking gedeeld door de gemiddelde waarde (uitgedrukt in procenten).

Achtereenvolgens zullen nu een aantal resultaten en conclusies per grondlaag gegeven worden:

6.1. Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

- a. In de c en $tg\phi$ treden binnen een profiel grote spreidingen op. De variatiecoëfficiënten binnen de profielen 1, 2 en 3 bedragen voor de c resp. 49,5% , 23,9% en 13,8%.
en voor de $tg\phi$ resp. 13,6%, 15,8% en 20,3%.
- b. De variatiecoëfficiënten in de schuifweerstand bedragen bij korrelspanningen zoals deze in het terrein optreden voor de profielen 1, 2 en 3 resp. 6%, 7% en 9%. Deze spreidingen zijn aanzienlijk minder dan die in de c en $tg\phi$ en bovendien onderling redelijk gelijk.

- c. Er van uitgaande dat een gecombineerde variatiecoëfficiënt van ca 7,5% in de schuifweerstand representatief zou zijn voor de klei met plantenresten, kan een schatting gemaakt worden van de mogelijke afwijking naar beneden van het werkelijke gemiddelde ten opzichte van het steekproefgemiddelde.
Met 95% betrouwbaarheid kan gezegd worden dat deze mogelijke afwijking bij een steekproefgrootte van ca 12 monsters (zoals hier het geval is) minder dan 3,6% zal bedragen.
In de praktijk waar de steekproefgrootten in deze lagen eerder 3 à 4 monsters bedragen, zal deze mogelijke afwijking minder dan 6 à 7% bedragen (met 95% betrouwbaarheid).
- d. Het wrijvingsgedrag van de drie profielen is significant verschillend. Dit is nagegaan met een verdelingsvrije toets (Wilcoxon). Het gemiddelde wrijvingsgedrag is weergegeven op bijlage 14, waarop ook de korrelspanningen zoals deze in het terrein heersen, zijn aangegeven.
De invloed van deze verschillen op de evenwichtsfactor is niet eenvoudig weer te geven, omdat hier te veel factoren van invloed zijn (volumieke massa's en de eigenschappen van andere lagen, waardoor het glijvlak gaat). Om dit na te gaan zijn een aantal glijvlakberekeningen uitgevoerd, waarop in paragraaf 7 wordt teruggekomen.
- e. De profielen 1 en 2 blijken wat betreft hun fysische grootheden niet van elkaar te verschillen, ondanks hun verschillend wrijvingsgedrag. Profiel 3 onderscheidde zich wel significant van profiel 1 en 2 wat betreft zijn volumieke massa en watergehalten.
- f. Binnen de profielen bleek in de klei met plantenresten een duidelijke gelaagdheid te bestaan, waarbij de lagen zich significant onderscheiden in hun fysische grootheden (volumieke massa, watergehalte en humusgehalte). Deze gelaagdheid kwam echter niet tot uiting in eveneens significante verschillen in de wrijvingswaarden c en $tg\phi$ of T.V.-waarde.
- g. Bij correlatie met de fysische eigenschappen bleek geen verband te bestaan tussen de wrijvingseigenschappen en deze fysische grootheden; niet binnen de monsters van één profiel en niet binnen het totaal van monsters.

- h. Er blijkt wel een correlatie te bestaan tussen de wrijvings-eigenschappen en T.V.-waarde. Deze correlatie wordt overigens alleen gevonden als men de totale groep van monsters in be-schouwing neemt. Binnen de profielen blijkt geen correlatie te vinden te zijn; waarschijnlijk als gevolg van de grote wille-keurige spreidingen in zowel de wrijvingseigenschappen als de T.V.-waarde. Bij beschouwing van de gemiddelde wrijvingseigen-schappen en gemiddelde T.V.-waarde op bijlage 23 blijkt deze correlatie duidelijk. Een hogere T.V.-waarde gaat gepaard met een hogere c-waarde en een lagere $tg\phi$ -waarde.
- i. Er blijkt ook een correlatie te bestaan tussen de gemiddelde handpenetrometerwaarde van een boring en de gemiddelde wrijvings-eigenschappen van de monsters uit deze boring. De handpenetro-meterwaarde per boring zijn vrijwel constant over een laag. Ook hier wijst een hogere handpenetrometerwaarde op een hogere c en lagere $tg\phi$. Tevens is gebleken dat het resultaat van de hand-penetrometerwaarde sterk afhankelijk is van de tijdsduur tussen het maken van de boring en de beproeving. In de gevallen dat deze tijdsduur 1 à 3 dagen bedroeg werden aanzienlijk lagere waarden gevonden dan in gevallen waar deze tijdsduur meer dan een week bedroeg.

6.2. Klei met plantenresten (beneden scheidingsveen)

- 1. Ook hier treden in de c en $tg\phi$ grote spreidingen op.
De variatiecoëfficiënten binnen de profielen 1 en 3 bedragen
voor de c : resp. 59,9% en 28,2% en
voor de $tg\phi$: resp. 28,2% en 17,7%.
- 2. De variatiecoëfficiënt in de schuifweerstand bedraagt bij korrelspanning zoals deze in het terrein optreden voor profiel 3: 7 à 8,5%, hetgeen goed aansluit bij de gevonden waarden van de vorige laag. In profiel 1 is deze spreiding veel groter, waarschijnlijk als gevolg van de inhomogeniteiten in deze laag. Men treft hier afwisselende kleilaagjes en zandlaagjes aan.
- 3. Het wrijvingsgedrag tussen beide profielen is verschillend, hoewel hun fysische eigenschappen als volumieke massa, water-gehalte en humusgehalte weinig verschil vertonen.

4. De hogere gemiddelde T.V.-waarde en handpenetrometerwaarde van profiel 3 t.o.v. profiel 1 gaan hier ook gepaard met een hogere c-waarde. De tgφ-waarden echter zijn vrijwel gelijk.

6.3. Veen

1. Profiel 1 verschilt duidelijk van profiel 2 en 3 wat betreft samenstelling. Profiel 1 bestaat uit puur veen, terwijl bij de profielen 2 en 3 dit veen sterk vermengd is met zand.
2. De variatiecoëfficiënten in de c en tgφ zijn weer groot; voor het zuivere veen (profiel 1) in de c: 52% en tgφ: 17,5%; voor het veen vermengd met zand voor de profielen 2 en 3 in de c resp. 45,3 en 54,7% en in de tgφ resp. 13,6 en 18,8%.
3. De variatiecoëfficiënten in de schuifweerstand bedragen bij de korrelspanningen in het terrein voor het zuivere veen (profiel 1): ca 17%, hetgeen twee keer zo groot is als de variatiecoëfficiënten die bij de klei met plantenresten gevonden werd.
4. Wanneer de variatiecoëfficiënten van het veen in het algemeen in deze orde van grootte zou liggen dan zou met een betrouwbaarheid van 95% de werkelijke gemiddelde τ-waarde niet meer dan ca 10% beneden het steekproefgemiddelde liggen als de steekproefgrootte 10 monsters bedraagt (zoals in dit onderzoek). In de praktijk waar de steekproefgrootte eerder 4 à 5 monsters bedraagt ligt deze afwijking naar beneden in de orde van 14,5%. Aanzienlijk meer dan bij de klei met plantenresten het geval is.
5. Daar in het zuivere veen verschillende veensoorten aangetroffen zijn, is eveneens nagegaan of de oorzaak van deze grote spreiding in de wrijvingseigenschappen in de verschillende veensoorten gezocht kan worden. Er blijken echter geen significante verschillen aantoonbaar te zijn in de wrijvingseigenschappen van de verschillende veensoorten.
6. Bij het veen dat met zand vermengd is, (profiel 2 en 3), zijn de variatiecoëfficiënten in de schuifweerstand bij de korrelspanningen in het terrein kleiner dan in het zuivere veen, nml. ca 13%.

7. Uit bijlage 22 is te zien dat de verschillen in het wrijvingsgedrag van de drie profielen voor deze veenlaag erg gering zijn. Vooral de verschillen in τ -waarde bij de korrelspanning in het terrein zijn relatief erg klein. Het heeft dan ook geen zin om bij deze kleine verschillen te zoeken naar correlaties met fysische of mechanische grootheden.
8. Binnen de profielen afzonderlijk bestaan geen correlaties met fysische of mechanische grootheden, zodat de spreidingen in de wrijvingseigenschappen niet hieruit verklaard kunnen worden.

7. Stabiliteitsberekeningen

Om een inzicht te krijgen in het effect van verschillen in laagverdeling, wrijvingseigenschappen en volumieke massa's op de evenwichtsfactor zijn een aantal stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. Hierbij is de invloed van de vorm van de kade geëlimineerd door voor alle drie de gevallen uit te gaan van één en hetzelfde omtreksprofiel. De verschillen tussen de doorgekende profielen zijn alleen gelegen in de laagverdelingen en de bijbehorende wrijvingseigenschappen en volumieke massa's, welke overeenstemmen met die zoals ze in de onderzochte profielen zijn aangetroffen. Deze profielen met laagverdeling en grondmechanische waarden zijn weergegeven op de bijlagen 24.1. t/m 24.3. Het omtreksprofiel en de twee freatische lijnen FL1 en FL2, zijn overgenomen uit het destijds uitgevoerde stabiliteitsonderzoek van het geherprofileerde profiel.

Bij de stabiliteitsberekeningen is niet uitputtend gezocht naar de minimum evenwichtsfactor, maar bij alle berekeningen is uitgegaan van één middelpuntenrooster dat gelegen is rond het middelpunt van de minimum-cirkel uit het vroegere onderzoek. De gevonden "minimum" evenwichtsfactoren zijn weergegeven in onderstaande tabel:

Profiel	FL 1	FL 2
1	1,55	1,34
2	1,64	1,49
3	1,85	1,70

Gezien de opmerkingen onder de punten 6.1.c en 6.3.d kunnen we met 95% betrouwbaarheid stellen dat de mogelijke afwijking van deze evenwichtsfactoren naar beneden als gevolg van spreidingen in de wrijvingseigenschappen tussen de 4 à 10% (gem. 7%) kan liggen. Bij een stabiliteitsonderzoek in de praktijk, waarbij van aanzienlijk minder monsters wordt uitgegaan, kan deze afwijking van de evenwichtsfactor tussen de 7 à 15% (gem. 11%) liggen.

Het profiel 1 blijkt de laagste evenwichtsfactor te bezitten. Dit is zowel een gevolg van de lagere volumieke massa van het veen in dit profiel als de slechtere wrijvingseigenschappen van de kleilaag met plantenresten (de wrijvingseigenschappen in het veen waren vrijwel gelijk aan die van de profielen 2 en 3). De lage volumieke massa van het veen in dit profiel heeft ook tot gevolg dat dit profiel gevoeliger is voor een verhoging van de freatische lijn; afname van 16% in de evenwichtsfactor bij een verhoging van FL 1 naar FL 2 tegenover 10% bij de profielen 2 en 3. Dat de evenwichtsfactor van profiel 1 afwijkt van die van de profielen 2 en 3 is eigenlijk niet zo verwonderlijk gezien de grote verschillen in de samenstelling van de veenlagen. Wat wel verwonderlijk is, is dat dergelijke grote verschillen in samenstelling over zulke korte afstanden (80 m) kunnen optreden, zonder dat dit vooraf vermoed werd. Dit betekent feitelijk dat bij het huidige systematisch onderzoek, ondanks het betrekken van geologische en historische gegevens, grote inhomogeniteiten in lengterichting over het hoofd gezien kunnen worden.

De profielen 2 en 3 vertonen veel meer gelijkenis. Zowel de sonderingen als de boorinterpretaties zijn vrijwel gelijk. Ook de fysische grootheden zoals volumieke massa en watergehalten verschillen slechts weinig. Een gering verschil blijkt te bestaan tussen de diepteligging der lagen.

Bekijken we nu de wrijvingseigenschappen van beide profielen dan zien we dat de wrijvingseigenschappen in het veen weinig verschillen tussen beide profielen (bijlage 22), maar dat daarentegen in de klei met plantenresten het verschil aanzienlijk groter is (bijlage 14). Het effect op de evenwichtsfactor blijkt dan ook vrijbehoorlijk te zijn, nml. evenwichtsfactor van profiel 3 14% hoger dan van profiel 2 zowel bij FL 1 als FL 2.

Het verschil tussen de evenwichtsfactoren van deze twee profielen geeft ons enige indicatie over mogelijke verschillen die op kunnen treden tussen twee sterk overeenkomstige profielen uit éénzelfde kadedeel.

Hoewel het profiel 1 weinig gelijkenis vertoonde met de profielen 2 en 3, vertoont het zeer veel gelijkenis met het profiel 4B van het eerder uitgevoerde onderzoek t.b.v. de herprofilering van de kade (L.G.M.-CO-22632-0). Dit profiel 4B is slechts 10 m van het profiel 1 gelegen. De stabiliteitsberekening berust op 5 monsters

uit de Holland-veenlaag, 5 monsters uit de kleilaag met plantenresten boven het scheidingsveen en slechts één monster uit de zandige kleilaag met plantenresten beneden het scheidingsveenlaagje. De verschillen tussen de berekende evenwichtsfactoren blijken aanzienlijk. Bij het destijds uitgevoerde onderzoek bleek de stabiliteit ruimschoots voldoende; $n = 1,67$ bij de freatische lijn FL 2. Bij profiel 1 blijkt de stabiliteit echter net voldoende: $n = 1,34$ bij de freatische lijn FL 2. Ook hieruit blijkt weer welke grote verschillen op kunnen treden bij het beoordelen van de stabiliteit van twee op het eerste gezicht gelijke profielen, die bovendien zeer dicht bij elkaar gelegen zijn. (afstand 10 m).

8. Conclusies

Uit dit onderzoek is gebleken dat over betrekkelijk korte afstanden de diepteligging van de lagen en hun samenstelling grote verschillen kunnen vertonen. In dit onderzoek bleek het verschil in samenstelling van de veenlaag zelfs onverwacht groot, waarbij alleen het veen in profiel 1 tot de Holland-veenlaag behoorden en het sterk met zand vermengde veen uit de profielen 2 en 3 opgebracht materiaal bleek te zijn.

De spreidingen in de wrijvingseigenschappen c en $tg\phi$ zijn aanzienlijk. Gunstiger is het echter gesteld met de spreidingen in de schuifweerstand bij de korrelspanningen in het terrein. In het veen bedroeg de variatiecoëfficiënt hiervan 17% voor het zuivere veen en 13% voor het opgebrachte veen (vermengd met zand). De variatiecoëfficiënt in de klei met plantenresten bedroeg slechts ca. 7,5%.

