

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
BESTUUR DER WATERWEGEN
ANTWERPSE ZEEDIENSTEN



MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN

BESTUUR DER WATERWEGEN

ANTWERPSE ZEEDIENSTEN

Geotechnisch Onderzoek
in de Beneden Zeeschelde
ten behoeve van de studie van de
Stormvloedkering te Oosterweel
DEEL II

GEOTECHNISCH ONDERZOEK IN DE BENEDEN ZEESCHELDE
TEN BEHOEVE VAN DE STUDIE VAN DE STORMVLOEDKERING TE OOSTERWEEL

INLEIDING

In dit verslag worden de verslagen en de resultaten van een aantal grondverkenningen, uitgevoerd in de omgeving van Oosterweel, gebundeld.

Dit behelst zowel verkenningen, die werden uitgevoerd in opdracht van de Antwerpse Zeediensten ten behoeve van de studie van de S.V.K., als verkenningen uitgevoerd door nijverheidsinstellingen en de Technische Dienst van het Havenbedrijf ten behoeve van hun eigen installaties.

De resultaten van deze verkenningen werden aan deze verschillende instanties zelf opgevraagd en door hen bereidwillig medegedeeld. Het is echter wel te verstaan dat al de verkenningen en in het bijzonder deze uitgevoerd door derden als toelichting worden gegeven om een algemeen beeld te vormen van de kwaliteit, de houdbaarheid en de ligging van verschillende grondlagen; het Rijk kan dan ook niet verantwoordelijk gesteld worden voor hetzij verkeerde gegevens of interpretatiefouten die in sommige van deze verslagen kunnen voorkomen.

De uitvoeringsplaatsen en de aard van deze grondverkenningen hetzij sondering hetzij boring worden aangegeven op het algemeen situatieplan n° C3/6805.

Verder worden op dit plan gegevens vermeld omtrent de diepte van de uitgevoerde verkenning en de ligging van de Boomse klei.

Opmerking : Al de publicaties die in onderhavige rapporten worden vermeld kunnen indien gewenst bij de Antwerpse Zeediensten ingezien of verkregen worden.

DEEL II : GRONDVERKENNINGEN UITGEVOERD DOOR DERDEN
IN DE OMGEVING VAN OOSTERWEEL.

Inhoudstafel.

1. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van N.V. DISTRIGAZ, ten behoeve van haar ondergrondse gasopslagplaatsen.
2. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van AMOCO FINA N.V., ten behoeve van haar installaties.
3. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van POLYOLEFINS N.V., ten behoeve van haar installaties.
4. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van PETROCHIM N.V., ten behoeve van haar installaties.
5. Grondonderzoek uitgevoerd op L. en R.O. van de Zeeschelde in opdracht van A.W.W., ter plaatse van een ontworpen duiker.
6. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van de TECHNISCHE DIENST VAN HET HAVENBEDRIJF, met het oog op de bouw van de Boerinnhesluis.

1. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van N.V. DISTRIGAZ, ten behoeve van haar ondergrondse gasopslagplaatsen.
-

DEEL II : GRONDVERKENNINGEN UITGEVOERD DOOR DERDEN
IN DE OMGEVING VAN OOSTERWEEL.

1. Grondonderzoek uitgevoerd in opdracht van Distrigaz N.V.

De N.V. Distrigaz heeft naar aanleiding van het oprichten van haar installaties op de R.O. en in het bijzonder met het oog op de aanleg van onderaardse reservoirs voor vloeibaar gas in de kleilaag een uitgebreid grondonderzoek laten uitvoeren. Dit onderzoek heeft aanleiding gegeven tot verschillende publicaties (1), (2), (3).

Bij de uitgraving van de toegangsschacht van de ondergrondse opslagruimte werden de grondlagen in situ waargenomen.

De beschrijving van de verschillende lagen, medegedeeld door Distrigaz, is de volgende :

0 tot 5 m : aanaarding met schelpzand

5 tot 7 m : veenachtig slik

7 tot 9 m : veengrond

9 tot 10 m : zeer zanderige veengrond

Deze 4 lagen zijn de aanaarding en het fluviatiel quartair; ze zijn heel weinig vast; het veenachtig slik en het veen zijn vloeïend.

10 tot 11 m : zand met schelpgruis

11 tot 13 m : zeer schelphoudend zand

13 tot 14 m : schelphoudend zand (scaldiaan)

14 tot 26,1 m : glauconiethoudend fijn zand van de Kattendijk (diestiaan)

vanaf dit niveau : klei van Boom.

(De cota van het maaiveld t.p.v. deze toegangsschacht wordt niet vermeld in deze brief maar bedraagt benaderend N.K.D. + 6,20 m). Deze uitgraving wordt op het verzamelplan aangeduid onder nr. B 41.

-
- (1) Prof.dr.ir. E. DE BEER : Spanningen en vervormingen in een kleilaag rondom een cilindrische holte met horizontale as in verslagboek 4e Internationaal Havenkongres, Antwerpen 1964.
 - (2) Prof.dr.ir. E. DE BEER : Studie van de vervormingen van de grond veroorzaakt door de aanleg van onderaardse reservoirs in de Boomse klei in verslagboek 4e Internationaal Havenkongres.
 - (3) 4e Internationaal Havenkongres : Algemeen verslag afdeling Geologie en Grondmechanica, Antwerpen 1964.

De N.V. FORAKY heeft hier eveneens een diepe boring uitgevoerd (B 42). Het boorgat werd drooggeboord met een lepelboor tot 22 m beneden het maaiveld. Nadien werden de monsters volledig gekernd. De monsters werden ter beschikking gesteld van de Aardkundige Dienst van België.

De volgende beschrijving en ontleding werden medegedeeld door deze dienst. (4).

Hoogte maaiveld - onbekend. (waarschijnlijk NKD + 6,20 m)

- 1 - 5 m Opgespoten zand.
- 6 -10 m Klei of zandhoudende veen.
- 11 m Groen grijs kleihoudend zand, enkele schelpbrokken.
- 12-13 m Schelpenlaag.
- 14-16 m Groen grijs, tamelijk fijn zand, enkele schelpen.
- 17-21 m Idem, fijn zand.
- 21-26,50m Geen monsters (nog glauconiethoudend zand en grind volgens de putboorder).
- 26,50 m Een grote Septaria met aan de bovenkant, boorgaten van lithophagen.
- 26,50 -)
- 43,60 m) Geen monsters (volgens de boormeester : klei).
- 43,75 -)
- 44,00 -) Bruingrijsachtige klei, zeer vast, pyrietstaafjes.
- 48,00 m)
- 48,20 -) Vaste, homogene klei, glimmerhoudend licht groen-
- 48,55 m) achtig in vochtige toestand.
- 49,00 m Idem, barst volgens de as der boring.
- 52,00 m Donkergrijze klei, talrijke bleekgrijze spikkelingen, sommige zones met zeer talrijke fijne, verticale pyrietbuisjes, Foraminiferen. Splijt gemakkelijk, longitudinaal gespleten.
- 54,35 m Idem.
- 54,80 m Idem, de bleekgrijze spikkelingen zijn dikker geworden ($\varnothing$ 2 mm) minder en fijnere pyrietbuisjes.
- 55,00 -)
- 57,50 m) Vaste klei, schuin gespleten.
- 57,65 m Grijsgroenachtige klei, talrijke foraminiferen, vischubbetjes, twee gasteropoden (Sassia).

- 58,20 m Zeer vaste klei, pyrietdraadjes.
- 59,00 m Idem, brokkelt af in schilfers. Leda.
- 59,80 m Idem, talrijke verticale pyrietdraadjes.
- 60 m Grof glimmerhoudende klei, resten van wieren? (gepyritiseerd).
- 61,40 m -)
- 62,00 m) Zeer vaste klei, splijt longitudinaal.
- 62 m Idem, met zandhoudende zone, vissschubbetjes.
- 62,80 m Zeer vaste klei, longitudinaal gespleten, verder sterk horizontaal geschilferd.
- 63,30 m Vaste groengrijsachtige klei.
- 64,45 m Idem, schuin gespleten, "witte ogen" (afgeplatte, buisvormige, witachtig resten van onbepaalbaar organisme.)
- 66 m Vaste klei, sterk geschilferd, verticale pyrietbuisjes.
- 66,40 m Zeer vaste klei, zeer glimmerrijk.
- 69,60 m Idem, "witte ogen", verticaal gespleten.
- 70,20 m Idem, coherent.
- 72,00 m Tamelijk bleke klei, schilfert onregelmatig.
- klei met talrijke pyrietdraadjes, niet kalkhoudend.
- een laag geelachtige mergel met Nucula (ca 10 cm dik).
- 73,00 m Grijs homogeen klei, zeer vast (niet schilferachtig), niet kalkhoudend.
- 79,00 m Vaste, samenhangende klei, iets zandhoudend, glimmerrijk.
- 80,70 m Idem, fijne verticale pyrietdraadjes.
- 82,00 m Glimmerrijke klei, talrijke verticale pyrietdraadjes.
- 83,00 m Idem.
- 84,60 m Homogeen klei, een fijn zandhoudende zone met microlensvormige structuur, afdrukken van wieren.
- 85,40 m a) groenachtige klei, wat minder zandhoudend.
- b) meer bruinachtige klei, duidelijk zandhoudend.
- 86,20 m Zandhoudende klei, glimmerrijk.
- 88,00 m Groene klei, zeer vast, talrijke verticale pyrietbuisjes, schilfert onregelmatig.
- 90,00 m Groenachtig zand, zeer kleiachtig, glimmerhoudend, 1 lens vaste klei.
- 90,40 m -)
- 91,20 m) Groenachtige klei met fijn gelaagde, zandige zones, (licht, golvende gelaagdheid).
- 91,50 m Idem.
- 92,20 m Groene klei.
- 94,40 m Zeer fijn, sterk kleiachtig zand, glimmerhoudend.

<u>95,50 m</u>	Zandrijke klei, met lenzen plastische klei.
<u>98,00 m</u>	Groenachtig (bruin in droge toestand) kleiachtig zand, fijn gebioturbeerd.
<u>99,40 m</u>	Idem.
<u>100,60 m</u>	Idem, met talrijke <u>Pecten</u> .
<u>101,60 m</u>	Zeer kleiachtig zand, met kleilenzen, een kleine tweeschalige <u>Cardita</u> .
<u>102,10 m</u>	Glaconiethoudend zand, soort grove tubulaties, lichtjes verhard, gebioturbeerd. a) heterogeen zand, met keien van bruine vuurstenen, en fosfaatconcreties. b) + kleihoudend, heterogeen zand met tubulaties van glauconietisch zand, een gedeeltelijk verteerde <u>Ostrea</u> .
<u>102,85 m</u>	Grijs, samenhangend zand, nesten grijze klei, zand tubulaties, zeer kalkrijk, het zand is tamelijk grof korrelig.
<u>103 m</u>	Fijn, glauconiethoudend zand, niet kalkhoudend.
<u>103,70 m</u>	Idem, met kleine brokjes klei, fijne glauconiethoudende tubulaties (facies Tg1c?).
<u>105 m</u>	Fijn groen grijsachtig zand, gebioturbeerd.
<u>105,30 m</u>	Idem, licht kleihoudend.
<u>106 m</u>	Idem, los, talrijke bruinachtige vlekjes, nestjes van glauconietrijk zand, geen kalk.
<u>107,80 m</u>	Zeer fijn zand, nesten glauconietrijk zand.
<u>108,40 m</u>	Homogeen fijn zand (facies Tg1d).
<u>109,50 m</u>	Zeer fijn, glimmerhoudend zand, homogeen.
<u>110,30 m</u>	Idem.
<u>112,30 m</u>	Idem, licht kleihoudend.
<u>113 m</u>	Kleihoudend fijn, homogeen zand.
<u>116,50 m</u>	Grijsachtig zand, onregelmatig grof korrelig.

SAMENVATTING:

Opgespoten : 0 - 5 m.

Kwartair : 5 - 11 m.

Scaldisiaan, Diestiaan, Antwerpiaan : 11 - 26,50 m.

Boomse klei R2c : 26,50 - 102,10 m.

Onder Rupeliaan R1 : 102,10 - 116,50 m.

Overgangszone Rupeliaan-Tongeriaan ? : op 116,50 m.

Prof. dr. ir. DE BEER vermeldt in zijn artikel : "Studie van de vervormingen van de grond veroorzaakt door de aanleg van de onderaardse reservoirs" (2) de volgende karakteristieken van de Boomse klei :

"Uit een groot aantal monsters welke voor de 2e oeververbinding te Antwerpen werden onderzocht, werden voor de Boomse klei de volgende gemiddelde kenmerkende waarden afgeleid :

gewichtsperscentage aan deeltjes kleiner dan 2μ :	48,9%
vloeigrens	$w_l = 79,7\%$
uitrolgrens	$w_p = 28,9\%$
plasticiteitsindex	$i_p = 50,8$

Het gemiddelde natuurlijke watergehalte komt nagenoeg met de uitrolgrens overeen. Uit een groot aantal vrije prismaproeven werd de volgende wet voor de kohesie afgeleid :

$$c = 0,75 + 0,035 h$$

c in kg/cm²
h = de diepte in m

Op een diepte van 80 m zou men derhalve hebben :

$$c = 0,75 + 0,035 \times 80 = 3,55 \text{ kg/cm}^2$$

In de in uitgraving zijnde tunnels werd een groot blok ontnomen, waarvan in het laboratorium cilindrische monsters werden ontnomen.

De resultaten van de vrije prismaproef op een dezer monsters zijn ter illustratie op de bijgaande sondeergrafiek gegeven. Men vindt uit deze proef $c = 3,65 \text{ kg/cm}^2$. Het andere monster gaf $c = 3,925 \text{ kg/cm}^2$. Indien het gemiddelde van beide proeven wordt genomen, krijgt men :

$$c = 0,5(3,65 + 3,925) = 3,788 \text{ kg/cm}^2$$

Deze waarde stemt vrij goed overeen met deze afgeleid uit de wet gevonden met de monsters gestoken ter plaatse van de 2e oeververbinding.

Uit de raaklijnen aan de oorsprong van de vrije prismaproeven verricht op een groot aantal monsters, ontnomen in de boringen ter plaatse van de 2e oeververbinding, worden waarden van de elasticiteitsmodulus E. afgeleid, welk zeer sterk variëren van het ene monster tot het andere en welke begrepen zijn tussen 75 kg/cm^2 en 675 kg/cm^2 . De centrale waarde bedraagt 220 kg/cm^2 . Het is echter duidelijk dat ten gevolge van de onvermijdelijke storingen welke bij het steken van een relatief klein monster in een boring optreden, de voor E. gevonden waarden ver beneden de werkelijke waarden kunnen liggen, welke voor de ongestoorde Boomse kleilaag gelden.

(2) Prof. dr. ir. E. DE BEER : opus cit.

Om niet al te ongunstige waarden in te voeren werden dan ook op de in de tunnel ontnomen monsters belastings- en ontlastingscyclussen uitgevoerd en heeft men de helling van de koorde van de hysteresislus bepaald, welke dan als kenmerkend voor de gezochte elasticiteitsmodulus werd beschouwd. Men heeft aldus voor de twee onderzochte monsters resp. 736 kg/cm² en 682 kg/cm² gevonden. De gemiddelde waarde bedraagt :

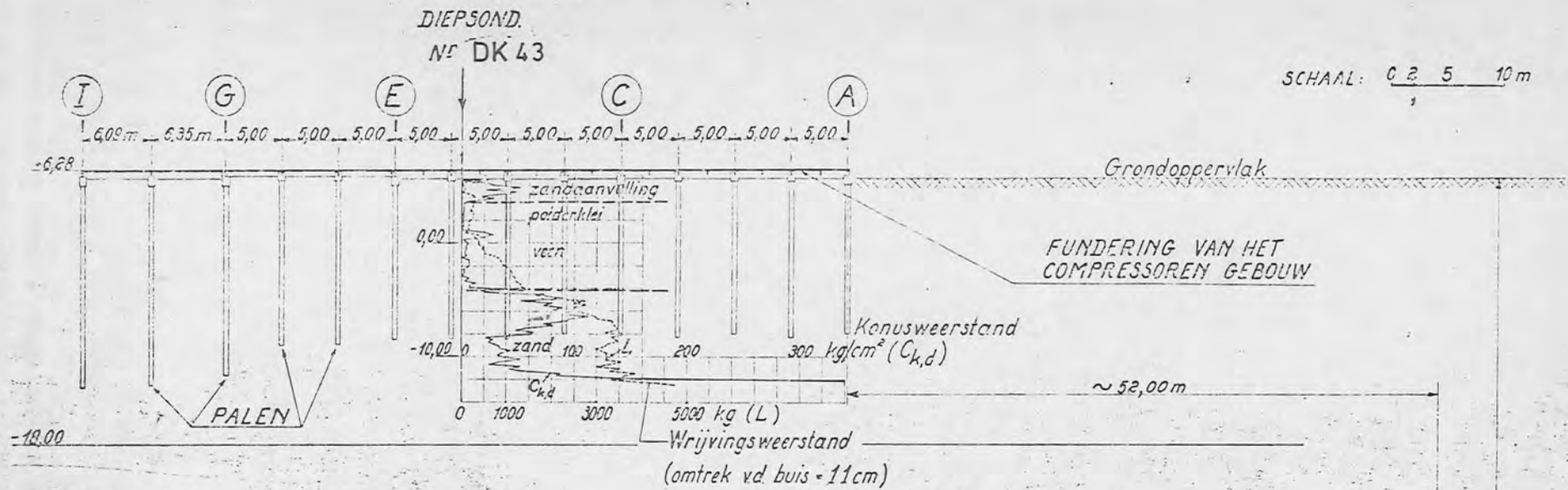
$$E = 0,5 (736 + 682) = 709 \text{ kg/cm}^2$$

Ten slotte werden als kenmerkende waarden van de Boomse klei voor het tunnelprobleem aangenomen :

$$\begin{aligned} c &= 3,788 \text{ kg/cm}^2 \\ E &= 709 \text{ kg/cm}^2 \quad " \end{aligned}$$

In dit artikel wordt ook een sondering vermeld, aangeduid op het situatieplan onder het nummer DK 43.

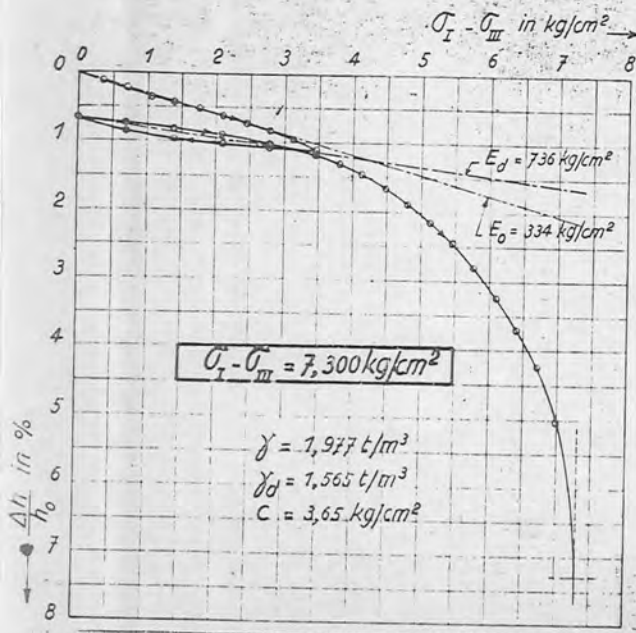
Deze grafiek wordt in bijlage afgedrukt.



Boomse klei.

Vrije prisma proef.

BOOMSE KLEI



2. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van AMOCO FINA N.V., ten behoeve van haar installaties.
 3. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van POLYOLEFINS N.V., ten behoeve van haar installaties.
-

2. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van AMOCO FINA N.V. ten behoeve van haar installaties.

Twee grondonderzoeken werden uitgevoerd respectievelijk door OREX (5) en ADINCO (6). Het betreft hier sonderingen uitgevoerd met een 10 tons apparaat. Zodra een weerstandbiedende laag werd bereikt werd het sonderen gestopt, zodat slechts geringe diepten (NKD - 10,00 m) werden bereikt. Beide rapporten werden dan ook niet overgenomen in dit verslag.

3. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde in opdracht van POLYOLEFINS ten behoeve van haar installaties.

Het grondonderzoek werd opgedragen aan het R.I.G.(7). In eerste fase werden 13 diepsonderingen en 2 boringen uitgevoerd. De monsters genomen bij de boringen werden in het laboratorium onderzocht. Naderhand werd nog een bijkomende ondiepe boring en enkele sonderingen met een 2,5 tons apparaat uitgevoerd. De sonderingen werden uitgevoerd tot op geringe diepten (max. NKD - 11,00 m). Beide boringen werden uitgevoerd tot het peil + NKD - 14,00 m. Het verslag van de boring uitgevoerd nabij de Scheldelaan wordt in bijlage afgedrukt (B 44). De overige sonderingen en boringen werden niet overgenomen.

-
- (5) OREX N.V. : Grondproeven uitgevoerd te Antwerpen op aanvraag van N.V. AMOCO FINA. Verslag nr. 15.945 van 1968.
- (6) ADINCO N.V. : Report concerning the subsoil conditions at the provided locations of the additives plant expansion in the AMOCO FINA plant in Antwerp - April 1972.
- (7) RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA : Report in connection with the results of the soil investigation performed in the area of the N.V. POLYOLEFINS at Antwerp. Verslag nr. 4293 - 66/393, Gent 1966.

Boring B44

Driller: Borgers R.

Sample no.	Date of execution of the boring	Time	Soil	Colour	Consis- tency	Water- content	*** Watersurface	Technique of execution of the boring	Remarks
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	13-12-66					dry	a) 0,65 m.		
100									
200			clayey						
300			fine						
400			sand	peaty				3) 1,15 m.	disturbed
500			clayey	grey		saturated			
600			peaty						
700			clayey				b) 7,00 m.		
800			clay						Quartair
900	14-12-66		peat	brown		dry	4) 4,98 m. 1) 4,62 m.		
1000			sandy clay				c) 10,00 m.		
1100									
1200									
1300							2) 6,32 m. 3) 6,29 m.		Tertiair Scandisian
1400				green- grey					
1500			fine sand						
1600						less water			
1700									
1800									
1900									
2000									

Samples (column 1)	Time (column 3)	*** Watersurface (column 8)	*** Watersurface (column 9)
☐ : disturbed samples	A) In the morning or by starting the work	Depth underneath the starting level at which the water has been	Depth of the waterlevel underneath the starting level
	B) Before noon break	1) in the morning	2) before noon break
	C) After noon break	a) first encountered	3) after noon break
☐ : undisturbed samples	D) In the evening or after the work has been finished	b) lost	4) in the evening or after finishing the work
		c) reappeared	

Order

n^o: 4239-66/393

Appendix: 9b

Boring nr : B44 - Antwerpen

Starting level : + 6,18

Water on : 0,65 m

Sample nr	Depth m	Description
1	0,50	blue-green fine sand with much shell waste
2	1,00	id. very clayey
3	1,50	id.
4	2,00	id.
5	2,50	dark blue-grey fine sand, clayey with organic particles, much shell waste
6	3,00	grey-green fine sand with clayey lenses
7	3,50	id. with peat particles and vegetation rests
8	4,00	greeny grey fine sand with fine dispersed shell waste, very organic inclusions (lenses)
9	4,50	greeny grey fine sand very clayey with very dispersed shell waste
10	5,00	id. with very organic particles
11	5,50	greeny grey fine sand with fine dispersed shell waste, loamey
12	6,00	id., with small claylenses
13	6,50	greeny-grey fine sand, loamey with fine dispersed shell waste
14	7,00	id.
15	7,50	blue-grey clay, soft, somewhat sandy
16	8,00	id.
17	8,50	black-brown peat, clayey
18	9,00	id.
19	9,50	blue-green sandy clay with very numerous bits of shells
20	10,00	id.
21	10,50	blue-green fine sand somewhat loamey with numerous bits of shells

Boring nr : B44 - Antwerpen (continuation)

Sample nr	Depth m	Description
22	11,00	blue-green fine sand, very clayey with numerous bits of shells.
23	11,50	id.
24	12,00	blue-green fine sand, clayey with numerous bits of shells
25	12,50	id.
26	13,00	id. with nuts of clay
27	13,50	blue-green very clayey fine sand with numerous waste of shells.
28	14,00	id.
29	14,50	blue-green fine sand, clayey with numerous bits of shells.
30	15,00	id.
31	15,50	blue-green fine sand very clayey, numerous bits of shells
32	16,00	id., sandy, a few larger bits of shells.
33	16,50	id.
34	17,00	blue-green fine sand with a few clayey lenses, numerous shell waste.
35	17,50	id.
36	18,00	blue-green fine sand, very clayey with shell waste.
37	18,50	id.
38	19,00	id.
39	19,50	id.
40	20,00	id., clayey

Probably geological Explanation :

(disturbed : (fill) : 0,00 - 7,26 m
 Quartair : Pleistocene : 7,25 - 9,25 m
 Tertiair : Scaldisian : 9,25 - 20,00 m

Appendix 8-d

4. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde
in opdracht van PETROCHIM N.V., ten behoeve van haar
installaties.
-

4. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde
in opdracht van de N.V. PETROCHIM ten behoeve van haar
installaties.

Een drietal grondonderzoeken werd uitgevoerd door het R.I.G.
(8), (9), (10).

Slechts vijf van deze serie sonderingen werden uitgevoerd tot
op grote diepten ($\pm$ NKD - 20,00 m). De interpretatie (10) van
de resultaten van deze vijf sonderingen en de grafieken ervan
worden hierna afgedrukt.

De sonderingen worden vermeld op het verzamelplan nr. DK 45,
DK 46, DK 47, DK 48 en DK 49.

Interpretatie van de resultaten der diepsonderingen. (10)

Aan de hand van de ervaring kan uit de resultaten der diep-
sonderingen, met betrekking tot de natuur der afgesondeerde
grondlagen, de volgende vermoedelijke interpretatie worden
afgeleid :

Diepsondering DK 45

- maaiveldpeil : + 6,03
- van + 6,03 tot + 5,25 :
matig à vrij dichtgepakt zand
- van + 5,25 tot + 3,05 :
mogelijk losgepakt leem- of kleihoudend zand.
- van + 3,05 tot - 2,95 :
zeer slappe à slappe plaatselijk zandhoudende leem of
klei met een meer weerstandbiedende zandlens omstreeks
het peil - 1,95

-
- (8) RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA : Proces-verbaal betreffende
resultaten van de handsonderingen uitgevoerd op de terreinen B
van N.V. Petrochim, Scheldelaan, Antwerpen. Rapport nr. 4239-67/68.
- (9) RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA : Proces-verbaal betreffende
de resultaten van het grondonderzoek uitgevoerd op de terreinen B
van Petrochim te Antwerpen. Rapport nr. 4239-66/223.
- (10) RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA : Proces-verbaal betreffende
de resultaten der diepsonderingen en handsonderingen uitgevoerd
ter plaatse van het terrein B van Petrochim te Antwerpen.
Rapport nr. 4239 - 74/261.

- van - 2,95 tot - 9,15 :
matig à vrij dichtgepakt min of meer leem- of kleihoudend zand met hardere insluitsels zoals stenen, keien of dergelijke
- van - 9,15 tot - 18,35 :
dichtgepakt plaatselijk mogelijk leem- of kleihoudend zand en enkele hardere insluitsels zoals stenen, keien of dergelijke
- van - 18,35 tot - 18,40 :
zeer weerstandbiedend niveau

Diepsondering DK 46

- masiveldpeil : + 6,00
- van + 6,00 tot + 3,40 :
vrij dichtgepakt zand
- van + 3,40 tot + 2,80 :
losgepakt leem- of kleihoudend zand
- van + 2,80 tot - 1,40 :
mogelijk zeer slappe leem of klei, mogelijk veenhoudend
- van - 1,40 tot - 3,40 :
losgepakt min of meer leem- of kleihoudend zand dan wel zandhoudende leem of klei
- van - 3,40 tot - 5,20 :
vrij losgepakt leem- of kleihoudend zand met meer weerstandbiedende lenzen en/of insluitsels zoals stenen, keien of dergelijke omstreeks het peil - 3,80, - 4,40 en - 5,00
- van - 5,20 tot - 19,20 :
dicht- à zeer dichtgepakt zand met hardere insluitsels zoals stenen, keien of dergelijke
- van - 19,20 tot - 23,00 :
zeer vaste mogelijk zandhoudende klei

Diepsondering DK 47

- maaiveldpeil : + 6,13
- van + 6,13 tot + 4,15 :
vrij dichtgepakt zand met enkele meer weerstandbiedende lenzen en/of insluitingen zoals stenen, keien of dergelijke omstreeks het peil + 5,95 en + 5,55
- van + 4,15 tot + 3,75 :
losgepakt leem- of kleihoudend zand dan wel zandhoudende leem of klei
- van + 3,75 tot - 1,25 :
mogelijk zeer slappe leem of klei, plaatselijk mogelijk veenhoudend
- van - 1,25 tot - 4,65:
vrij los- à matig gepakt min of meer leem- of kleihoudend zand met enkele minder weerstandbiedende lenzen omstreeks de peilen - 2,25 en - 3,45, mogelijk samengesteld uit zandhoudende leem of klei
- van - 4,65 tot - 18,35 :
dicht- à zeer dichtgepakt zand met hardere insluitels zoals stenen of keien

Diepsondering DK 48

- maaiveldpeil : + 6,10
- van + 6,10 tot + 3,90 :
matig à vrij dichtgepakt zand
- van + 3,90 tot + 2,70 :
vrij losgepakt leem- of kleihoudend zand
- van + 2,70 tot - 0,10 :
mogelijk slappe leem of klei
- van - 0,10 tot - 3,70 :
los- à vrij losgepakt leem- of kleihoudend zand met enkele meer weerstandbiedende lenzen en/of insluitels zoals stenen, keien of dergelijke omstreeks het peil - 0,30 en - 2,50
- van - 3,70 tot - 4,70 :
matig gepakt leem- of kleihoudend zand met een meer weerstandbiedende lens omstreeks het peil - 3,90
- van - 4,70 tot - 18,90 :
vrij dichtgepakt zand, mogelijk weinig leem- of kleihoudend

Diepsondering DK 49

- maaiveldpeil : + 6,03
- van + 6,03 tot + 4,45 :
vrij dichtgepakt zand
- van + 4,45 tot + 2,45 :
betrekkelijk los- à matig gepakt leem- of kleihoudend zand
- van + 2,45 tot - 2,55 :
vrij slappe mogelijk weinig zandhoudende leem of klei
- van - 2,55 tot - 4,55 :
vrij losgepakt min of meer leem- of kleihoudend zand met enkele meer weerstandbiedende insluitels zoals stenen, keien of dergelijke omstreeks de peilen - 2,95 en - 3,95
- van - 4,55 tot - 18,95 :
dichtgepakt mogelijk weinig leem- of kleihoudend zand met plaatselijk hardere meer weerstandbiedende insluitels zoals stenen, keien of dergelijke
- van - 18,95 tot - 19,10 :
zeer weerstandbiedend niveau

peil

RIJKSINSTITUUT voor
GRONDMECHANICA
Gent

DIEPSONDERING n^r DK.45 UITGEVOERD TE ANIWERPEN

TYPE SONDEERAPPARAAT

raai 10 t
omtrek van de buis: 11 cm
indringingssnelheid: 2 cm/sec
naam datum
ploeg Deboel 8/7/74
berekend Schoonbeaert 16/7/74

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540

konusweerstand / C_{kd}

+6.03 Maaiveld

Gewone eindbuis

Gewone eindbuis met kleeftinger

C_{kd}

4239-74/261

Wrijvingsweerstand (L)
Totale weerstand (T)