Uitgaande van deze spreidingen in de schuifweerstand kan (met 95% betrouwbaarheid) gesteld worden dat de berekende evenwichtsfactoren met niet meer dan ca. 7% onderschreden zullen worden als gevolg van onzekerheden in de bepaling van de gemiddelde schuifweerstand in een profiel. Bij een praktijkonderzoek zal deze onderschreidingsmarge groter zijn, ca 11% i.v.m. de kleine steekproefgrootte waarvan uitgegaan wordt.

Tussen de wrijvingseigenschappen van de verschillende profielen blijken echter significante verschillen te bestaan. Bij dit onderzoek werden deze significante verschillen alleen geconstateerd in de klei met plantenresten. De wrijvingseigenschappen in de veenlaag

vertoonde hier nauwelijks verschillen (zelfs niet tussen het zuivere veen en het opgebrachte materiaal).

De gevonden verschillen in de wrijvingseigenschappen hebben tot gevolg dat er tamelijk grote verschillen optreden tussen de evenwichtsfactoren van de onderzochte profielen.

Tussen de vergelijkbare profielen 2 en 3 (onderlinge afstand 90 m) bleek dit verschil een factor 1,14 te bedragen.

Tussen het profiel 1 uit dit onderzoek en het vergelijkbare profiel 4b uit het L.G.M.-onderzoek CO-22632-0 (onderlinge afstand 10 m) bleek dit verschil een factor 1,25 te bedragen.

Resumerend kan gesteld worden dat bij het beoordelen van één profiel in de praktijk de afwijkingen in de evenwichtsfactor t.g.v. onzekerheden in de wrijvingseigenschappen zeker niet meer dan ca. 10% zullen bedragen (betrouwbaarheid van deze bewering 95%).

Maar bij het beoordelen van een kade aan de hand van één representatief profiel moet met veel grotere marges rekening gehouden worden als gevolg van plaatselijke significante verschillen in de wrijvingseigenschappen. Verschillen als gevolg van profielvorm of waterspanningen zijn hierbij nog buiten beschouwing gelaten. Verschillen of overeenkomsten in de fysische grootheden (volumieke massa, watergehaltes, humusgehaltes) blijken geen goede indicatie te zijn om op grond daarvan ook verschillen of overeenkomsten in de wrijvingseigenschappen te verwachten. Sonderingen, handpenetrometerwaarden (let op invloed van uitdroging) en torvane waarde zijn veel eerder aanwijzingen voor de optredende verschillen in de wrijvingseigenschappen.

De 2^e fase van dit onderzoek "Spreidingen in de wrijvingseigenschappen van grond in een boezemkade", waarvan het veldwerk en het laboratoriumonderzoek juist gereed is, zal ongetwijfeld nog verdere belangrijke informatie verstrekken. (Rapportage 1978).

9. Aanbevelingen tot veranderingen in de opzet van het systematisch kadeonderzoek.

Voorlopig kan na de 1^e fase van het onderzoek "Spreidingen in de wrijvingseigenschappen van grond in een boezemkade" gesteld worden dat het bij het systematisch boezemkade-onderzoek van groot belang is meer informatie te krijgen over verschillen die op kunnen treden in de wrijvingseigenschappen in lengterichting van de kade. Dit

zou op de volgende wijzen kunnen gebeuren, waarbij de opzet zodanig is dat de kosten van deze veranderde opzet vrijwel gelijk blijven met de huidige:

- a) Geen verandering in het vooronderzoek; d.w.z. dat de laagverdeling en volumieke massa's van een aantal representatieve dwarsprofielen aan de hand van boringen met kleine diameter worden vastgesteld.

Wijziging van de huidige opzet van het stabiliteitsonderzoek door nu niet meer drie of vier boringen uit één profiel te nemen, maar deze boringen gelijkmatig te verdelen over het te beoordelen kadedeel. De boringen zouden dan het best genomen kunnen worden in de onderste helft van het binnentalud, waar ze het meest representatief zijn voor het glijvlak.

Op deze wijze wordt rechtstreeks informatie verkregen over de verschillen in wrijvingseigenschappen in lengterichting. De laagindeling in dwarsrichting en volumieke massa's welke nodig zijn voor de stabiliteitsberekening volgen dan uit het dwarsprofiel van het vooronderzoek.

- b) Wijziging van het vooronderzoek, waarbij de boringen met kleine diameter en sonderingen in de lengterichting van de kade worden verdeeld om op deze manier en beter inzicht te krijgen in het verloop van de lagen in lengterichting. Het "zwakste" profiel zou dan geselecteerd kunnen worden aan de hand van de handpenetrometerwaarden (let op verschillen in uitdroging) en sonderingen. In het zwakste profiel zou dan een stabiliteitsonderzoek kunnen worden verricht, waarbij de boringen in één profiel worden genomen, om voldoende gegevens te krijgen voor het stabiliteitsprogramma.

Bij de eerste methode a) krijgt men tijdens het vooronderzoek een goed inzicht in de opbouw van het hele representatief gestelde dwarsprofiel. Een inzicht in het verloop van de lagen in lengterichting is onafhankelijk van extra veldwerk globaal te verkrijgen door het maken van een geologisch profiel aan de hand van beschikbare gegevens (zoals thans wordt gedaan). Met het stabiliteitsonderzoek wordt dan direkt een inzicht verkregen in de verschillen die op kunnen treden in de wrijvingseigenschappen.

Bij b) kan het verloop van de lagen zoals verkregen in het

geologisch profiel gecontroleerd en zonodig gecorrigeerd worden. Men verkrijgt d.m.v. de handpenetrometerwaarden en de sonderingen slechts indirekt een inzicht in relatieve verschillen in de wrijvingseigenschappen.

Ook krijgt men bij het vooronderzoek minder inzicht in de opbouw van het dwarsprofiel (bijv. doorlatende materialen in de kruin); dit inzicht verkrijgt men pas bij het stabiliteitsonderzoek waar het "zwakste" profiel geheel onderzocht wordt. Voorlopig lijkt de voorkeur uit te gaan naar de onder a) voorgestelde wijziging.

Nog beter zou natuurlijk een combinatie van a) en b) zijn, waarbij het huidige vooronderzoek wordt uitgebreid met nog een aantal boringen of sonderingen tussen de profielen van het vooronderzoek in. Dit houdt in dat de kosten van het onderzoek per te onderzoeken polder omhoog zullen gaan.

Tot slot dient nog vermeld te worden dat in een aantal kaden het probleem van het vinden van het zwakste profiel vermeden kan worden door het dwarsprofiel uit het vooronderzoek door te rekenen met veilige waarden, waarvan bekend is dat deze waarden zelden of nooit onderschreden zullen worden. Wanneer het profiel bij deze waarde stabiel blijkt kan het gehele kadedeel met een grote zekerheid stabiel geacht worden. Dit is een procedure die destijds in het rapport "Beschouwingen van de resultaten van de celproeven van het systematisch boezemkadeonderzoek" ook reeds voorgesteld werd.

centrum voor onderzoek waterkeringen

Appendix A

Bepaling van wrijvingseigenschappen
uit geconsolideerde celproeven.

Behorend bij het rapport:

Spreadingen in de wrijvingseigen-
schappen van grond in een boezemkade
(Starrevaart)

S-75.015

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen.

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>
A1 Wrijvingseigenschappen	1
A2 Geconsolideerde celproef; procedure A	1
A3 Interpretatie van c en $tg\phi$	2
A4 Bepalen van significante verschillen tussen raaklijnen	4
A5 Interpretatie van c en $tg\phi$ per grondlaag en per profiel	7
A5.1. Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)	7
A5.1.1. Profiel 1	7
A5.1.2. Profiel 2 (klei met plantenresten boven scheidingsveenlaagje)	8
A5.1.3. Profiel 3 (klei met plantenresten boven het scheidingsveen)	8
A5.2. Veen	10
A5.2.1. Profiel 1	10
A5.2.2. Profiel 2	12
A5.2.3. Profiel 3 (veen)	13
A5.3. Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)	13
A5.3.1. Profiel 1	13
A5.3.2. Profiel 3	14

A1. Principe opbouw celapparaat	A4-76.380
A2. Presentatie celproefresultaten	A4-76.349

A3.1. t/m A5.2. Overzicht celproefresultaten

A3.1. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 1	A4-76.355
A3.2. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 2	A4-76.356
A3.3. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 3	A4-76.357

A4.1. veen, profiel 1	A4-76.358
A4.2. veen, profiel 2	A4-76.359
A4.3. veen, profiel 3	A4-76.360

A5.1. klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje), profiel 1	A4-76.361
A5.2. klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje), profiel 3	A4-76.362

A6.1. t/m A7.3. Gemiddelde van de raaklijnen 1, 2 en 3

A6.1. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 1	A4-76.371/7
A6.2. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 2	A4-76.372
A6.3. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 3	A4-76.373

A7.1. veen, profiel 1	A4-76.374
A7.2. veen, profiel 2	A4-76.375
A7.3. veen, profiel 3	A4-76.376

A8.1. t/m A10.2. Overzicht representatieve eigenschappen

A8.1. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 1	A4-76.363
A8.2. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 2	A4-76.364
A8.3. klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje), profiel 3	A4-76.365

A9.1. veen, profiel 1	A4-76.366
A9.2. veen, profiel 2	A4-76.367
A9.3. veen, profiel 3	A4-76.368

A10.1. klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje), profiel 1	A4-76.369
A10.2. klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje), profiel 3	A4-76.370

A1. Wrijvingseigenschappen

Bij de stabiliteitsberekening wordt het bezwijkgedrag van de grond beschreven door:

$$\tau_s = \operatorname{tg}\phi' \cdot \sigma_k + c'$$

waarin τ_s = schuifweerstand, max. opneembare schuifspanning langs "glijvlak"

σ_k = korrelspanning loodrecht op het glijvlak.

$\sigma_k = \sigma_g - \sigma_w$; σ_g = grondspanning loodrecht op glijvlak

σ_w = waterspanning

$\operatorname{tg}\phi'$ = tangens van de hoek van inwendige wrijving

wrijvingseigenschappen

c' = cohesie.

Opm. de accenten duiden erop dat c en $\operatorname{tg}\phi$ hier in geconsolideerde toestand bepaald zijn.

Bij het systematisch kadeonderzoek en ook bij dit onderzoek dat als een fundamentele ondersteuning van het kadeonderzoek dient, worden de wrijvingseigenschappen bepaald uit de geconsolideerde celproef.

A2. Geconsolideerde celproef ; procedure A

Voor een uitvoerige beschrijving van deze procedure en de apparatuur wordt verwezen naar het L.G.M.-rapport "Geconsolideerde celproeven" door F.J. van Duren.

Hieronder volgt een korte beschrijving van de proefprocedure en de bepaling van de wrijvingseigenschappen hieruit.

In het celapparaat wordt een cilindervormig monster beproefd, dat afkomstig is uit een continuboring met diameter 66 mm.

De hoogte van het monster is 150 mm.

Het monster wordt na van een rubber omhulling te zijn voorzien met z'n as verticaal in een cel met steunvloei-stof geplaatst, zodanig dat deze steunvloei-stof alleen op het manteloppervlak van de cylindergrond een druk kan uitoefenen.

Een principeopbouw van het celapparaat is weergegeven op bijlage A1.

Bij de beproeving van het monster wordt een verticale belasting aangebracht. Als gevolg van uitdijning van het monster onder deze verticale belasting wordt in de steunvloeistof een tegendruk opgebouwd. Deze tegendruk voorkomt dat het monster te veel vervormt en uiteindelijk bezwijkt. Onder deze belasting laat men het monster consolideren, totdat alle wateroverspanningen in het monster zijn afgevoerd. Het praktische einde van de consolidatieperiode wordt op een in het genoemde L.G.M.-rapport nader omschreven wijze vastgesteld. De volgende stap is dat men de minimale steundruk bepaald waarbij het monster nog juist in evenwicht is oftewel net niet bezwijkt.

De wijze waarop deze grens vastgesteld wordt staat nader beschreven in het genoemde L.G.M.-rapport. Vermeld dient hier echter wel te worden dat deze minimale steunspanning gerelateerd is aan een zekere verticale vervormingssnelheid van het monster.

Deze horizontale steunspanning en de aangebrachte verticale belasting worden nu beschouwd als een combinatie van korrelspanningen waarbij het monster nog juist in evenwicht is.

Vervolgens wordt bij een grotere verticale belasting de hele procedure herhaald. Bij het L.G.M. is het een standaardprocedure om aan één monster een viertal spanningscombinaties te bepalen waarbij het monster nog net in evenwicht is.

A3. Interpretatie van c en $tg\phi$

Om nu de wrijvingseigenschappen te bepalen uit de met de celproef gemeten kritieke spanningscombinaties, wordt gebruik gemaakt van het diagram van Mohr. De vier gemeten kritieke spanningstoestanden waarbij net geen bezwijken optreedt worden hier weergegeven als vier "bezwijkcirkels". De raaklijn aan deze cirkels geeft het bezwijkgedrag weer zoals dat aangegeven is in de formule onder paragraaf A1. De helling van deze raaklijn geeft de $tg\phi$ en het door de raaklijn afgesneden gedeelte van de τ -as geeft de cohesie c .

Wanneer echter meer dan twee cirkels in het diagram van Mohr zijn uitgezet zijn er net zoveel raaklijnen te trekken als er combinaties van twee cirkels mogelijk zijn.

Veelal wordt dit probleem opgelost door keuze van twee representatieve cirkels, waaraan de raaklijn getrokken wordt.

Hoewel men bij het L.G.M. voor de keuze van deze representatieve cirkels enige richtlijnen heeft, blijft dit toch vaak een dubieuze kwestie. Ook andere procedures zijn mogelijk, zoals het bepalen van een regressie-

lijn tussen de verticale en horizontale belasting m.b.v. de methode der kleinste kwadraten, waaruit vervolgens door omwerking van dit verband de c en $\tan \phi$ bepaald worden.

Hierbij dient er wel rekening mee gehouden te worden dat bij de kleinste belasting de cirkel vaak te klein blijft, omdat de horizontale belasting niet beneden een kleine positieve steundruk kan zakken. In veel gevallen zal het daarom beter zijn bij de bepaling van de regressielijn dit laagste belastingpaar buiten beschouwing te laten. Ook is het natuurlijk mogelijk dat het bezwijkgedrag van het monster (nog) niet rechtlijnig is over het traject waar de belastingcombinaties bepaald zijn, maar bijv. een kromming vertoont.

In zo'n geval zou het beter zijn om een representatieve raaklijn te kiezen die het meest representatief is voor de korrelspanningen in het terrein.