0 500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000 11000 12000 13000

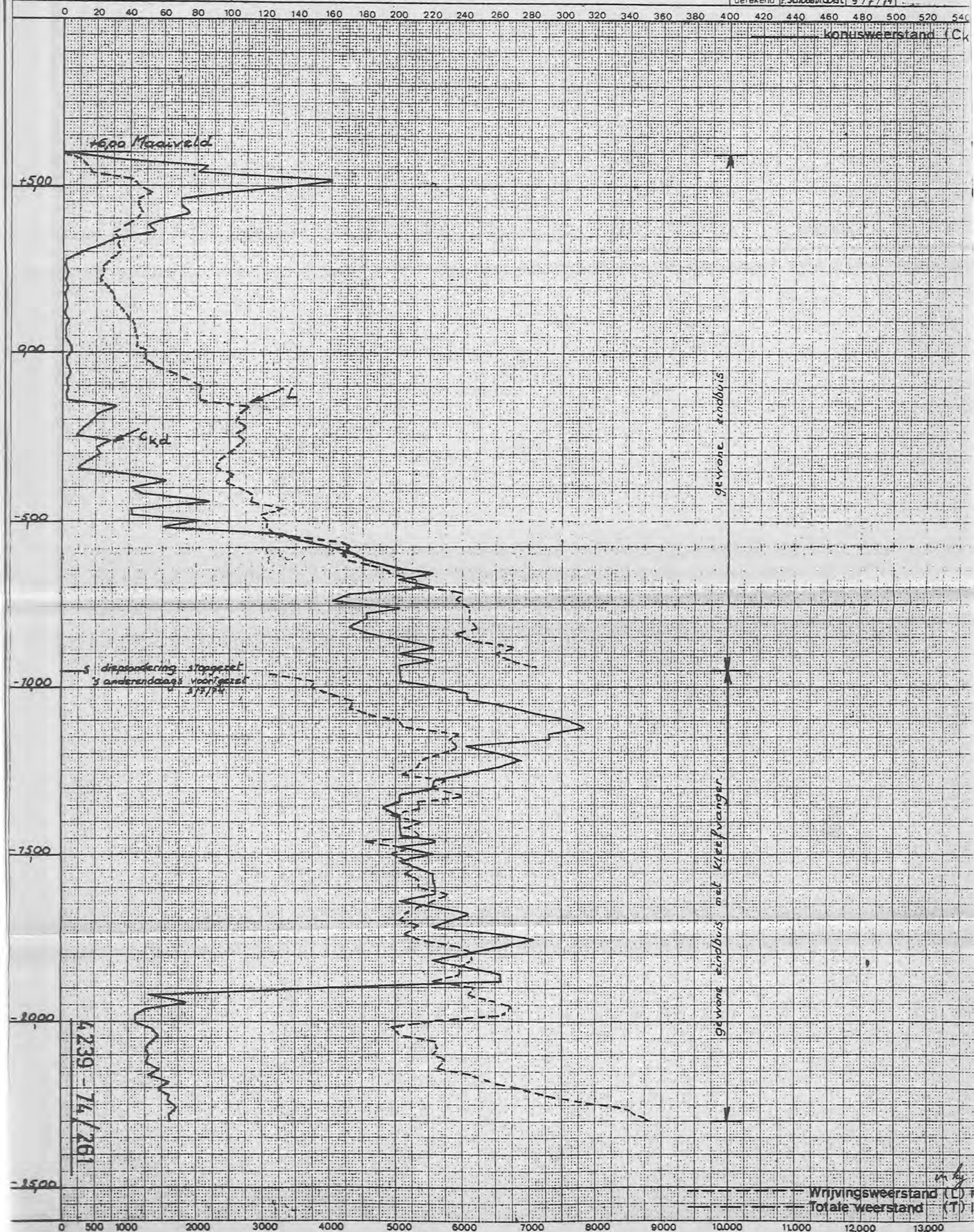
peil

RIJKSINSTITUUT voor
GRONDMECHANICA
Gent

DIEPSONDERING n^o DK 46

UITGEVOERD TE ANTIWERPEN

TYPE	DEE	ARA
hydraulisch (20 ton)		
omtrek van de buis: 11 cm		
indringingssnelheid: 2 cm/sec		
	naam	datum
ploeg berekend	op de cam F. Schoorbroodt	1-13-74 9-7-74

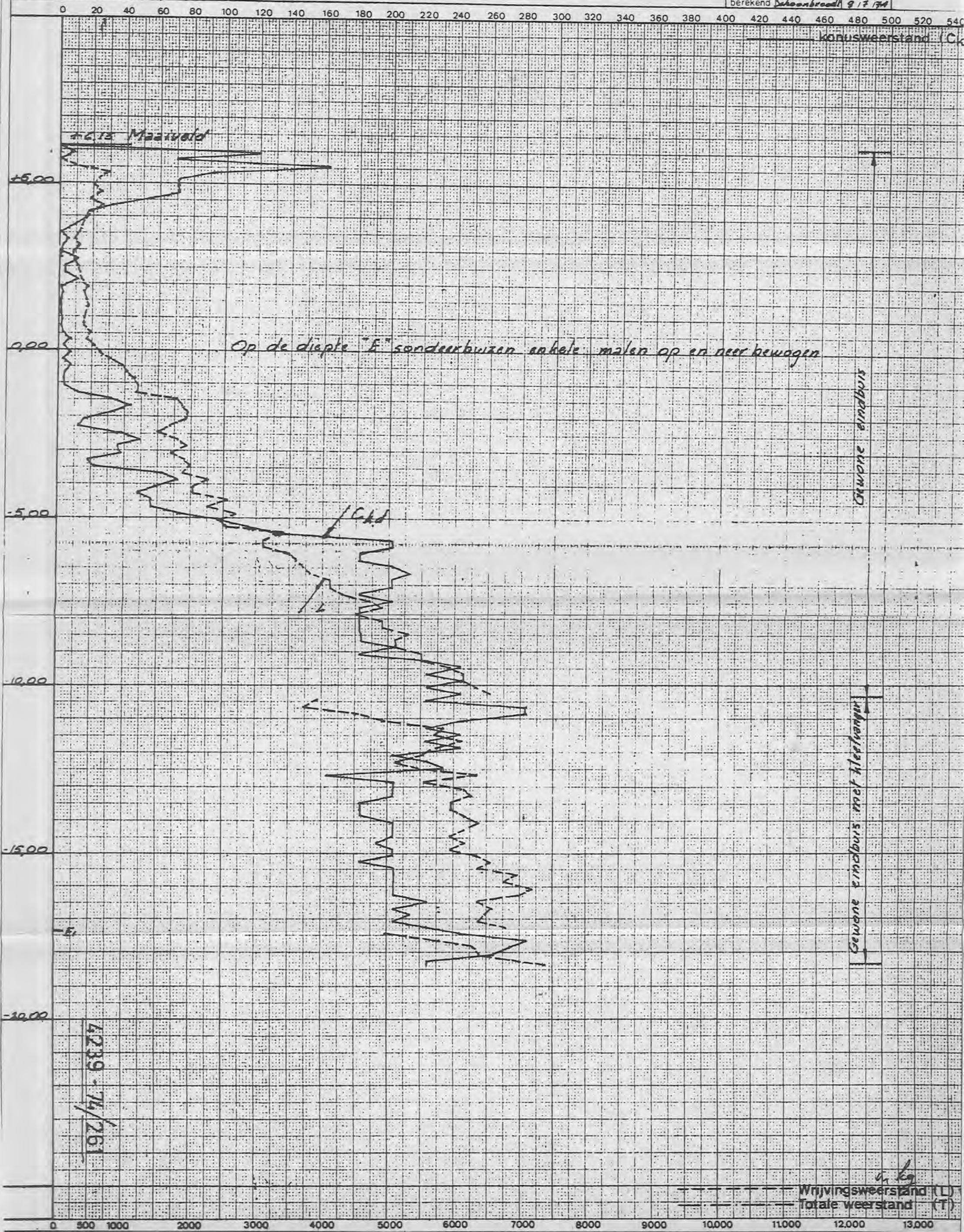


peil

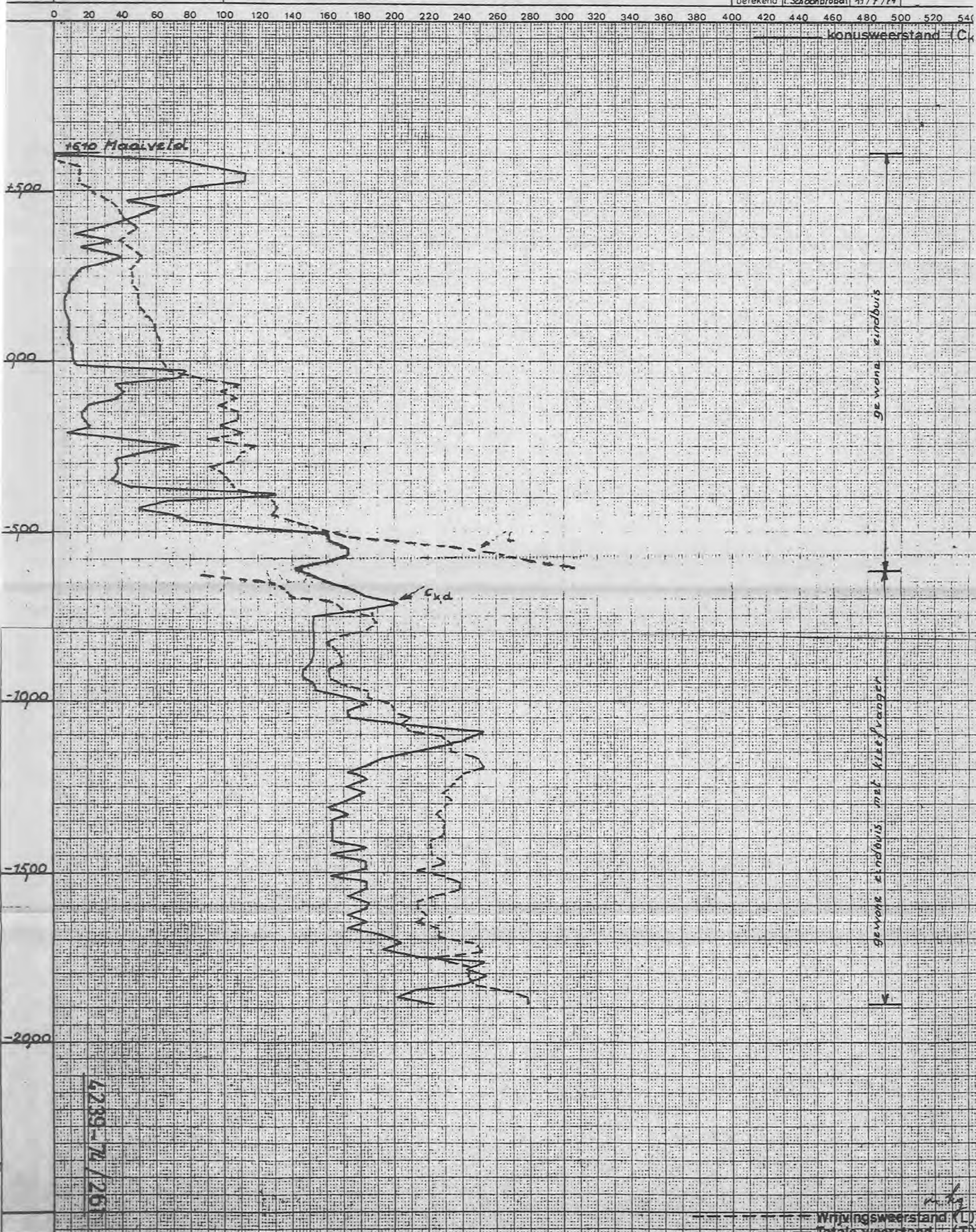
RIJKSWAARSTRAAT voor
GRONDMECHANICA
Gent

DIEPSONDERING n^r DK 47 UITGEVOERD TE ANTWERPEN

hydraulisch (20 ton)	
omtrek van de buis	11 cm
indringingssnelheid	2 cm/sec
naam	datum
ploeg	Opdecam 2/7/74
berekend	Schoonbroodt 9/7/74



omtrek van de buis: 11 cm		
indringingssnelheid: 2 cm/sec		
	naam	datum
ploeg	De Boel	1 / 7 / 74
berekend	F. Schoonbroodt	11 / 7 / 74



4239-74/261

peil

RIJKSINSTITUUT VOOR
GRONDMECHANICA
Gent

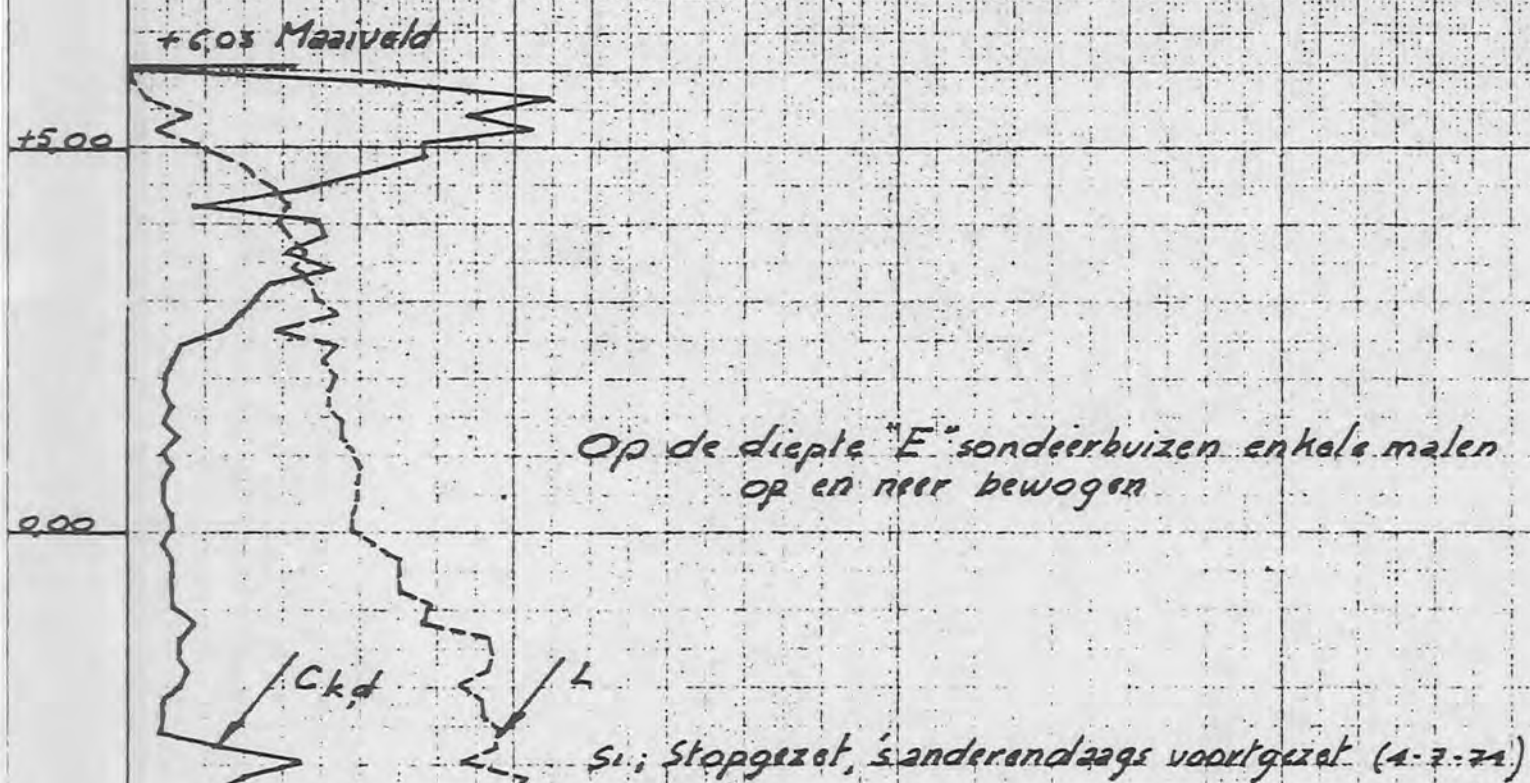
DIEPSONDERING n^o DK 49

UITGEVOERD TE ANTWERPEN

draai	(10
omtrek van de buis:	11 cm
indringingssnelheid:	2 cm/sec
naam	datum
ploeg	Da. Boel 31/7/74
berekend	Schoonbroodt 15/7/74

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520

konusweerstand (C)



4239-74/261

Wrijvingsweerstand (L) in kg
Totale weerstand (T) in kg

0 500 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000 11000 12000 13000

5. Grondonderzoek uitgevoerd op L. en R.O. van de Zeeschelde
in opdracht van A.W.W., ter plaatse van een ontworpen
duiker.
-

5. Grondonderzoek uitgevoerd op L.O. en R.O. van de Zeeschelde in opdracht van A.W.W. ter plaatse van een ontworpen duiker.

De A.W.W. heeft het R.I.G. opgedragen 2 diepsonderingen respectievelijk op linker- en rechteroever uit te voeren ter plaatse van de ontworpen duiker.

Beide sonderingen werden uitgevoerd tot in de Boomse klei en zijn aangeduid op het situatieplan, nl. nr. DK 50 en 51.

De interpretatie van de resultaten der diepsonderingen, vermeld in het verslag van het R.I.G. (11), wordt samen met de sondergrafieken weergegeven.

1. Interpretatie van de resultaten der diepsonderingen. (11).

Teneinde de opstelling van het apparaat mogelijk te maken en het nodige tegengewicht te verkrijgen, werd eerst een put gegraven die na het plaatsen van de ballastvloer terug werd aangevuld.

De uit deze opstellingsputten bovengehaalde grond werd op zicht onderzocht, waardoor gegevens verkregen worden van de natuur van de bovenste grondlaag.

Uit de resultaten der diepsonderingen kan, door ervaring met betrekking tot de natuur der afgesondeerde grondlagen, de volgende vermoedelijke interpretatie worden afgeleid:

(11) RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA : Proces-verbaal betreffende de resultaten der diepsonderingen, uitgevoerd op linker en rechter Scheldeoever ter plaatse van de ontworpen duiker onder de Schelde te Antwerpen. Verslag nr. 3239 - Gent 1962.

DIEPSONDERING DK 50

- aanvangspeil : + 7,00
- maaiveldpeil : + 8,64
- van + 6,8 tot + 6,00 :

geroerd te gronde door de opstelling van het apparaat; volgens de gegevens van de sondeerbaas werd zandhoudende klei uitgegraven.

- van + 6,0 tot + 1,60 :

met weerstanden van 6 tot 8 kg/cm²; geringe doch regelmatig toename van de wrijvingsweerstand, aanwezigheid van een weinig weerstandbiedende bovenlaag, mogelijk silt en/of leem.

- van + 1,60 tot + 0,80 :

met weerstanden van circa 100 kg/cm²; sterke toename van de wrijvingsweerstand, voorkomen van dichtgepakt zand.

- van + 0,80 tot - 1,40 :

met weerstanden van de orde van 20 à 30 kg/cm²; praktisch geen toename van de wrijvingsweerstand; aanwezigheid van losgepakt, leem- of kleihoudend zand.

- van - 1,40 tot - 3,20 :

met weerstanden van circa 60 kg/cm²; onregelmatige toename van de wrijvingsweerstand; voorkomen van middelmatig vast, ietwat leem- of kleihoudend zand.

- van - 3,20 tot - 19,80 :

met weerstanden van 140 à 200 kg/cm² en snelle toename van de wrijvingsweerstand.

Omwille van de grote wrijvingsweerstand werd op het peil - 10,00 het maximaal indringingsvermogen van het apparaat bereikt; aangezien door de opdrachtgever werd aangedrongen bij middel van de diepsondering de bovenkant van de diepergelegen kleilaag te onderkennen, werd getracht

de proef verder door te voeren; men is er in geslaagd door het omhoogtrekken der sondeerbuizen, over een afstand van 1,00 m tot 1,50 m, de wrijvingsweerstand langs de buizen, derhalve de totale indringingsweerstand in zekere mate te verminderen zodat het mogelijk werd tot grotere diepten te sonderen; deze werkwijze diende evenwel op verschillende diepten, aangegeven op het weerstandsdigram der slopsondering, te worden herhaald.

Het verloop van het weerstandsdigram wijst op het voorkomen van dichtgepakt zand met zeer dichtgepakte lens of streeks het peil - 10,50.

- van - 10,00 tot - 20,30 :

usweerstand van 50 à 60 kg/cm²; aanwezigheid van zeer vaste klei.

DIEPTEN DK 51

- a g. peil : + 8,30

- v 8,30 tot + 7,30 :

roede grond door de opstelling van het apparaat; zand.

- v 7,30 tot + 5,90 :

gepakt, leem- of kleihoudend zand.

- van 5,90 tot + 0,30 :

inig weerstandbiedende grondlaag mogelijk klei en/of
n²

- van 0,30 tot - 10,30 :

middelmatig gepakt, leem- of kleihoudend zand met stenen, keien en schelpen.

- van - 10,30 tot - 15,90 :

dichtgepakt zand.

- van - 15,90 tot - 17,30 : *vaste klei*

2. Aanvullende gegevens van de diepsonderingen.

1. Natuur der diepst bereikte grondlagen.

Na het uittrekken der sondeerbuisen kan meestal tussen konuspunt en uitmoer een weinig grond worden gevonden, meegetrokken uit de diepst bereikte grondlagen. Hierdoor is het mogelijk ook visueel een idee te krijgen over de eigenlijke natuur der lagen.

Volgens de gegevens van de sondeerbuisen vond men ter plaatse van de diepsonderingen :

- diepsondering DK50: blauwe zandhoudende klei met weinig, fijne schelpjes.
- diepsondering DK51: bruine klei, weinig zand.

3. Waterpeil.

Na het uittrekken van de sondeerbuisen wordt eveneens getracht in het ontstane sondeergat de waterstand op te meten.

Volgens de mededelingen van de sondeerbaas werden volgende gegevens verzameld :

<u>Diepsondering.</u>	<u>Waterpeil.</u>	<u>Datum van opmeting.</u>
DK 50	+ 5,55	22-2-62
DK 51	+ 7,02	27-2-62

Gent, 22 maart 1962.

De Ingenieur,

Het Rijksinstituut voor Grondmechanica.
Vr. De Professor-directeur,
Prof. Dr. ir E. DE BEER.
De wn. directeur, ir P. BAERT CHELDERS.

*Man
A. DE BEER*

X/De Beere

0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
---	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

+ 7.00 Ranvangel oil

+ 5,00

te ondersoeking verder doorgevoerd nadat
uit circa 1 m. werden omhoog getrokken
en teruggedrukt

3.00 *idem*

4,60 *idem*

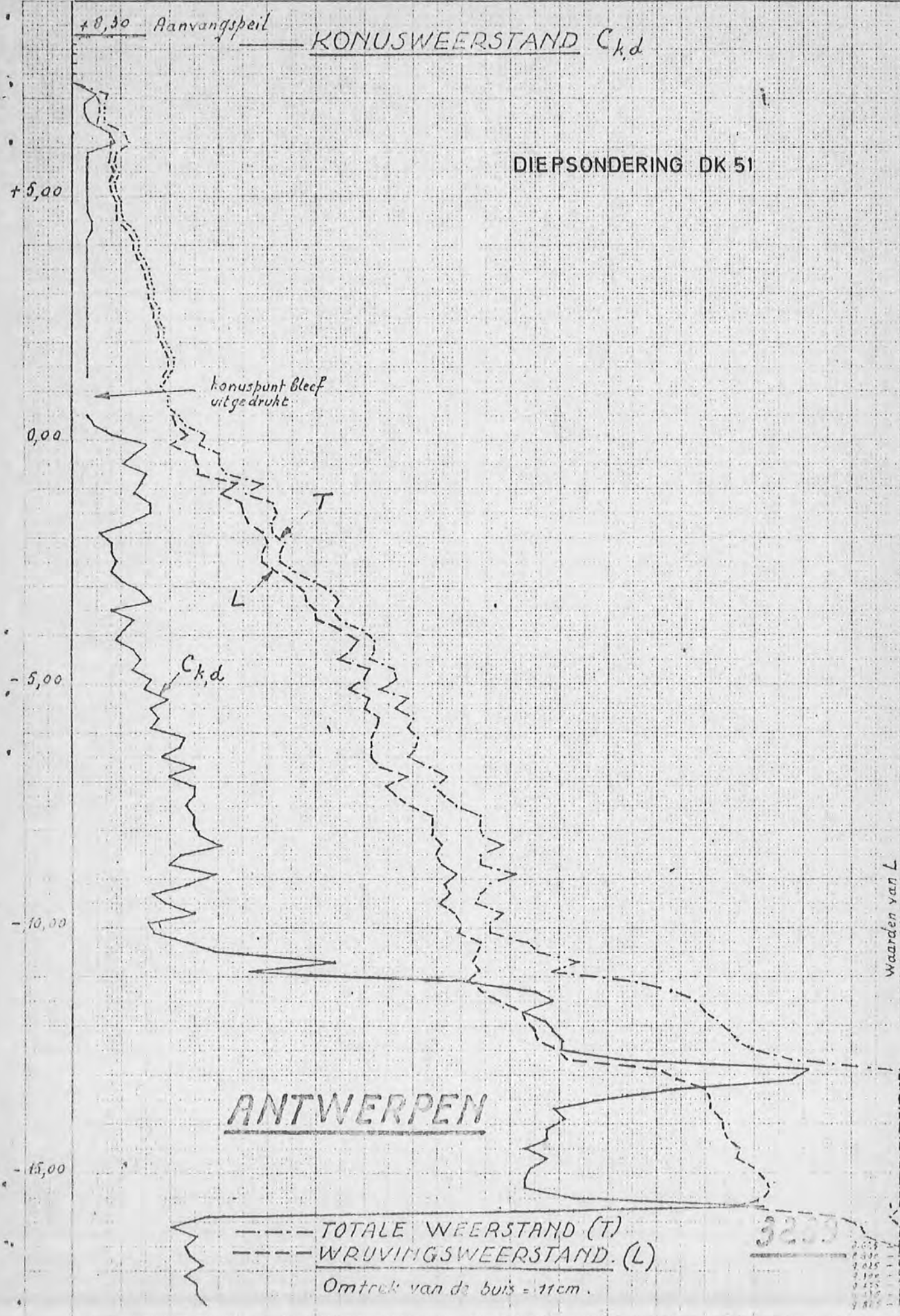
$$\frac{1}{576} \text{ 100m}$$
$$\left| \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sqrt{h_i}} \right| \leq C \sqrt{N} \log N$$
$$\frac{17}{16}m$$

Omtrek van de buis = 11 cm.

$$L.T. \text{ in kg}$$

PREFACE 2

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 $C_{k,d}$ in kg/cm^2



Waarden van L
Waarden van T

- 9.155
- 8.855
- 8.555
- 8.255
- 7.955
- 7.655
- 7.355
- 7.055
- 6.755
- 6.455
- 6.155
- 5.855
- 5.555
- 5.255
- 4.955
- 4.655
- 4.355
- 4.055
- 3.755
- 3.455
- 3.155
- 2.855
- 2.555
- 2.255
- 1.955
- 1.655
- 1.355
- 1.055
- 0.755
- 0.455
- 0.155
- 0.000

L.T.

6. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde
in opdracht van de TECHNISCHE DIENST VAN HET HAVENBEDRIJF,
met het oog op de bouw van de Boerinnesluis.
-

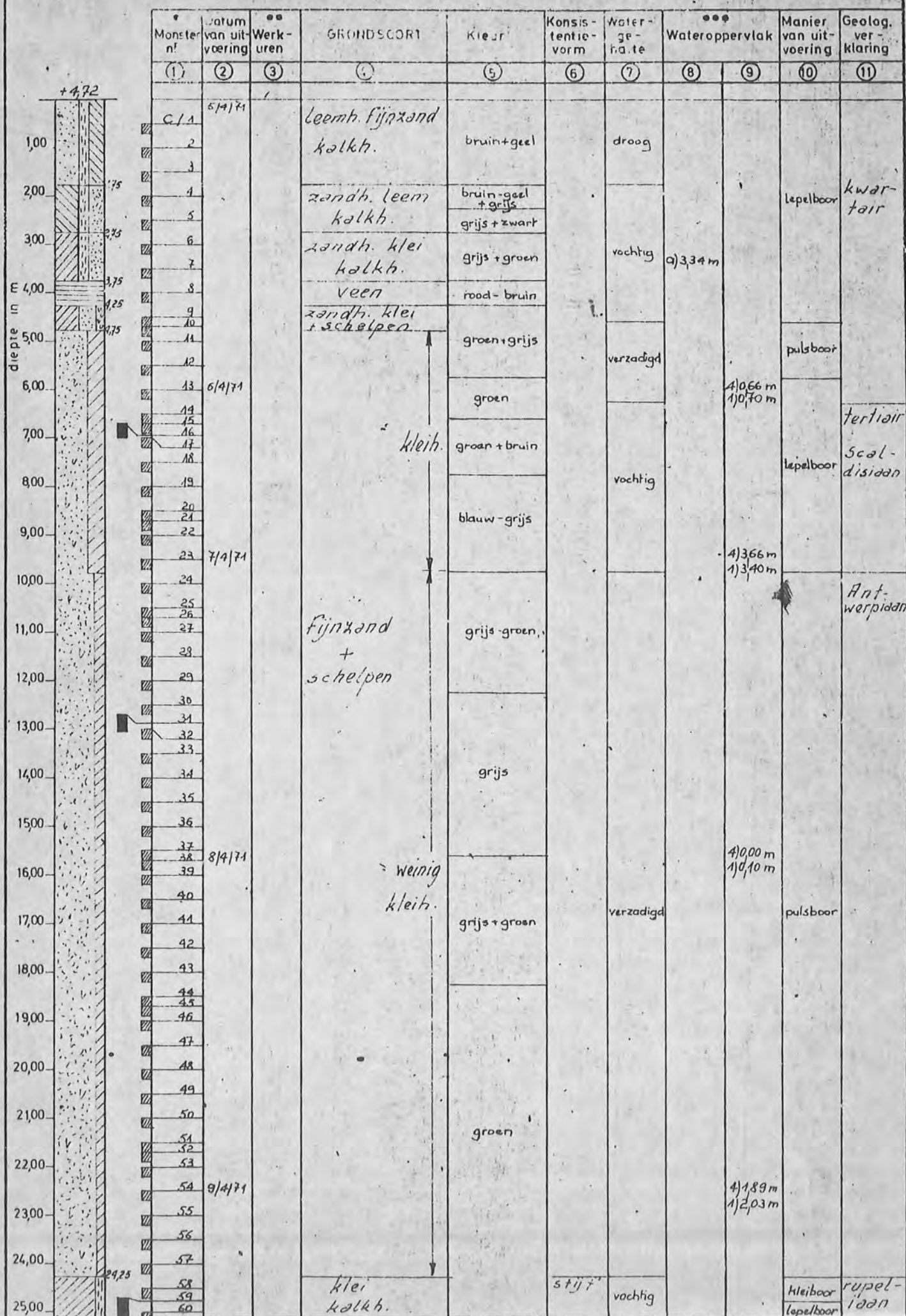
6. Grondonderzoek uitgevoerd op de R.O. van de Zeeschelde
in opdracht van de Technische Dienst voor het Havenbedrijf met
het oog op de bouw van de Boerinnesluis.

Het R.I.G. werd door de Technische Dienst van het Havenbedrijf belast met het uitvoeren van een grondonderzoek in het kader van de werken voor de verbinding van het 5e Havendok - Amerikadok en de bouw aan de Boerinnesluis (12) en (13). In het raam van dit onderzoek werden 7 diepsonderingen en 3 handboringen met ontnaam van geroerde en ongeroerde monsters voorzien. Twee boringen en twee sonderingen werden uitgevoerd in de omgeving van de bouwzone van de S.V.K.

De interpretatie opgesteld door R.I.G., het boorverslag en de ontleding van de monsters samen met sondeergrafieken worden in bijlage weergegeven. Op het verzamelplan zijn deze sonderingen gesitueerd onder de nrs DK 54 en 55 en de boringen onder de nrs B 52 en 53.

-
- (12) RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA : Partieel.
Proces-verbaal betreffende de resultaten van de diepsonderingen uitgevoerd in het kader van de werken voor verbinding 5de Havendok-Amerikadok, 3e faze. Bouw van de Boerinnesluis te Antwerpen. Rapport nr. 5189-70/569. Gent 1971.
- (13) RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA : Partieel.
Proces-verbaal betreffende de resultaten van de boringen uitgevoerd in het kader van de werken voor verbinding 5e Havendok-Amerikadok, 3e faze. Bouw van de Boerinnesluis te Antwerpen. Rapport nr. 5189-70/569. Gent 1971.

Boor-meester: *De Bont*

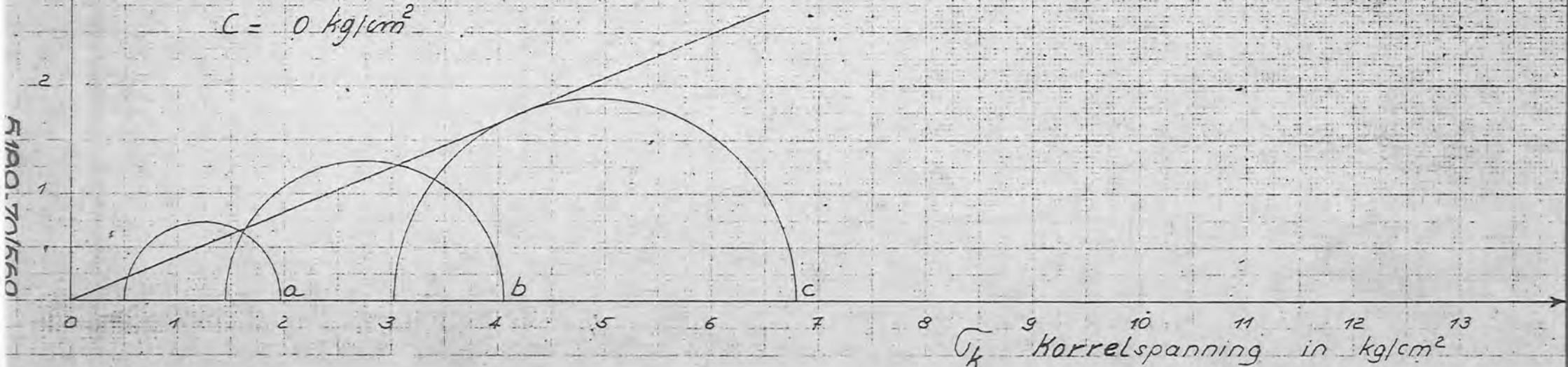


TRIAxiaAL PROEF GECONSOLIDEERD NIET GEDRAINEERD

n°	d	h	σ_{III}	σ_{III}	σ_w	σ_w	$\sigma_{III,k}$	$(\sigma_I - \sigma_{III})_{max}$	$\frac{\Delta h}{h_0}$	voor de proef			na de proef	
			consolidatie spanning	totaal spanning	voor afschuiving wanneer $\sigma_{III} = \sigma_{III,k}$	bij $(\sigma_I - \sigma_{III})_{max}$	bij $(\sigma_I - \sigma_{III})_{max}$	bij $(\sigma_I - \sigma_{III})_{max}$	δ_d	w	v	v	w	
	mm	mm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	l/m ³	%	%	%	%
a	38,0	80,0	0,750	1,750	0,997	1,244	0,506	1,473	3,41	1,583	25,6	~100,0	~100,0	29,4
b	38,0	80,0	1,500	2,500	0,719	1,040	1,460	2,596	5,79	1,547	26,0	96,7	~100,0	28,9
c	38,0	80,0	3,000	4,000	0,676	0,976	3,024	3,794	4,14	1,564	25,8	98,4	~100,0	25,2

Vervormingssnelheid: 0,2115 mm/min Uitgevoerd met inwendige tegendruk van water

$\varphi = 22^{\circ}30'$
 $C = 0 \text{ kg/cm}^2$



TRIAxiaAL PROEF GECONSOLIDEERD NIET GEDRAINEERD

Monster n°: 71/6084-5189-70/569-C/59

Boring n°: B52

Diepte : 24,72 - 25,10 m

Vervormingssnelheid: 0,2115 mm/min

σ in kg/cm²

5

4

3

2

1

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

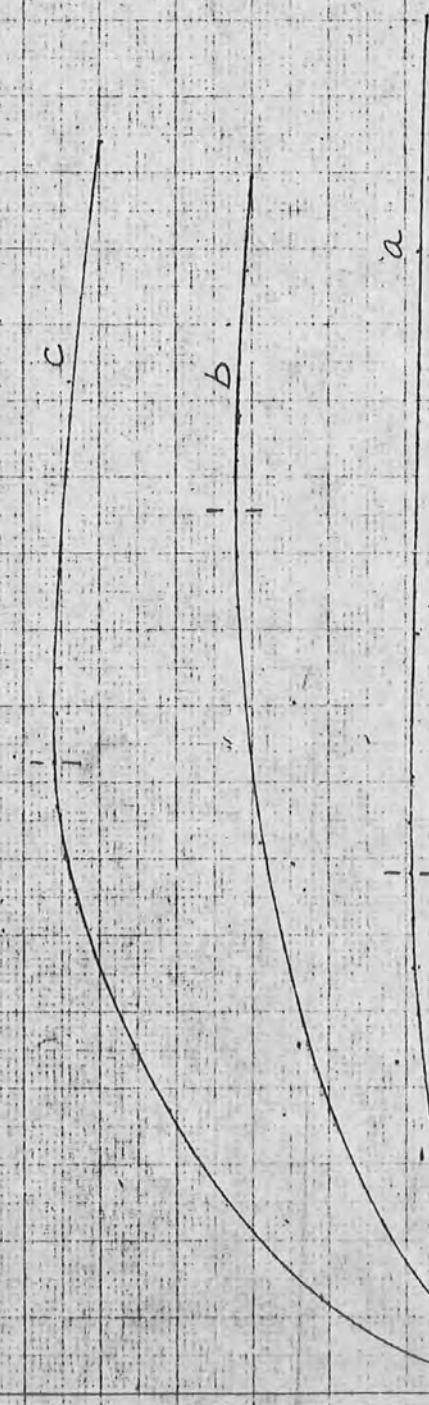
10

11

12

13

$\frac{4h}{h_0}$ in %



5189-70/569

BORING **B 53**Boormeester: *De Bont*

	Monsternr	datum van uitvoering	Werk-uren	GRONDSOORT	Kleur	Konsistentievorm	Watergehalte	Wateroppervlak		Manier van uitvoering	Geolog. verklaring
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
+ 4.92		19/3/71		leem fijnzand kalkh	bruin + geel		droog				
1,00	2			veen	bruin-rood						geroerd
2,00	3			veen	bruin-rood	half stijf		a) 2,91 m		lepelboor	
3,00	4			veesh	bruin + rood + geel + groen			b) 3,30 m			
3,25	5			Zandh. leem + schelpen	geel-groen + bruin						
3,75	6			veen	bruin-rood		vochtig				
4,00	7			klei kalkh	grijs + groen	half stijf					
4,25	8			veen	bruin-rood						kwartair
4,50	9			veen	bruin-rood	half stijf					
4,75	10	22/3/71		zandh. klei, kalkh, veen	bruin-rood + grijs	half stijf		4) geen			
5,00	11			veen	bruin-rood + grijs			1) 3,20 m			
5,25	12				bruin-rood + groen + grijs					pulsboor	
6,00	13				bruin-rood + groen + grijs		verzadigd			lepelboor	tertiair
7,00	14						vochtig				
8,00	15			Fijnzand klei + schelpen.				4) 3,28 m			scal-disidat
9,00	16	23/3/71			grijs + groen			1) 3,29 m			
10,00	17										
11,00	18	24/3/71						4) 5,02 m			antwerpiaan
12,00	19							1) 3,28 m			
13,00	20										
14,00	21										
15,00	22	25/3/71						4) 0,00 m			
16,00	23						verzadigd	1) 0,00 m		pulsboor	
17,00	24			wenig klei.							
18,00	25										
19,00	26	26/3/71						4) 4,05 m			
20,00	27							1) 4,00 m			
21,00	28										
22,00	29	29/3/71						4) 2,36 m			
23,00	30							1) 2,26 m			
24,00	31										
25,00	32	30/3/71		+ grint				4) 5,10 m			rupel-1271
	33			klei kalkh	donker grijs	stijf		1) 5,09 m	lepelboor		
	34							4) 5,74 m			

TRIAXIAAL PROEF GECONSOLIDEERD NIET GEDRAINEERD

Monster n°: 71/6016 5189-70/569 - B/61#

Boring n°: B53

Diepte : 24,92 - 25,22 m

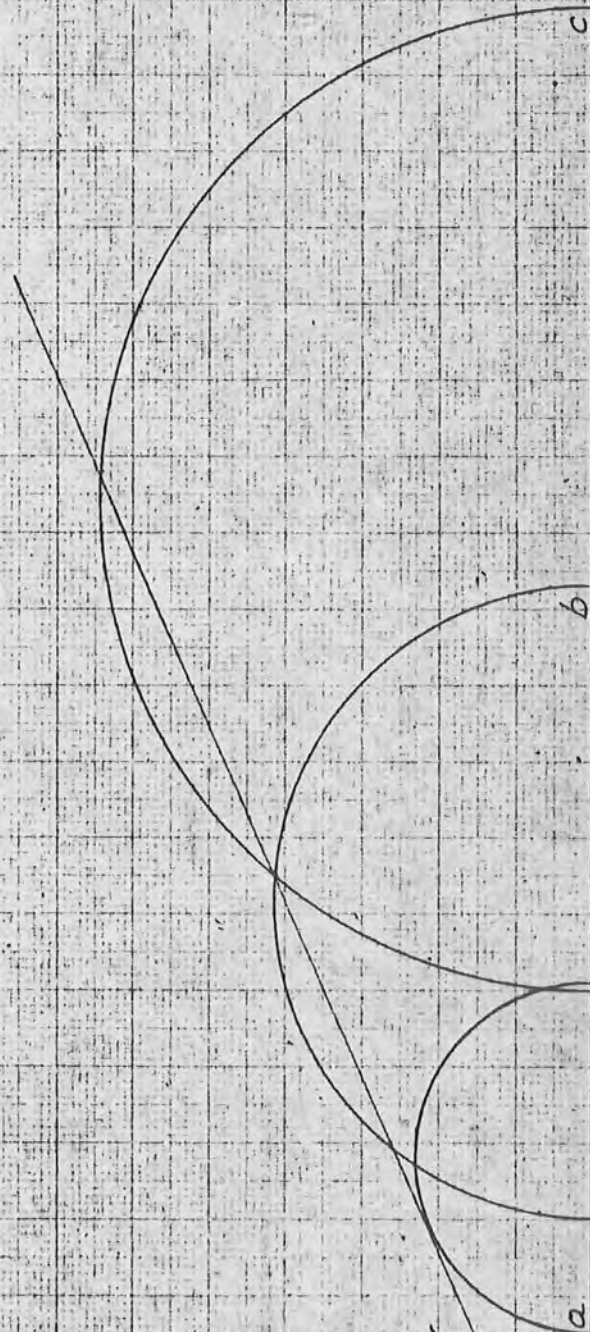
Vervormingssnelheid : 0,2415 mm/min

$$\varphi' = 23^{\circ}30'$$

$$C' = 0 \text{ kg/cm}^2$$

schuifspanning in kg/cm^2

0 1 2 3 4 5 6 7 8



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

totale spanning in kg/cm^2

5189-70/569

TRIAXIAAL PROEF GECONSOLIDEERD NIET GEDRAINEERD

n°	ϕ	h	σ_{III}'	σ_{III}	σ_{wi}	σ_w	$\sigma_{III,k}$	$(\sigma_{III} - \sigma_{III})_{max}$	$\frac{\Delta h}{h_0}$	voor de proef (bij. ontnome)	na de proef
	mm	mm	kg/cm ²	kg/cm ²	voor de afschuring wanneer $\sigma_{III} = \sigma_{III}$	σ_w bij $(\sigma_{III} - \sigma_{III})_{max}$	$\sigma_{III,k}$ bij $(\sigma_{III} - \sigma_{III})_{max}$	kg/cm ²	%	kg/cm ³	%
a	38,0	80,0	0,750	1,750	0,981	1,228	0,522	2,305	3,31	1,691	98,1
b	38,0	80,0	1,500	2,500	0,981	1,330	1,170	4,158	3,70	1,628	92,8
c	38,0	80,0	3,000	4,000	0,976	1,303	2,697	5,466	5,26	1,611	91,7

Monster n° 71/6016-5189-70/569-B/61

Boring n°: B53

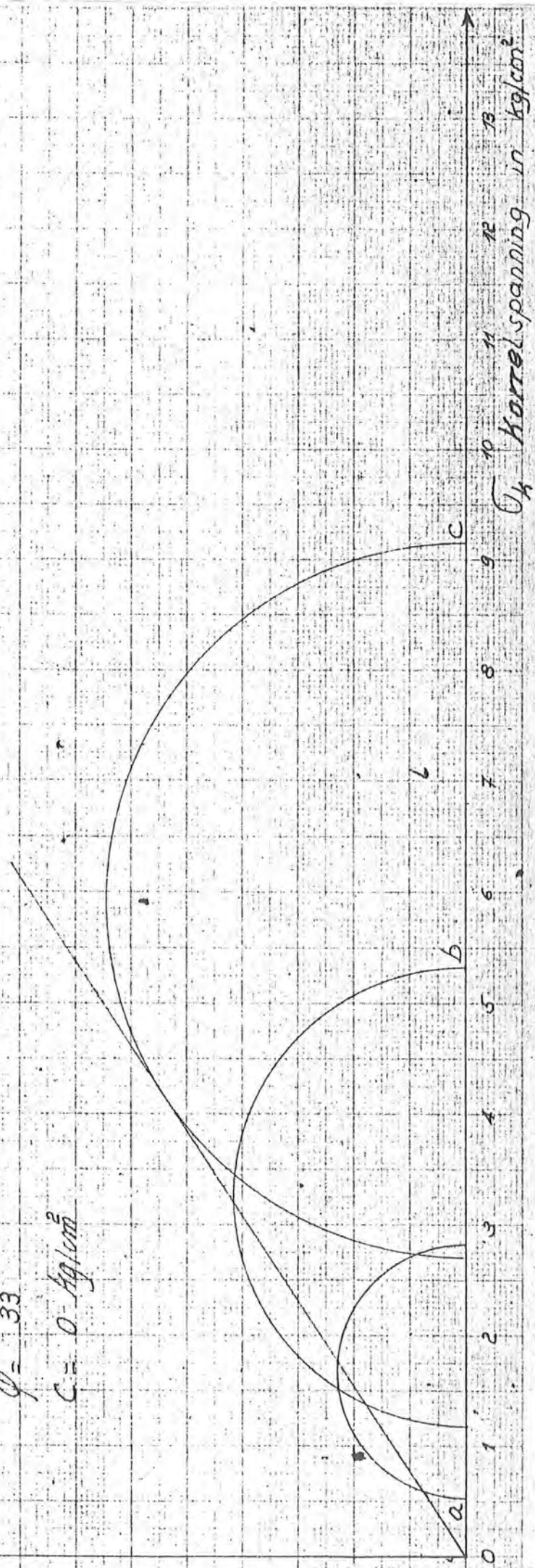
Diepte : 24,92-25,22 m

Vervormingssnelheid : 0,2115 mm/min

uitgevoerd met inwendige tegendruk van water

$$\varphi = 33^\circ$$

$$C = 0 \text{ kg/cm}^2$$



σ_{III} Koppelspanning in kg/cm²

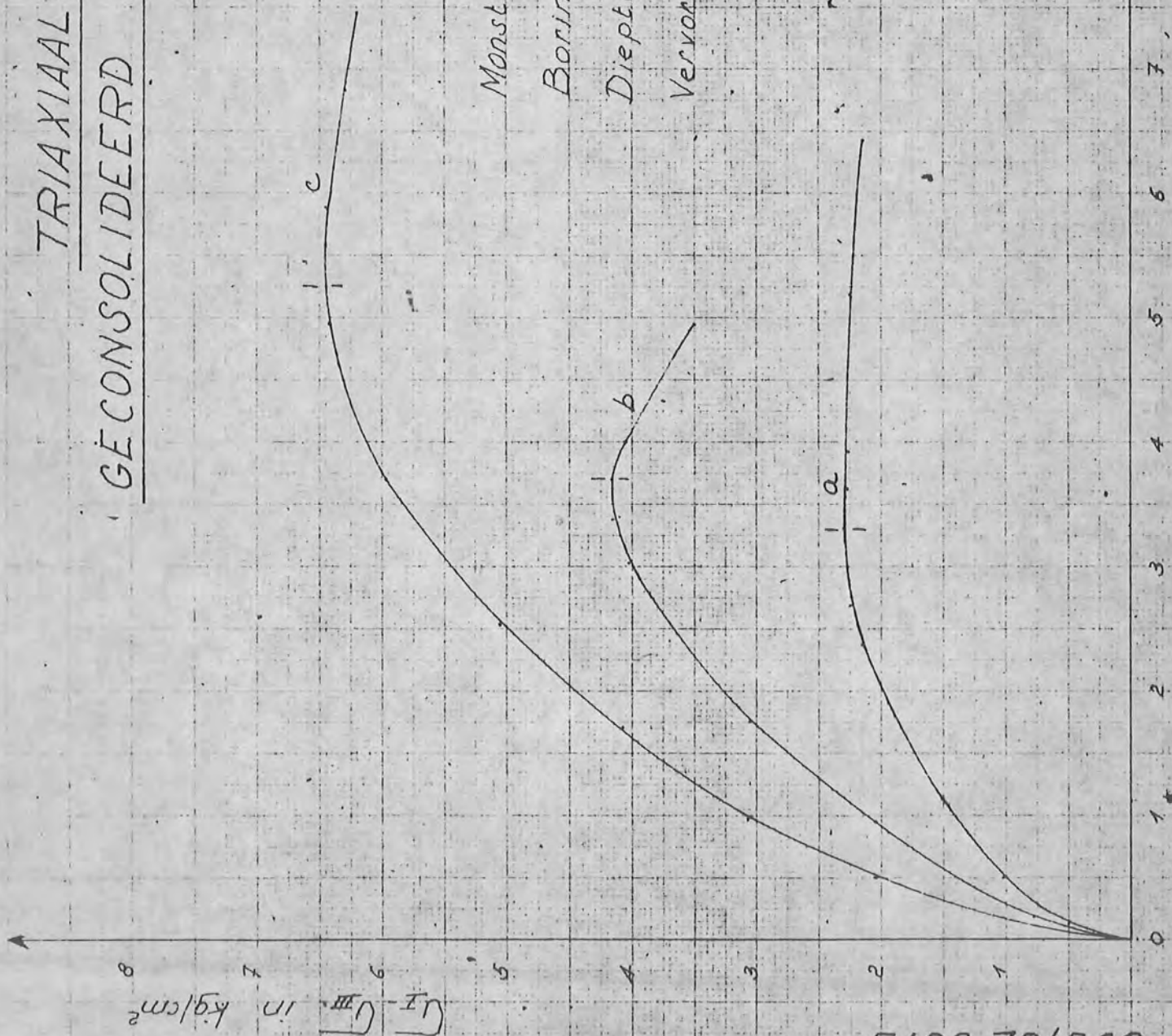
TRIAxiaAL PROEF GECONSOLIDEERD NIET GEDRAINEERD

Monster n° : 71/5016-5189-70/569-B/61

Boring n° : B 53

Diepte : 24,92 - 25,22

Vervormingsnelheid : 0,245 mm/min



$\frac{\Delta h}{h_0}$ in %

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

5189-70/569

TRIAxiaAL PROEF GECONSOLIDEERD NIET GEDRAINEERD

$\frac{4h}{h_0}$ in %

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

13

Monster n°: 71/6016-5189-70/569-B/61

Boring n°: B53

Diepte : 24,92-25,22

Vervormingssnelheid : 0,2115 mm/min

$-\sigma_w$ in kg/cm^2

L

0

0,2

0,4

0,6

0,8

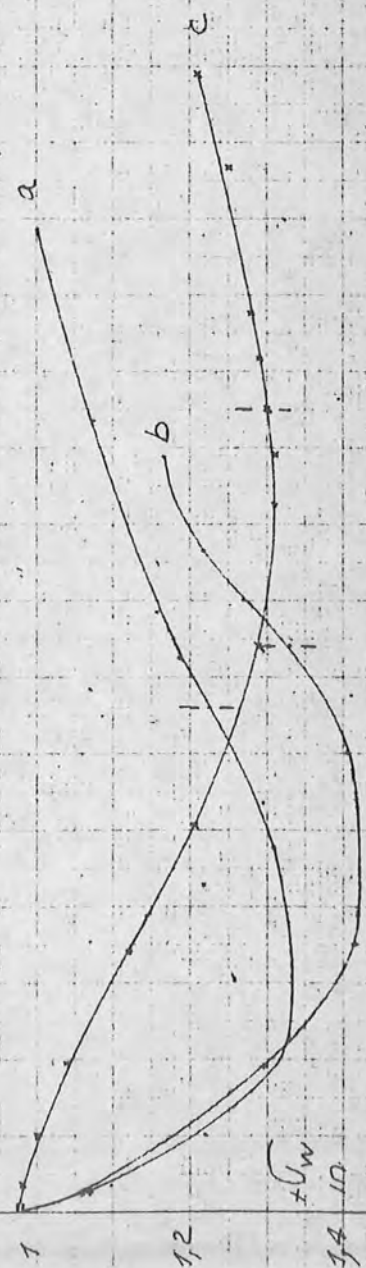
1

1,2

1,4

$+\sigma_w$ in kg/cm^2

kg/cm^2



5189-70/569

DIEPSONDERING DK 55

- maaiveldpeil : + 4,20
- van + 2,20 tot + 2,20 : betrekkelijk losgepakt klei- of leemhoudend zand.
- van + 2,20 tot + 0,00 : weinig weerstandbiedende laag samengesteld uit slappe tot betrekkelijk slappe mogelijk zandhoudende leem of klei. Aanwezigheid van een steen, kei, schelp of ander hard insluitel op het peil + 0,00.
- van + 0,00 tot - 3,20 : middelmatig gepakt klei- of leemhoudend zand.
- van - 3,20 tot - 17,80 : dichtgepakt tot zeer dichtgepakt zand met een minder dichtgepakt dan wel mogelijk meer kleihoudend insluitel omstreeks het peil - 4,40. Aanwezigheid van stenen, keien of andere harde voorwerpen o.a. op het peil - 4,60.
- van - 17,80 tot - 21,00 : zeer vaste zandhoudende kleilaag.

DIEPSONDERING DK 54

- maaiveldpeil : + 3,48
- van + 3,48 tot + 0,50 : slappe tot betrekkelijk slappe mogelijk zandhoudende klei of leem, plaatselijk mogelijk veen of slib ; boven het peil + 3,00 mogelijk losgepakt leem- of kleihoudend zand. Betrekkelijk dichtgepakte zandlens omstreeks het peil + 1,30.
- van + 0,50 tot - 2,70 : middelmatig gepakt klei- of leemhoudend zand.
- van - 2,70 tot - 17,70 : dichtgepakte mogelijk kleihoudende zandlaag. Minder dichtgepakt dan wel meer kleihoudende lenzen omstreeks de peilen - 3,50 en - 4,30. Aanwezigheid van enkele stenen, keien, schelpen of andere harde voorwerpen o.a. op het peil - 4,50, - 7,10, - 10,10 en - 14,10.

TABEL I

Diepson- dering	Aanvangs- peil	Peil einde sondering	Peil vanaf hetwelk de kleefvanger werd aan- gewend	Waterpeil	Peil waar- op het sondeergat niet- viel	Datum van peiling	Aard van de grond aan de konus- punt	Opmerking
IV ^{bis}	+ 6,16	- 16,85		+ 4,69		18/1/1971	veen en kleihou- dend zand	
			- 10,85 [±]	+ 4,76 [±]		18/1/1971 [±]	veen en kleihou- dend zand met witte schelpjes [±]	
V(35)	+ 3,47	- 13,45			+ 2,75	22/1/1971	kleihoudend zand en zand	
			- 9,45 [±]	+ 1,57 [±]		21/1/1971 [±]	veen en kleihou- dend zand [±]	
DK 55	+ 4,80	- 21,00		+ 1,60		28/1/1971	kleihoudend zand en klei	
			- 6,60 [±]	+ 1,48 [±]		27/1/1971 [±]	weinig kleihou- dend zand [±]	
DK 54	+ 5,48	- 17,70		+ 1,58		26/1/1971	kleihoudend zand	
			- 5,90 [±]	+ 1,56 [±]		25/1/1971 [±]	weinig kleihou- dend zand [±]	

[±] Gegevens genoteerd bij het uittrekken der buizen voor het inlaten van de
kleefvanger.

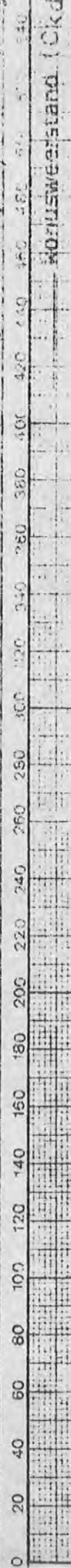
DIEPSONDERING n° DK 54

UITGEVOERD TE ANTIWERPEN

THE SOARES LAFITE
Boulevard de la Woluwe 62
1200 Brussels
Belgium

Project: Lisseel 25.1.71
Schoonbroodt 29.1.71

WOLUWEEERSTAND (CKd)



+5,48 Maaijveld

F₁, F₂, F₃; Buisson opgelicht over
100m, 200m, 300m vervolgend
diepte voortgezet

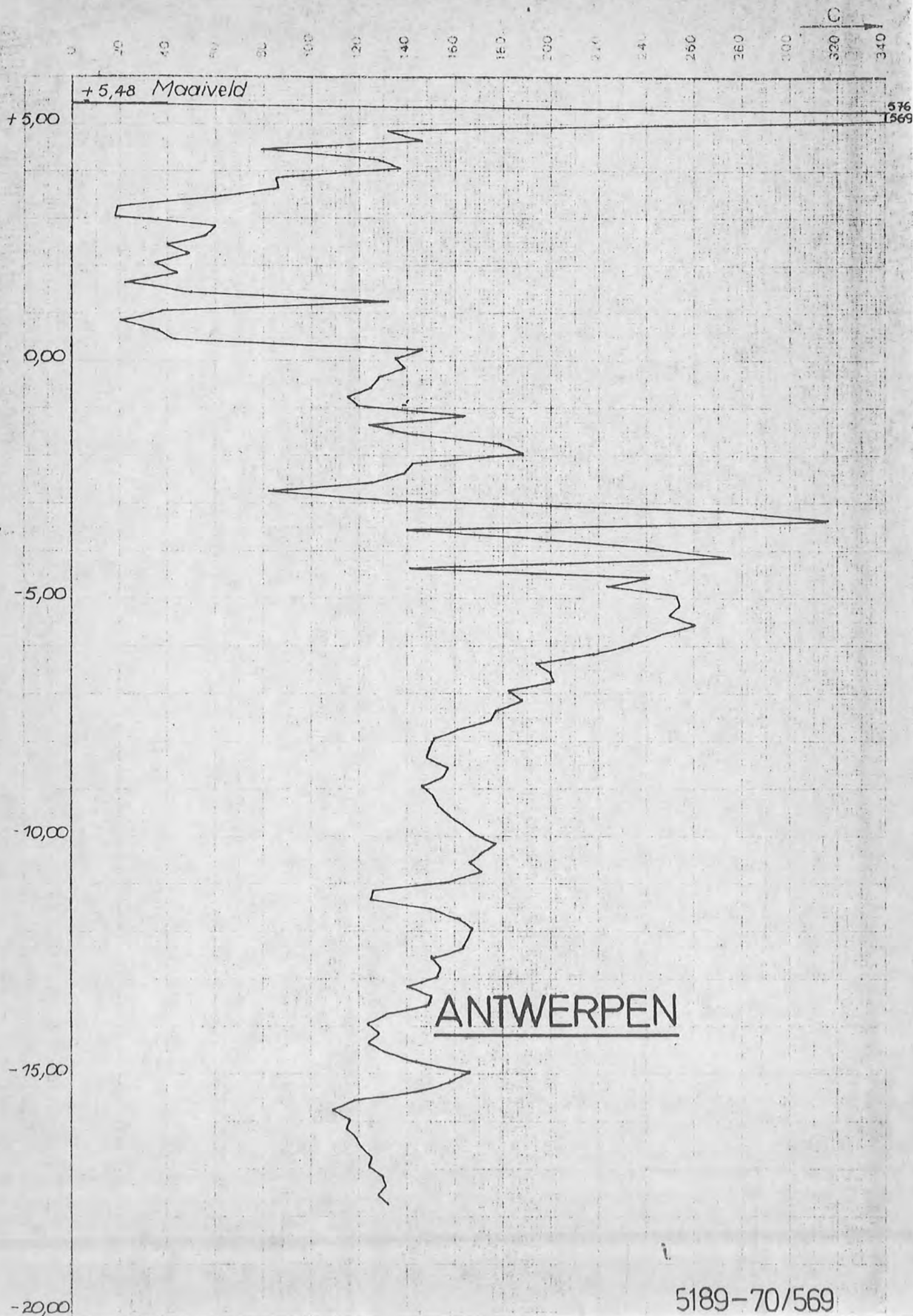
gewone eindbus

gewone eindbus met kleefvanger

5189-70/569

Wrijvingsweerstand (L) in
Totale weerstand (T) in

AFGELEID UIT DIEPSONDERING



φ EN φ' AFGELEID UIT DIEPSONDERING

 φ, φ'

0° 2° 4° 6° 8° 10° 12° 14° 16° 18° 20° 22° 24° 26° 28° 30° 32° 34°

+5,48 Maaiaveld

+5,00

 $\varphi = \varphi'$

35°

0,00

 φ' φ

-5,00

 $\varphi = \varphi'$

i

 φ' φ

-10,00

ANTWERPEN φ' φ

-15,00

-20,00

5189-70/569

DIEPSONDERING nr DK 55
UITGEVOERD TE ANTWERPEN

TYPE SONDE: KABELSONDE

Hydraulisch 10-50
Sprek van de Lids 11cm
Sprek 10-15 cm
Sprek 10-15 cm

Lasseel 24-1-41
Schoonbroodt 2-12-41

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540
Korussweerstand (Kg)

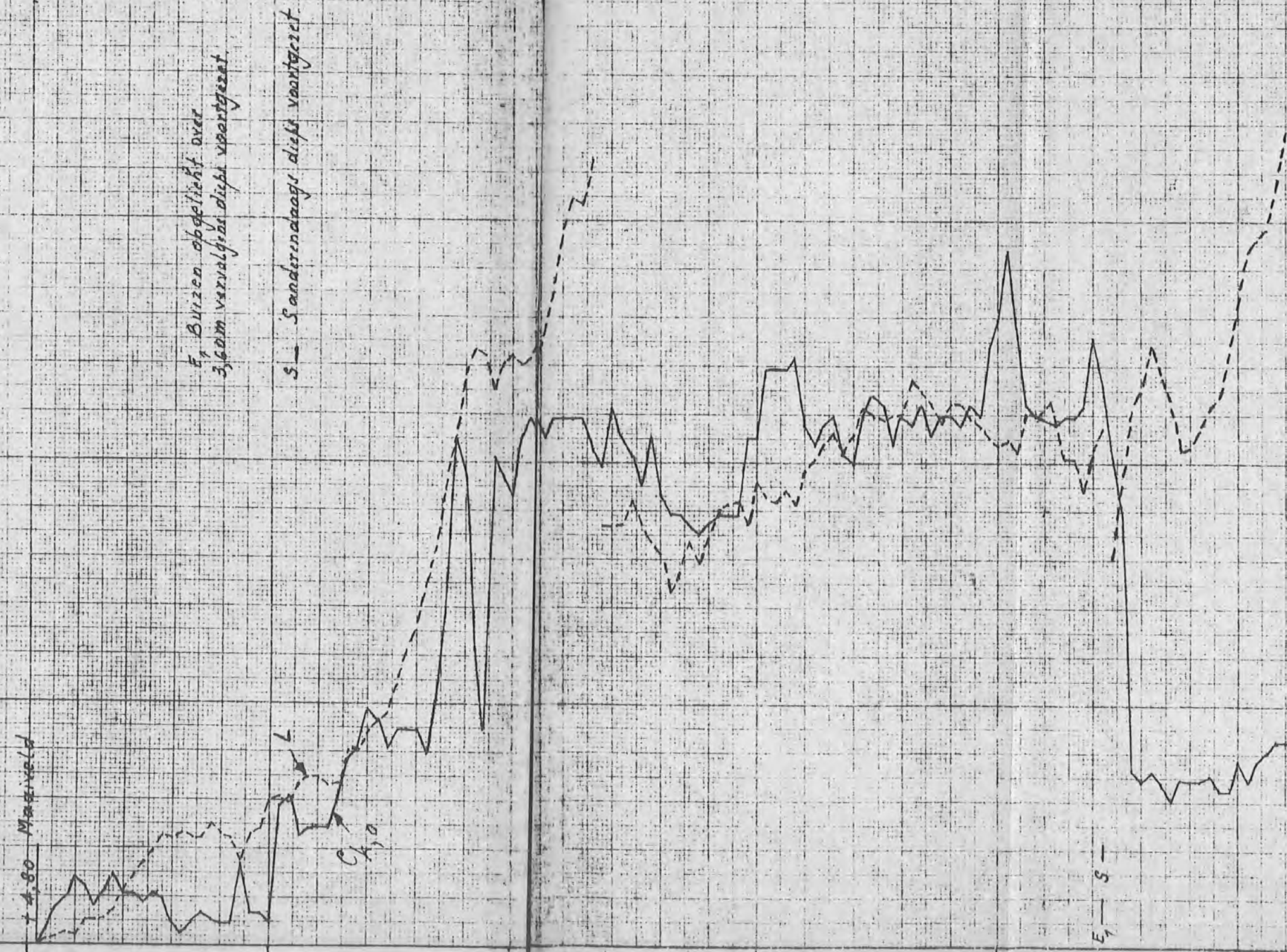
+45,00
+4,80 Maxveld

0,00

-5,00

-10,00

-15,00



E, Buizen opgelicht over
3,60m vervolgde diepte voortgezet

S, Sanderindrag diepte voortgezet

Gewone eindbus met kleefringen

Gewone eindbus

E, S

peil

RIJKSINSTITUUT voor
GRONDMECHANICA
Gent

ϕ en ϕ'

AFGELEID UIT DIEPSONDERING
UITGEVOERD TE ANTWERPEN

n^o DK 55

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50

ϕ en ϕ'

+500

+480 Maaiveld

$\phi = \phi'$

ϕ'

ϕ

000

ϕ'

-500

ϕ

-1000

-1500

ϕ'