Het is duidelijk dat meer informatie over het bezwijkgedrag van een grondlaag bekend dient te zijn alvorens men een gefundeerde beslissing kan nemen over de representativiteit van bepaalde bezwijkcirkels. In dit onderzoek is daarom allereerst nagegaan of voor bepaalde lagen een karakteristiek bezwijkgedrag vast te stellen is.

Het bezwijkgedrag van één monster is weer te geven door een gebroken rechte als omhullende aan alle vier de bezwijkcirkels. Deze gebroken rechte bestaat dan uit de raaklijnen aan twee opéénvolgende cirkels, waarbij iedere raaklijn dan alleen representatief is voor het gebied tussen de raakpunten aan de cirkels.

In de figuren op bijlage A2 is dit nader weergegeven en tevens is aangegeven hoe het bezwijkgedrag van ieder monster gepresenteerd zal worden. Het bezwijkgedrag bestaat dus telkens uit drie raaklijnen die ieder representatief zijn voor een bepaald gebied van de σ -as. Om nu alle monsters onderling direct vergelijkbaar te maken is het in principe de opzet geweest om alle monsters met dezelfde vier verticale belastingen te belasten, zodat de corresponderende raaklijnen van de verschillende monsters zo goed mogelijk overeenstemmen wat betreft hun representatief gebied op de σ -as.

Bij een aantal monsters is deze opzet echter niet doorgevoerd.

Deze afwijkingen zijn het gevolg geweest van òf communicatiestoornissen met het laboratoriumpersoneel (vooral in het begin) òf omdat het monster zodanig slap is dat bij belasten volgens de voorgeschreven verticale belasting gevreesd werd dat de maximaal mogelijke zakking (3 cm) in het celapparaat overschreden zou worden.

In bijlage A3.1 t/m A5.2 zijn nu telkens overzichten gegeven van het bezwijkgedrag van alle monsters uit één groep en éénzelfde grondlaag. Binnen één groep zal nu per grondlaag nagegaan worden of er significante verschillen bestaan tussen de raaklijnen 1 en 2 enerzijds en tussen de raaklijnen 2 en 3 anderzijds. Afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van significante verschillen tussen de raaklijnen zal vastgesteld worden op welke wijze de wrijvingseigenschappen bepaald worden. In alle grondlagen zal blijken dat de eerste raaklijn significant afwijkt van de tweede raaklijn. Deze significante afwijking kan toegeschreven worden aan het reeds eerder genoemde te "klein" blijven van de eerste cirkel. Deze eerste cirkel wordt daarom niet representatief geacht voor het bezwijkgedrag en wordt verder buiten beschouwing gelaten. Bij vergelijking tussen de tweede en derde raaklijn kunnen zich de volgende twee gevallen voordoen. Ten eerste dat de raaklijnen een significant verschil tonen, doordat het bezwijkgedrag over het gebied van de 2^e, 3^e en 4^e bezwijkcirkel niet rechtlijnig is. Er zal een keus gemaakt moeten worden welke van de twee raaklijnen representatief is. Hiervoor wordt de raaklijn genomen die het meest representatief is voor het gebied waar zich de korrelspanningen in het terrein bevinden. Ten tweede is het mogelijk dat er geen verschil is tussen de raaklijnen twee en drie, dus dat het bezwijkgedrag in het gebied van de 2^e, 3^e en 4^e bezwijkcirkel gemiddeld gezien wél rechtlijnig is. Een keuze welke van de twee raaklijnen per monster representatief is voor dat monster, is nu niet te maken. Hier kan dan een soort gemiddelde raaklijn bepaald worden. Dat is hier gedaan door de hoofdspansingsparen te correleren en de hieruit volgende correlatie vervolgens om te werken tot een "raaklijn" in het diagram van Mohr. Hiermee zijn de c en $tg \phi$ bekend.

A4. Bepalen van significante verschillen tussen raaklijnen

Bij het beoordelen van de verschillen tussen de raaklijnen 1 en 2 resp. 2 en 3 moeten we er rekening mee houden dat we twee groepen van gegevens met elkaar gaan vergelijken, waarbij echter de gegevens uit beide groepen paarsgewijs gegeven zijn. Telkens heeft één monster een raaklijn 1 en een raaklijn 2. En het sterktegedrag van dat ene monster zal zijn invloed hebben zowel op de raaklijn 1 als de raaklijn 2. Feitelijk gaat het per monster om het verschil tussen de raaklijnen

1 en 2. Een dergelijk onderzoek met paarsgewijze gegevens wordt een parenonderzoek genoemd.

De eenvoudigste toets voor dit parenonderzoek is de tekentoets. Voor ieder paar wordt bepaald of het verschil positief dan wel negatief is. In ons geval geven we het positief dan wel negatief zijn van een verschil aan met een pijltje in de overzichten van de grootste c-waarde naar de kleinste c-waarde (of resp. van de kleinste tg ϕ waarde naar de grootste tg ϕ waarde). Hebben we bijvoorbeeld 12 paren waarvan er 10 met een positief verschil en 2 met een negatief verschil dan toetsen we het verschil (T) tussen deze aantallen:

$$T = 10 - 2 = 8$$

Volgens de nulhypothese (geen verschil) verwacht men gemiddeld $\mu = 0$.

Bij een tweezijdig significantiegebied van bijv. 5% (95% kans dat er een verschil is; positief of negatief) moeten we de waarde van T bepalen die een eenzijdige overschrijdingskans heeft van $2\frac{1}{2}$. Hieronder zijn voor dit significantiegebied een aantal waarden gegeven.

aantal paren waarden van T bij een
5% tweezijdig significantiegebied.

7	7
8	8
9	7
10	8
11	9
12	8
13	9
14	10
15	9
16	10

In ons voorbeeld is er dus een significant verschil bij het toegepaste significantiegebied van 5%.

Deze toets heeft het voordeel dat hij verdelingsvrij is en daarom altijd toegepast mag worden. Bovendien is hij bijzonder eenvoudig toe te passen. Een nadeel van deze toets is dat hij minder scherp is.

In die gevallen dat significantie nēt niet aangetoond kan worden met deze toets, kan nog gebruik gemaakt worden van een scherpere parentoets, die echter ook aan meer voorwaarden is gebonden. Deze toets vraagt meer werk

en moet bovendien zowel op c als de $\text{tg } \phi$ toegepast worden.

Bij deze toets wordt per monster het verschil tussen de c -waarde (resp. de $\text{tg } \phi$ -waarde) van de raaklijn 1 en raaklijn 2 bepaald (met teken). Van deze verschillen wordt nu het gemiddelde m_v en de standaardafwijking s_v bepaald. Volgens de nulhypothese is geen verschil aanwezig en verwachten we voor de kansverdeling van $\mu_{m_v} = 0$ terwijl de schatting van de standaardafwijking $s_{m_v} = \frac{s_v}{\sqrt{n}}$ is.

Aangenomen dat deze verdeling normaal is kunnen we nu de t -toets toepassen.

$$t = \frac{m_v - \mu_v}{s_{m_v}} \quad \text{oftewel} \quad t = \frac{m_v}{s_v/\sqrt{n}} \quad \text{bij } (n-1) \text{ vrijheidsgraden.}$$

Voor de t -toets zijn tabellen beschikbaar. (litt.)

Voorwaarden voor deze "parentoets" zijn dat de spreidingen in principe voor ieder monster dezelfde zijn en dat het gemiddelde verschil normaal verdeeld is. Of aan deze voorwaarde voldaan wordt is niet bekend, vandaar dat de tekentoets de voorkeur verdient.

A 5. Interpretatie van c en tg ϕ per grondlaag en per profiel

In de nu volgende paragrafen wordt per groep en per grondlaag het bezwijkgedrag vastgesteld en aan de hand van de conclusies wordt bepaald hoe de c en tg ϕ per monster bepaald worden.

A5.1. Klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

A5.1.1. Profiel 1

Zie overzicht celproefresultaten: bijlage A3.1

Totaal aantal monsters: 12

De monsters 5-10A en 10B zijn afwijkend wat betreft de ligging van de gebieden waarover de raaklijnen 1, 2 en 3 representatief zijn. De oorzaak van deze afwijking is dat bij de voorgeschreven belastingen de zakking van het monster groter zou zijn geworden dan de maximaal toelaatbare in het celapparaat (3 cm). Deze monsters zijn daarom bij de vergelijking van de raaklijnen in eerste instantie buiten beschouwing gelaten.

Toepassing van de tekentoets op de overige monsters levert het volgende resultaat:

verschil raaklijn 1-2 : T = 7 significant verschil
 n = 9 (5% significantiegebied T = 7)

verschil raaklijn 2-3 : T = 3 niet significant verschil
 n = 9

In bijlage A6.1 zijn bovendien voor deze 9 monsters de gemiddelde raaklijn 1, gemiddelde raaklijn 2 en de gemiddelde raaklijn 3 uitgezet.

Hieruit is te zien dat de gemiddelde raaklijn 1 steiler is dan de gemiddelde raaklijn 2, hetgeen zoals reeds eerder genoemd waarschijnlijk zijn oorzaak vindt in het te klein blijven van de kleinste cirkels. Deze kleinste cirkels zijn daarom niet representatief geacht voor het gedrag van het monster.

De verschillen tussen de gemiddelde raaklijn 2 en de gemiddelde raaklijn 3 blijken erg klein te zijn en volgens de tekentoets niet significant.

Për monster is daarom de beste "raaklijn" bepaald door omwerking van de gecorreleerde lijn door de drie grootste hoofdspanningsparen tot een "raaklijn" in het diagram van Mohr.

Omdat ook de gemiddelde raaklijn 2 en gemiddelde raaklijn 3 van de 3 afwijkende monsters nauw aansluiten bij die van de overige negen, worden ook hier de c en $\text{tg } \phi$ uit correlatie van de 3 grootste spanningsparen bepaald.

Op bijlage A8.1 zijn de aldus bepaalde c en $\text{tg } \phi$ van alle monsters weergegeven.

A5.1.2. Profiel 2 (klei met plantenresten boven scheidingsveenlaagje)

Zie overzicht celproefresultaten : bijlage A3.2.

Totaa1 16 monsters.

De ligging van de gebieden waarover de raaklijnen 1, 2 en 3 representatief zijn, vertonen bij deze groep een bijzonder goede overeenkomst. Toepassing van de tekentoets op deze 16 monsters levert het volgende resultaat.

verschil tussen raaklijn 1 en 2 : $T = 14$ significant verschil
 $n = 16$ (5% significantiegebied $T = 10$)

verschil tussen raaklijn 2 en 3 : $T = 0$ geen significant verschil
n = 16

In bijlage A6.2 zijn voor deze 16 monsters de gemiddelde raaklijn 1, gemiddelde raaklijn 2 en gemiddelde raaklijn 3 uitgezet.

De steilere helling van raaklijn 1, welke volgens de tekentoets significant is, vindt waarschijnlijk weer zijn oorzaak in het te klein blijven van de eerste cirkel.

De verschillen tussen de gemiddelde raaklijn 2 en de gemiddelde raaklijn 3 zijn uiterst klein en niet significant. Per monster zijn daarom de c en $tg \phi$ weer bepaald door correlatie van de 2^e, 3^e en 4^e hoofdspanningscombinaties.

Op bijlage A8.2 zijn de aldus bepaalde c en $\operatorname{tg} \phi$ van alle monsters weergegeven.

A5.1.3. Profiel 3 (klei met plantenresten boven het scheidingsveen)

Zie overzicht celproefresultaten : bijlage A3.3

Totaal aantal monsters : 13

De monsters 53B, 54A, 65B en 66A zijn wat betreft de gebieden waarvan de raaklijnen representatief zijn afwijkend van de overige 9 monsters. Bij de monsters 65B en vooral 66A zijn de zeer steile raaklijnen representatief voor een gebied ver beneden de korrelspanning in het terrein.

Bij de monsters 53B en 54A zijn door communicatiestoornis met het laboratoriumpersoneel te hoge belastingen aangebracht, waardoor de gebieden waarvoor raaklijn 2 en raaklijn 3 representatief zijn, sterk afwijken van de overige monsters. In eerste instantie zijn deze daarom buiten beschouwing gelaten.

Toepassing van de tekentoets op de overige 9 monsters levert het volgende resultaat.

Verskil tussen raaklijn 1 en raaklijn 2 : $T = 9$ significant verschil
 $n = 9$ (5% significantiegebied $T=7$)

Verskil tussen raaklijn 2 en raaklijn 3 : $T = 5$ niet significant verschil.
 $n = 9$

In bijlage A6.3. zijn voor de 9 monsters de gemiddelde raaklijn 1, gemiddelde raaklijn 2 en gemiddelde raaklijn 3 uitgezet. Raaklijn 1 blijkt weer beduidend steiler dan raaklijn 2. Ook tussen gemiddelde raaklijn 2 en gemiddelde raaklijn 3 blijkt een nogal groot verschil te bestaan, hoewel dit verschil volgens de tekentoets niet significant is.

Aanvullend is daarom ook nog eens gecontroleerd met de scherpere paren-toets die in A4 besproken is. Deze levert het volgende resultaat.

Verskil in c-waarde: $m_V = -1,84$
 $\sigma_V = 2,52$
 $t = \frac{-1,84}{2,52/\sqrt{9}} = 2,187$

Verskil in tg ϕ -waarde $m_V = 0,0892$
 $\sigma_V = 0,1230$
 $t = \frac{0,0892}{0,123/\sqrt{9}} = 2,179$

Bij een 5% significantiegebied en $\phi = 8$ vrijheidsgraden behoort een waarde van $t = 1,86$. Zowel c als tg ϕ blijken nu dus significant te verschillen. Gezien de overeenkomst in de excentriciteit van c en tg ϕ lijkt deze toets betrouwbaar en mag er vanuit gegaan worden dat er een verschil tussen de raaklijnen 2 en 3 aanwezig is.

De raaklijn 3 is hier als meest representatief geacht omdat deze het beste aansluit bij de korrelspanningen van deze grondlaag in het terrein. Opvallend is daarbij dat de spreiding in de c en tg ϕ van de raaklijn 3 aanzienlijk kleiner is dan die in de raaklijn 2.

Bij de monsters 53B en 54A komt het gebied van raaklijn 2 overeen met dat van de raaklijnen 3 van de overige monsters. De raaklijn 3 van deze twee monsters is representatief voor nog hogere korrelspanningen.

Omdat er voor deze monsters slechts een klein verschil blijkt te bestaan tussen de tweede en derde raaklijn zijn hier de wrijvings-eigenschappen bepaald uit correlatie van de 2^e, 3^e en 4^e hoofdspa-ningparen.

Op bijlage A8.3 is een overzicht gegeven van de aldus bepaalde wrijvingseigenschappen.