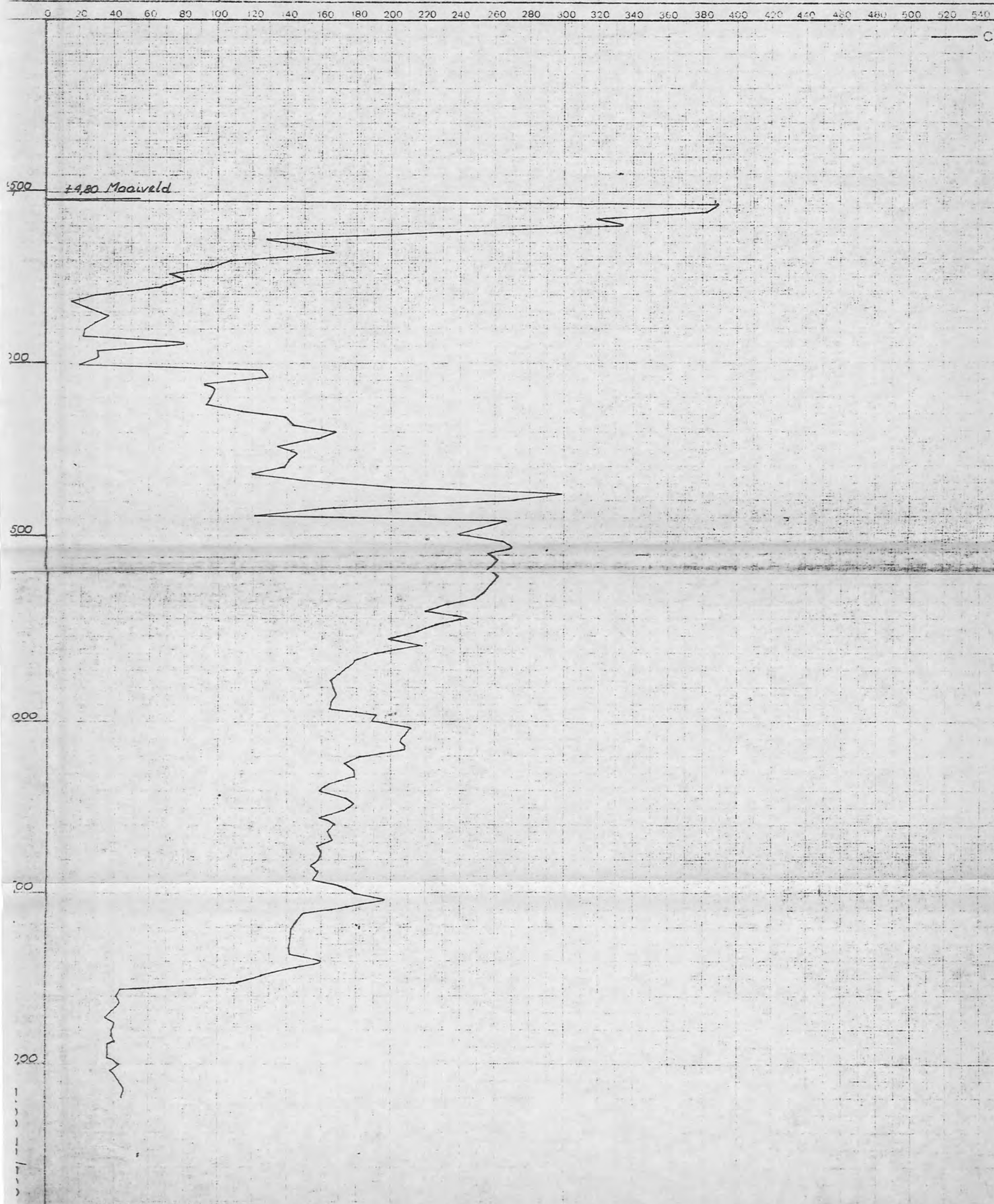
ϕ

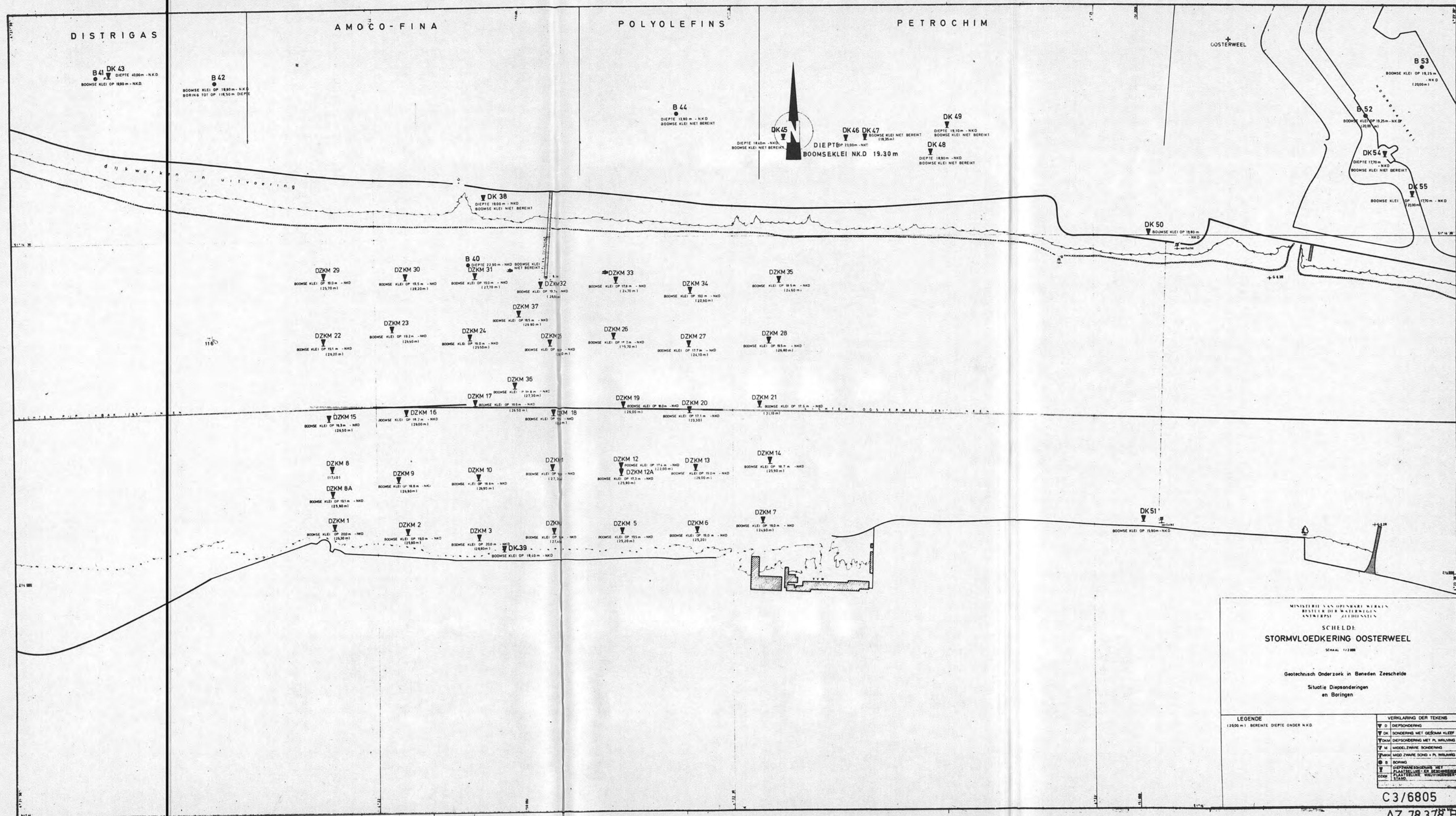
-2000

5189-70/569

RIJKSINSTITUUT voor
GRONDMECHANICA
Gent

C AFGELEID UIT DIEPSONDERING n° DK 55
UITGEVOERD TE ANTWERPEN





C3/6805

AZ 78 378 BIS

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN

BESTUUR DER WATERWEGEN

ANTWERPSE ZEEDIENSTEN

Geotechnisch Onderzoek
in de Beneden Zeeschelde
ten behoeve van de studie van de
Stormvloedkering te Oosterweel

DEEL III

De geologische opbouw van de
omgeving van Oosterweel

Verslag nr. AZ.78/11.

DEEL III : DE GEOLOGISCHE OPBOUW VAN DE OMGEVING
VAN OOSTERWHEEL

Inhoudstafel

1. De algemene geologische opbouw van het Antwerpse havengebied en in het bijzonder in de omgeving van Oosterweel.
2. Het onderzoek van de subbeden van de bouwzone van de S.V.K. met behulp van acoustische golven.

- - - - -

Opmerking : De werken aangehaald in dit rapport kunnen hetsij in de bibliotheek van de Belgische Geologische Dienst of het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, hetsij op de Antwerpse Zee diensten geraadpleaagd werden. Uiteraard zijn de geologen dr. W. Vandenberghe, dr. Laga en dr. Wartel die samen gewerkt hebben bij het samenstellen van deze tekst ter beschikking om deze indien gewenst verder te verklaren.

DEEL III. DE GEOLOGIE VAN DE OMGEVING VAN OOSTERWEEL.

Inleiding.

In deel III van de rapporten omtrent de geotechnische onderzoeken in de Beneden Zeeschelde ten behoeve van de studie van de stormvloedkering worden enkele gegevens bijeengebracht omtrent de geologie van het gebied.

1.1. De algemene geologische opbouw van het Antwerpse havengebied

Verscheidene verslagen omtrent de geologie van het Antwerps havengebied werden gepubliceerd in het verslagboek van het 4e Internationaal Havenkongres van de K.V.I.V.

We vermelden in het bijzonder het artikel voorgedragen door Prof. dr. F. GULLENTOPS (1), waarin hij het volgende schrijft betreffende de ondergrond :

" 1. De ondergrond

Zeer ver in het geologisch verleden hoeven we niet op te klimmen, want, afgezien van enkele problemen van waterwinning, speelt de diepere ondergrond geen rol in het Antwerpse.

Als vertrekpunt kan gelden de welbekende Klei van Boom (Oligoceen) die overal in de ondergrond wordt aangetroffen. Geëxploiteerd in een eindeloze rij kleigroeven van Rumst tot Elverzele zijn haar eigenschappen in dagzoom goed bekend. Het is een homogene, kompakte, weinig plastische en volledig ondoorlaatbare klei die in een regelmatige laag, 40 tot 60 m dik werd afgezet.

Vanaf het Boomse helt ze als een regelmatige plaat naar het noorden vrij sterk af om in Antwerpen-zuid het O-peil te bereiken en onder de dokken reeds 30 m diep te liggen.

Uit haar ondoorlaatbaarheid spruiten haar voornaamste eigenschappen voort : ze scheidt twee waterlagen met verschillende karakteristieken, leent zich tot de aanleg van ondergrondse gasreservoirs, vergemakkelijkt het graven van de eerste Scheldetunnel en in zekere zin het baggeren van de zinkgeul van de huidige tunnel. Nochtans dient er opgemerkt te worden dat haar geotechnische eigenschappen in de diepte niet dezelfde zijn als in ontsluiting, aangezien het grotere gewicht van de bedekkende lagen een sterkere kompactie van de klei veroorzaakt hebben.

(1) Prof.dr. F. GULLENTOPS : Algemene geologische probleemstelling van het Antwerpse Havengebied in het verslagboek van het 4e Internationaal Havenkongres van de K.V.I.V. Antwerpen 1964.

Deze klei van Boom was afgezet in een relatief diepe, kalme zee, waarvan het strand ver ten zuid-oosten in het Bekken van Parijs was gelegen. Als weerslag van de alpiene plooiing werd de zee daarna ver naar het noorden teruggedrongen en ontstond een gans ander paleogeografisch beeld met de aanleg van het huidig Noordzeebekken. In het Mio-Pliocene registreren we dan nieuwe zeetransgressies, maar de kustlijn ligt nooit zeer ver ten zuiden van Antwerpen, zodat nu hoofdzakelijk ondiepe, kustnabije sedimenten worden afgezet. Hiertoe behoren de zanden van Antwerpen, Miegem, Durne en de crags van het Scaldisien.

Slechts enkele meters dik in Antwerpen-zuid overtreffen ze reeds 25 m in het gebied der dokken. Door talrijke hiaten en faciesverschillen is hun stratigrafie nog niet volledig duidelijk. Dr. A. Paepe zal deze problematiek belichten (2). Voor de praktijk hebben ze echter een gemeenschappelijk karakter, het zijn dicht gelaagde, min of meer kleihoudende, min of meer glaukonietrijke fijne zanden, soms buitengewoon rijk aan fossielen. Het variabele kleigehalte beïnvloedt grotelijks hun permeabiliteit, waarmee rekening moet worden gehouden bij de bemalingen voor de talrijke graafwerken die onder de watertafel in deze formaties worden uitgevoerd.

Dit complex wordt ten noorden van Antwerpen bedekt door de Zanden van Merksem. Van enkele meter in de zuidelijke dokken worden ze snel dikker en overtreffen reeds 20 m aan de Frederiksluis. Ze werden afgezet praktisch aan het strand van de laatste zee die het Antwerpse heeft bedekt, in het begin van het Kwartair. Het zijn dan ook uitgewassen, grijze kwartzanden, vrij glaukonietarm, met vooral aan de basis laagjes door golfslag gebroken fossielen. Aangezien ze zo jong zijn en door geen andere lagen werden bedekt, is de pakking van de korrels gering, waardoor ze in droge uitgravingen na een tijd tot evenwichtshellingen afrollen en gemakkelijk verstuiven. Hun hoge porositeit en permeabiliteit vereisen anderzijds een dichte bemaling, aangezien hoge debieten kunnen optreden.

Zelfs dan gebeurt het nog dat wateraders kunnen ontstaan die tijdens de graafwerken moeilijkheden kunnen meebrengen.

In deze zanden komen eigenaardige konkreties voor, waarover Dr. Van Tassel zal spreken, en dunne, maar harde zandsteenplaten, waarmee bij baggerwerken rekening moet worden gehouden(3).

(2) dr. R. PAEPE : De Mariene afzettingen in het Antwerpse havengebied; in het verslagboek van het 4e Internationaal Havenkongres K.V.I.V. Antwerpen 1964.

(3) dr. R. VAN TASSEL : Merkwaardige konkreties in de pleistocene mariene afzettingen van Antwerpen; in het verslagboek van het 4e Internationaal Havenkongres K.V.I.V. Antwerpen 1964.

Deze evolutie bepaalt dus de ondergrond in het Antwerpse en dus het uitzicht van de geologische kaart. De geschiedenis gaat echter door en de individualiteit ontstaat slechts in het recente verleden. "

Hij bespreekt verder de kwartaire lagen die opgebouwd werden tijdens het Midden-Kwartair. Schijnbaar tast men over verscheidene gebeurtenissen die zich hebben voorgedaan in deze streek nóg in het duister, maar toch vervolgt hij :

" Zeker is echter dat tijdens de laatste IJstijd ontzaglijke hoeveelheden zand werden aangevoerd gedeeltelijk door de wind, gedeeltelijk door de rivieren zelf, waardoor dit reliëf nogmaals grondig werd gewijzigd. Het door de wind aangevoerde zand werd als een mantel over het bestaande reliëf uitgespreid : vandaar de naam dekzanden. Onder de vorm van fijne tot gemiddelde zanden, soms leemhoudend, meestal bruin van kleur, bedekken ze bijna overal de ondergrond. Dr. DE PLOEY zal hun aanwezigheid in het havengebied bespreken en de eigenschappen waaruit men kan opmaken dat ze in een zeer koud klimaat werden afgezet. (4). "

Door de hh. dr. IAGA en dr. HANSSEN van de Belgische Geologische Dienst werd voortgaande op een 5-tal zeer diepe boringen w.o. deze die uitgevoerd werd te Oosterweel op de terreinen van DISTRIGAZ (zie bespreking in deel II van het rapport van het geotechnisch onderzoek) een geologische doorsnede gemaakt van Kallo tot Wintham die in het bijzonder toepasselijk is op de omgeving van Oosterweel (zie bijlage 1). De uitgravingen voor de bouw van de E-3 tunnel hebben op hun beurt toegelaten de verschillende grondlagen die in deze omgeving voorkomen in situ te bestuderen. Het Geologisch Genootschap van het Technologisch Instituut van de K.V.I.V. heeft daaromtrent een studie gewijd.

(4) dr. J. DE PLOEY : Dek- en stuifzanden in het Antwerps havengebied; in het verslagboek van het 4e Internationaal Havenkongres K.V.I.V. Antwerpen 1964.

De resultaten van deze studie en in het bijzonder de bespreking van structuren zoals kleidiapir en de Septaria in de Boomse Klei werden gepubliceerd in Het Ingenieursblad van 1 september 1966 (5), (6), (7) en (8)

- (x) In 1976 werd in de Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie door F. DE MEUTER en P. LAGA (9) een nieuwe lithostratigrafische indeling van de neogene afzettingen (in Miocene en Pliocene afzettingen, die het bovenste deel van het Tertiair vormen) gepubliceerd. Deze lithostratigrafie (zie bijlage 2.) is uitsluitend gebaseerd op de macroscopische zichtbare lithologische kenmerken van de afzettingen en dus niet meer op basis van hun ouderdom. Deze laatste indeling heet de chronostratigrafie en kan pas na uitgebreide studies van paleontologische en geochronologische aard opgesteld worden. Deze twee studiemethodes resulteren eveneens in stratigrafische indelingen, die dan resp. biostratigrafie en geochronologie genoemd worden. Bij voorkeur worden vooral bij Openbare Werken, de lithologische eenheden gebruikt : ze geven het minst aanleiding tot verwarring.
-

- (x) De hierna volgende tekst werd opgesteld door dr. P. LAGA van de Belgische Geologische Dienst

- (5) dr. A. BASTIN : Geologie en Scheldetunnelwerken, Sediment petrologie van de Zanden van Edegem en de Zanden van Antwerpen, Het Ingenieursblad 1 september 1966.
- (6) dr. R. VAN TASSEL : Geologie en Scheldetunnelwerken, De Septaria van de Boomse Klei, Het Ingenieursblad 1 september 1966.
- (7) dr. P. LAGA : Geologie en Scheldetunnelwerken, Kleidiapir in de uitgraving voor de spoorwegtunnel van de E-3 weg op de rechteroever te Antwerpen, Het Ingenieursblad 1 september 1966.
- (8) dr. F. DE MEUTER : Geologie en Scheldetunnelwerken, De Microfauna van de Zanden van Edegem en de Zanden van Antwerpen, Het Ingenieursblad, 1 september 1966
- (9) DE MEUTER F. en P. LAGA 1976 - Lithostratigraphy and Biostratigraphy based on benthonic Foraminifera of the Neogene deposits of Northern Belgium. Bull Soc. Belge Géol. 85 (4) : 133 - 152.

In het betrokken havengebied bestaan de afzettingen volgens deze nieuwe lithostratigrafische indeling, achtereenvolgens (van boven naar onder) uit :

- Formatie van Lillo, onderverdeeld in Zanden van Zandvliet, Merksem, Kruisschans, Oorderen en Luchtbal
- Formatie van Kattendijk
- Formatie van Berchem, onderverdeeld in de Zanden van Antwerpen, Kiel en Edegem
- Rupel Formatie, met de Boomse Klei.

Deze onderverdeling is soms moeilijk te onderscheiden, vooral in boringen.

Zoals op bijlage 2 aangeduid, komt de Lillo Formatie overeen met de afzettingen die traditioneel "Merksemiaan Poederliaan en Scaldisiaan" genoemd worden. De Formatie van Kattendijk werd meestal als "Diestiaan" bestempeld, doch de laatste 20 jaar werd deze bij het "Scaldisiaan" ingedeeld. De Berchem Formatie omvat hetgeen als "Antwerpiaan" bestempeld werd.

De Neogene afzetting in het havengebied werden gedurende de periode 1965 - 1970 gedetailleerd bestudeerd door P. LAGA (10). De beschrijving van de ontsluitingen, gelegen in de onmiddellijke omgeving van de stormvloedkering zijn hier in bijlagen bijgevoegd, nl. de ontsluiting aan het Vde Havendok (verlenging) - zie bijlage 3 - en de buisschachten van Petrochim gelegen op de rechteroever (AP) - Zie bijlage 4 - en op de linkeroever (KP) - zie bijlage 5. Twee schematische N-S doorsneden doorheen deze ontsluitingen illustreren het verloop van de verschillende geologische eenheden (bijlagen 6, 7 en 8). De Formatie van Kattendijk rust rechtstreeks op de Boomse Klei vermits de Formatie van Berchem er volledig ontbreekt.

1.2. Lithologische beschrijving van de Formaties zoals ze voorkomen ter plaatse van de stormvloedkering :

1.2.1. Formatie van Lillo

Bestaat uit grijze, bruingrijze en lichtgrijze glauconiethoudende zanden (gehalte schommelt rond 10% gewichtsprocent - uitzonderlijk 20%) met over het algemeen afnemend kleigehalte naar boven toe, veel verspreide schelpen en onderaan met verschillende dikke schelplagen. De klei komt meestal voor vermengd met het zand. De Formatie van Lillo bestaat op deze plaats haast uitsluitend uit de Zanden van Oorderen. De aan-

(10) LAGA P. 1972

Stratigrafie van de marine Plio-Pleistocene afzettingen uit de omgeving van Antwerpen met een bijzondere studie van de Foraminiferen- doktoraats diss. K.U. Leuven

wezigheid van de Zanden van Merksem is twijfelachtig. Door de grote rijkdom aan schelpen en het lagere glauconietgehalte zijn deze zanden gemakkelijk te onderscheiden van de Formatie van Kattendijk. Ter plaatse van de stormvloedkering ontbreekt het onderste laagpakket (de Zanden van Luchtbal) en rusten de Zanden van Oorderen (vroeger Zanden van Kallo genaamd) op de Formatie van Kattendijk. De onderste schelpenlaag (0,5 à 1 m dik) van de Zanden van Oorderen vormt de grens met de onderliggende formatie en bestaat haast uitsluitend uit een kompakte massa schelpen (gebroken en gehele) met kleilenzen.

1.2.2. Formatie van Kattendijk

Bestaat uit groene tot grijsgroene fijne homogene losse zanden, glauconietrijk (+ 20% gewichtsprocent) met slechts weinig en verspreide schelpen. Soms komen de schelpen in lagen voor zoals in de ontsluiting aan het vijfde havendok (zie bijlage 2). Deze formatie verschilt van de Formatie van Berchem door de lichtere kleur, het lager glauconietgehalte, het geringere kleigehalte en de fijnere korrelgrootte.

De ondergrens is gekenmerkt door de aanwezigheid van een fijn grindlaagje met vuurstenen en kwarts, goed afgerold en gesorteerd, met enkele fosfaathoudende nodullen en met vertebraten beenderen (veelal van walvisachtigen) en ook afgerolde septariaknollen, afkomstig uit de Boomse Klei.

De bovengrens, onder de basis schelpenlaag van de Zanden van Oorderen, bevat vaak ook beenderen van walvisachtigen. Deze beenderen worden vaak door verzamelaars opgezocht.

1.2.3. De Boomse Klei

Deze kleilaag werd in het ontsluitingsgebied bestudeerd (x) door N. Vandenberghe (11)

Alhoewel de Boomse klei veelal als een homogene kleilaag besproken wordt toont een nauwkeurigere studie, gebaseerd op terreinobservaties en talrijke labo-analysen aan, dat dit geenszins het geval is.

(11) VANDENBERGHE N. 1974

Een sedimentologische studie van de Boomse Klei
doktoraats diss. K.U. Leuven

(x) De hiernavolgende tekst is opgesteld door de heer dr.
VANDENBERGHE N.

Het meest opvallende kenmerk van de Boomse klei op de ontginningswanden is de gebande structuur. Deze lagen zijn van de grootte orde van een halve meter. De klei is opgebouwd uit drie verschillende soorten lagen, die men kan herkennen aan hun kleurtint, zeker in ontsluitingen.

Er zijn de meest regelmatig voorkomende banden van intermediair grijze kleur die ⁱⁿ korrelgrootte verschillen vertegenwoordigen; er zijn de zwarte lagen die rijk zijn aan organisch materiaal en er zijn ten slotte de witte lagen die rijk aan kalk zijn.

De sequentie van die verschillende banden is wel bepaald en dit laat toe een gedetailleerde lithostratigrafische onderverdeling van de Boomse klei uit te werken. In het Land van Waas en het Boonse (type gebied) konden 69 dergelijke banden geïdentificeerd worden en in een wel bepaalde en herkenbare openvolging gerangschikt worden.

Alhoewel de bandenspectra van enkele kleiputten ten oosten van Mechelen niet exact in de opgestelde lithostratigrafische detail schaal kunnen ingepast worden, kunnen ze toch in hun geheel gekorreleerd worden met het type spectrum.

- De korrelgrootte ritmiciteit in de opbouw.

De modale korrelgrootte blijft steeds beneden de 80 μ m. De detritische korrels hebben een maximale korrelgrootte van ongeveer 100 μ m. Autigene korrels of concreties kunnen grotere afmetingen hebben.

De korrelgrootte samenstelling varieert van een kleifge laag naar een aanliggende siltige band hoofdzakelijk door afname van het kleigehalte van 50-70% tot 40% of minder, door toename van de grof silt en fijn zand fraktie ($\approx 30 \mu$ m) van 5-10% tot 25% en meer, en doordat binnenin de fraktie $> 16 \mu$ m de mode verlegd wordt van $+ 30 \mu$ m naar $+ 70 \mu$ m. Een opvallend kenmerk van deze korrelgrootteritmiciteit is dat de variaties geleidelijk gebeuren; zo zijn extreme waarden steeds gescheiden door intermediaire waarden en bevinden de extreme waarden zich steeds in het midden van een kleifge of een siltige band.

Naaat deze korrelgrootte ritmiciteit met een lengte gelijk aan 2 banden (≈ 1 m) is er ook een ritmiciteit van dezelfde geleidelijk variërend korrelgrootte elementen met een lengte groter dan 10 m.

Het is van belang te noteren dat terreinwaarnemingen suggereren dat er een niet verwaarloosbare waterbeweging aanwezig is in de grove banden.

- De ritmiciteit van de zwarte banden, rijk aan organisch materiaal.

De zwart gekleurde banden komen onveranderlijk op eenzelfde positie voor t.o.v. de korrelgrootte banden; een zwarte band vangt scherp aan in de top van een siltband en eindigt na 30-40 cm min of meer geleidelijk in de bovenliggende kleifige band. De zwartkleuring is te wijten aan de aanwezigheid van deels verkoolde fossiele plantendeeltjes, van silt en fijn zand afmetingen. Het totale organisch materiaal gehalte in de zwarte banden kan meer dan 5% bedragen. Aangezien vanaf een zeker niveau deze zwarte banden zeer regelmatig voorkomen (daaronder slechts 2x) kunnen een zwarte klei en een grijze klei onderscheiden worden als lithostratigrafische eenheden.

De karbonaatritmiciteit.

In de Boomse klei werden meer dan acht horizonten aangetroffen die beantwoorden aan een oorspronkelijke uitgesproken mergelige sedimentatie. Deze lagen, enkele tientallen cm dik, zijn nu meestal omgevermd tot septarialagen tengevolge van diagenetische veranderingen. Septaria zijn broodvormige kalknodulen die tot meer dan 1 m diameter kunnen bereiken. De positie ervan is niet verwant noch aan de korrelgrootte ritmiciteit noch aan deze van het organisch materiaal.

De variaties in chemische samenstelling en in mineralogie zijn deze die voortvloeien uit de verandering van korrelgrootte, gehalte aan organisch materiaal en karbonaten.

De samenstellende mineralen van de grovere detritische frakties veranderen lichtjes in relatieve hoeveelheid o.i.v. paleogeografische elementen, doch blijven globaal dezelfde; in hoofdzaak kwarts en in niet onbelangrijke mate veldspaat, met verder silexfragmentjes, grote phyllosilikaten en de accessorische zware mineralen.

De aanwezige kleimineralen in de fraktie < 2 μ m zijn illiet (4-5), smectiet (1-2), illiet-smectiet onregelmatige interstratificaties (1-2) kaoliniet (1-3), gedegradeerd chloriet (0,5-1) en soms sporen van choriët. De hoeveelheid van elk mineraal is tussen haakjes gegeven (uitgedrukt in delen per tien) en werd berekend met behulp van parameters die piekintensiteiten op de diffractogrammen corrigeren voor Lorentz-polarisatie en voor verschil in structuurfactor. Het aanwezige illiet heeft de 1 Md structuur. Het smectiet is eerder slecht gekristalliseerd en

gaat over in de illiet-smectiet onregelmatige interstratificaties met belangrijke hoeveelheden van de smectietische komponent. Saturatie en zwaltesten wijzen op een smectiet met hoge lading. De illiet-smectiet interstratificaties hebben altijd belangrijke hoeveelheden 14 M componenten en meestal ook belangrijke hoeveelheden van de 10A componenten. Amorfe substanties bedragen slechts enkele procenten van de totale samenstelling.

Het organisch materiaal bedraagt normaal 1 à 2% maar kan in de zwarte banden tot meer dan 5% lopen. Glaukenietkorrels worden in sommige grovere siltbanden in belangrijke mate aangetroffen.

Pyriet (slechts zelden marcassiet) komt voor in concreties van variërende vorm en afmetingen (enkele mm tot meer dan 10 cm).

Naast concretievormige ijzersulfiden komen er ook laagvormige ijzersulfiden voor van 1 of meerdere cm dik. Een schatting van het totaal pyriet in de klei zou 5% kunnen zijn.

2. Het onderzoek van de subbodem van de Beneden Zeeschelde te Oosterweel

Door het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen werd een subbodem onderzoek verricht in de Beneden Zeeschelde met behulp van echoloding bij lage frequentie. Het doel van dit onderzoek is tweevoudig:

- 1) studie van de dikte van de recente sedimentlaag in de Schelde
- 2) verkenning van de subbodem (tertiair).

Dr. S. Wartel die het onderzoek leidde zal eerlang een aantal uitslagen omtrent dit onderzoek publiceren. Een eerste publicatie omtrent dit onderzoek behelst de bouwsone van de stormvloedkering te Oosterweel (12).

Gelet op de belangrijkheid wordt dit nog voorlopig rapport van Dr. Wartel in zijn geheel overgenomen.

Methodiek van het onderzoek (12)

Het subbodem onderzoek werd verricht tussen december 1977 en mei 1978 met een O.R.E. subbottom profiler bestaande uit een 10 kW transceiver, mod. 140, met variabele frequentie (3.5 tot 7 kHz) en 4 transducers, bevestigd naast het schip, ongeveer 1 m onder het wateroppervlak. De weerkaatste echosignalen werden automatisch opgetekend met een Giffit 4000 recorder (Hydro Products). Met deze apparatuur wordt een penetratie bekomen tot ongeveer 25 m onder de bodem en is het mogelijk recente sedimentlagen vanaf 0.3 m dik te onderscheiden.

Om de diepte te bepalen waarop de lagen voorkomen werd uitgegaan van een geluidssnelheid van 1500 m/s overeenkomstig de snelheid in klei (13). In zand is deze snelheid ongeveer 1600 m/s zodat een afwijking van ongeveer 6% optreedt. In de weergegeven profielen werd hiervoor geen correctie aangebracht.

De waterdiepte werd bepaald met een Atlas Deso 10 echolood (nauwkeurigheid ± 10 cm). Plaatsbepaling gebeurde met een Motorola Miniranger III (nauwkeurigheid bij benadering 5 m).

Dertien noord-zuid dwarsprofielen en vijf oost-west langsprofielen werden opgenomen (Fig. 2).

Voor de interpretatie van de subbodem werd beroep gedaan op Dr L. LAGA (Aardkundige Dienst van België) en werd gebruik gemaakt van de boorregisters van de Aardkundige Dienst van België (Kaartblad 28, Antwerpen west). Bovendien verleende het Bestuur der Antwerpse Zeediensten inzage in een aantal puntsonderingen uitgevoerd in dezelfde omgeving.

(12) Dr. S. WARTEL: Onderzoek van de subbodem van het Schelde-estuarium in de omgeving van Oosterweel, Brussel 1978.

(13) SMITH D.T. and LI W.N.: Echo sounding and sea floor sediments in Maritime Geology 4 pp. 353-364, 1966

Bespreking der weerkaatsingshorizonten

Alle profielen (fig. 3 tot fig. 20) zijn weergegeven op schaal 1:2000 (horizontale as) en 1:200 (vertikale as). De dieptes zijn aangegeven onder het nul-niveau van het vergelijkingsvlak van het Krijgsdepot (NKD).

A. Tussen -19 en -32 m komen zes weerkaatsingshorizonten (verder genoemd horizonten) voor (in de figuren genummerd: 6c, 7a, 7b, 8, 9, 10).

De twee bovenste horizonten (9 en 10) zijn over het ganze gebied vervolgbaar. De lager gelegen horizonten (6c, 7a, 7b en 8) zijn slechts sporadisch waargenomen. Dit kan te wijten zijn aan het feit dat bij kleinere waterdieptes ook een kleinere penetratie bekomen werd.

Het is eveneens mogelijk dat veranderingen in lithologische samenstelling van de horizont een verflauwen of zelfs verdwijnen van de weerkaatsing als gevolg hebben.

Deze horizonten verlopen parallel. Ze hebben in oostelijke richting in profielen O (Fig. 17), P (Fig. 18), S (Fig. 19) en T (Fig. 20), in noordelijke richting in profielen R (Fig. 7), G (Fig. 9), H (Fig. 10) I (Fig. 11), J (Fig. 12) en K (Fig. 15) en zijn gebogen in profielen A (Fig. 3), B (Fig. 4), C (Fig. 5), D (Fig. 6) en F (Fig. 8).

Horizont 6c : Profiel 7 (Fig. 20), -31 à -32 m.

Zeer zwak weerkaatsende horizont, dik-wijls onderbroken, enkele geïsoleerde sterkere parabolische weerkaatsingen wijzen op de aanwezigheid van grotere (1 m of meer) structurelementen (septaria ?) in deze laag.

Horizont 7a : Profielen E (Fig. 7), L (Fig. 14), M (Fig. 15), T (Fig. 20), -28,5 à -29 m

Zwak weerkaatsende horizont welke verder dezelfde karakteristieken vertoont als horizont 6c.

Horizont 7b : Profielen A (Fig. 3), E (Fig. 7), L (Fig. 14), S (Fig. 19), T (Fig. 20), -26,5 à 27,5 m.

Zeer zwak weerkaatsende horizont met geïsoleerde parabolische weerkaatsingen als in horizont 6c.

Horizont 8 : Profielen D (Fig. 6), E (Fig. 7), G (Fig. 9), S (Fig. 19), T (Fig. 20), -24,5 à -25,5 m.

Zeer zwak doorlopende horizont.

N.B. : Tussen horizonten 7b en 8 is soms een zeer zwak doorlopende horizont zichtbaar. Hij is merklijk zwakker dan 7b en 8 en komt voor op ongeveer 1 m boven 7b. Deze horizont is niet opgenomen in de figuren.

Horizonten 9 en 10 : Waargenomen in alle profielen tussen -19 en -20 m, behalve in profiel N (Fig. 16).

Twee sterk weerkaatsende horizonten, vervolgbaar over het ganze gebied. Zij bestaan uit een korte opeenvolging van sterk weerkaatsende parabooltjes, wat op de aanwezigheid van afzonderlijke struktuurelementen in de ondergrond wijst (septaria ?).

B. De horizont (11) tussen -17 en -19 m is zwak tot zeer zwak weerkaatsend en discordant met de ondergelegen horizonten. Hij is best waarneembaar in profiel T (Fig. 20), waar hij gebogen is en in westelijke richting samenloopt met de ondergelegen horizont. Hij is niet waarneembaar in profielen A (Fig. 3), B (Fig. 4), C (Fig. 5), D (Fig. 6), J (Fig. 12) en N (Fig. 16).

C. Tussen -12,5 en -24 m komen twee zwakke horizonten (12 en 13) voor. Ze zijn ofwel samen ofwel afzonderlijk waarneembaar in de meeste profielen, behalve in profielen E (Fig. 7), H (Fig. 10), I (Fig. 11) en J (Fig. 12) waar ze ontbreken. In profielen N (Fig. 16), O (Fig. 17), P (Fig. 18) en S (Fig. 19) zijn ze op verschillende plaatsen onderbroken. In profiel T (Fig. 20) zijn ze duidelijk discordant met horizont 11 en hellen ze westwaarts. Horizont 12 daalt in profiel S (Fig. 19) westwaarts tot -16 m.

D. Tussen -10 en -12 m komt in alle profielen een brede diffuse horizont (14) met zeer variabele dikte voor. Naarmate hij dikker is verdwijnen de ondergelegen horizonten, waarschijnlijk als gevolg van een sterke geluidsdiffusie in deze horizont. Op sommige plaatsen (o.a. profielen P (Fig. 18) en T (Fig. 20) wordt hij door de Schelde geïnterdisseerd.

E. Tussen -4 en -9 m komen zowel aan de linkerkant (zuidelijke oever) als aan de rechterkant (noordelijke oever) verschillende horizonten voor.

Aan de linkerkant: -5,5 m (profiel C, Fig. 5), -6 m (profiel E, Fig. 7), -7 m (profiel C, Fig. 5), -8 m (profiel H, Fig. 10) en -9,5 m (profiel E, Fig. 7).

Aan de rechterkant: -3 m (profiel L, Fig. 14), -4 m (profielen C, Fig. 5, L, Fig. 14 en M, Fig. 15), -6 m (profielen E, Fig. 7 en M, Fig. 15) en -9 m (profiel E, Fig. 7).

F. Aan de rechterkant van de Scheldegeul, juist onder de bodem, komt een sterk weerkaatsende horizont voor, enkele centimeters tot meerdere meters dik. In de dwarsprofielen verloopt hij min of meer concordant met de recente bodem en discordant met de onderliggende horizonten.

GEOLOGISCHE INTERPRETATIE

Steunend op de boorgegevens van de Aardkundige Dienst van België (kaartblad 28, Antwerpen west) en een studie verricht in hetzelfde gebied door Laga (10) kunnen de hiervoor beschreven horizonten geologisch geïnterpreteerd worden.

A. Septaria banken. Deze zijn een bekend verschijnsel in de Boomse Klei (Oligoceen) (6) (14 en 11). Het zijn schijfvormige calciumcarbonaat concreties met een diameter gaande tot 1 m en een dikte van 0,15 à 0,20 m welke voorkomen in banken. De horizonten 6c, 7a, 7b, 9 en 10 zijn interpreteerbaar als septaria-banken:

1) de overgang klei-calciumcarbonaat concretie vormt een zeer goede reflector, 2) het aspect van de horizont, bestaande uit kleinere of grotere geïsoleerde weerkaatsingen is in overeenstemming met het voorkomen van afzonderlijke concreties, 3) de diepte waarop deze horizonten voorkomen stemt overeen met de ligging van de Boomse klei in dit gebied.

Deze septaria banken zijn zowel in de dwars- als in de lengteprofielen gebogen.

Het aantal grote septaria in een bank kan geschat worden op basis van het voorkomen van sterke parabolische reflectoren. Voor horizonten 9 en 10 wijst deze schatting op 34 grote septaria per km (of 1100 grote septaria per km²). Het spreekt vanzelf dat deze gegevens niet controleerbaar zijn en hoogstens een ruwe benadering van de werkelijkheid betekenen.

Het is niet met zekerheid te zeggen of horizont 8 eveneens met een septaria bank dan wel met een sterk venige horizont overeenstemt.

De afwezigheid van geïsoleerde reflectoren wijst eerder op de laatste mogelijkheid. Venige horizonten werden in de Boomse Klei beschreven door Vandenberghe (11).

(10) dr P. LAGA : Opus citatus

(6) dr R. VAN TASSEL : Opus citatus

(14) dr VANDENBERGHE N.: L'argile de Boom Causeur Géologique, Bruxelles 1887

(11) dr VANDENBERGHE N.: opus citatus

- B. Top van de Boomse Klei. De gebogen zwak weerkaatsende horizon 11 is interpreteerbaar als de top van de Boomse Klei. Puntsonderingen (Antwerpse Zeediensten) geven in het oostelijk deel van het bestudeerde gebied inderdaad de top van deze kleilaag weer tussen -17 en -19 m. Ook het aspect van de weerkaatsing (doorlopend en veel zwakker dan de onderliggende horizonten kan op de aanwezigheid van de top van de kleilaag wijzen. Klei heeft een lagere weerkaatsingscoëfficiënt dan zand (0,16) voor klei en (0,38) voor zand (15)
- De top van de Boomse Klei is hier discordant met de septaria banken. In figuur 21 is de toplaa in kaart gebracht. Deze kaart werd opgemaakt zowel aan de hand van gegevens van het akoestisch onderzoek als van puntsonderingen. Hieruit blijkt dat in het oostelijk deel de toplaa koepelvermij gebogen is. Uit metingen uitgevoerd tussen Antwerpen en Oosterweel blijkt inderdaad dat de dieptelijnen in het oostelijk deel van figuur 21 aansluiten. Het aantal gegevens is hier echter onvoldoende om de kaart met dezelfde nauwkeurigheid verder uit te breiden.
- C. Zanden van Kattendijk. Op de Boomse Klei rusten in het bestudeerde gebied de Zanden van Kattendijk (9) en (10). Deze zijn matig glauconiethoudende zanden met verspreide schelpen en schepgruis. Op sommige niveaus komen dikke schelpbanken voor (o.m. op -17 m in de boring van Krampelesepolder gelegen op de linker Scheldeover, ongeveer 4 km ten westen van boring B40 (Fig. 2) en -14 m te Oosterweel (uitbreidingswerken van het 5de havendok, ongeveer 1 km ten noordoosten van boring B40 (Fig. 2) Laga 1972). Deze zanden werden eveneens herkend in boring 122 (gelegen onder de linker Scheldeover op ongeveer 1.1 km ten westen van boring B40 (Fig. 2) en boring B40 (Fig. 2) in de Schelde. De diepte waarop deze zanden voorkomen is:
- 1) Te Krampele van -14 tot -19 m, ze werden overdekt door alluviale sedimenten (Pleistoceen) met aan de basis een laag bestaande uit schelpen, grof kwarts, grof glauconiet en grint (Laga, 1977);
 - 2) te Oosterweel van -7 tot -14 m, ze worden overdekt door de Zanden van Lillo (9) waarin meerdere schelpbanken voorkomen (-3,5 m tussen -5 en -6 m en -7m);
-
- (15) BELL, D.L. and PORTER, W.J.: Remote sediment classification potential of reflected acoustic signals in Physics of sand in marine sediments, Plenum, Press New-York 1974.
- (9) Dr DE MEUTER F.J. and dr LAGA P. : opus citatus
- (10) Dr P. LAGA: opus citatus

- 3) boring B40 van -15 tot -23,9 m, ze worden overdekt door alluviale sedimenten (Pleistocene) met aan de basis (-10,6 tot -13,9 m) een schelpen- en grindlaag en door Holocene kleifige en venige lagen (Aardkundige Dienst van België) en tenslotte
- 4) boring 122 van -11,12 tot -17,8 m, ze worden overdekt door alluviale sedimenten (Pleistocene) met aan de basis (-9,82 tot -11,12 m) schelpen en grove kwartszanden en door Holocene kleirijke afzettingen (Aardkundige Dienst van België).

Steunend op de voorgaande gegevens stemt de laag tussen de top van de Boomse Klei (horizont 11) en horizont 13 overeen met de Zanden van Kattendijk. Horizont 12, westwaarts hellend tot -16 m kan de schelpenbank vertegenwoordigen waargenomen door Laga (1972) te Oosterweel bij -14 m en te Krankeloonpolder bij -17 m.

De Zanden van Kattendijk rusten hier discordant op de Boomse Klei.

D. Stratigrafisch niet eenduidig interpreteerbare horizonten

Alle horizonten boven -13 m zijn niet eenduidig te interpreteren. Inderdaad er komen te Oosterweel schelpenbanken voor op -3,5 m, tussen -5 en -6 m en op -7 m (10). behorend tot de Lillo Formatie (9).

Op dezelfde diepte worden in deze studie eveneens horizonten waargenomen zodat een correlatie niet uitgesloten is.

Maar noch te Krankeloonpolder, noch in de twee boringen in de Schelde is deze formatie waargenomen. Men treft hier Pleistocene alluviale sedimenten aan de basis van schelpen- en grindbank. Het is dus waarschijnlijker dat de horizonten boven horizont 14 deze Pleistocene en jongere Holocene sedimenten vertegenwoordigen. Horizont 14 stemt dan overeen met de basislaag van het Pleistocene. Deze horizont is op verschillende plaatsen akoestisch ondeerlatend wat karakteristiek is voor lagen opgebouwd uit schelpen of veen (16).

Uit het aspect van deze horizont in de verschillende profielen blijkt dat deze basislaag onregelmatig is in dikte en voorkomen en op sommige plaatsen door de Schelde geërodeerd wordt. De hoger gelegen horizonten kunnen geïnterpreteerd worden als kleirijke of veenrijke lagen uit het Holocene.

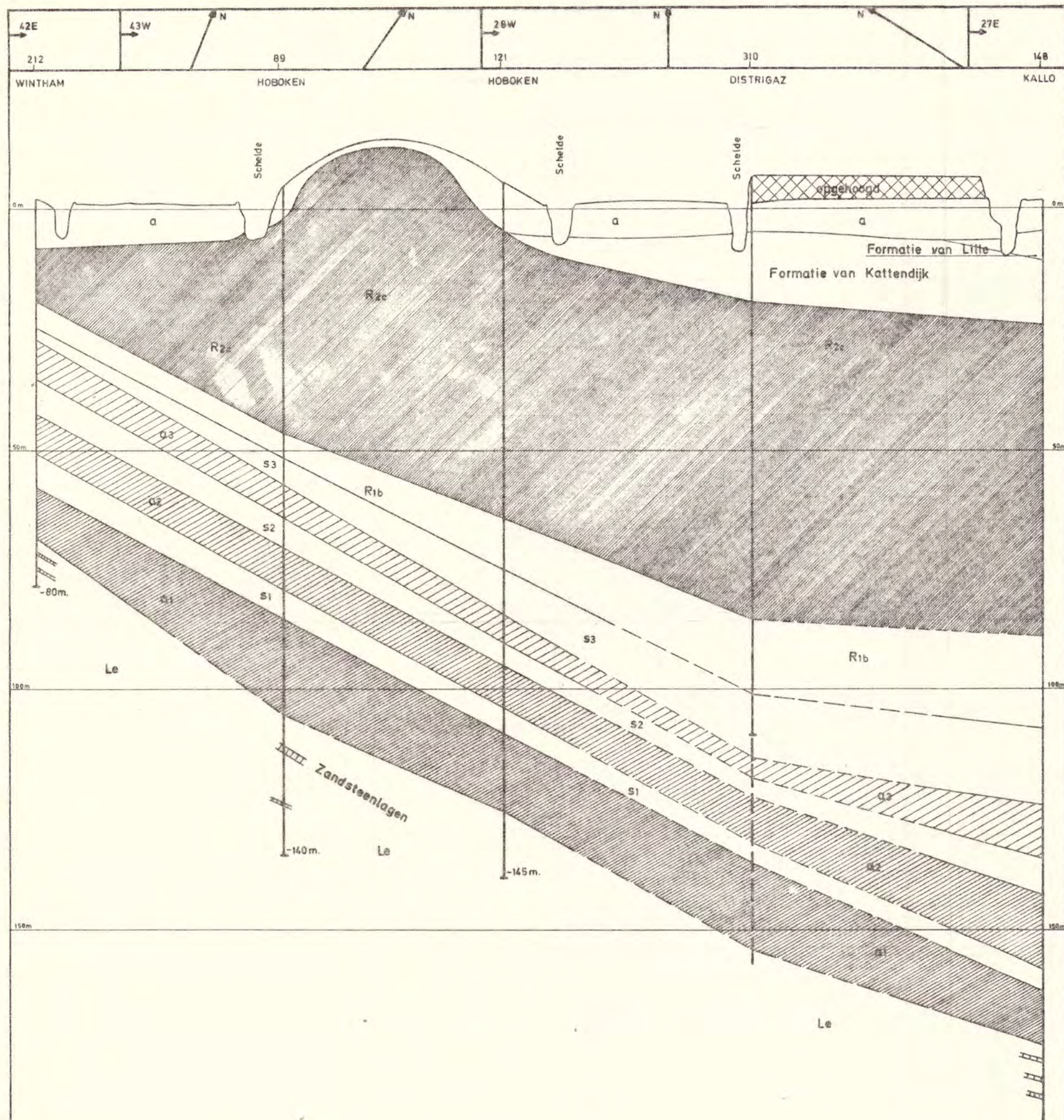
Tot slot is het duidelijk dat alleen een goed geplaatste boring een beter inzicht in deze problematiek kan geven.

(10) Dr P. LAGA: opus citatus

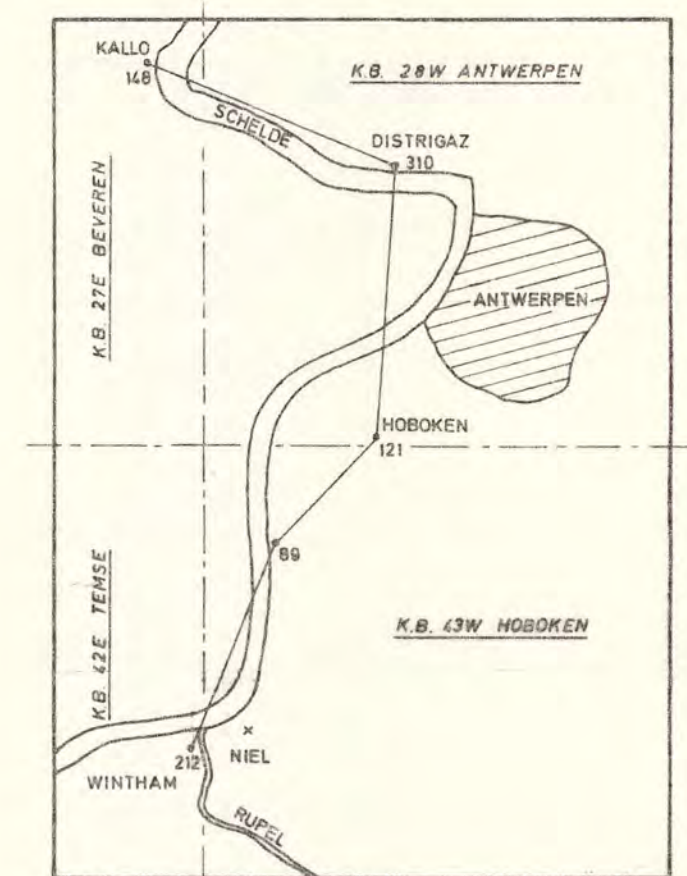
(9) Dr DE MEUTER F.J. and Dr P. LAGA : opus citatus

(16) HAYES J.W.: Echo sounding and seismic profiling
Offshore Lewices n° 10, 1977

- E. Recente Scheldesedimenten. De horizon welke juist onder de huidige Scheldebeden voorkomt en ermee oercoördiant verloopt is interpreteerbaar als recent sediment. Stalen genomen in deze horizon bestaan uit matig fijn, glauconiethoudend sand. Ze bevatten geen herkenbare Tertiaire fossielen (Wouters, Persoonlijke mededeling, 1978). Deze recente sedimenten zijn ofwel zeer dun ofwel afwenig aan de linkerkant van de Schelde-goul en vormen een laag met variabele dikte (van enkele centimeters tot een paar meter) aan de rechterkant. Men kan hieruit besluiten dat de Schelde in deze omgeving aan de linkerkant van de goul hoofdzakelijk Pleistocene sedimenten erodeert en dat "slip-off slope"-sedimentatie optreedt aan de rechterkant. Een meer uitgebreide studie van dit recent sedimentatie- en erosieproces (aangevuld met korte kernboringen) is aan gang.
-



april 77	Titel:			KB: 27E
BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST	Profiel tussen Wintham (Rupelmonding) en Kallo			
Auteur:	Aard doc:	Topo situatie	Project	
E. HANSSEN	geol. profiel	27E 148		
P. LAGA		28W 310 121		
Klassement:	Geol. situatie	42E 212		Nr lichte:
	paleogeen	43W 89		PGL/ 77/106



LEGENDE

Kwartair	a	Alluvium
Pliocene		Formatie van Lille
		Formatie van Kattendijk
Rupeliaan	R2c	Boomse klei
(Oligoceen)	R1b	Zanden van het O.-Rupeliaan
Complex van Kallo	a3	Kleilagen
(overgang Oligoceen -	a2	
Eocene)	a1 = Klei van Asse	
	s3 = Zanden van Bassevelde	Zandlagen (± klei houdend)
	s2	
	s1 = Zanden van Asse	
Zanden van Wommel en Lede:		
(Eocene)		

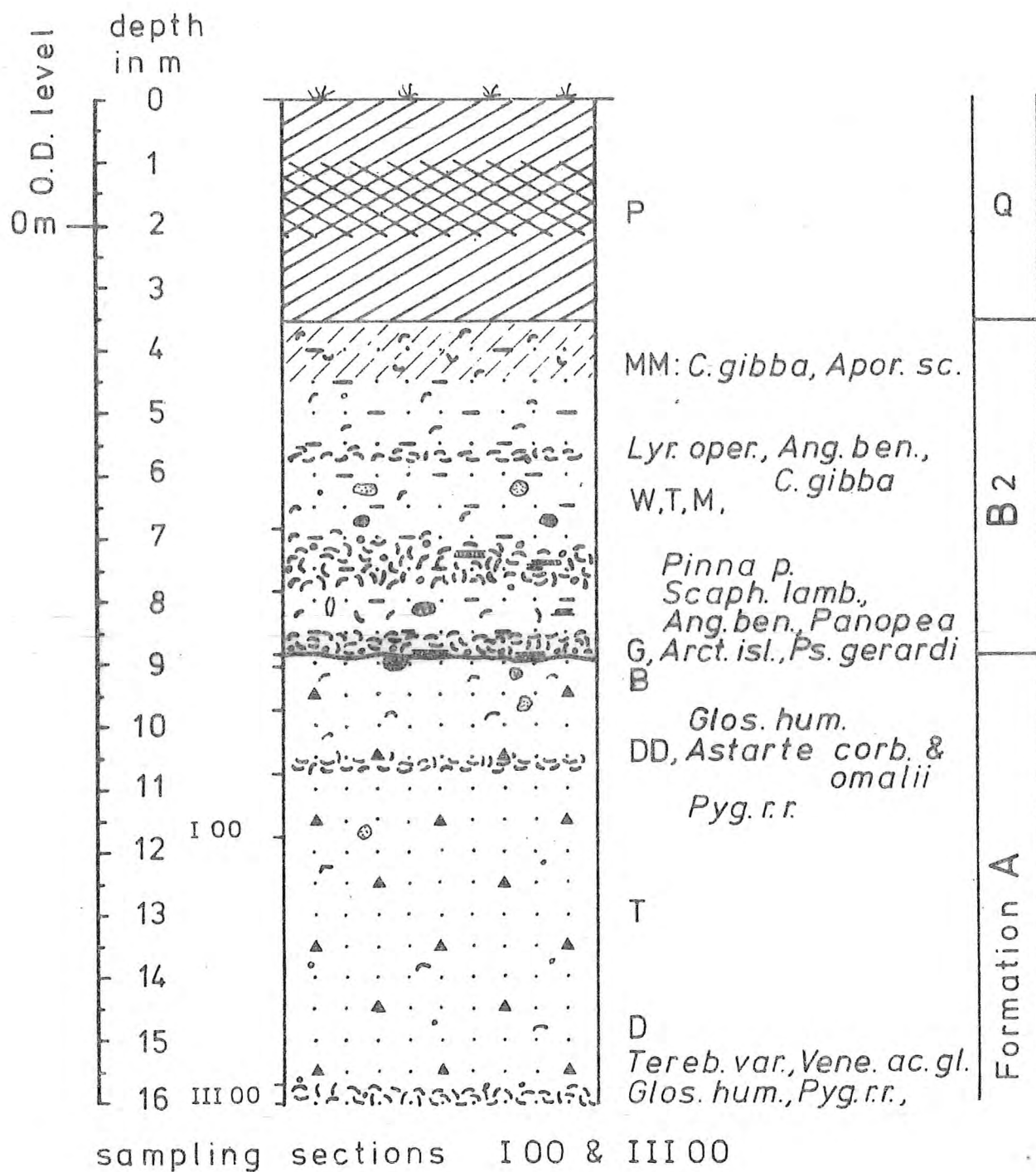
Currently used older names	LEGEND Geological Map (1896) "Stages"		LEGEND Geological Map (1929) "Stages"		STRATIGRAPHICAL TABLE DE HEINZELIN, 1955 SYMPOSIUM on northern Neogene, 1961	LITHOSTRATIGRAPHY			SERIES
	PLEISTOCENE	COMPAGNIEN	UPPER	AMSTELIEN	LOWER PLEISTOCENE	Antwerpen	N Antwerpse Kempen	Limburgse Kempen	
'gite grise et noire de la Campine'					Argiles de la Campine	—	Kempen Formation (Complex of sands and clays)	—	Pleistocene
'Sable de Mal'					Sables de Mal		Merkplas Formation	Mal Formation	Pliocene
'Sables à Corbula gibba'					Sables de Merksem, Kruisschans, et Austruweel (former du Bassin d'Anvers)		Lillo Formation	Poederlee or Mal Formation	Upper Pliocene
'Sables à Fusus (Chrysodromus) interius (or Neptunus c.) et un bivalve'					Sables de Killo Faluns du Luchbal		Luchbal Sands	Kasterlee Formation	Lower
'Sable gris glauconite à Inocardia ir[?] humana' or 'Sable à Ditrupa'					Sables de Kattendijk		Kattendijk Formation	Kattendijk Formation	
'Sable et grès de Diest'					Sables de Diest		Diest Formation	Diest Formation	Upper Miocene
'Terabratula perforata'					Sables de Deurne		Deurne Sands	Dessel Sands	Middle Miocene
'Sable à Heterocletes'							Berchem Formation	Berchem Formation	Miocene
'Sable noir d'Anvers à Actinoculus pilosus'					Sables d'Anvers Sables d'Edgem		Antwerpen Sands	Zenderschat Sands Antwerpen Sands	Lower Miocene
'Sable argileux d'Edgem à Inocaulus mutardi'					Sables d'Houthalen		Kiel Sands Edgem Sands (Burch gravel)	Bolderberg Formation Genk Sands Houthalen Sands (Elsbe gravel)	
'Sable blanc du Bolderberg'									
'gite de Boom à Seda deshayesana'					Sables de Voort		? Rupel Formation Boom Clay	Voort Formation Rupel Formation	Oligocene

PGL 76/111

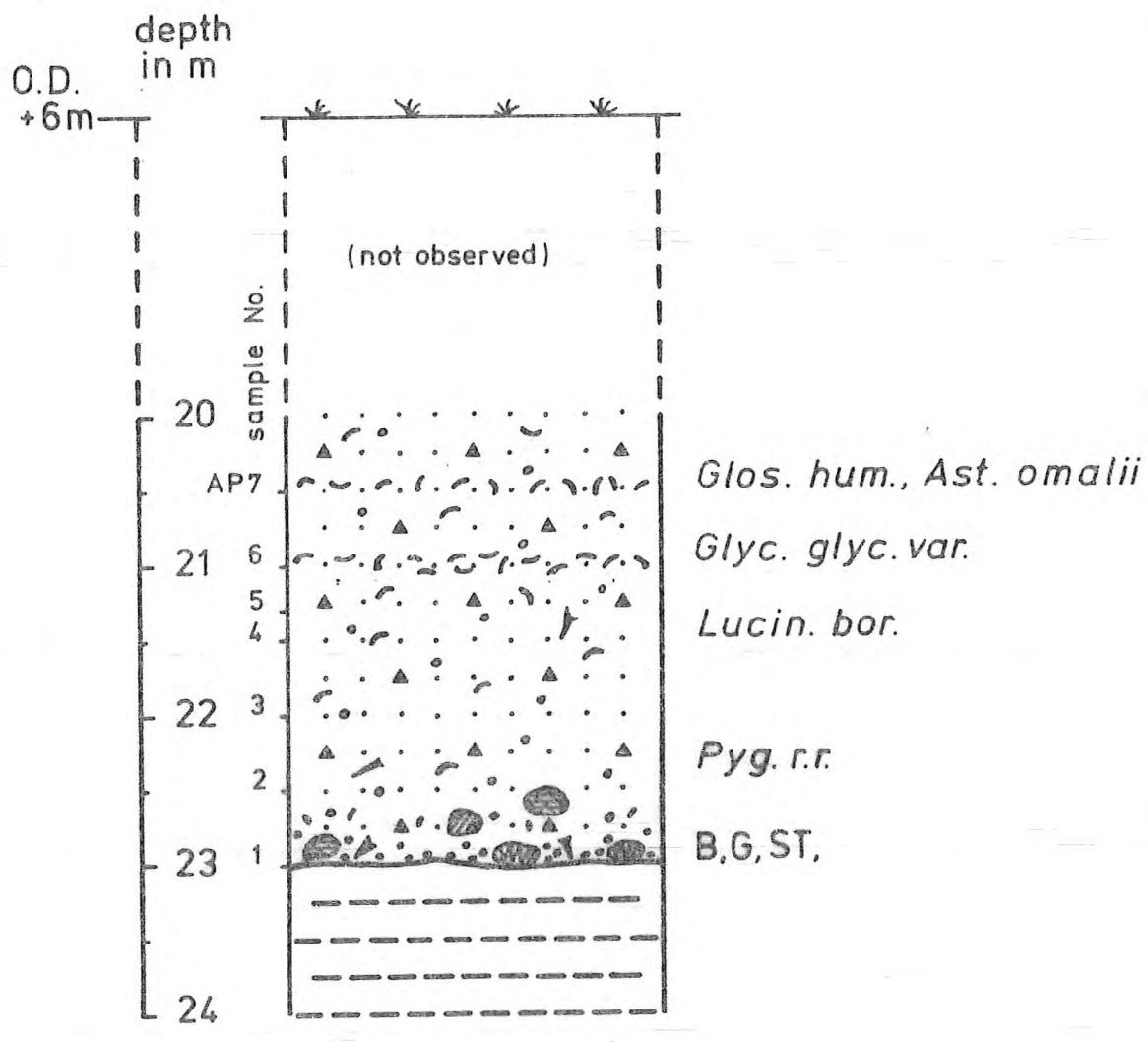
LITHOSTRATIGRAPHIC DIVISION of the NEOGENE DEPOSITS of NORTHERN BELGIUM
and CORRELATION with the previous stratigraphic divisions

Table 1
DE HEINZELIN, P. & P. LAGA (1976)
BILAGE 2

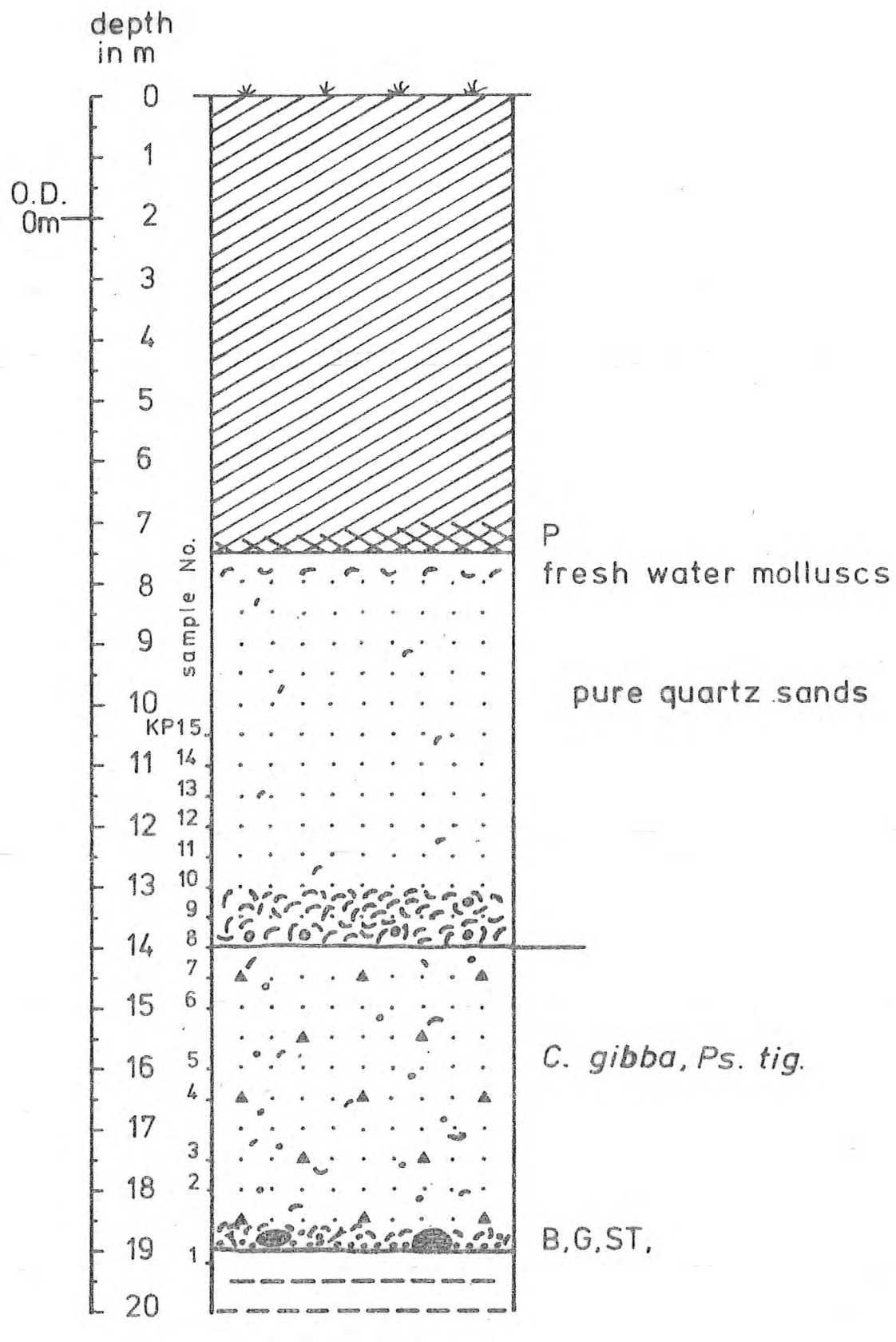
BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST



OOSTERWHEEL section at ANTWERPEN (harbour region)



ANTWERPEN PETROCHIM section (AP)



KRANKELOON POLDER section (KP)

HARBOUR REGION N-S section

ANTWERPEN -
BAYER section

AB

ANTWERPEN -
PETROCHIM
section

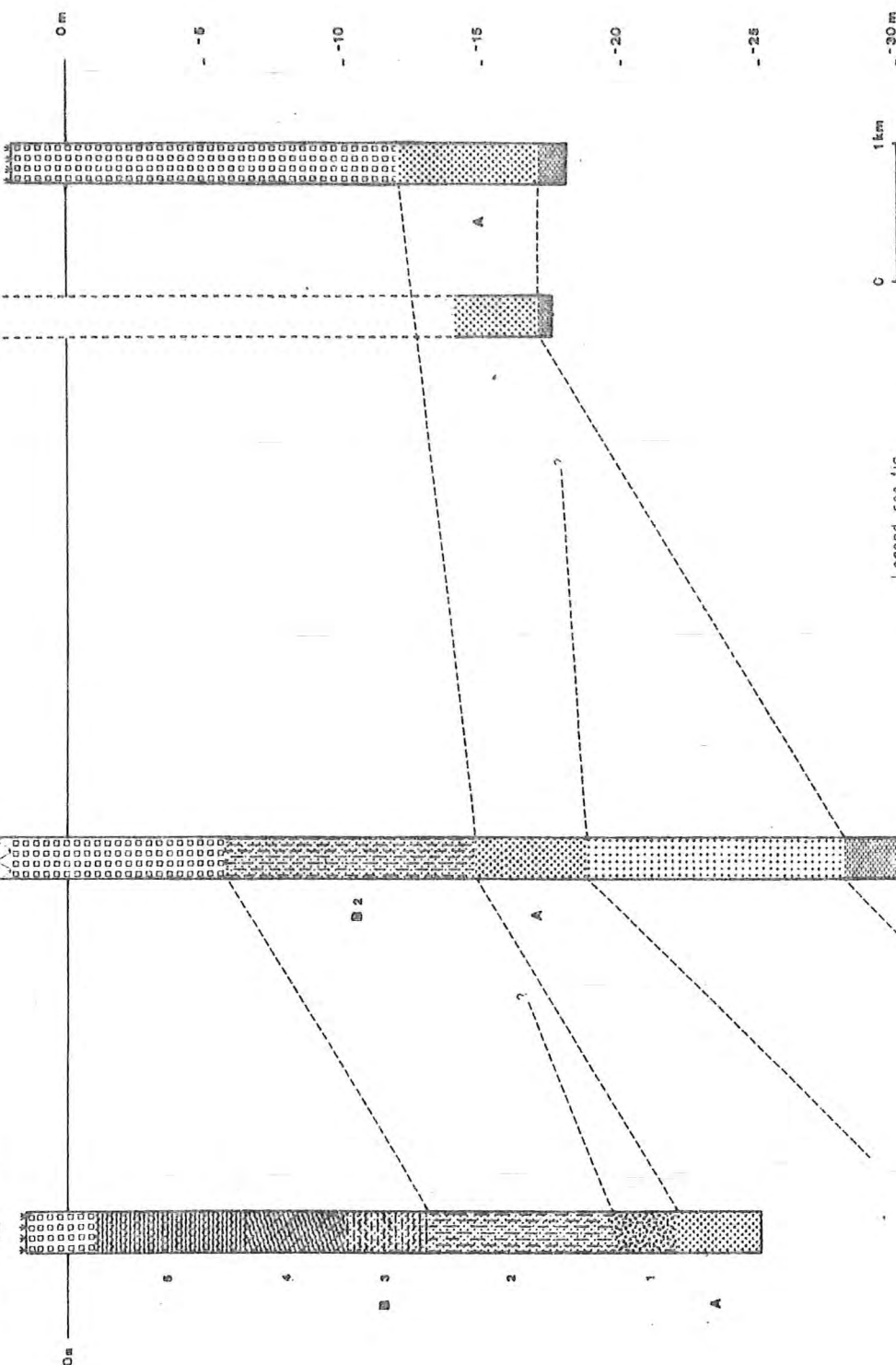
AP

KRANKELDONPOLDER section

KP

TUNNEL KANAALDOOK section

TK



Legend see fig.