Opm.

De raaklijnen van de monsters 65B en 66A liggen allen beneden de "represen-tatieve raaklijn 3". Daarom is geen van de raaklijnen voor deze twee monsters representatief geacht. Voor deze twee monsters zijn daarom geen wrijvingseigenschappen vastgesteld.

A5.2. Veen

A5.2.1. Profiel 1

Zie overzicht celproefresultaten: bijlage A4.1

Totaal aantal monsters: 12

Een zeer sterke afwijking vertonen de monsters 2B en 3; alle raaklijnen van deze twee monsters bevinden zich in het gebied waar de andere monsters hun raaklijn 1 hebben.

Verder blijkt er binnen deze groep weinig uniformiteit te zijn wat be-treft de ligging van de gebieden waarvoor de raaklijnen representatief zijn. Om toch een vergelijking mogelijk te maken van raaklijnen die representatief zijn voor een bepaald gebied is een nieuwe indeling gemaakt voor drie raaklijnen A, B en C.

Vershil tussen raaklijn A en B

<u>Indeling raaklijnen</u>				
<u>monster</u>	<u>raaklijn A</u>		<u>raaklijn B</u>	
20	raaklijn 1		raaklijn 2	
21A	"	2	"	3
21B	"	2	"	3
2A	"	1	"	2
8	"	1	"	2
9B	"	1	"	2
15A	"	1	"	2
15B	"	2	"	3
16A	"	1	"	2

Resultaat van tekentoets:

T = 9 significant verschil

voor verschil tussen raaklijn A en B:

n = 9 (5% significantiegebied; T=7)

Verskil tussen raaklijn B en C

Indeling raaklijnen

monster	raaklijn B		raaklijn C	
20	raaklijn 2		raaklijn 3	
2A	"	2	"	3
8	"	2	"	3
9A	"	2	"	3
9B	"	2	"	3
15A	"	2	"	3
16A	"	2	"	3

resultaat van tekentoets voor verschil tussen raaklijnen B en C:

T = 1 geen significant verschil

n = 7

Op bijlage A7.1 zijn de gemiddelde raaklijn A, de gemiddelde raaklijn B en de gemiddelde raaklijn C uitgezet. Gewezen wordt op de aanzienlijk steilere helling van raaklijn A t.o.v. B, welk verschil significant is volgens de tekentoets. Deze steile helling is waarschijnlijk een gevolg van het te klein blijven van de kleinste cirkel, zodat raaklijn A niet representatief te achten is voor het gedrag van een monster. Omdat de raaklijnen van de monsters 2B en 3 zich allen in dit gebied van raaklijn A bevinden zijn geen van de gegeven raaklijnen representatief geacht voor deze monsters. Als gevolg daarvan zijn voor deze monsters geen wrijvingseigenschappen te bepalen.

De verschillen tussen de gemiddelde raaklijn B en de gemiddelde raaklijn C blijken zeer klein te zijn, hetgeen overeenstemt met de uitslag van de tekentoets.

Van de monsters 21A, 21B en 15B bevindt alleen raaklijn 3 zich in het gebied van de raaklijnen B en C, zodat voor deze monsters alleen de derde raaklijn representatief gesteld is voor deze monsters. Voor de overige monsters wordt de beste "raaklijn" bepaald door correlatie van de 2^e, 3^e en 4^e hoofdspinning. De aldus bepaalde wrijvingseigenschappen

zijn weergegeven op bijlage A9.1.

A5.2.2. Profiel 2

Zie overzicht celproefresultaten: bijlage A4.2.

Totaal aantal monsters: 12

Bij deze groep is meer uniformiteit in de gebieden waarvoor de raaklijnen representatief zijn dan bij de vorige groep. Slechts één monster, no. 28 wijkt wat dit betreft duidelijk af. De eerste raaklijn is hier representatief voor een zeer klein gebied en de tweede en derde raaklijn komen hierdoor overeen met het gebied van resp. raaklijn één en twee van de overige monsters. De monsters 34, 40 en 28 worden hier apart beschouwd, omdat deze monsters wat betreft de veensoort duidelijk afwijken van de overige monsters uit deze groep. Dit blijkt zowel uit de beschrijving van de monsters als de volumegewichten en watergehalten. Voor de monsters 34 en 40 blijkt de eerste raaklijn duidelijk steiler te lopen dan van de tweede en derde raaklijn. Bij het monster 28 doet ditzelfde zich voor tussen de tweede en derde raaklijn, die volgens de eerder gemaakte opmerking overeenkomt met resp. de raaklijn 1 en 2 van de overige monsters. Voor dit monster 28 is daarom de raaklijn 3 representatief geacht. De raaklijnen 2 en 3 van de monsters 34 en 40 vertonen nauwelijks onderling verschil, zodat hier de beste "raaklijn" bepaald is uit correlatie van de 2^e, 3^e en 4^e hoofdspanningsparen.

Toepassing van de tekentoets op de overige 9 monsters levert de volgende resultaten op:

Vershil tussen raaklijn 1 en 2: $T = 9$ significant verschil
 $n = 9$ (5% significantiegebied $T = 7$).

Vershil tussen raaklijn 2 en 3: $T = 9$ significant verschil
 $n = 9$

Op bijlage A7.2 waar van deze monsters de gemiddelde raaklijn 1, de gemiddelde raaklijn 2 en de gemiddelde raaklijn 3 zijn uitgezet, zijn deze verschillen duidelijk waarneembaar.

Omdat het gebied waarvoor raaklijn 3 representatief is, het best aansluit bij de korrelspanningen in het terrein is deze derde raaklijn representatief geacht voor het gedrag van monsters uit deze grondlaag.

De aldus bepaalde c en $tg \phi$ waarde zijn weergegeven op bijlage A9.2

A5.2.3. Profiel 3 (veen)

Zie overzicht celproefresultaten: bijlage A4.3

Totaal aantal monsters : 12

De monsters 58A en 64B zijn wat betreft hun veensoort sterk afwijkend van de overige monsters. Dit blijkt zowel uit de beschrijving van de monsters als uit het volumegewicht en watergehalte. Verder zijn de gebieden waarvoor de raaklijnen van deze monsters representatief zijn zoveel lager gelegen dan de korrelspanningen in het terrein, dat geen van deze raaklijnen representatief gesteld kan worden voor het gedrag van monsters uit die laag. Voor deze monsters 58A en 64B zijn daarom geen wrijvingseigenschappen vastgesteld.

Toepassing van de tekentoets op de overige 10 monsters levert de volgende resultaten:

raaklijn 1 en raaklijn 2 : $T = 10$ significant verschil
 $n = 10$ (5% significantiegebied $T = 8$)

raaklijn 2 en raaklijn 3 : $T = 9$ significant verschil
 $n = 10$

Op bijlage A7.3 waar van deze monsters de gemiddelde raaklijn 1, raaklijn 2 en raaklijn 3 zijn uitgezet, zijn deze verschillen ook duidelijk waarneembaar. Omdat de gebieden waarvoor raaklijn 3 representatief is bij de meeste monsters het best aansluit bij de korrelspanningen in het terrein is deze raaklijn representatief geacht voor het gedrag van monsters uit deze grondlaag. Alleen bij de monsters 50 en 52 ligt de derde raaklijn aanzienlijk boven de korrelspanningen in het terrein en is een keuze gemaakt voor raaklijn 2.

De aldus bepaalde c en $tg \phi$ waarde zijn weergegeven op bijlage A9.3.

A5.3 Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)

A5.3.1. Profiel 1

Zie overzicht celproefresultaten : bijlage A5.1

In deze laag wordt over een kleiner aantal monsters beschikt dan bij de voorgaande lagen. Het is dan ook minder makkelijk om hier conclusies te trekken omtrent het wrijvingsgedrag van de hele laag. Daar komt nog bij dat zich vrij grote verschillen voordoen tussen

de monsters. Zo vertonen de raaklijnen van de monsters 6A, 6B en 18B bijzonder lage c-waarden en soms zelfs negatieve c-waarden. Bij nadere beschouwing blijkt dat de monsters 6A en 6B in slechte staat verkeerden als gevolg van het niet werken van de afsluiter bij het omhoog halen van de boring. Voordat deze monsters in het celapparaat geplaatst zijn, zijn zij eerst bijgewerkt. Evenzo vertoonde het verloop van de celproef op monster 18B onregelmatigheden; het monster moest opnieuw ingezet worden. Met het oog op de hier genoemde feiten en de grote verschillen in het wrijvingsgedrag t.a.v. de andere monsters leek het verstandig deze monsters niet bij het onderzoek te gebruiken, met als gevolg dat er slechts vier monsters voor deze laag overblijven.

Bij alle vier de overblijvende monsters is de eerste raaklijn steiler dan de tweede. Waarschijnlijk is dit weer het gevolg van het te klein blijven van de eerste cirkel. Het eerste spanningspaar is dus in ieder geval buiten beschouwing gelaten.

Bij drie van de vier monsters is de tweede raaklijn steiler dan de derde en bij een monster (12) is dit niet het geval.

Omdat de korrelspanningen in het terrein ook net zo'n beetje op de overgang van de tweede naar de derde raaklijn liggen zou het bovendien moeilijk zijn om een te representatieve raaklijn te kiezen. De wrijvings-eigenschappen zijn daarom bepaald door correlatie van de drie grootste hoofdspanningsparen.

Op bijlage A10.1 zijn de aldus bepaalde c en tg ϕ waarde weergegeven.

A5.3.2 Profiel 3

Zie overzicht celproefresultaten: bijlage A5.2

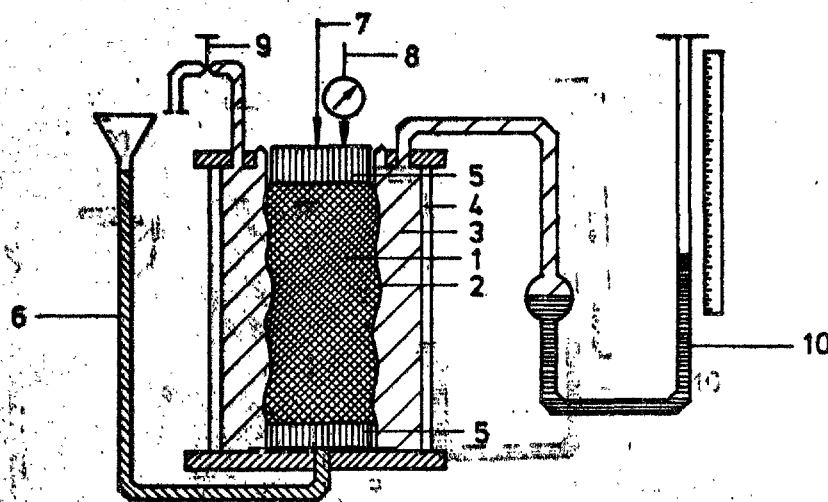
Klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)

In deze laag wordt ook over slechts vier monsters beschikt, waardoor het wrijvingsgedrag van de hele laag niet zo scherp is te bepalen.

Bij alle vier de monsters is echter weer raaklijn 1 steiler dan raaklijn 2.

Bovendien is raaklijn twee bij alle vier steiler dan raaklijn 3. Omdat bovendien de korrelspanningen in het terrein hier boven het representatieve gebied van raaklijn 2 gelegen zijn, is voor deze monsters de raaklijn 3 als meest representatief geacht.

Op bijlage A10.2 zijn de aldus bepaalde c en tg ϕ waarden weergegeven.



PRINCIPE OPBOUW CELAPPARAAT *

- 1 grondmonster
- 2 rubberzak, aan de onderzijde direct verbonden met de bodemplaat, aan de bovenzijde via een plooï aan de bovenplaat.
- 3 steunvloeistof
- 4 glazen celwand
- 5 poreuze steen
- 6 standpijpje, via poreuze steen in open verbinding met het poriënwater in het monster.
- 7 verticale belasting op het monster
- 8 meethorloge voor de verticale verplaatsing van bovenkant monster (zakking)
- 9 mohl-kraantje
- 10 kwikmanometer (capillair)

* overgenomen uit het rapport:

"geconsolideerde celproeven", door F.J. van Duren.
rapport SE-2.AJ-II (Laboratorium voor Grondmechanica)

PRINCIPE OPBOUW CELAPPARAAT

BIJLAGE A 1

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

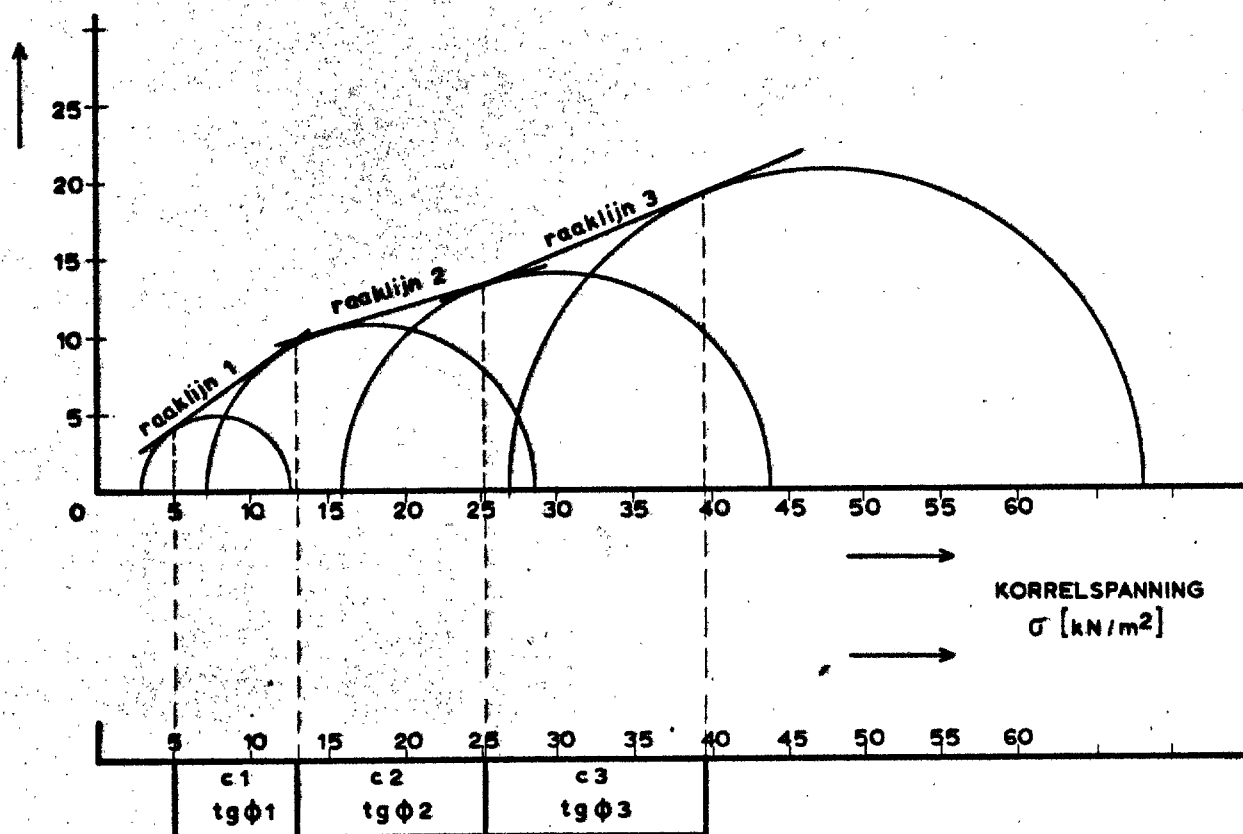
gem	get	gez
	vdl 10-76	

A4

WERKNR.	S-75.015
TEK. NR.	76.380

DIAGRAM VAN MOHR

SCHUIFSPANNING
 τ [kN/m²]