Fig

1 LEGENDE



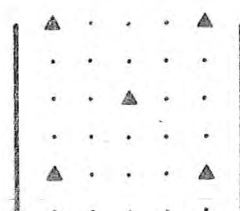
maaiveld



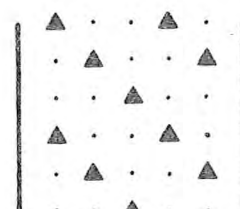
zand



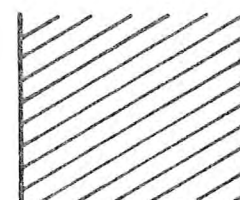
kleilig zand



glauconietrijk
zand



zeer glauconiet-
rijk zand



continentale Kwar-
taire afzettingen
en verplaatste se-
dimenten



roestkleurig



veen



schuine gelaagdheid



zandsteenlaagje



kleilens



kleilige slierten



kleilige brokken



zandsteen



kruipsporen & bioturbatie



vertebraten beenderen
(meestal gerold)



fosfaatconcretie



gerolde septaria



schelpen



gebroken schelpen & schelpen-
gruis



Pinna pectinata (pelecypood)

B beenderen

P veen

Br. bryozoën

S zandsteen

D Ditrupa

ST haaietanden

E echinodermen

T kruipsporen & bio-
turbatie

G grind

W hout

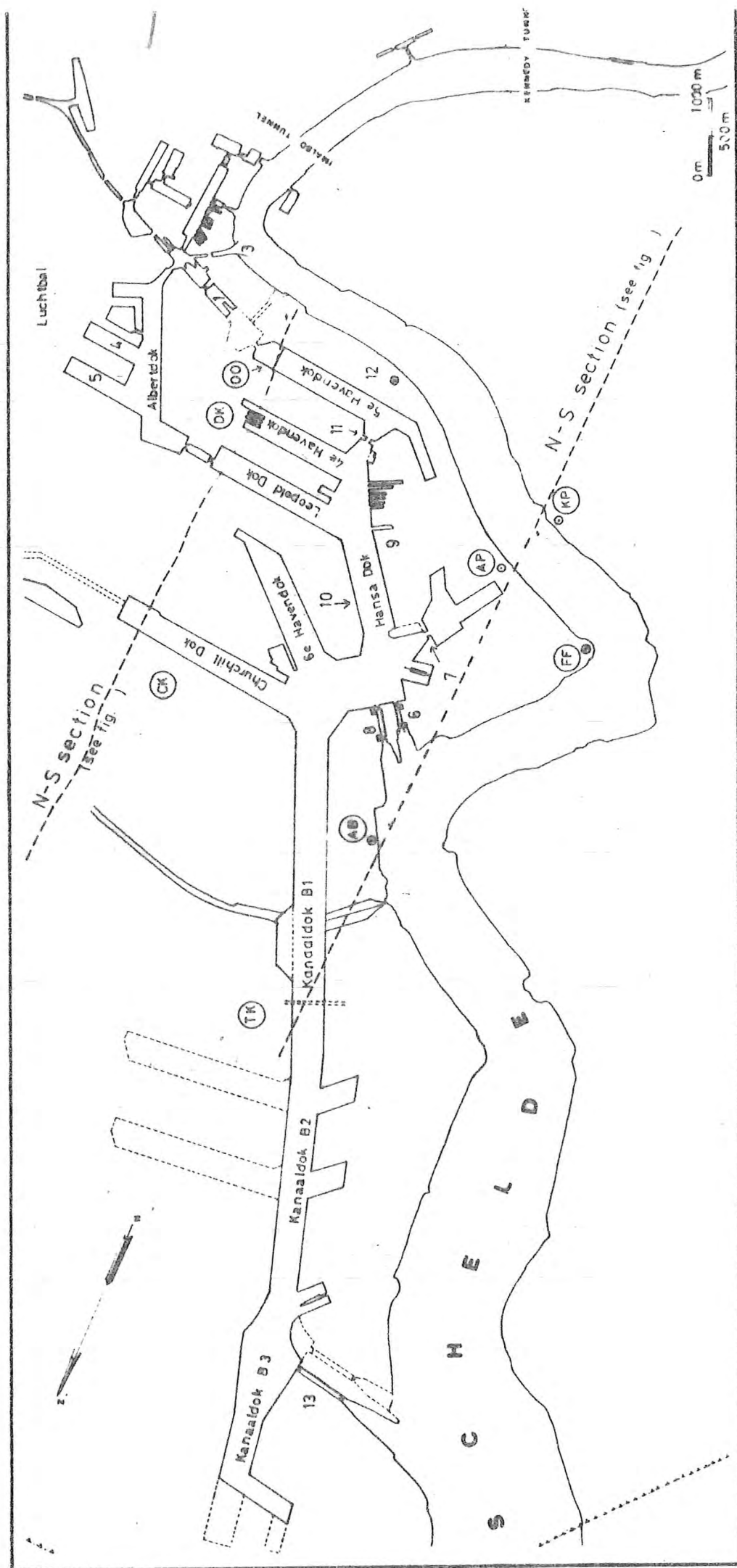
M schelpen

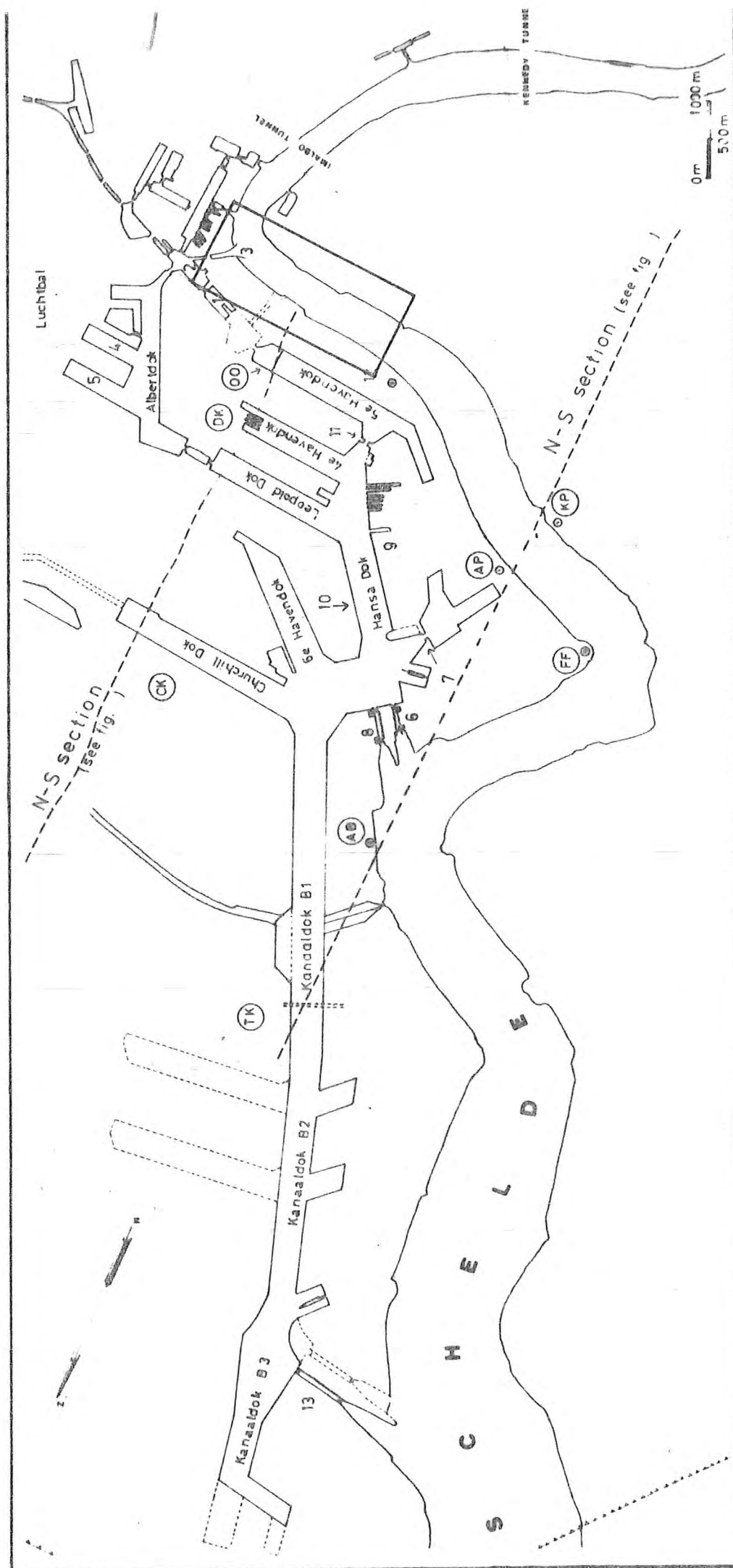
MM veel schelpen

Formatie A = Formatie van Kattendijk

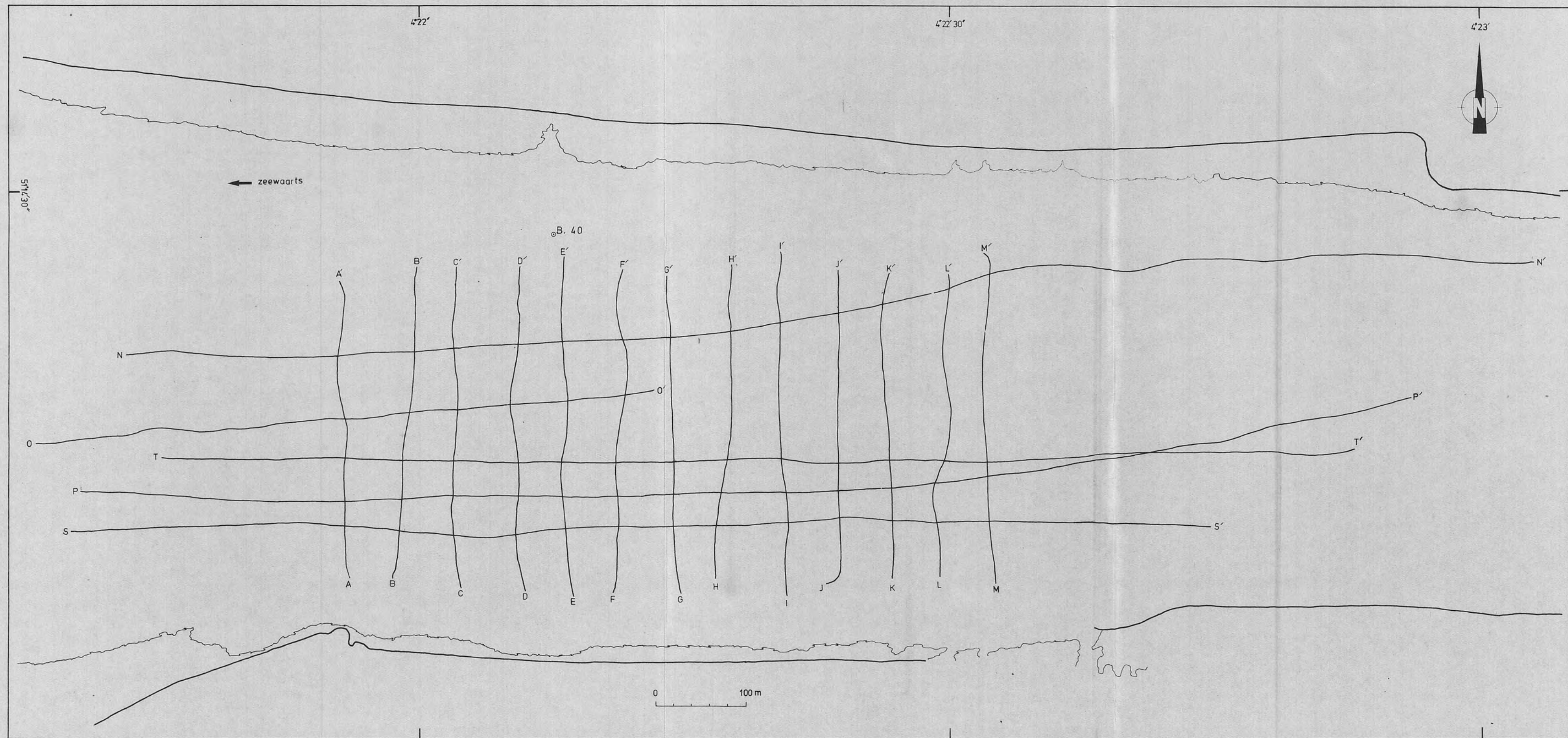
Formatie B = Formatie van LILLO

B2 = Zanden van Oorderen.