WIJZE VAN PRESENTATIE VAN DE CELPROEFRESULTATEN OP DE BIJLAGEN:

A3.1 t/m A5.2

PRESENTATIE CELPROEFRESULTATEN

BIJLAGE A2

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	V.D.L.	
	9-76	

A4

WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.349

PROFIEL : 1

GRONDLAAG: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

▽ KORRELSPANNING IN TERREIN

MONSTER		KORRELSPANNING σ [kN/m ²]									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1-1-22	c tgφ		1,50 0,4514	→ ▽ 0,83 0,4952	← 1,77 0,4541						
1-1-23A	c tgφ		0,84 0,4731	← ▽ 0,85 0,4726	← 1,58 0,4441						
1-1-23B	c tgφ		0,91 0,4722	← 2,08 0,3989	→ ▽ 1,98 0,4029						
1-2-4A	c tgφ		1,64 0,3945	← 2,61 0,3299	→ ▽ -0,25 0,4487						
1-2-4B	c tgφ		0,61 0,5198	← 0,82 0,5040	← ▽ 1,62 0,4653						
1-2-5	c tgφ	0,06 0,6168	← 2,14 0,4115	→ 1,22 0,4645	▽						
1-3-10A	c tgφ	0,85 0,6412	← 3,31 0,3613	→ ▽ 3,04 0,3785							
1-3-10B	c tgφ	0,87 0,4845	← 1,15 0,4592	→ ▽ 0,65 0,4888							
1-3-11	c tgφ	1,89 0,3920	← 3,39 0,3062	→ ▽ 3,16 0,3156							
1-4-16B	c tgφ	1,58 0,4694	← 2,32 0,4195	→ ▽ 2,05 0,4311							
1-4-17A	c tgφ	2,66 0,6222	← 5,07 0,4168	→ ▽ 4,54 0,4430							
1-4-17B	c tgφ	0,74 0,5971	← 4,49 0,3255	→ ▽ 3,12 0,3842							
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										

PROFIEL : 2

GRONDLAAG: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

▽ KORRELSPANNING IN TERREIN

MONSTER		KORRELSPANNING σ [kN/m ²]									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2-1-35A	c tgφ	2,02 0,4594		5,27 0,2469		0,65 0,4329					
2-1-35B	c tgφ	1,89 0,6137		5,99 0,2989		6,81 0,2640	▽				
2-1-36A	c tgφ	1,54 0,6690		4,94 0,3876		6,59 0,3122	▽				
2-1-36B	c tgφ	2,28 0,6352		6,37 0,3019		8,77 0,1993		▽			
2-2-41A	c tgφ	2,27 0,4495		5,59 0,2311		3,43 0,3153					
2-2-41B	c tgφ	0,79 0,7442		7,01 0,2449		8,17 0,1980	▽				
2-2-42A	c tgφ	3,04 0,4969		7,19 0,2047		4,03 0,3297	▽				
2-2-42B	c tgφ	1,45 0,4609		3,70 0,3183		4,16 0,3008		▽			
2-3-47A	c tgφ	3,73 0,3344		3,62 0,3415		3,93 0,3285					
2-3-47B	c tgφ	2,20 0,6553		6,88 0,2748		5,34 0,3417	▽				
2-3-48A	c tgφ	3,16 0,4513		4,83 0,3322		5,82 0,2910	▽				
2-3-48B	c tgφ	1,08 0,5456		2,03 0,4838			▽		5,93 0,3354		
2-4-29A	c tgφ	1,76 0,5660		5,63 0,2852		3,41 0,3778					
2-4-29B	c tgφ	1,11 0,6299		4,53 0,3676		2,80 0,4454	▽				
2-4-30A	c tgφ	2,73 0,5300		5,70 0,3065		4,73 0,3488	▽				
2-4-30B	c tgφ	2,87 0,5954		7,16 0,2558		4,91 0,3527	▽				

PROFIEL : 3

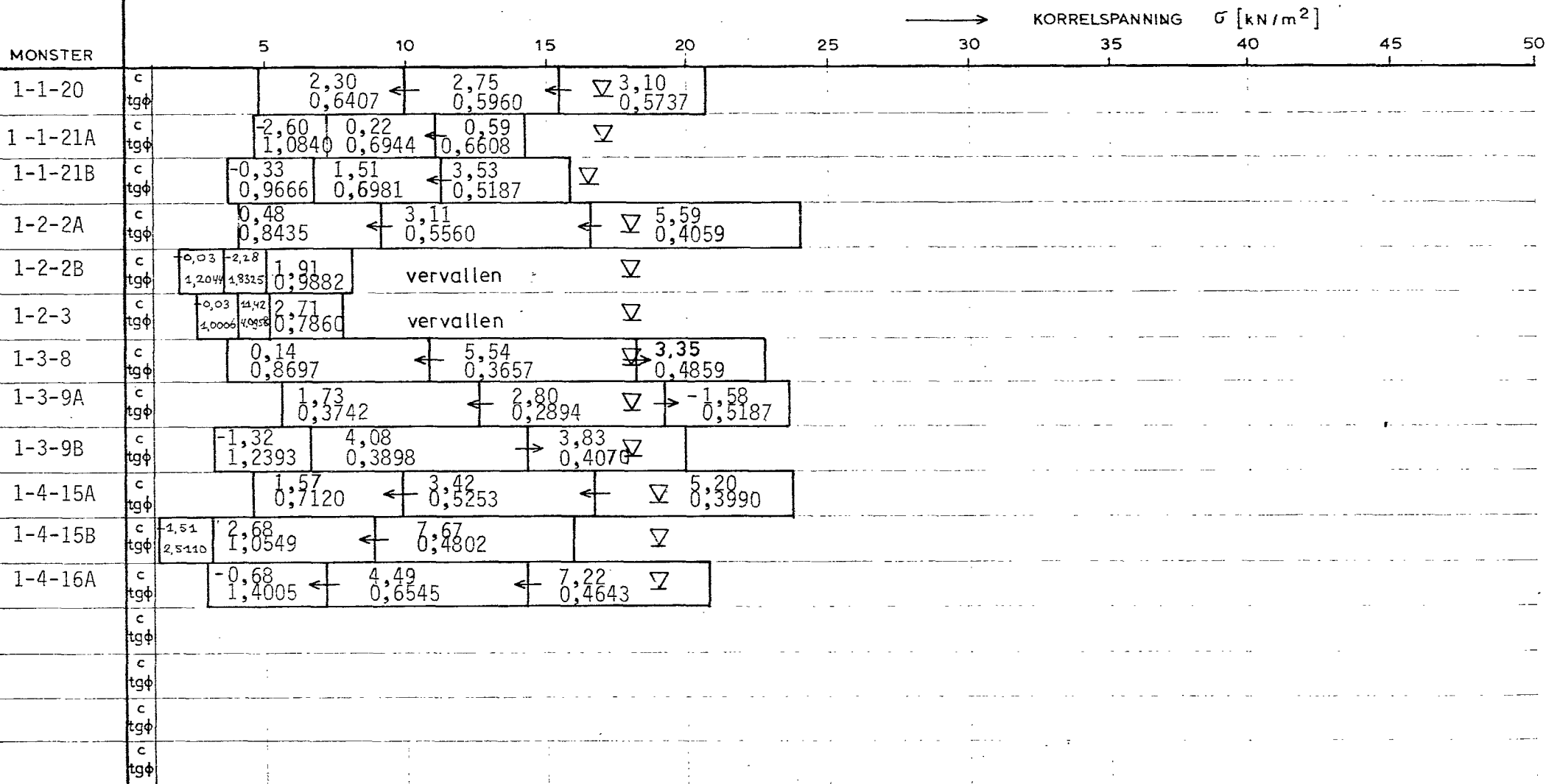
GRONDLAAG : klei (boven scheidingsveenlaagje)

▽ KORRELSPANNING IN TERREIN

MONSTER		KORRELSPANNING σ [kN/m ²]									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
3-4-58B	c tgφ	2,66 0,8767		11,10 0,1314		8,76 0,2217	▽				
3-4-59	c tgφ	1,06 0,7123		6,45 0,2820		8,59 0,1946	▽				
3-4-60A	c tgφ	-0,14 0,7133		3,33 0,4411		7,07 0,2758		▽			
3-3-53A	c tgφ	0,91 0,7080		4,67 0,4183		3,78 0,4561	▽				
3-3-53B	c tgφ	3,30 0,4971				8,95 0,2195			5,05 0,3223		
3-3-54A	c tgφ	3,81 0,5568				8,47 0,3168	▽		8,21 0,3243		
3-2-71A	c tgφ	1,92 0,8204		9,07 0,1829		9,56 0,1635	▽				
3-2-71B	c tgφ	2,17 0,7109		6,91 0,3039		8,92 0,2176	▽				
3-2-72A	c tgφ	-2,35 1,6659	5,19 0,5827		11,39 0,2494		▽				
3-2-72B	c tgφ	1,85 0,7898		6,03 0,4000		8,21 0,2987		▽			
3-1-65A	c tgφ	0,54 1,0235		7,00 0,3461		10,02 0,2082	▽				
3-1-65B	c tgφ	0,15 0,9416		2,86 0,6330		5,66 0,4704		▽			
3-1-66A	c tgφ	1,63 0,8302		4,38 0,5136	-0,17 0,8382				▽		
	c tgφ										
	c tgφ										
	c tgφ										

PROFIEL : 1
GRONDLAAG : veen

▽ KORRELSPANNING IN TERREIN



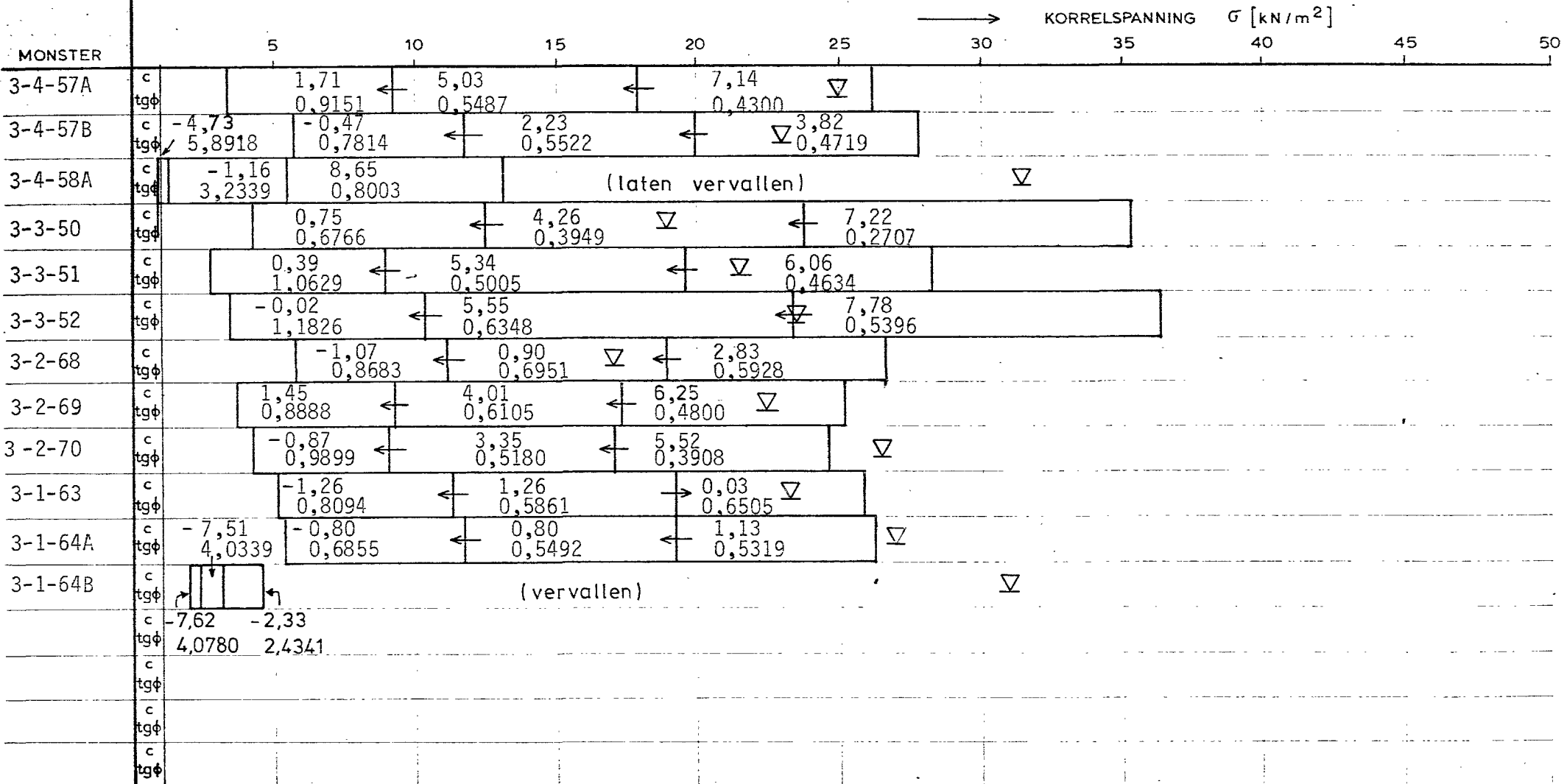
PROFIEL : 2
GRONDLAAG : Veen

▽ KORRELSPANNING IN TERREIN

MONSTER		KORRELSPANNING σ [kN/m ²]									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2-1-33A	c		-0,05	0,58	1,46	▽					
	tgφ		0,6372	0,5766	0,5221	▽					
2-1-33B	c		1,41	2,94	4,57	▽					
	tgφ		0,7302	0,5864	0,4962	▽					
2-1-34	c		-0,05	7,14	7,21	▽					
	tgφ		1,2376	0,3687	0,3655	▽					
2-2-38	c		0,77	2,92	5,35						
	tgφ		0,7101	0,5275	0,4075						
2-2-39	c		1,44	3,64	8,27	▽					
	tgφ		1,026	0,7414	0,4421	▽					
2-2-40	c		1,20	3,43	2,83	▽					
	tgφ		0,7627	0,5312	0,5692	▽					
2-3-44	c		0,67	3,33	5,16						
	tgφ		0,7743	0,5277	0,4304						
2-3-45	c		0,31	3,89	5,42						
	tgφ		0,8559	0,4339	0,3486						
2-3-46	c		1,06	4,65	9,14	▽					
	tgφ		1,1043	0,6317	0,3574	▽					
2-4-27A	c		0,38	3,82	6,88						
	tgφ		0,8458	0,5220	0,3673						
2-4-27B	c		0,20	1,41	2,22						
	tgφ		0,5955	0,4862	0,4405						
2-4-28	c		3,49	8,50		▽					
	tgφ		1,0068	0,5354							
	c		-0,787								
	tgφ		5,9250								
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										