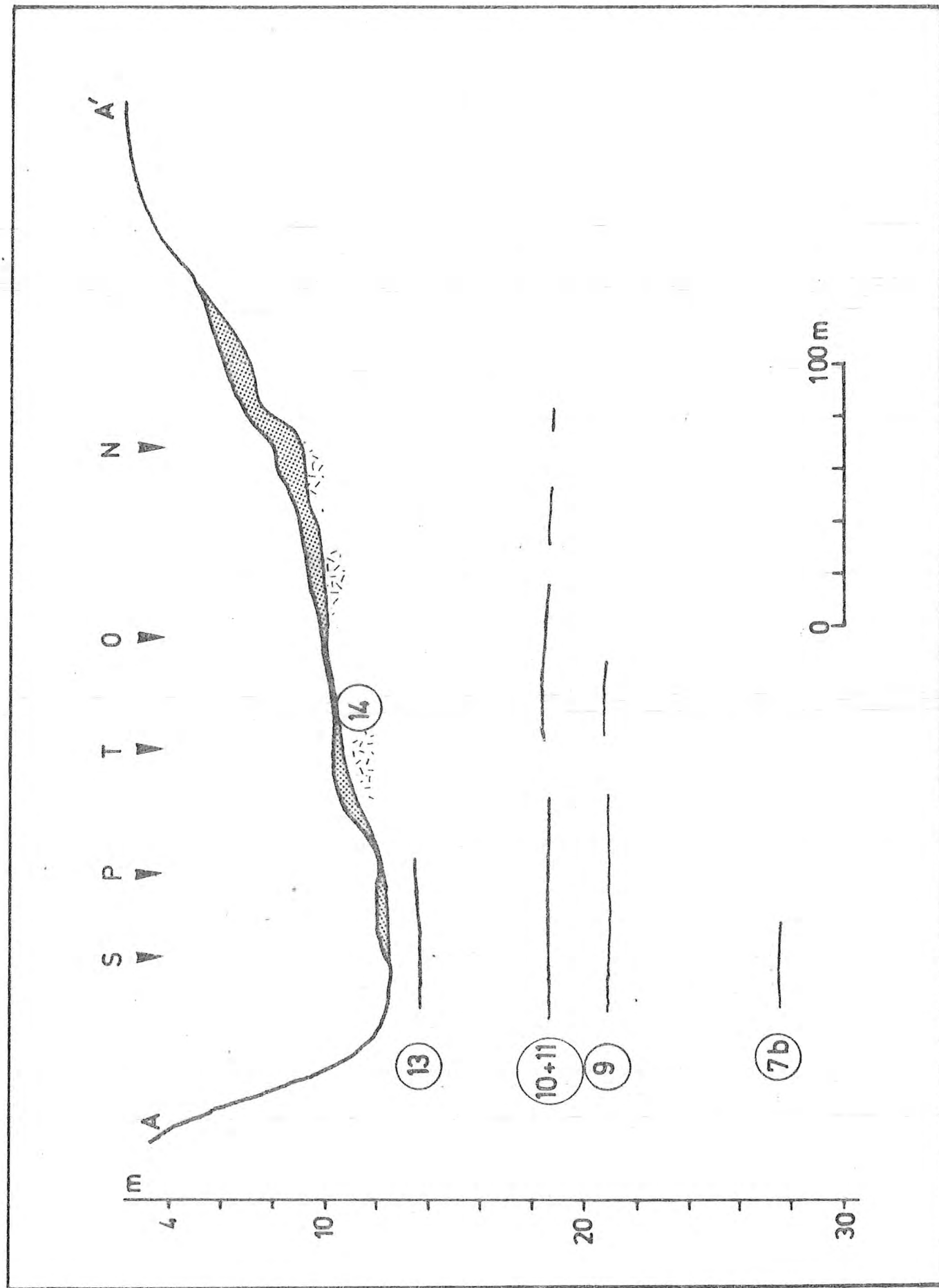




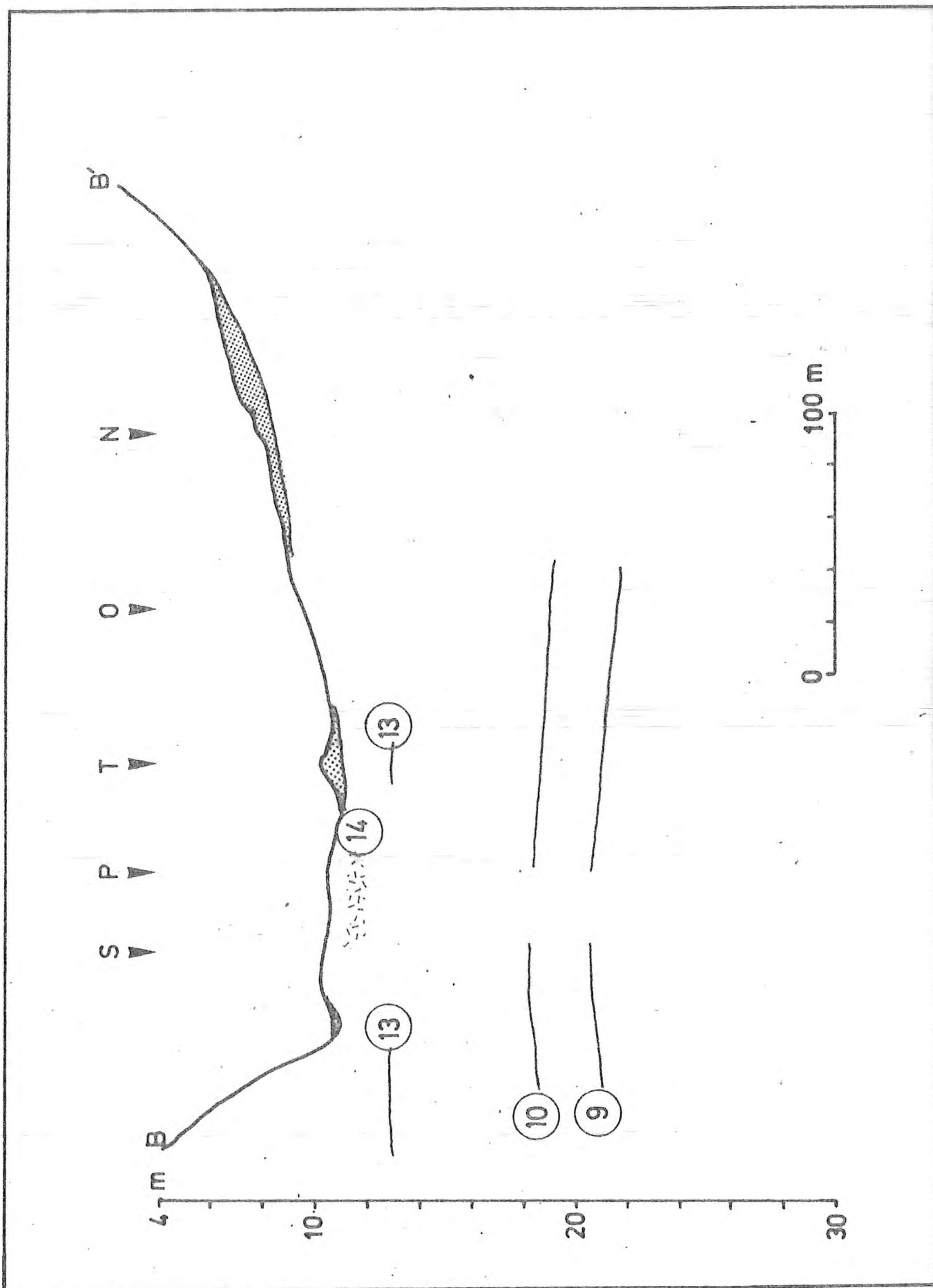
FIGUR 1 Situatie



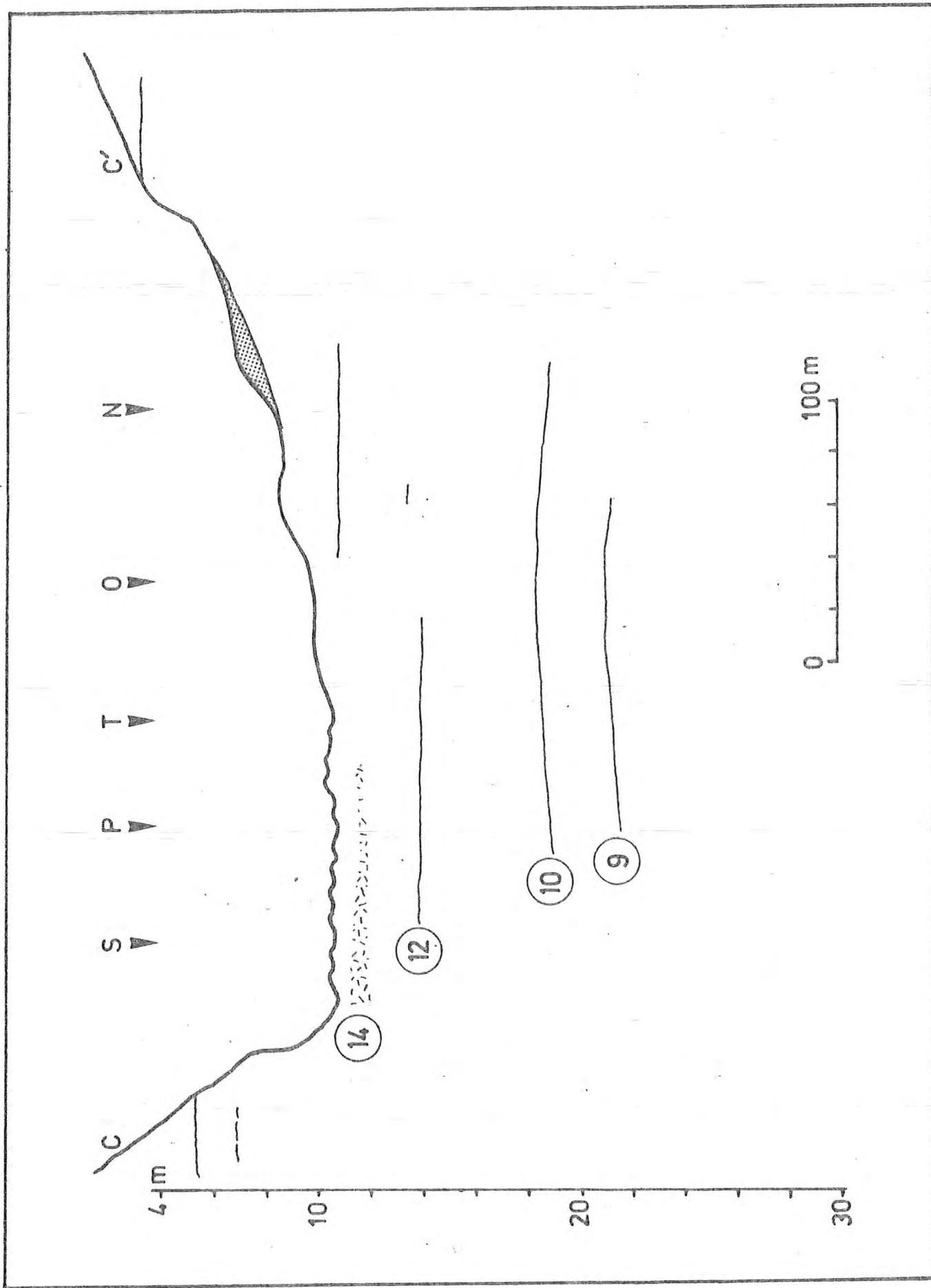
FIGUUR 2 LOKALISATIE VAN DE GEVAREN PROFIELEN



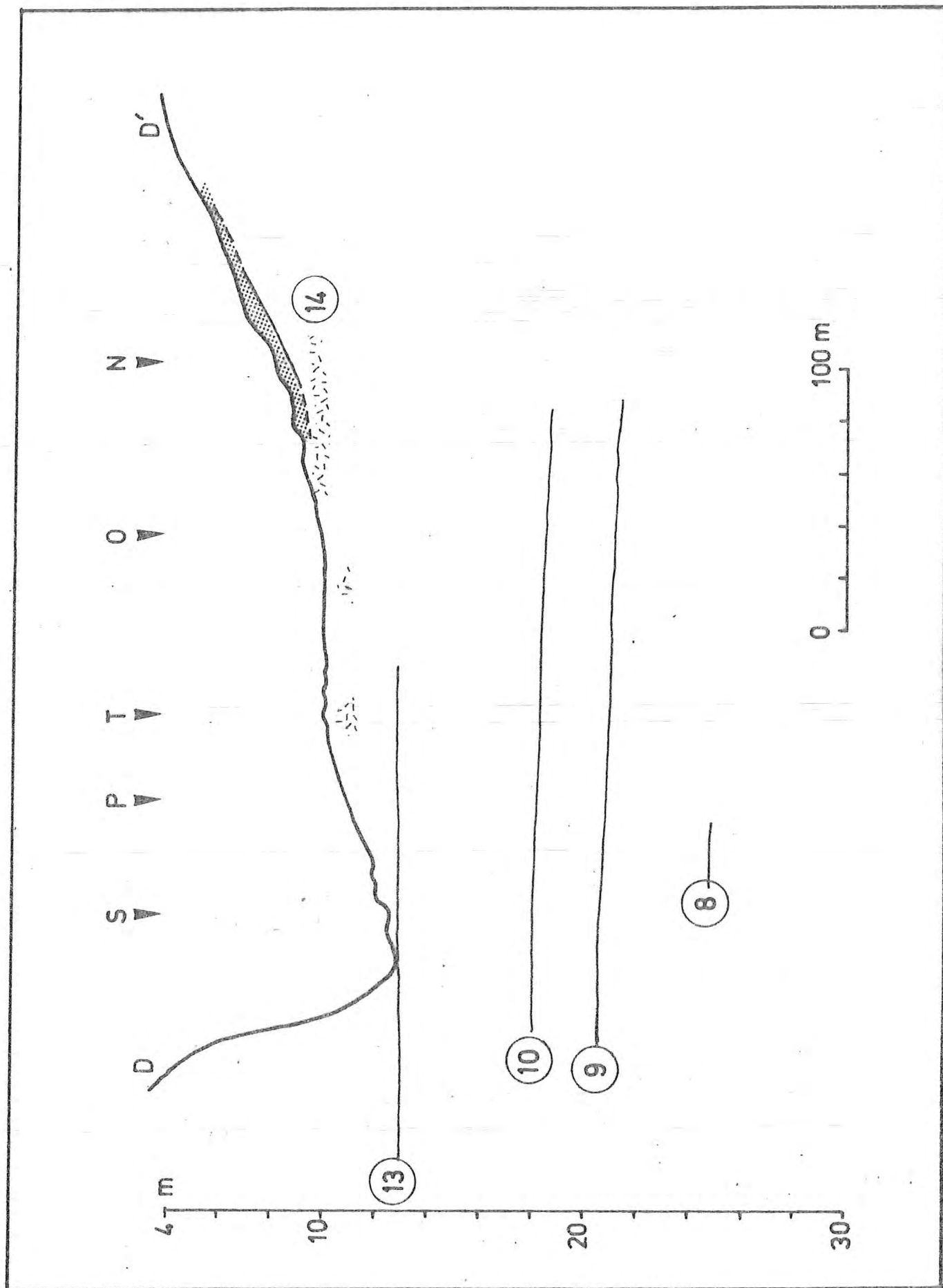
FIGUUR 3 Profiel A



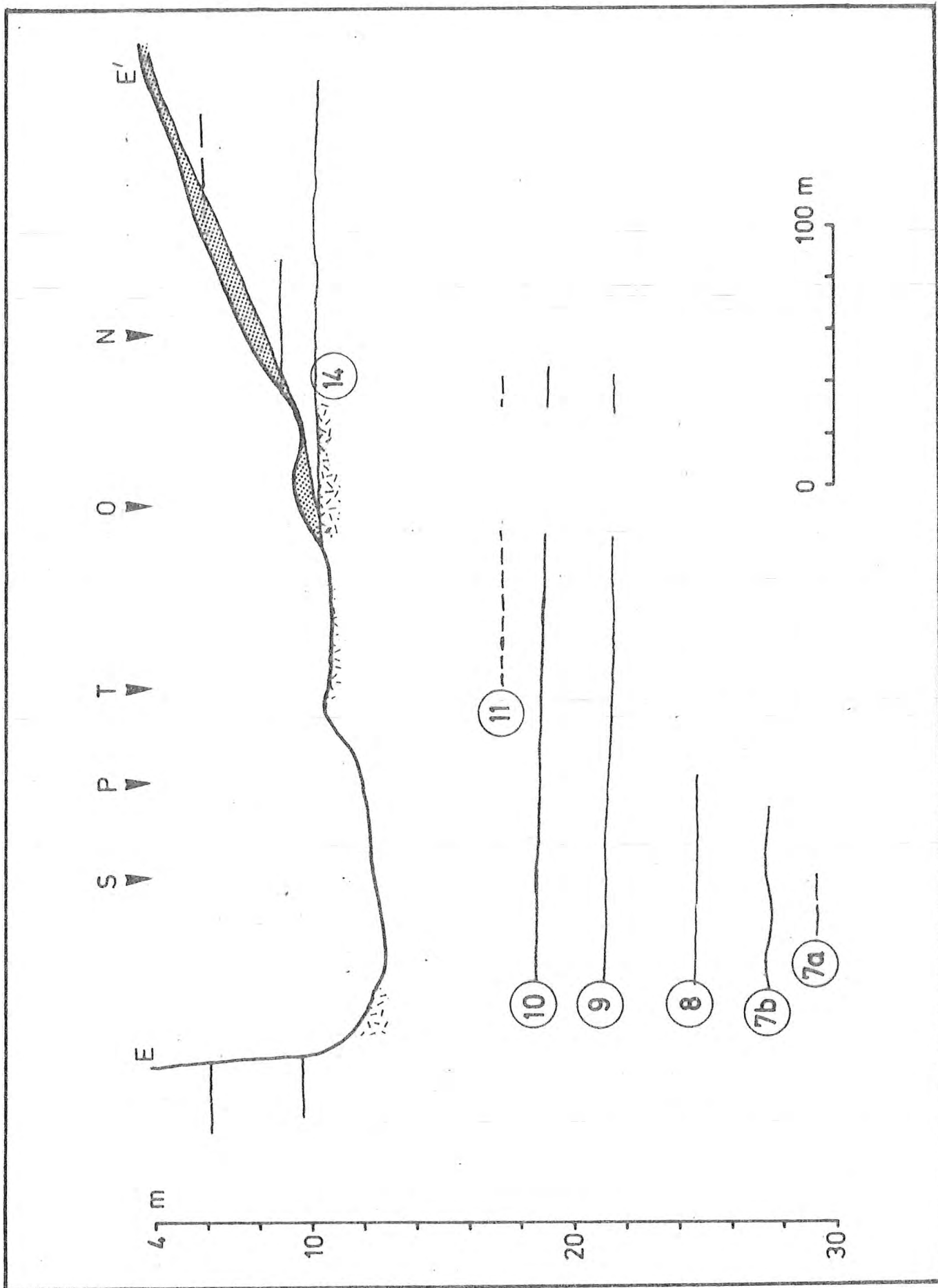
FIGUUR 4 Profiel B



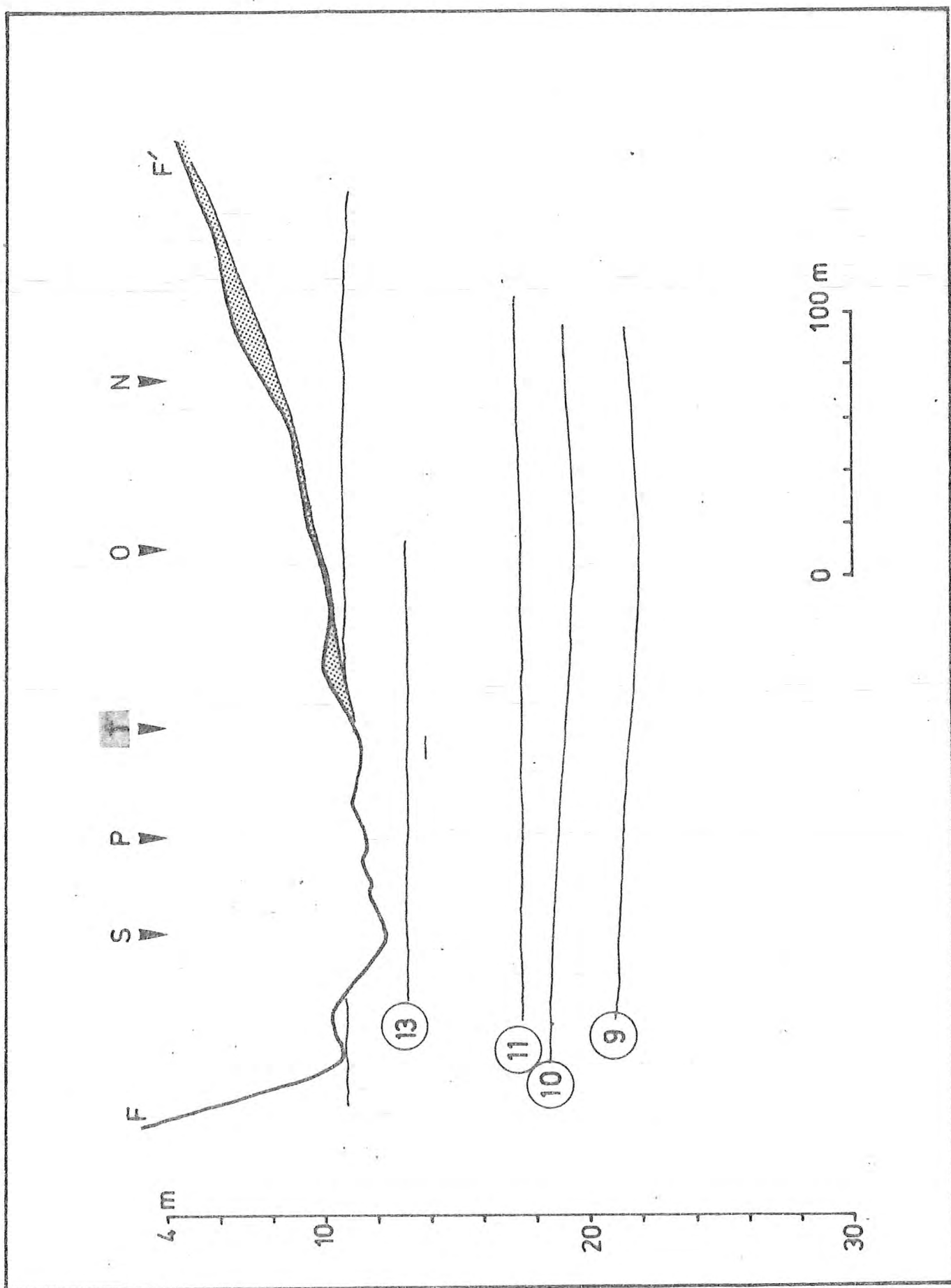
FIGUUR 5 Profiel C



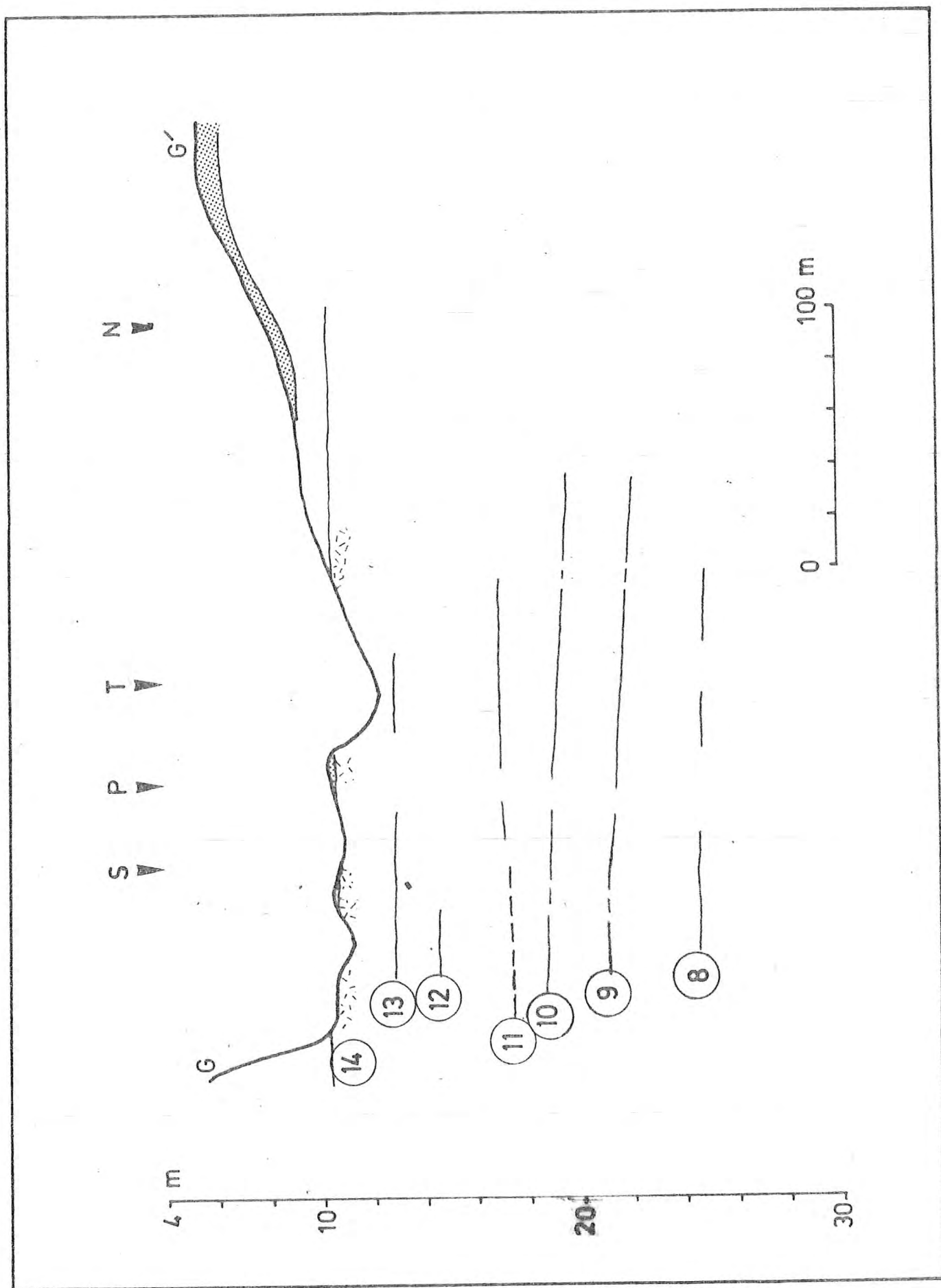
FIGUR 6 Profiel D



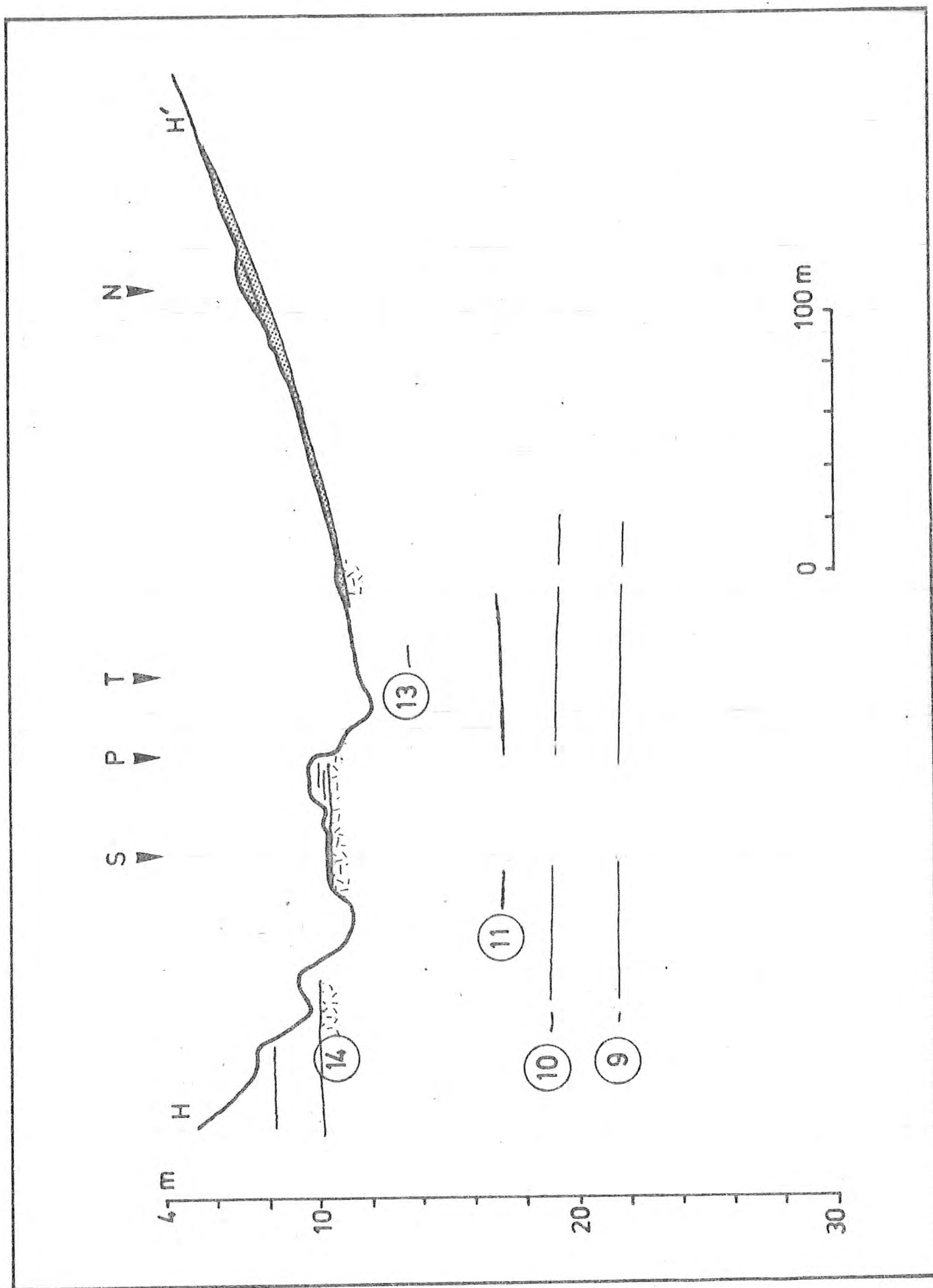
FIGUR 7 Profiel E



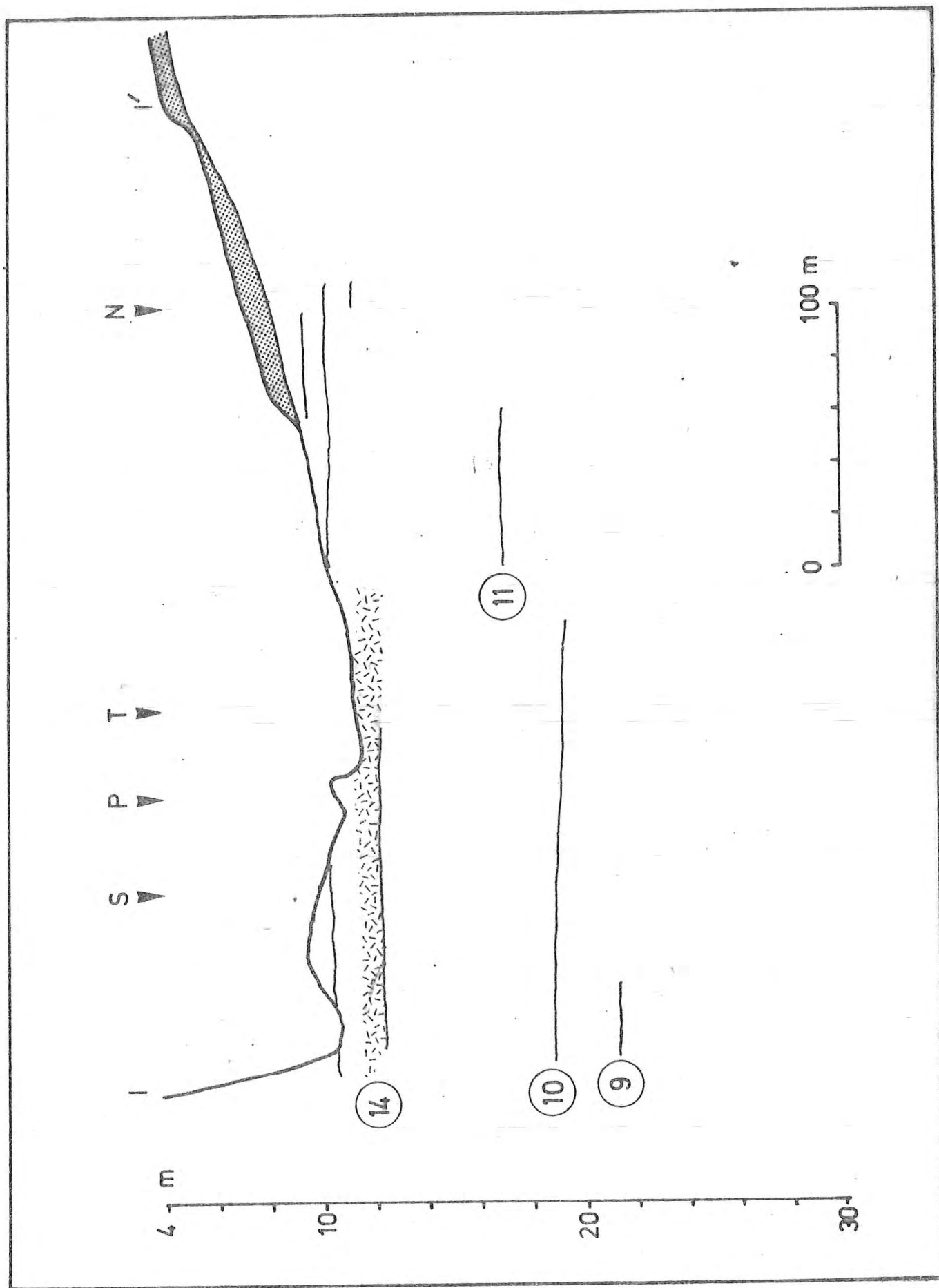
FIGUUR 8 Profiel F



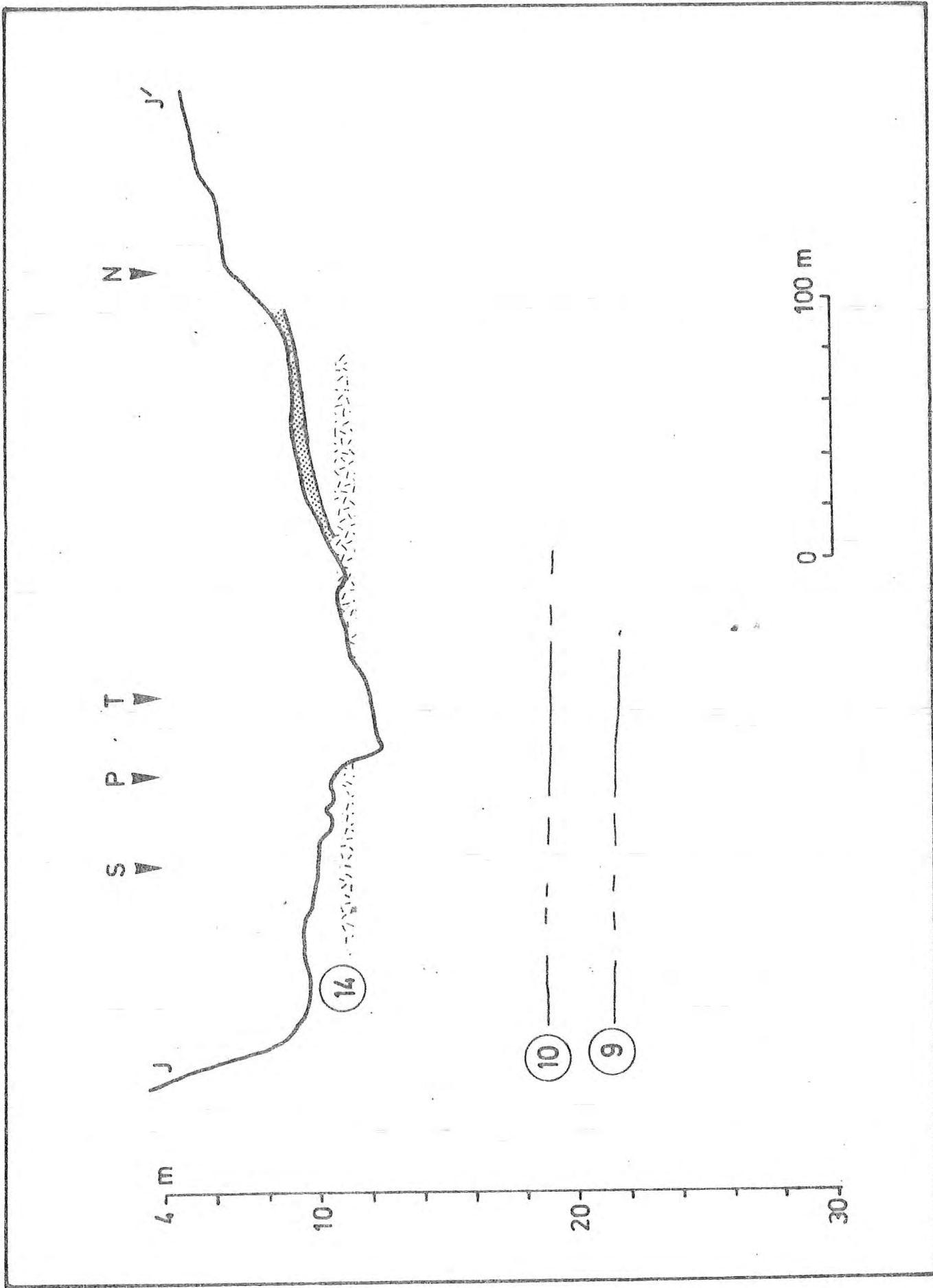
FIGUUR 9 Profiel G



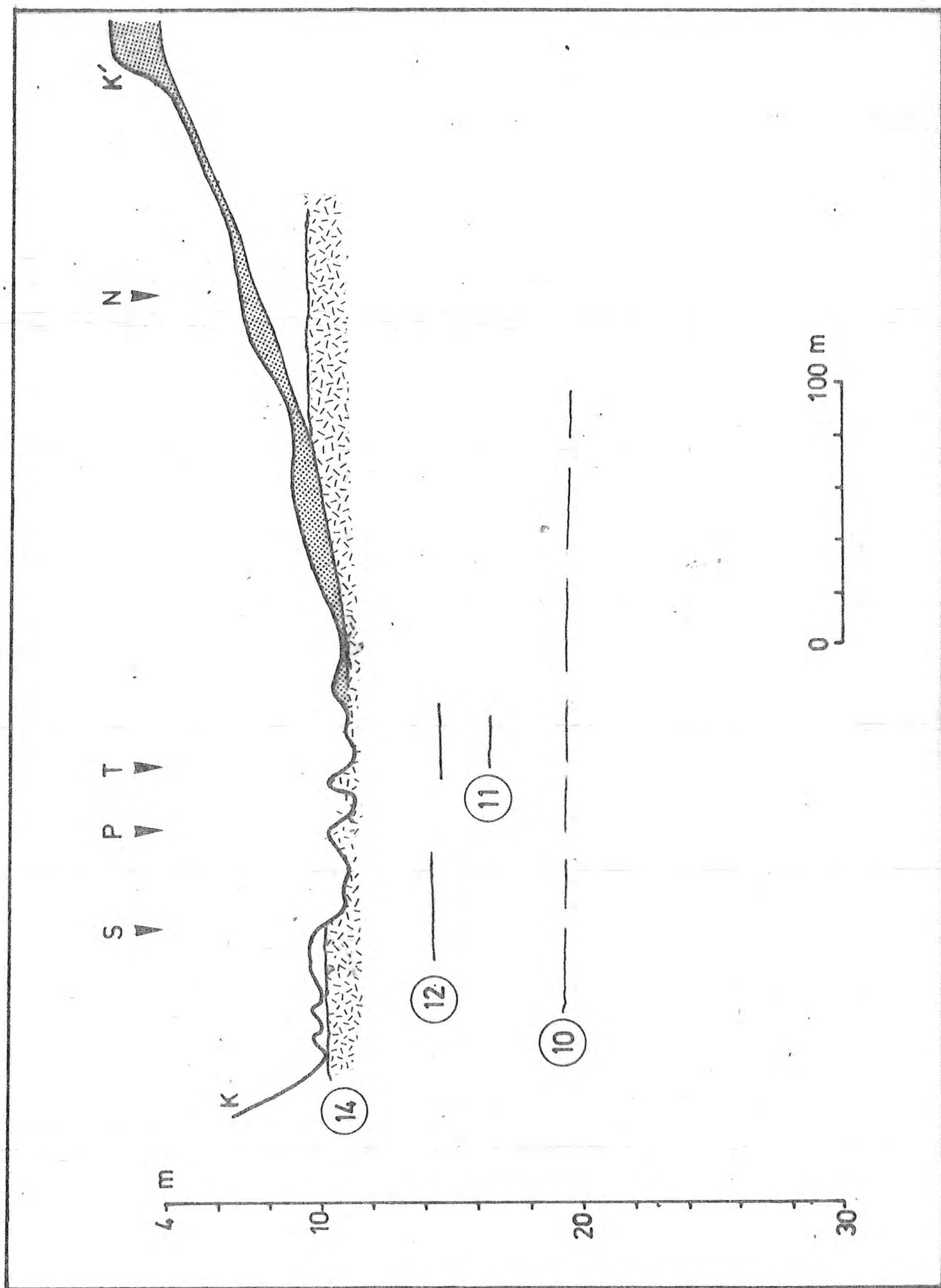
FIGUUR 10 Profiel H



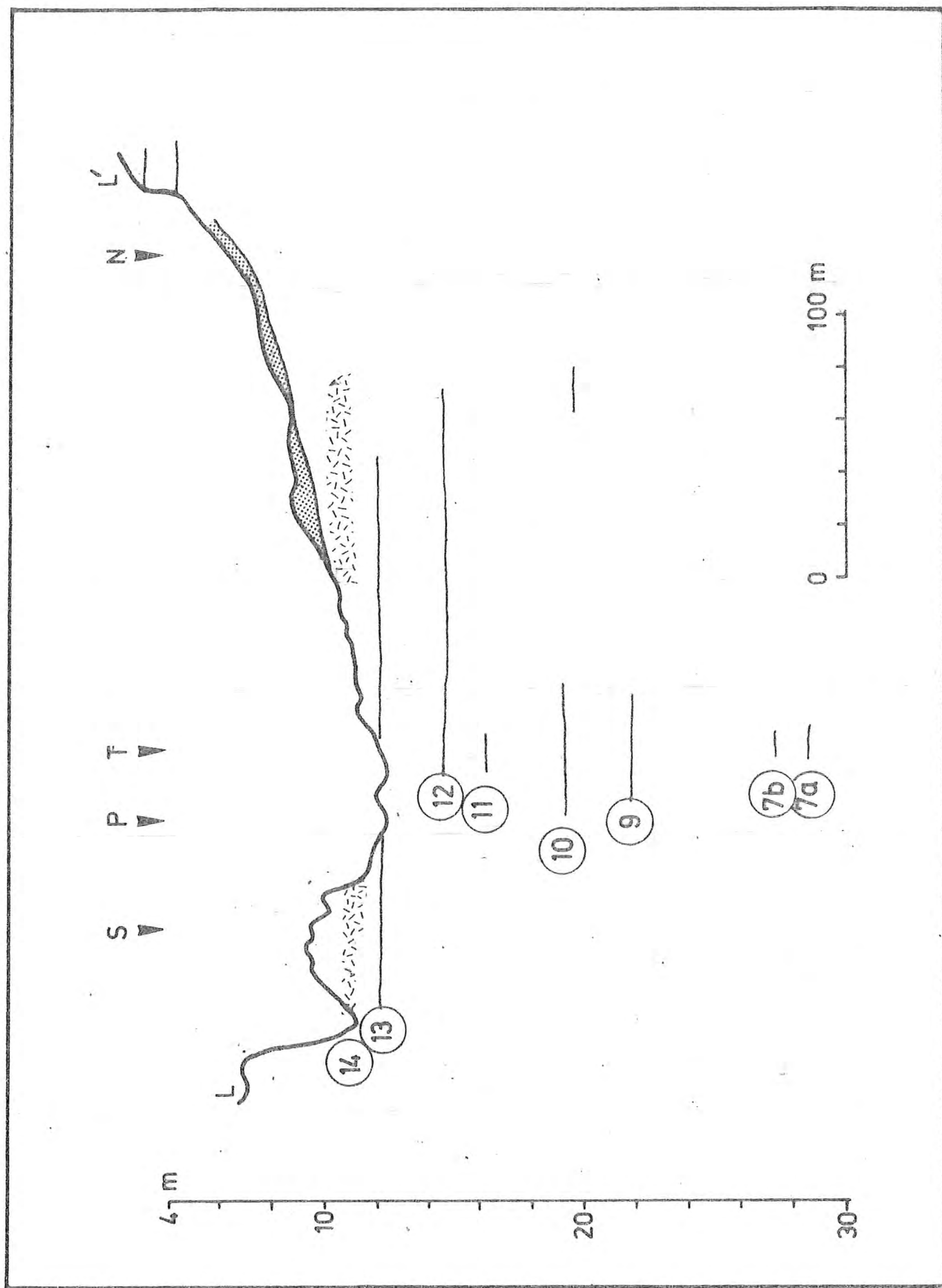
FIGUUR 11 Profiel I



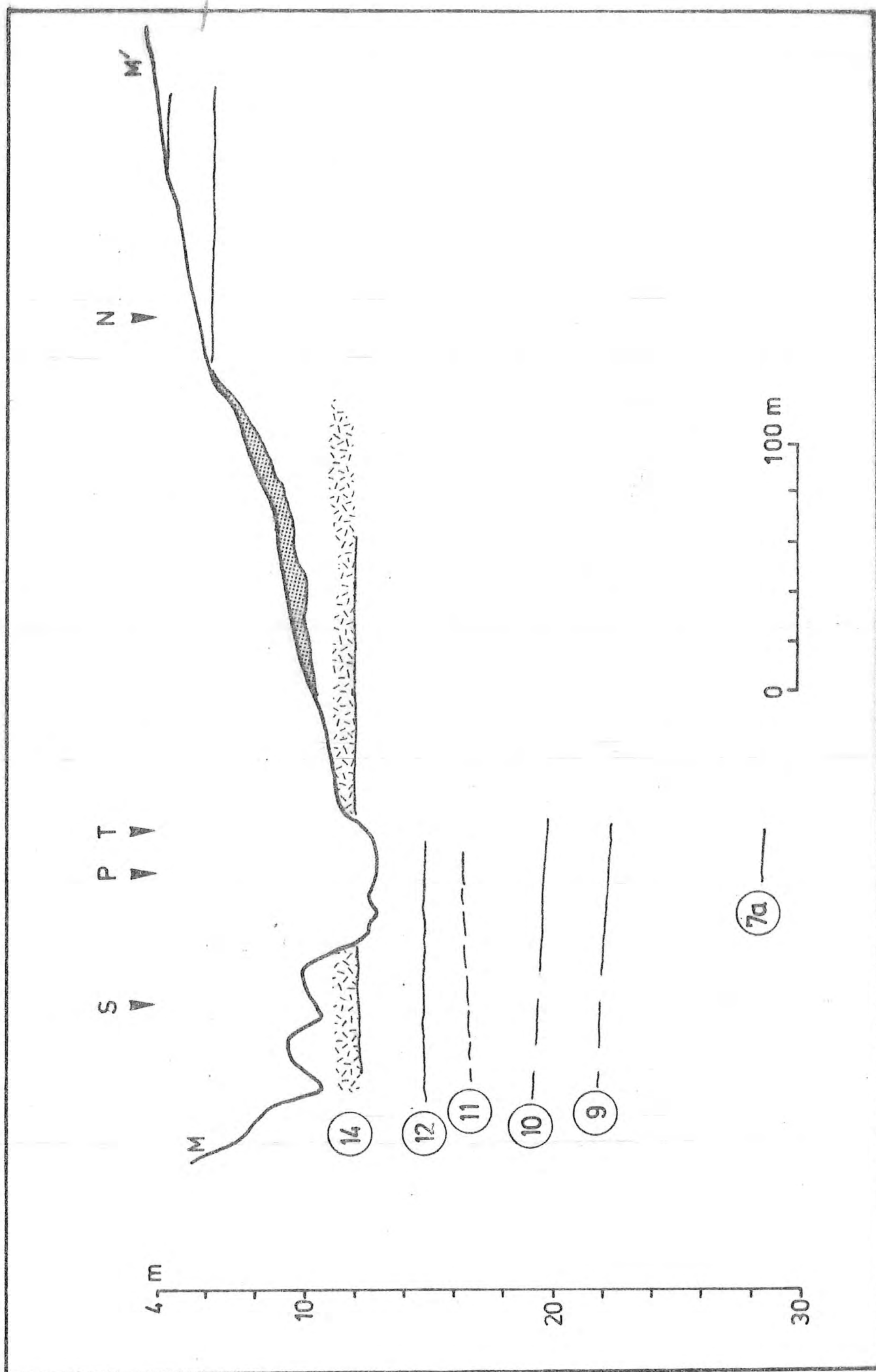
FIGUUR 12 Profiel J



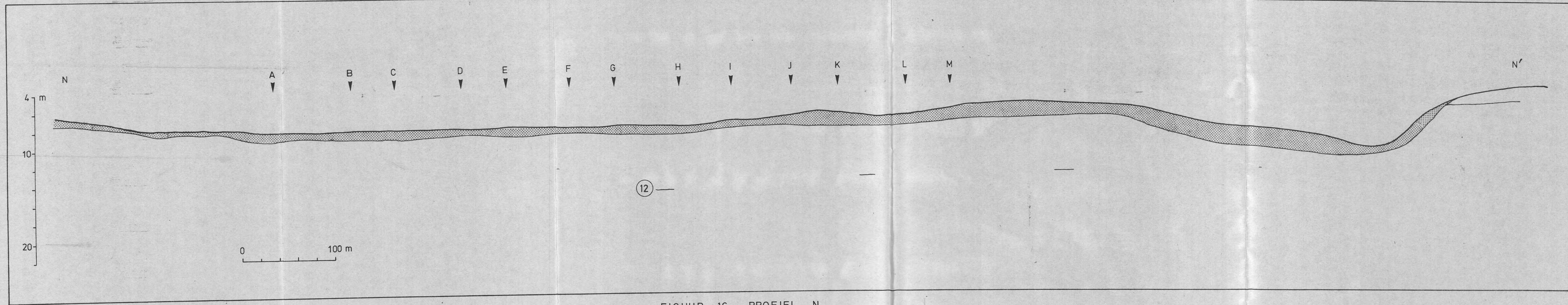
FIGUR 13 Profiel K



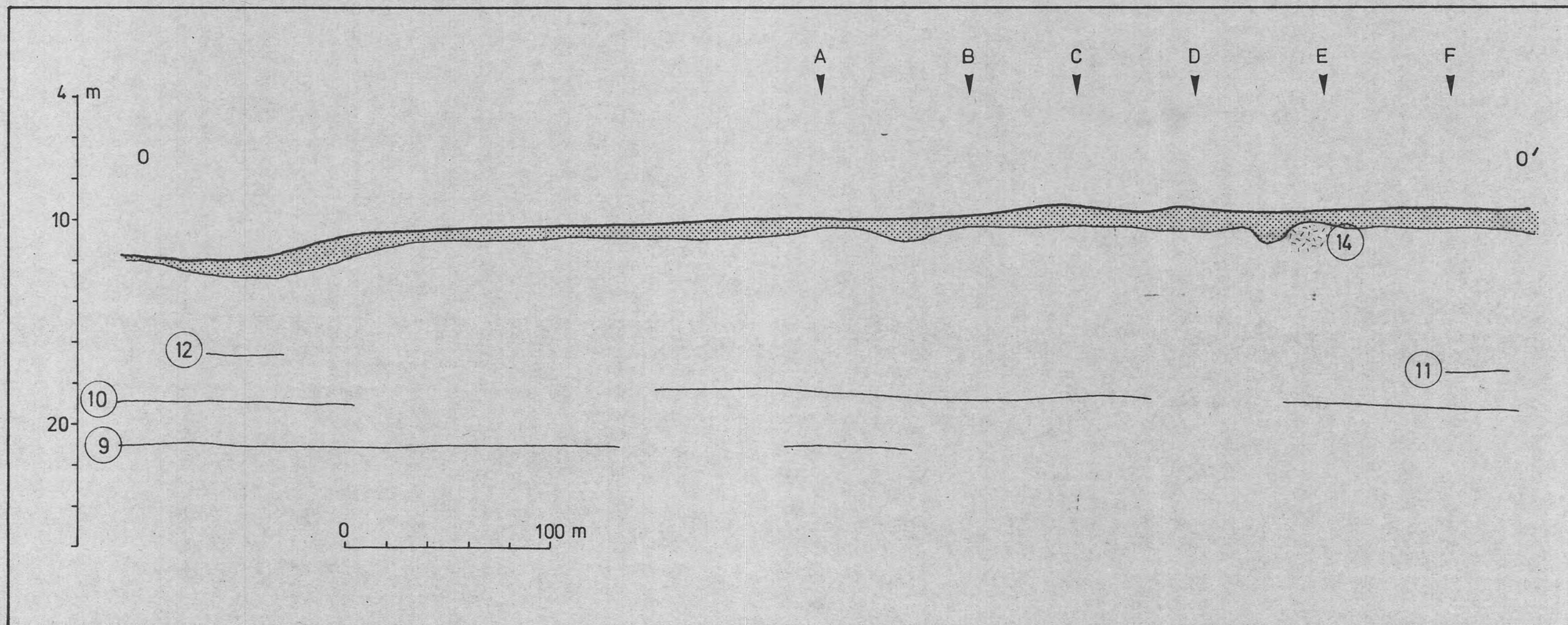
FIGUUR 14 Profiel L



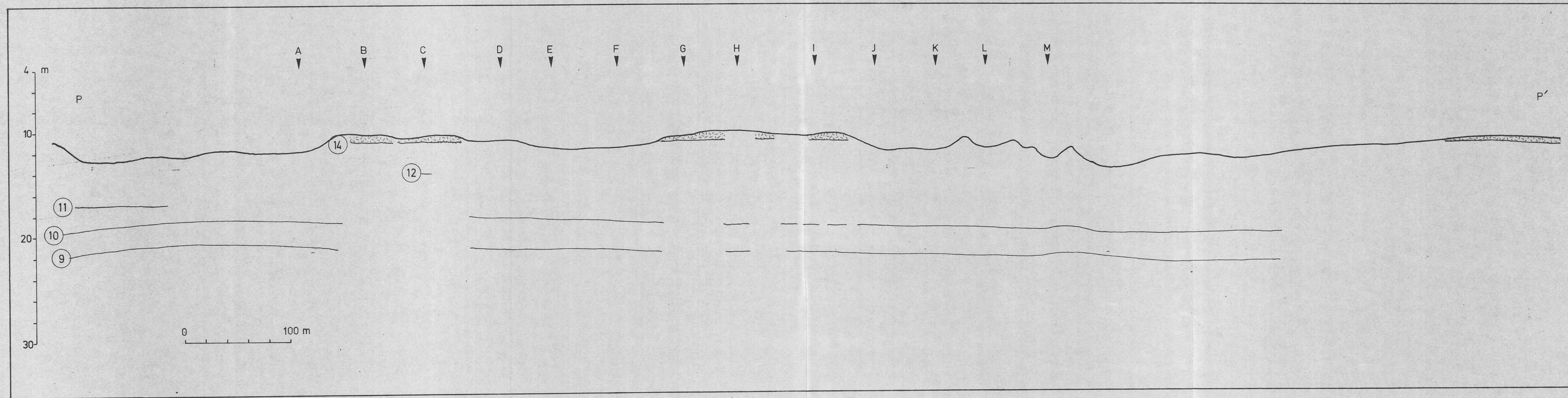
FIGUUR 15 Profiel M



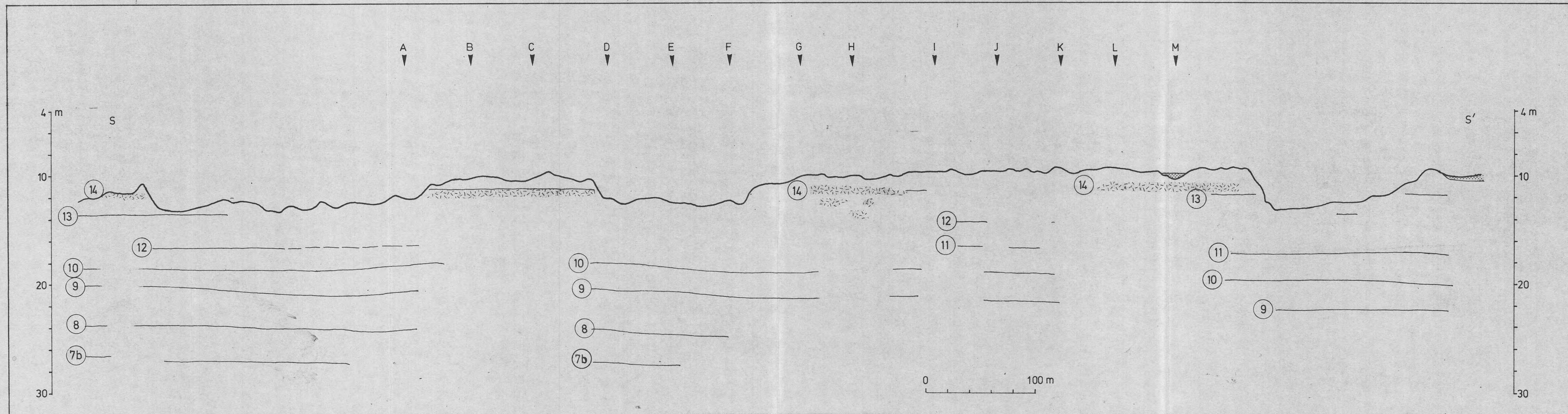
FIGUUR 16 PROFIEL N



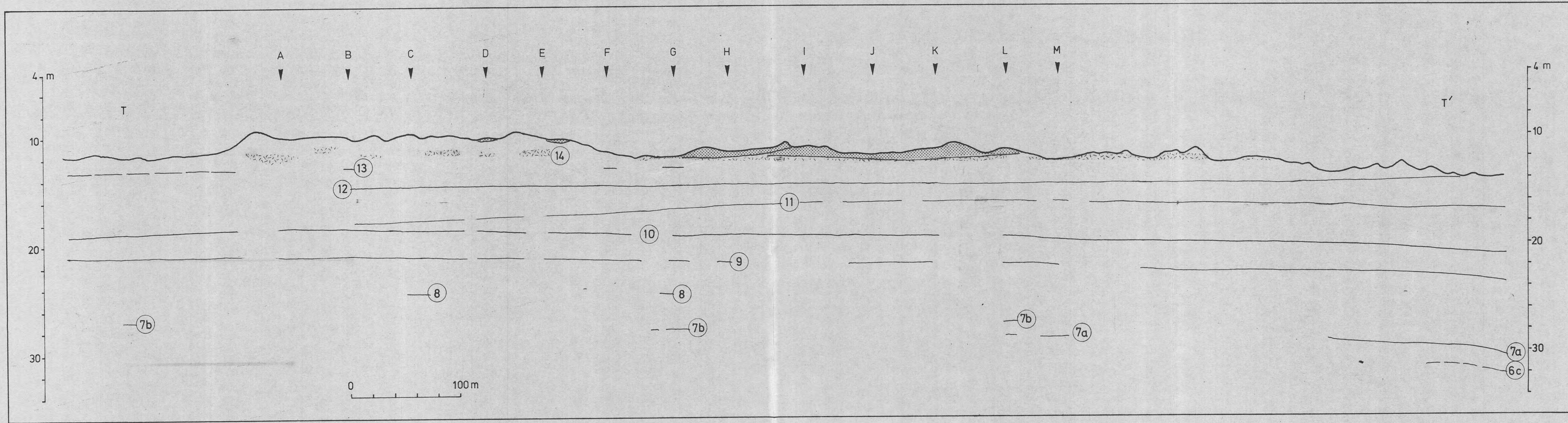
FIGUUR 17 PROFIEL 0



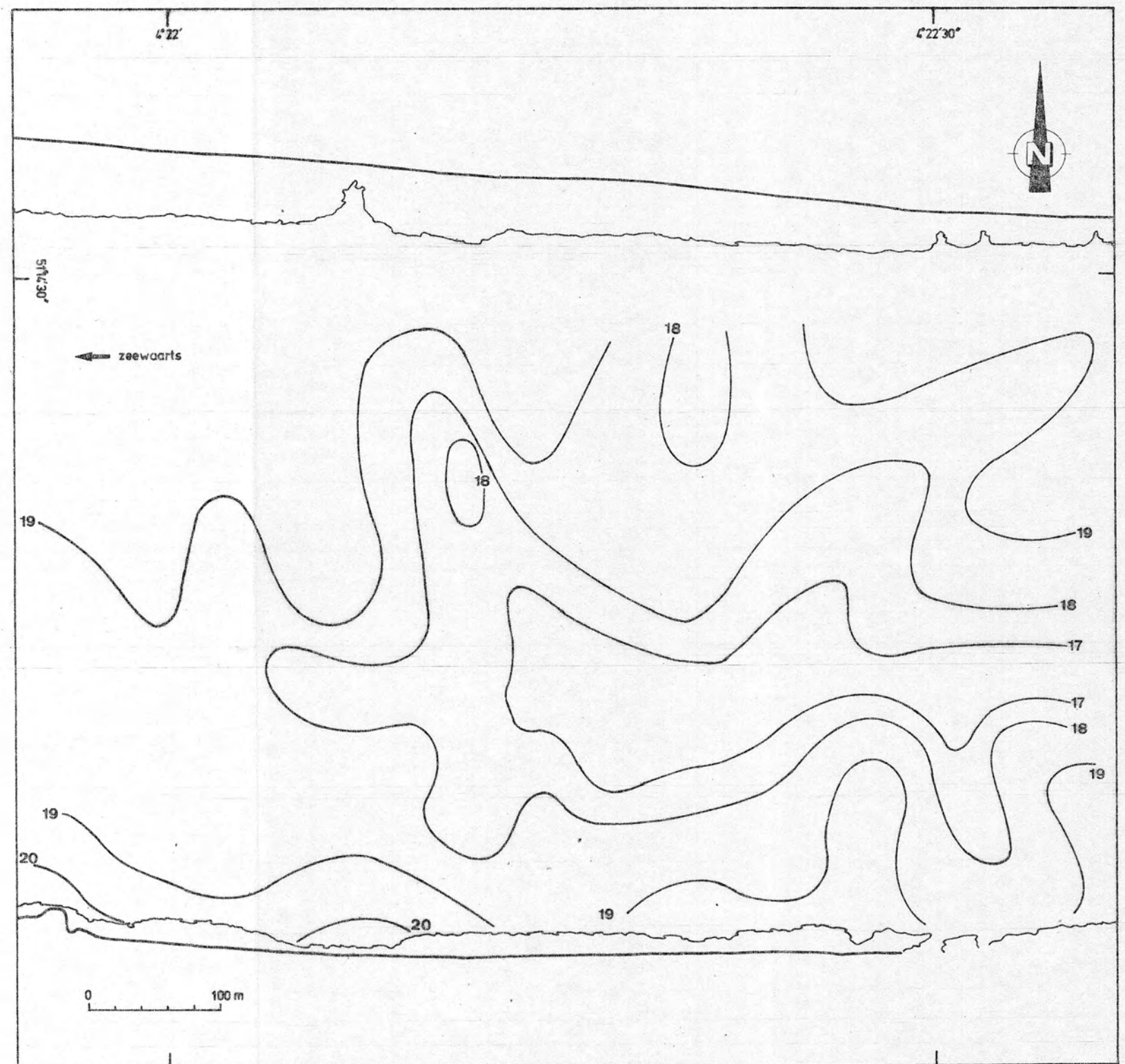
FIGUUR 18 PROFIEL P



FIGUUR 19 PROFIEL S



FIGUUR 20 PROFIEL T



FIGUUR 21 DIEPTELIGGING VAN DE TOP VAN DE KLEI VAN BOOM
(OLIGOCEEN) ONDER HET NULPUNT VAN HET KRUGSDEPOT

Geotechnisch Onderzoek
in de Beneden Zeeschelde
ten behoeve van de S.V.K. te Oosterweel

Deel IV

Aanvullende gegevens omtrent de geologische
opbouw van de omgeving van Oosterweel

Aanvullende gegevens omtrent het seismisch onderzoek over het site van de S.V.K.

1. INLEIDING

In het kader van de onderzoeken van het Laboratorium voor Aardkunde (R.U.G., Dir. Prof. Dr. R. MARECHAL) en van het thesiswerk van stud. geol. Ph. HELDENS werd een continu seismisch profiel opgenomen langs de vaarwateras van Schelde en Westerschelde, tussen Asper (Gavere) en Vlissingen.

Op aanvraag van de Antwerpse Zeediensten werd de sectie door de bouwzone onderworpen aan een eerste en snelle interpretatie.

Reeds bij deze eerste interpretatie komen enkele nieuwe gegevens omtrent de opbouw van de ondergrond in de omgeving van de S.V.K. naar voren; terwijl andere onderstelde gegevens bevestigd worden. Daarom wordt deze eerste interpretatie opgemaakt door dr. J.P. Henriët (geoloog-geofysicus verbonden aan het hogervermeld labo) en de student in de geologie Ph Heldens in het hiernavolgend verslag in zijn geheel weergegeven.

Dit rapport mag derhalve beschouwd worden als een aanvulling aan de voorgaande rapporten omtrent het geotechnisch onderzoek ten behoeve van de S.V.K. en in het bijzonder aan deel III hiervan ; De geologische opbouw van de omgeving van Oosterweel.

2. GEOLOGISCH KADER

Voor een algemene beschrijving van het geologisch kader van deze survey wordt verwezen naar het rapport "Geotechnisch onderzoek in de Beneden Zeeschelde ten behoeve van de studie van de stormvloedkering te Oosterweel Deel III Hoofdstuk I": algemene geologische opbouw van het Antwerpse havengebied en in het bijzonder in de omgeving van Oosterweel.

3. OPERATIONELE KENMERKEN

De seismische opnamen te Oosterweel geschieden in de voormiddag van woensdag 23 augustus 1978, aan boord van het schip "PAREL II" van de Antwerpse Zeediensten.

De plaatsbepaling geschiedde met behulp van een MOTOROLA Mini-Ranger III. De seismische bron, een EG & G UNIBOOM model 230, werd 20 m achter de plaatsbepalingsantenne gesleept. De positie van iedere fix, gecorrigeerd voor deze afstand, is weergegeven op fig. 1.

De verdere seismische uitrusting van het schip bestond uit een electrogeengroep, een EG & G model 234 energy source, een model 255 engineering survey recorder, een KROHN-HITE filter en een analoge bandopnameapparatuur. De akoestische signalen werden geregistreerd door middel van een model 265-hydrofoonkabel bestaande uit 8 hydrofoon-elementen.

Aanvankelijk werden 4 lengteprofielen gevaren, nagenoeg samen-vallend met de sonderingsraaien 8-14, 15-21, 22-28, 29-35. Deze sonderingen zijn beschreven in het rapport "Geotechnisch Onderzoek in de Beneden Zeeschelde ten behoeve van de studie van de Stormvloedkering te Oosterweel Deel I Hoofdstuk I" : uitvoeren van 37 diep-sonderingen in de Beneden Zeeschelde te Antwerpen. Enkel lijn 2 langs de raai 8-14 en een deel van lijn 3 onmiddellijk ten noorden ervan, langs de sonderingen 15 en 16, leverden behoorlijk interpreteerbare resultaten. Deze eerste opnamen geschieden met een registratietijd van 50 msec. Naderhand werd lijn 2 hernomen (2 bis) met een registratietijd van 100 msec., wat overeen kan komen met een penetratie van een 80-tal meter in het sediment. Enkel dit profiel wordt in dit rapport besproken.

4. PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN

Op het interpretatieprofiel langs lijn 2bis (fig. 2) worden de voornaamste waargenomen reflecterende horizonten uitgebeeld. Bij deze eerste interpretatie werden ze nog niet systematisch geïndiceerd, ten einde verwarring met een later te bepalen definitieve indicering te voorkomen. Wel werd de nummering van enkele reflectoren zoals opgesteld door S. WARTEL (1) op dit profiel overgenomen (7b, 8, 9, 10, 11), wat de vergelijking met de resultaten van deze auteur gemakkelijker maakt (cfr. profiel T-T', van S. WARTEL).

(1) dr. WARTEL, S. in rapport van M.O.W., Antwerpse Zeediensten n° AZ 78/11: Geotechnisch Onderzoek in de Beneden Zeeschelde ten behoeve van de studie van de Stormvloedkering te Oosterweel Deel III Hoofdstuk II: Het onderzoek van de subbodem van de bouwzone van S.V.K. met behulp van acoustische golven.

Waar diffractiehyperbolen op het profiel waargenomen werden, zijn ze ook als dusdanig voorgesteld. Dergelijke diffracties kunnen ontstaan hetzij op de randen van gebroken reflecterende horizonten, hetzij op losse stenen, septaria of andere geïsoleerde voorwerpen, waarvan de afmetingen in de grootteorde liggen van de gebruikte akoestische golflengte (enkele tientallen cm).

Er dient op gelet te worden dat de verticale dimensie op een seismogram de tijd voorstelt die het golffront nodig heeft om de heen-en-terug-weg af te leggen langs het traject bron/reflector/ontvanger. De verticale schaal op het profiel van fig. 2 is principieel een tijdschaal, waarvan het nulniveau (niet getekend) nagenoeg overeenstemt met het waterniveau op het ogenblik van de opnamen.

De omzetting van reflectietijden in diepten vereist de kennis van de voortplantings~~snelheid~~ van akoestische golven in het sediment. Bij gebrek aan rechtstreekse waarnemingen in deze zone werd als voorlopige werkhypothese de snelheid 1.600 m/sec weerhouden, op basis van voorgaande studies (2). Met deze snelheidshypothese stemt 10 msec overeen met 8 m, of met 4 cm op het profiel met verticale schaal 1/200. Deze schaal is in eerste approximatie ook bruikbaar voor dieptemetingen vanaf het nulniveau van het vergelijkingsvlak van het Krijgsdepot (NKD), aangeduid op het profiel. Voor metingen op grotere diepten (beneden 40 msec) moet het nodige voorbehoud gemaakt worden voor het gebruik van deze snelheidshypothese en schaalovereenkomst, gezien de mogelijkheid van een snelheidstoename in functie van de diepte.

Het reflectiepatroon van het profiel te Oosterweel kon met succes gecorreleerd worden met een profiel over het site van de E3 tunnel (Kennedytunnel), dat dan ook op fig. 2 overgenomen wordt. Men dient echter te letten op de verschillende horizontale schalen (hogere vaarsnelheid van het schip).

5. INTERPRETATIE

5.1. Het profiel te Oosterweel kan verdeeld worden in twee eenheden, die zich duidelijk onderscheiden door hun seismisch karakter.