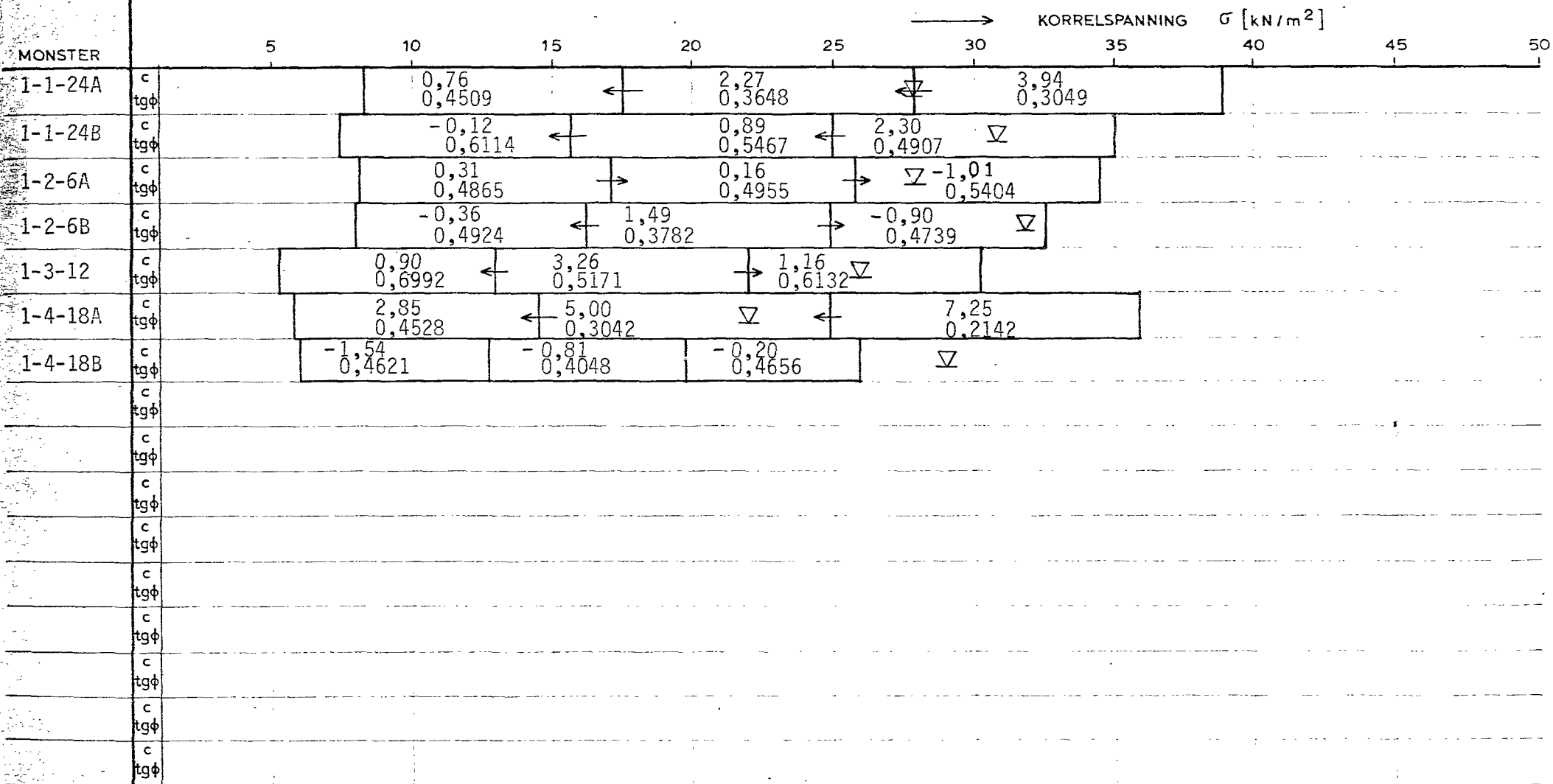
PROFIEL : 3
GRONDLAAG : veen

▽ KORRELSPANNING IN TERREIN



PROFIEL : 1
GRONDLAAG: klei (onder scheidingsveenlaagje)

▽ KORRELSPANNING IN TERREIN



PROFIEL: 3
GRONDLAAG: klei (onder scheidingsveenlaagje)

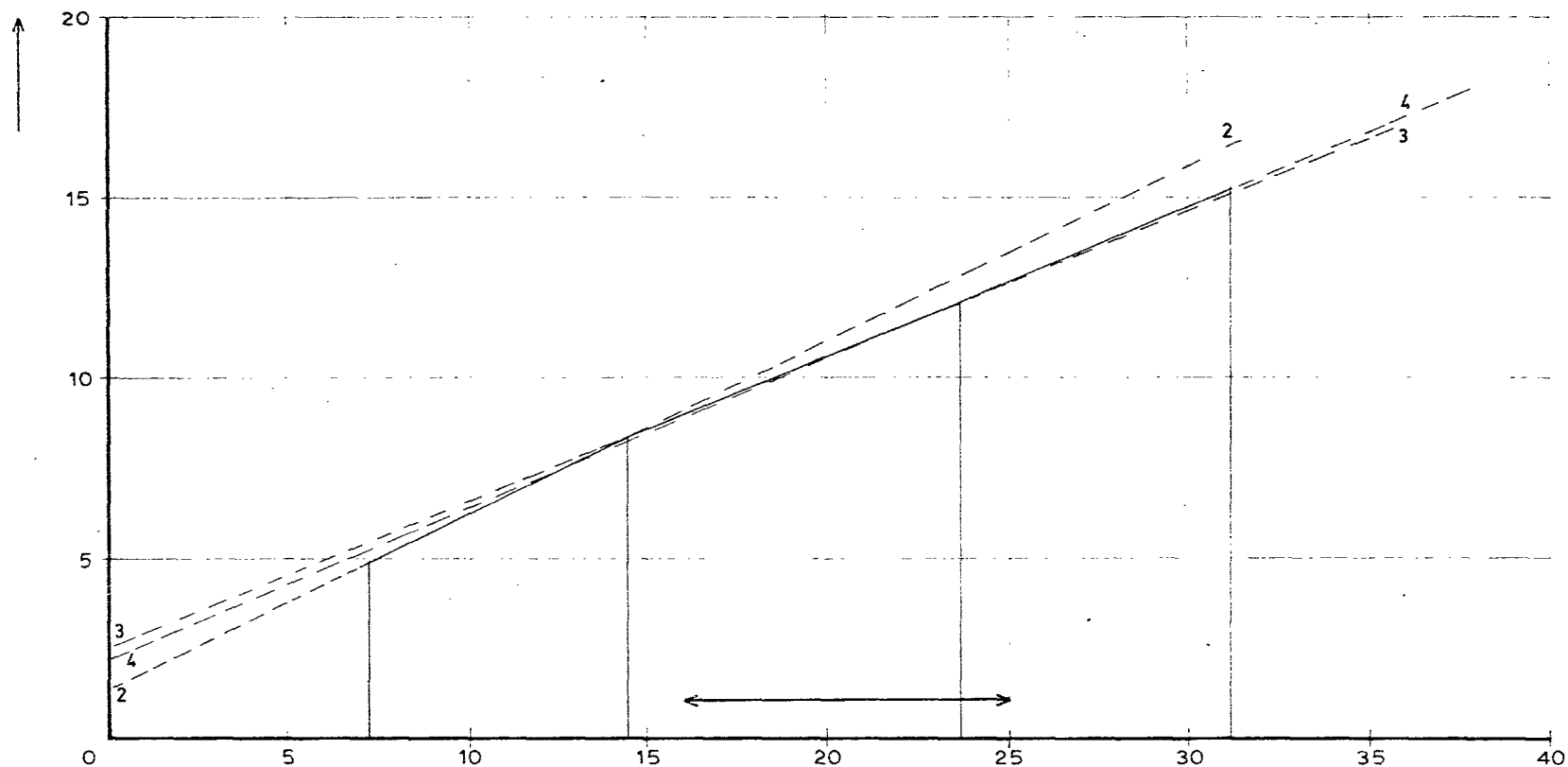
▽ KORRELSPANNING IN TERREIN

MONSTER		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		KORRELSPANNING σ [kN/m ²]									
3-4-60B	c		-0,43	2,69	6,05						
	tgφ		0,6765	0,4419	0,2953				▽		
3-3-54B	c		1,32	2,66	4,02						
	tgφ		0,5886	0,4919	0,4370			▽			
3-2-72C	c		0,38	4,51	5,01						
	tgφ		0,8218	0,4487	0,4241			▽			
3-1-66B	c		0,59	2,10	3,08						
	tgφ		0,6101	0,4936	0,4476				▽		
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										
	c										
	tgφ										

GROEP: 1

GRONDLAAG: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

SCHUIFSPANNING
 τ [kN/m²]



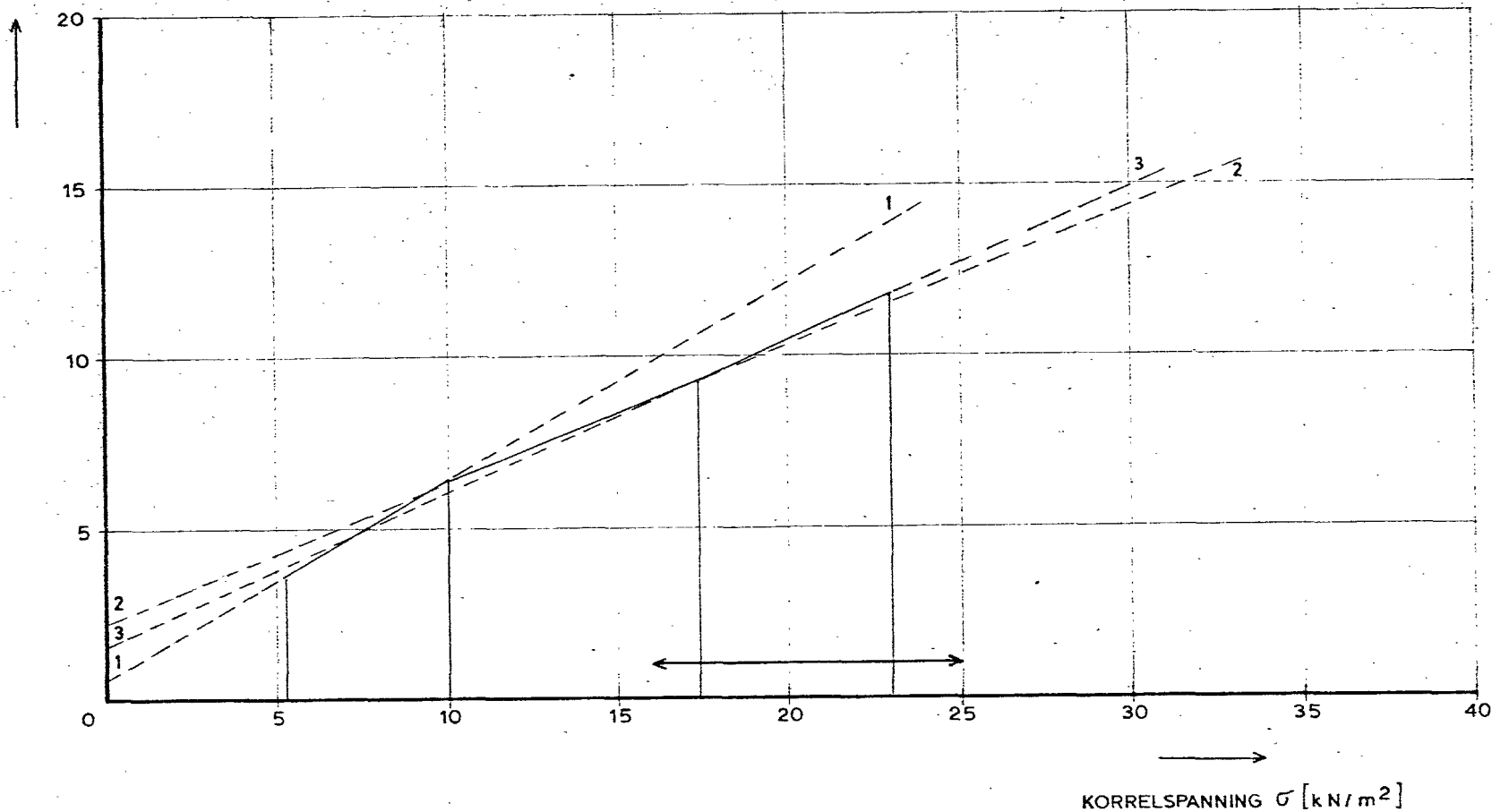
← KORRELSPANNING
IN HET TERREIN

KORRELSPANNING σ [kN/m²]

	0	5	10	15	20	25	30	35	40
c (STANDAARD AFW.)		1,37	(0,66)	2,50	(1,58)	2,17	(1,33)	exclusief	
tg ϕ (")		0,4880	(0,0799)	0,4076	(0,0746)	0,4210	(0,0471)	monsters 5, 10A en 10B	

GROEP: 1
GRONDLAAG: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

SCHUIFSPANNING
 τ [kN/m²]



c	(STANDAARD AFW)	0,59 (0,46)	2,20 (1,08)	1,64 (1,25)	gemiddelde van
tg ϕ	"	0,5808 (0,0843)	0,4107 (0,049)	0,440 (0,0580)	monsters 5, 10A en 10B