(2) CHERLET P.: Bepaling van enkele seismische karakteristieken van tertiaire en kwartaire sedimenten in Vlaanderen. R.U.G. licentiaatsproefschrift Gent 1978.

1

./..

De bovenste eenheid, die zich uitstrekt vanaf de waterbodem tot ongeveer 30 msec, bevat weinig coherente reflecties en is rijk aan seismische "ruis" ; plaatselijk komen nesten van diffractiehyperbolen voor. Daaronder treedt, over de hele diepte van het profiel, een formatie op die gekenmerkt wordt door een reeks strikt evenwijdige, continue reflecties.

5.2. De bovenste eenheid kan, op basis van zijn seismisch karakter en op basis van de reeds uitgevoerde proeven, geïdentificeerd worden met een zandige formatie, waarschijnlijk grotendeels behorend tot de formatie van Kattendijk (Plioceen). Zijn akoestische top valt samen met het begin van het weerstandbiedend materiaal op de sonderingsdiagrammen en niet met de op deze diagrammen aangeduide "bodem". De topreflectie bestaat vaak uit schubvormig overlappende elementen, een structuur die vermoedelijk verband houdt met de recente sedimentbewegingen onder invloed van de stromingsdynamiek.

In de rechterhelft van het profiel komen nesten voor van kleine diffractiehyperbolen. Enkele hiervan komen er ook voor in het onderste interval, doch deze zouden kunnen veroorzaakt zijn door zijdelingse reflecties (i.p.v. vertikale).

De vertikale ruisbanden die over de hele profieldiepte lopen en de reflectoren maskeren kunnen vermoedelijk in de meeste gevallen toe te schrijven zijn aan een akoestisch harde bodem (schelpenbanken e.d.); plaatselijk is het echter niet uitgesloten dat deze samenhangen met verspreidingsverschijnselen van diapirisme (cfr. 5.6 en 5.7).

5.3. De grens tussen beide eenheden, ten dele samenvallend met reflector 11 (sensu WARTEL), wordt beklemd door een zwakke discordantie, opvallend in de westelijke hoek van het profiel (fix 1) en in het centrum (fix 10). De ware hellingshoek van het onderliggend substraat komt niet tot uiting in dit profiel, dat bijna parallel loopt met de strekking van de onderliggende lagen.

In het centraal deel van het profiel (fix 9-15) wordt het grensvlak duidelijk bevestigd door de sonderingsdiagrammen (13 en 14). In het westelijk en in het oostelijk deel van het profiel is de exacte ligging van het grensvlak in de huidige stand van de interpretatie nog niet met zekerheid vastgelegd.

5.4. De onderste eenheid, gekenmerkt door een reeks evenwijdige reflecties, kan geïdentificeerd worden met de klei van Boom. De eventuele samenhang tussen het reflectieritme en de lithologische ritmiciteit, beschreven door N. VANDENBERGHE (3), vormt één onderwerp van de onderzochte studies. Ook de mogelijke overeenkomst van de reflecties met niveau's met iets hogere conusweerstand in de klei van Boom (kleine pieken in sonderingen 13 en 14) wordt verder onderzocht.

5.5. Sommige reflectoren (vb. 10 sensu WARTEL) zijn duidelijk opgebouwd uit een aaneenschakeling van kleine diffractiehyperbolen. De identificatie van zulke reflectoren met septarianiveau's dringt zich dan ook op. Misschien vormt de reflector 10 hetzelfde septariabed dat, in al dan niet geremaneerde toestand, aangeboord werd aan de top van de klei van Boom in boring 42 (localisatie fig. 1). (4)

5.6. Tussen fix 7 en fix 7,5 vertonen de bovenste reflectoren in de klei van Boom een opwelling, waarvan het centraal gedeelte bedekt wordt door een ruiszone. Men is hier duidelijk geneigd te denken aan een verschijnsel van diapirisme. Beneden 45 msec zijn geen duidelijke opwellingen van de reflectoren meer zichtbaar.

5.7. Tussen 37 en 45 msec komt een interval voor dat, zeker in het westelijk deel van het profiel, bijzonder rijk is aan diffractiehyperbolen. Misschien worden ook deze diffracties veroorzaakt door septaria. Het feit echter dat hier een vrij breed interval bestreken wordt door deze diffracties kan een alternatieve interpretatie oproepen. Dit beeld vertoont namelijk een zekere gelijkenis met het reflectiebeeld van sommige overdrukzones in tertiaire kleien van het Noordzeebekken. De talrijke diffracties kunnen in een dergelijk geval ontstaan bij voorbeeld op de randen van geconsolideerde tussenlaagjes, die door fluctieverschijnselen in de kleiige matrix gebroken worden. De mogelijkheid dat het interval tussen 37 en 45 msec (ongeveer NKD-27 tot -32 m ter plaatse van de stormvloedkering) op één of ander stadium van zijn compactiegeschiedenis in een overdruksituatie geraakt zou zijn dient dan ook in beschouwing genomen te worden.

(3) dr. N. VANDENBERGHE : Een sedimentologische studie van de Boomse klei doktoraatsdissertatie K.U.Leuven 1974.

(4) ANTWERPSE ZEEDIENSTEN : rapport AZ 78/10

Geotechnisch Onderzoek in de Beneden Zeeschelde ten behoeve van de stormvloedkering te Oosterweel Deel II : Grondverkenningen uitgevoerd door derden in de omgeving van Oosterweel.

In deze hypothese kan een dergelijke overdrukzone hebben kunnen fungeren als wortelzone voor diapieren zoals deze die zich schijnt af te tekenen ter hoogte van fix 7. Ook zou dit kunnen verklaren waarom de reflectoren beneden 45 msec op deze plaats geen welvingsverschijnselen meer vertonen (5.6).

5.8. De diepere reflecties in de klei van Boom te Oosterweel (vanaf 40 msec) zijn zeer goed correleerbaar met het reflectiebeeld ter hoogte van de Kennedytunnel, zoals blijkt uit Fig. 2.

6. BESLUIT

6.1. Op het seismisch profiel te Oosterweel geven de sandige en kleiige hoofdeenheden van het substraat ontstaan aan vrij karakteristieke seismische beelden. Dit kan van belang zijn voor de rechtstreekse lithologische interpretatie van reflectieseismogrammen in dit gebied.

6.2. Belangrijke structurele verstoringen van de ondergrond zoals breuken, flexuren of plooiën konden in deze sectie niet waargenomen worden. Over de volledige waarnemingsdiepte van ongeveer 80 m schijnt de lagenreeks weinig gestoord te zijn.

6.3. Een uitzondering hierop vormen mogelijke lokale diapierverschijnselen in de topzone van de Boomse klei. Zoals blijkt uit de literatuur (5) kunnen dergelijke diapieren verschillende meters in de hogerliggende zandlagen dringen. Men dient rekening te houden met de mogelijkheid dat in de loop van de compactiegeschiedenis van de Boomse klei overdruksituaties bestaan kunnen hebben op sommige niveau's; in het bijzonder dient hier aandacht geschonken te worden aan het niveau tussen NKD-27 m en -32 m ter plaatse van de stormvloedkering.

6.4. De nauwkeurige correlatie van de reflectoren in de sectie te Oosterweel met deze in de ondergrond van de Kennedytunnel impliceert de mogelijkheid om in een eerste evaluatie van sommige eigenschappen van de ondergrond nuttig gebruik te kunnen maken van de onderzoeken voor de E3-tunnel.

(5) dr. LAGA P. : Geologie en Scheldetunnelwerken. Kleidiapier in de uitgraving van de spoorwegtunnel van de E-3 weg op de rechteroever te Antwerpen. Het Ingenieursblad, 1 september 1966.

7. AANBEVELINGEN

- 7.1. Bij de planning van diepere boringen zouden seismische boorgatmetingen voorzien moeten worden. Deze kunnen het snelheidsprofiel van de ondergrond leveren, waardoor de huidige seismische informatie op een exacte wijze in diepte gelokaliseerd kan worden.
- 7.2. Het geotechnisch onderzoek zal een bijzondere aandacht moeten besteden aan mogelijke overdrukzones (nog bestaande of fossiele) en mogelijke fluctie- en diapierverschijnselen in de Boomse klei.

Gent, 20 september 1978

Dr. J.-P. HENRIET

Ph. HELDENS

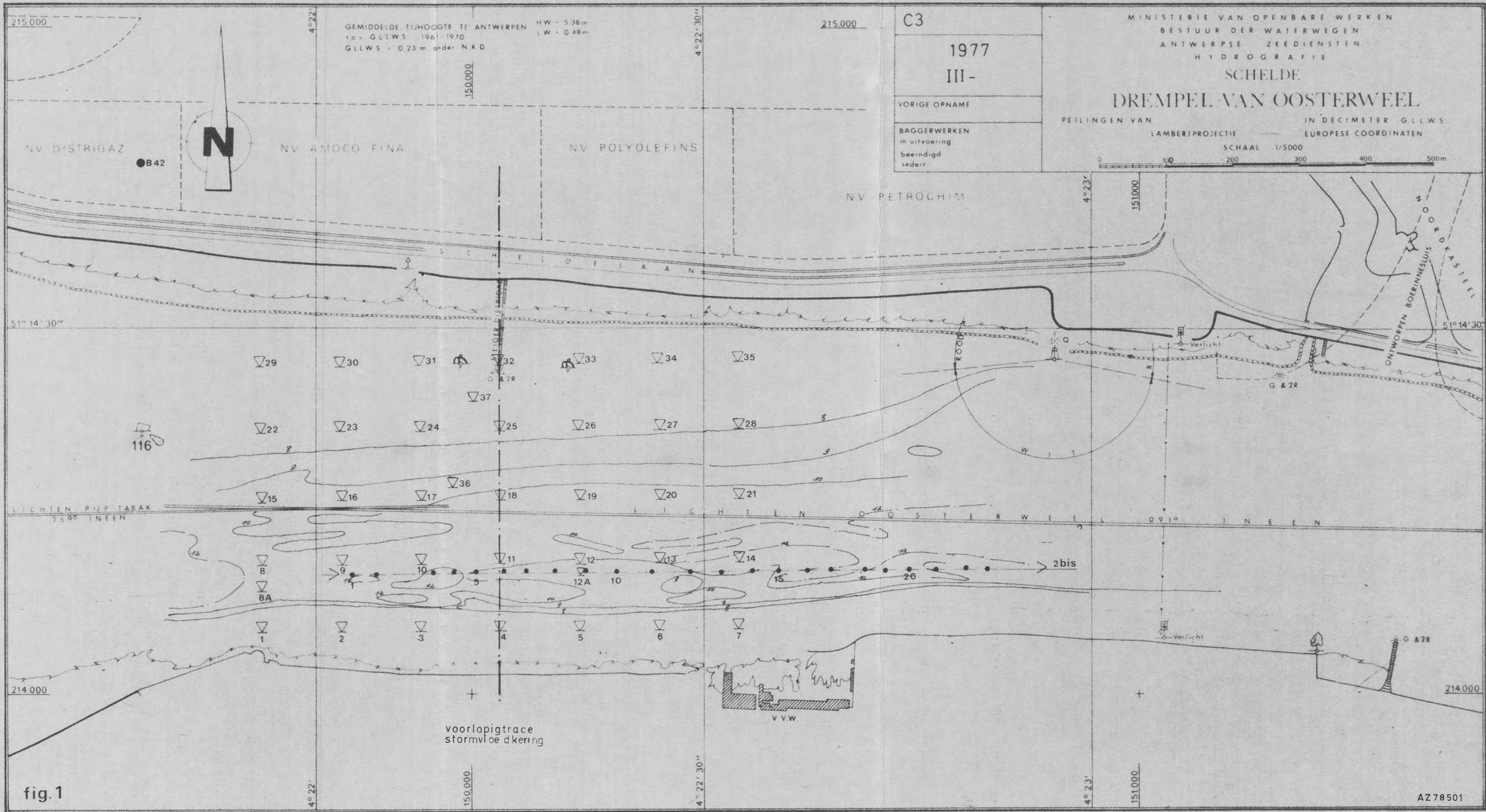


fig.1

AZ78501

KENNEDYTUNNEL

eerste interpretatie