C.O.W. GEMIDDELDEN VAN DE RAAKLIJNEN 1, 2 en 3

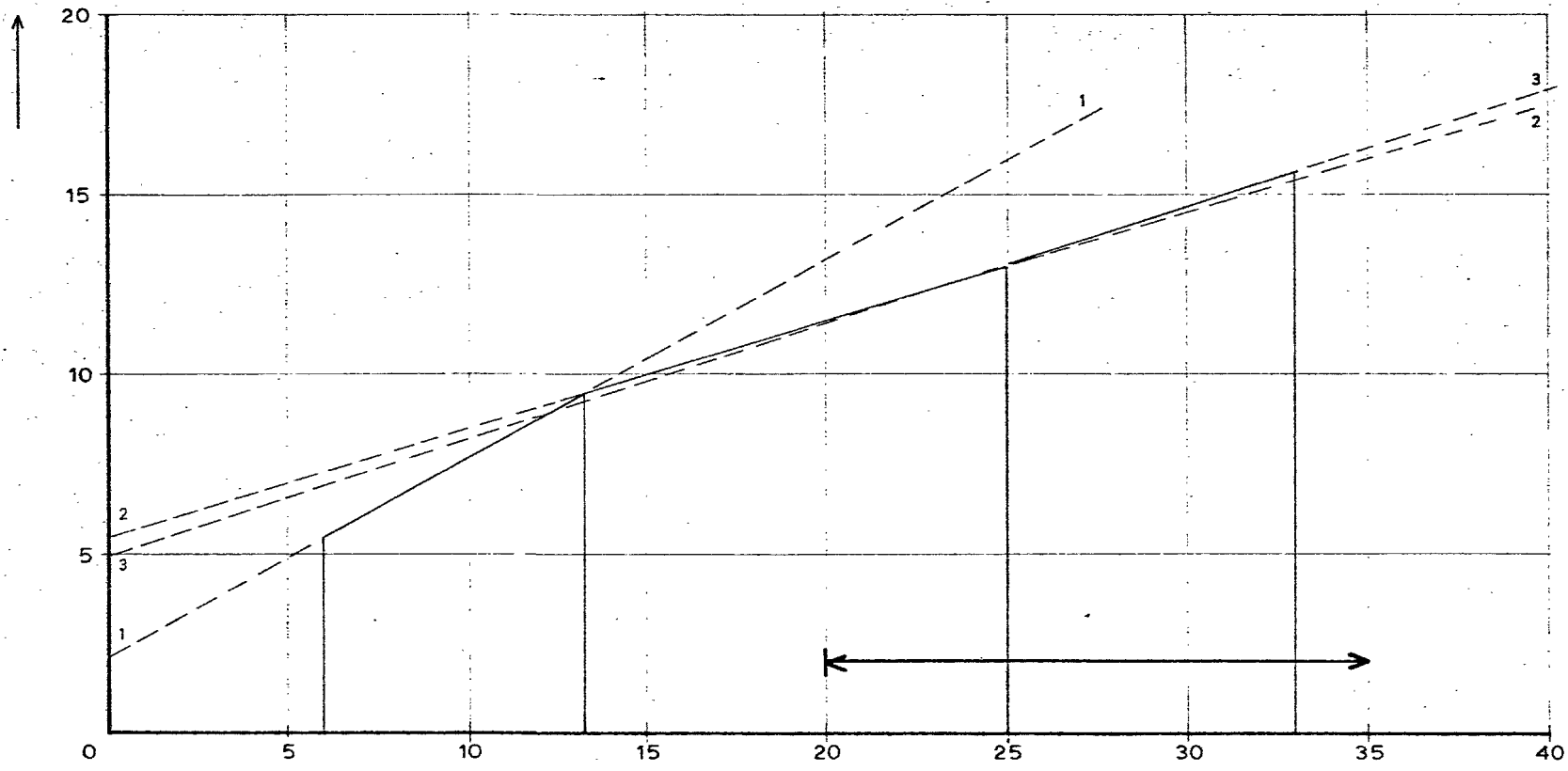
BIJLAGE A6.1.b

A 4

S- 75.015
76.377

GROEP: 2
 GRONDLAAG: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

SCHUIFSPANNING
 τ [kN/m²]



← KORRELSPANNING
 IN HET TERREIN

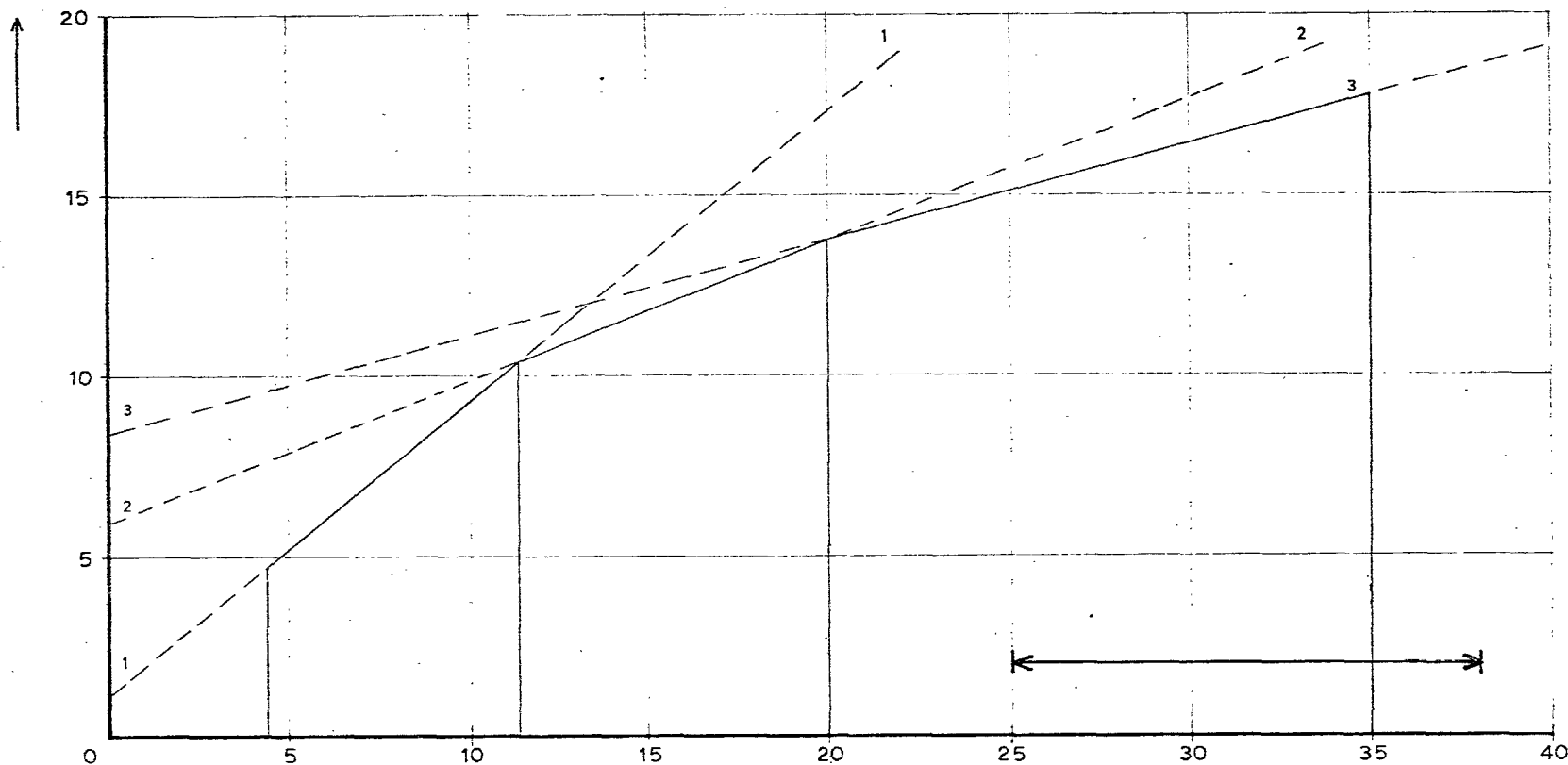
KORRELSPANNING σ [kN/m²]

		0	5	10	15	20	25	30	35	40
c	(standaard afw.)	2,12 (0,85)	5,42 (1,43)				4,97 (2,06)			
tgφ	(" ")	0,5523 (0,1060)	0,3051 (0,0689)				0,3233 (0,0675)			

GROEP: 3

GRONDLAAG: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

SCHUIFSPANNING
 τ [kN/m²]



← KORRELSPANNING
IN HET TERREIN

KORRELSPANNING σ [kN/m²]

		0	5	10	15	20	25	30	35	40
c	STANDAARD	1,16 (0,87)	5,95 (2,43)	8,42 (1,99)						
tgφ	AFWIJKING)	0,8118 (0,1158)	0,3932 (0,1531)	0,2654 (0,0785)						

C.O.W. GEMIDDELDEN VAN DE RAAKLIJNEN 1, 2 en 3

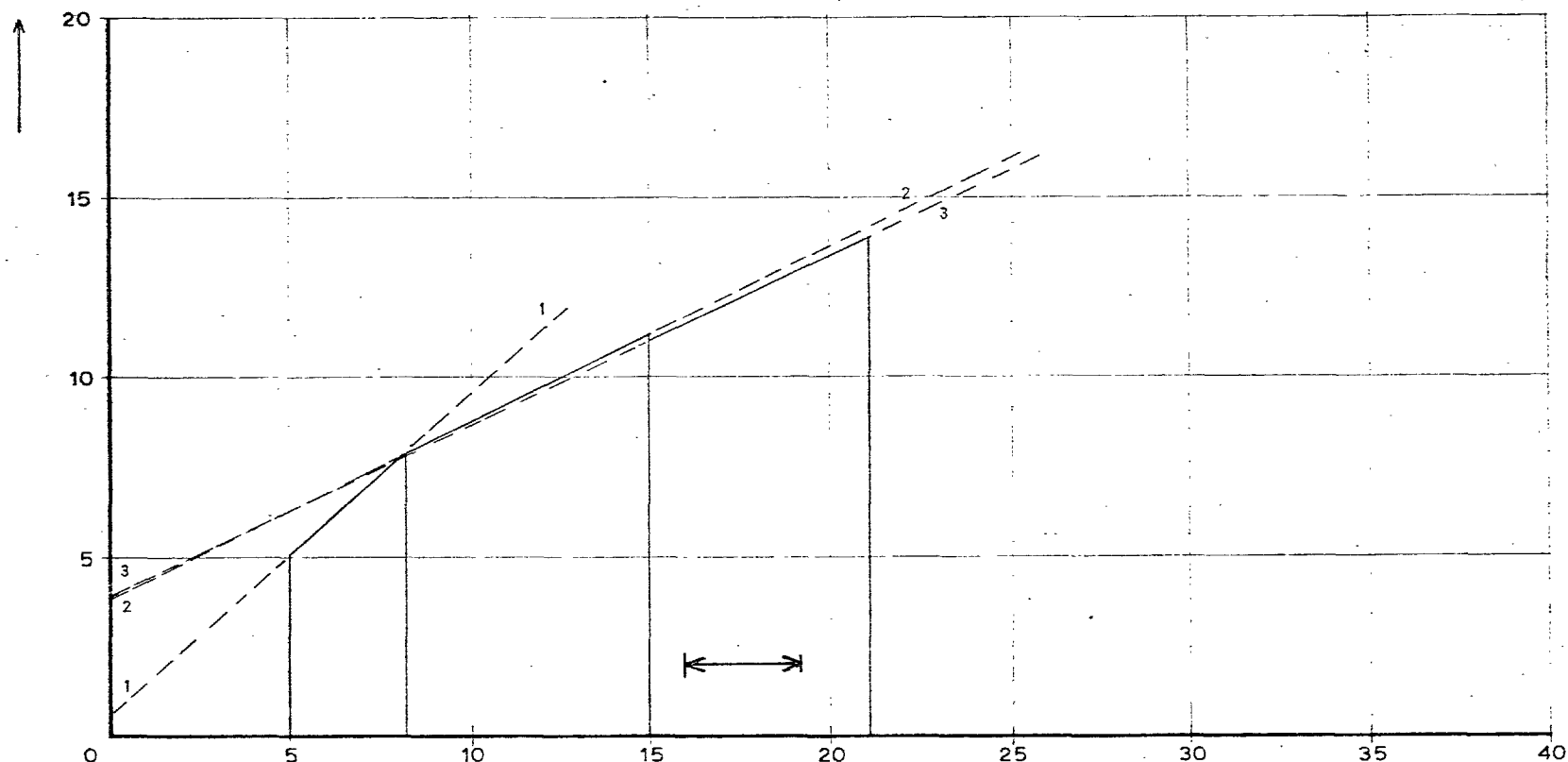
BIJLAGE A6.3

A 4

S- 75.015
76.373

GROEP: 1
GRONDLAAG: veen

SCHUIFSPANNING
 τ [kN/m²]



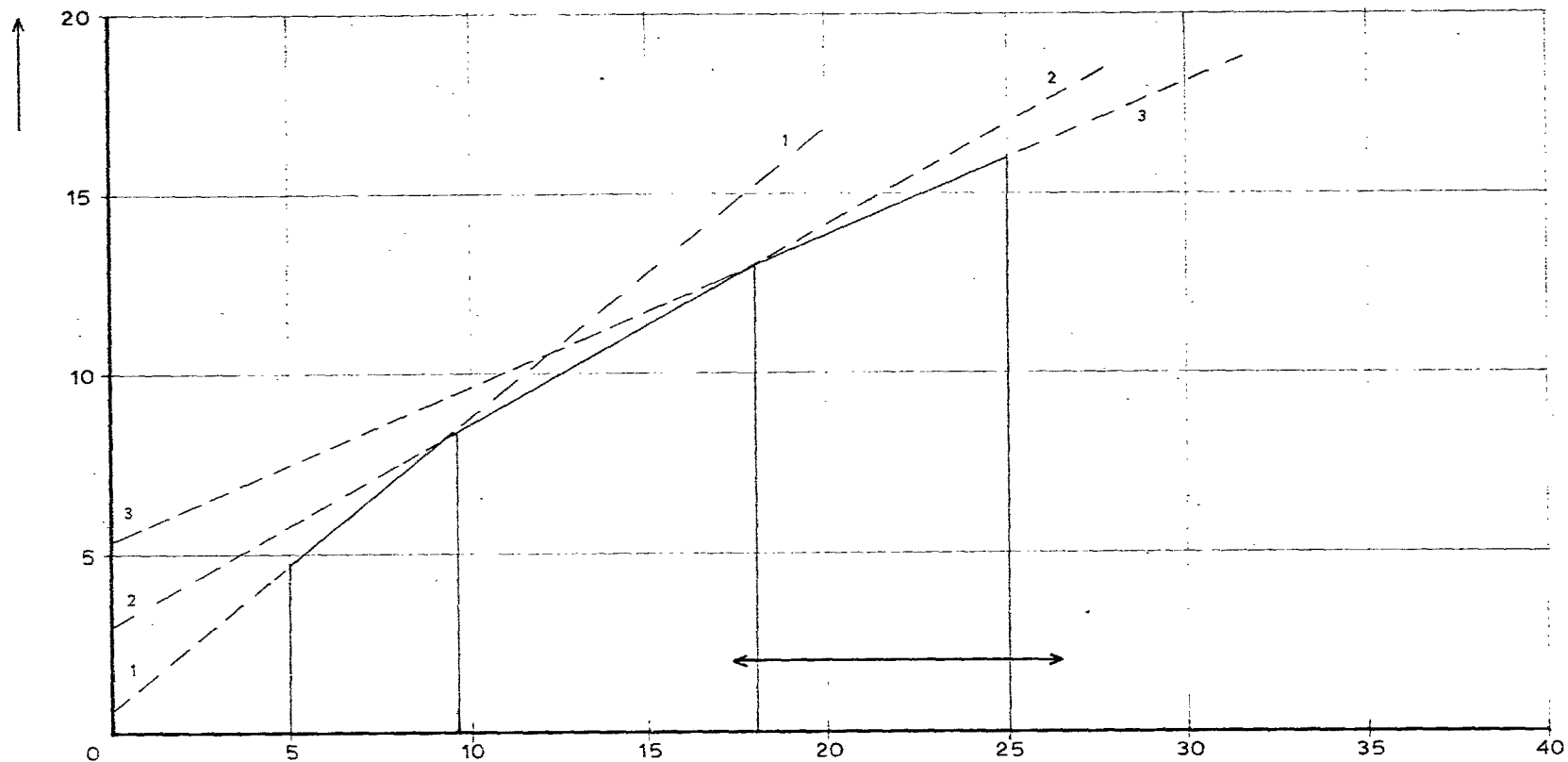
←→ KORRELSPANNING
IN HET TERREIN

KORRELSPANNING σ [kN/m²]

c	0,64	3,80	3,87	
tg ϕ	0,8815	0,4949	0,4746	

GROEP: 2
GRONDLAAG: veen

SCHUIFSPANNING
 τ [kN/m²]



← KORRELSPANNING
IN HET TERREIN

KORRELSPANNING σ [kN/m²]

0	5	10	15	20	25	30	35	40
c		0,69	3,02		5,38			
tgφ		0,8088	0,5593		0,4235			

C.O.W. GEMIDDELDEN VAN DE RAAKLIJNEN 1, 2 en 3

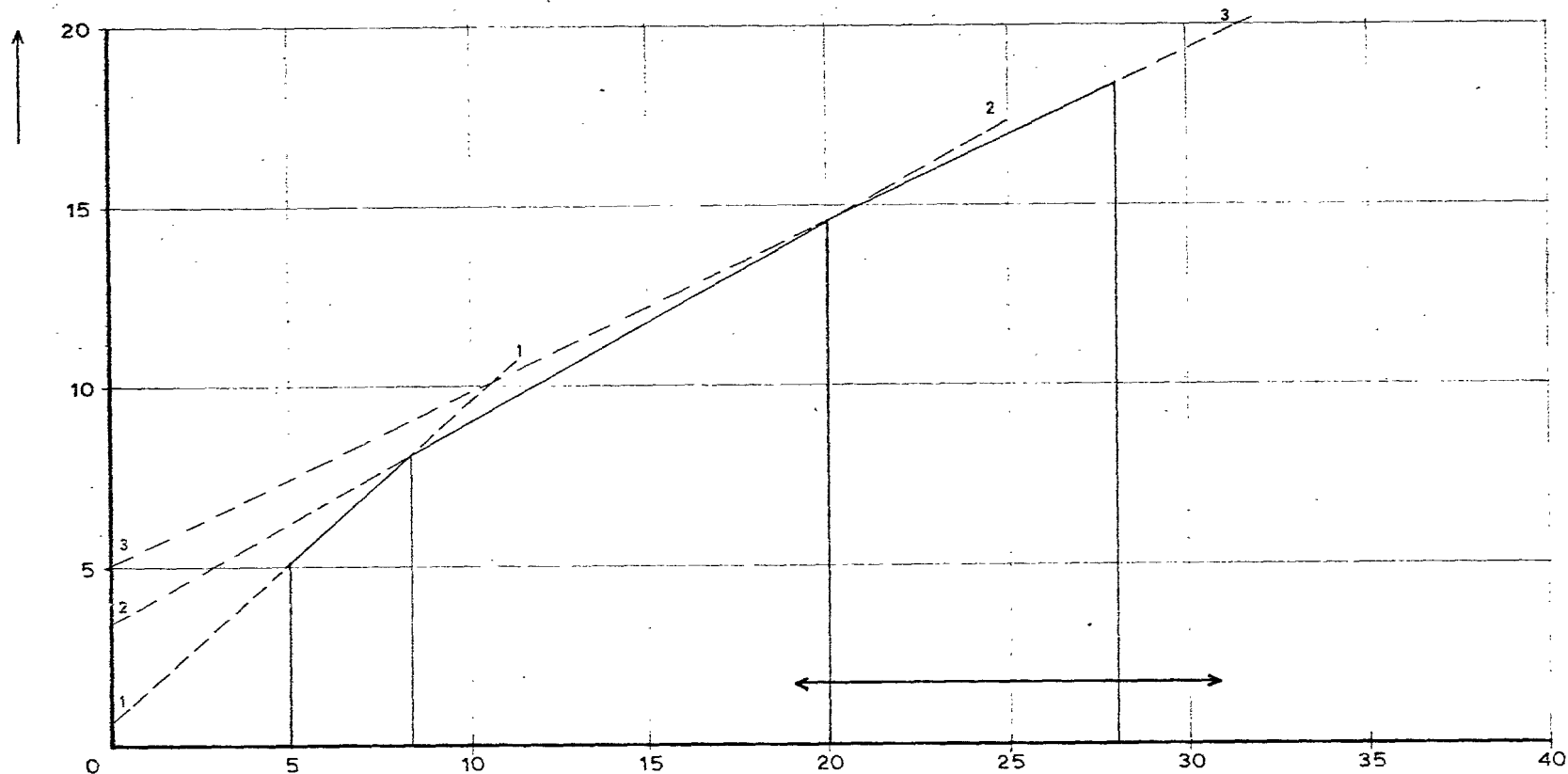
BIJLAGE A7.2

A 4

S- 75.015
76.375

GROEP : 3
GRONDLAAG: veen

SCHUIFSPANNING
 τ [kN/m²]



← KORRELSPANNING
IN HET TERREIN

KORRELSPANNING σ [kN/m²]

0	5	10	15	20	25	30	35	40
c		0,77	3,27		4,78			
tg ϕ		0,8783	0,5590		0,4822			

C.O.W.

GEMIDDELDEN VAN DE RAAKLIJNEN 1, 2 en 3

BIJLAGE A7.3

A4

S- 75.015
76.376

GRONDSOORT: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

PROFIEL : 1

BORING	MONSTER	c [kN/m ²]	tg ϕ	WIJZE VAN BEPALING
1	22	1,22	0,4731	correlatie van 2 ^e , 3 ^e en 4 ^e hoofdspanningsparen. " " "
	23A	1,16	0,4572	
	23B	2,06	0,3999	
2	4A	1,66	0,3831	" " "
	4B	1,05	0,4885	" " "
	5	1,81	0,4368	" " "
3	10A	3,22	0,3696	" " "
	10B	0,97	0,4728	" " "
	11	3,29	0,3111	" " "
4	16B	2,23	0,4248	" " "
	17A	4,84	0,4314	" " "
	17B	3,96	0,3549	" " "

OVERZICHT
REPRESENTATIEVE EIGENSCHAPPEN

BIJLAGE A8.1

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	V.D.L. 9-76	

A4

WERKNR. S-75.015
TEK. NR 76.363

GRONDSOORT: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

PROFIEL : 2

BORING	MONSTER	c [kN/m ²]	tg ϕ	WIJZE VAN BEPALING
1	35A	3,84	0,3239	correlatie van 2 ^e , 3 ^e en 4 ^e hoofdspanningsparen.
	35B	6,33	0,2802	
	36A	5,62	0,3466	
	36B	7,25	0,2494	
2	41A	4,85	0,2699	"
	41B	7,45	0,2205	"
	42A	6,19	0,2589	"
	42B	3,90	0,3086	"
3	47A	3,73	0,3349	"
	47B	6,34	0,3069	"
	48A	5,21	0,3109	"
	48B	3,75	0,3965	"
4	29A	4,90	0,3268	"
	29B	3,93	0,4039	"
	30A	5,40	0,3249	"
	30B	6,43	0,2990	"

OVERZICHT REPRESENTATIEVE EIGENSCHAPPEN				BIJLAGE A8.2	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN				SCHAAL	-
				A4	WERKNR S-75.015 TEK NR 76.364

GRONDSOORT: klei met plantenresten (boven scheidingsveenlaagje)

PROFIEL: 3

BORING	MONSTER	c [kN/m ²]	tg ϕ	WIJZE VAN BEPALING
1	65A	10,02	0,2082	raaklijn 3
	65B	-	-	
	66A	-	-	
2	71B	9,56	0,1635	raaklijn 3
	71B	8,92	0,2176	"
	72A	11,39	0,2494	"
	72B	8,21	0,2987	"
3	53A	3,78	0,4561	raaklijn 3
	53B	7,74	0,2623	} gecorreleerde van 2 ^e , 3 ^e en 4 ^e hoofdspanningsparen.
	54A	8,37	0,3205	
4	58B	8,76	0,2217	raaklijn 3
	59	8,59	0,1946	"
	60A	7,07	0,2758	"

OVERZICHT
REPRESENTATIEVE EIGENSCHAPPEN

BIJLAGE A8.3

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem
get
V.D.L.
9-76

gez

A4

WERKNR. S-75.015
TEK NR. 76.365

GRONDSOORT : veen

PROFIEL : 1

BORING	MONSTER	c [kN/m ²]	tg ϕ	WIJZE VAN BEPALING
1	20	2,87	0,5858	correlatie van 2 ^e , 3 ^e en 4 ^e hoofdspansingsparen
	21A	0,59	0,6608	raaklijn 3
	21B	3,53	0,5187	"
2	2A	4,12	0,4740	correlatie van 2 ^e , 3 ^e en 4 ^e hoofdspansingsparen
	2B	-	-	
	3	-	-	
3	8	4,78	0,4186	"
	9A	1,44	0,3828	"
	9B	3,79	0,4093	"
4	15A	4,30	0,4563	"
	15B	7,67	0,4802	raaklijn 3
	16A	5,63	0,5499	correlatie van 2 ^e , 3 ^e en 4 ^e hoofdspansingsparen

OVERZICHT
REPRESENTATIEVE EIGENSCHAPPEN

BIJLAGE A9.1

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem

get

gez

V.D.L.
9-76

A4

WERKNR S-75.015
TEK NR 76.366

GRONDSOORT : veen (vermengd met zand)

PROFIEL : 2

☐ ☐ Afwijkende monsters; puur veen, geen vermenging met zand.

BORING	MONSTER	c [kN/m ²]	tg ϕ	WIJZE VAN BEPALING
1	{ 33A	1,46	0,5221	raaklijn 3
	{ 33B	4,57	0,4962	"
	☐ 34	7,16	0,3675	correlatie 2, 3 en 4 ☐
2	{ 38	5,35	0,4075	raaklijn 3
	{ 39	8,27	0,4421	"
	☐ 40	3,20	0,5511	correlatie 2, 3 en 4 ☐
3	{ 44	5,16	0,4304	raaklijn 3
	{ 45	5,42	0,3486	"
	{ 46	9,14	0,3574	"
4	{ 27A	6,88	0,3673	"
	{ 27B	2,22	0,4405	"
	☐ 28	8,50	0,5354	raaklijn 3 ☐

OVERZICHT
REPRESENTATIEVE EIGENSCHAPPEN

BIJLAGE A9.2

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	V.D.L.	
	9-76	

A4

WERKNR. S-75.015
TEK NR 76.367

GRONDSOORT : Veen (vermengd met zand)

PROFIEL : 3

BORING	MONSTER	c [kN/m ²]	tg ϕ	WIJZE VAN BEPALING
1	63	0,03	0,6505	raaklijn 3
	64A	1,13	0,5319	"
	64B	-	-	-
2	68	2,83	0,5928	raaklijn 3
	69	6,25	0,4800	"
	70	5,52	0,3908	"
3	50	4,26	0,3949	raaklijn 2
	51	6,06	0,4634	" 3
	52	5,55	0,6348	" 2
4	57A	7,14	0,4300	" 3
	57B	3,82	0,4719	" 3
	58A	-	-	

OVERZICHT
REPRESENTATIEVE EIGENSCHAPPEN

BIJLAGE A9.3

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	V.D.L. 9-76	

A4

WERKNR. S-75.015
TEK. NR. 76.368

GRONDSOORT: klei met plantenresten (beneden scheidingsvoenlaagje)

PROFIEL : 1

BORING	MONSTER	c [kN/m ²]	tg ϕ	WIJZE VAN BEPALING
1	{ 24A 24B	2,93 1,46	0,3338 0,5169	correlatie 2, 3 en 4 " " "
2	{ 6A 6B	- -	- -	} bijgewerkte monsters.
3	12	2,47	0,5658	correlatie 2, 3 en 4
4	{ 18A 18B	5,91 -	0,2564 -	" "

OVERZICHT
REPRESENTATIEVE EIGENSCHAPPEN

BIJLAGE A10.1

SCHAAL -

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

gem	get	gez
	V.D.L.	
	9-76	

A4

WERKNR. S-75.015
TEK NR 76.369

GRONDSOORT : klei met plantenresten (beneden scheidingsveenlaagje)

PROFIEL : 3

BORING	MONSTER	c [kN/m ²]	tg ϕ	WIJZE VAN BEPALING
1	66B	3,08	0,4476	raaklijn 3
2	72C	5,01	0,4241	" 3
3	54B	4,02	0,4370	" 3
4	60B	6,05	0,2953	" 3

OVERZICHT REPRESENTATIEVE EIGENSCHAPPEN			BIJLAGE A10.2	
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN			SCHAAL	-
	gem	get V.D.L. 9-76	gez	A4 WERKNR. S-75.015 TEK NR 76.370