

ALTEIRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN
WATERHUISHOUDING, Wageningen

Concept NOTA no. 189 dd. mei 1963
Bepaling van enige hydrologische
bodemconstanten in de polder
"De Oude Korendijk" uit metingen in
ongerocerde monsters

K.E. Wit



INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
Concept NOTA no.189 dd. mei 1963

Bepaling van enige hydrologische bodemconstanten
in de polder "De Oude Korendijk"
uit metingen in ongeroerde monsters

K.E.Wit

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research c
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterho

Inleiding

Ten behoeve van het geo-hydrologisch onderzoek zijn een aantal diepboringen uitgevoerd, enerzijds voor het stellen van peilfilters, anderzijds om gegevens te verkrijgen omtrent de verbreiding en de dikte van watervoerende en slecht doorlatende lagen.

In een aantal van deze boringen zijn ongeroerde monsters verzameld, waarin in het laboratorium de doorlatendheid is gemeten. Uit deze gegevens is de verticale weerstand van slecht doorlatende lagen en de kD-waarde van watervoerende lagen berekend.

Naast bovengenoemde methode kunnen de formatieconstanten worden bepaald door het uitvoeren van pompproeven en uit de voortplanting van de getijbewegingen. In de NOTA no. 190 en 191 zijn de hiermede verkregen resultaten behandeld.

Het verzamelen van ongeroerde monsters

Voor het nemen van ongeroerde monster is een steekapparaat gebruikt, waarmee monsters ter lengte van 30 cm kunnen worden verkregen.

Bij het begin van de boorcampagne verkeerde dit apparaat nog in een proefstadium, als gevolg waarvan bij H5 en H6 geen monsters van de grofzandige afzettingen zijn verzameld.

In het algemeen is om de halve meter een monster gestoken.

In figuur 1 is de ligging van de boringen aangegeven, waarbij onderscheid is gemaakt tussen puls-, spoel- en kernboringen.

Het laboratoriumonderzoek

Aan de monsters zijn in het laboratorium achtereenvolgens de volgende metingen en handelingen verricht:

- . bepaling van de verticale doorlaatfactor
- . bepaling van de horizontale doorlaatfactor
- . bepaling van het poriënvolume

- . het fotograferen van de halve boorkernen in enigszins natte toestand
- . het maken van lakprofielen

1. Bepaling van de verticale doorlaatfactor

In alle monsters is de verticale doorlaatfactor bepaald. In de grond in natuurlijke ligging worden grondwaterstromingen veelal geschematiseerd, als zijnde een verticale in slecht doorlatende lagen en een horizontale in goed doorlatende lagen.

2. Bepaling van de horizontale doorlaatfactor

In grofzandige afzettingen is de grondwaterstroming veelal horizontaal. Als gevolg van de gelaagdheid, die in elke afzetting in meer of mindere mate aanwezig is, is de verticale doorlatendheid kleiner dan de horizontale. Voor het berekenen van de kD -waarde, waar k de horizontale doorlatendheid voorstelt en D de laagdikte en de verhouding k_h/k_v is een meetmethode ontwikkeld, volgens welke de horizontale doorlaatfactor k_h kan worden bepaald.

Gedurende de bepalingen is laatstgenoemde meetmethode vereenvoudigd, terwijl door het toepassen van andere filters de betrouwbaarheid tevens is verhoogd. De verkregen resultaten dienen dan ook met enig voorbehoud te worden beschouwd.

In tabel 1 zijn de gemeten k_h en k_v en de verhouding k_h/k_v aangegeven van monsters, afkomstig uit zandige afzettingen.

Tabel 1

De gemeten horizontale (k_h) en de verticale (k_v) doorlatendheid en de verhouding k_h/k_v van zandige monsters

Middelgrof zand U 20-30			Matig grof zand U 30-50			Matig fijn zand U 50-80		
k_h (m/dag)	k_v (m/dag)	k_h/k_v	k_h (m/dag)	k_v (m/dag)	k_h/k_v	k_h (m/dag)	k_v (m/dag)	k_h/k_v
46,4	24,8	1,87	10,6	4,9	2,16	3,2	1,9	1,68
33,4	30,5	1,10	16,6	11,1	1,50	2,8	1,7	1,65
37,1	28,6	1,30	10,2	11,2	0,90	4,0	1,2	3,33
27,6	10,4	2,65	15,2	12,6	1,21	2,7	2,0	1,35
29,7	11,1	2,67	18,3	19,5	0,94	2,7	1,3	2,07
24,8	12,1	2,05	25,4	8,2	3,10	4,4	4,7	0,94
25,5	11,0	2,32	10,5	4,4	2,36	17,1	14,5	1,18
39,3	23,5	1,67	22,0	22,1	1,00	19,0	2,5	7,60
Gemiddeld \approx <u>2,00</u>			21,2	15,0	1,41	7,0	2,3	3,04
Mediaan \approx <u>2,00</u>			24,2	23,8	1,02	1,9	1,7	1,12
			15,5	15,0	1,00	1,3	1,5	0,88
			19,8	11,7	1,69	2,2	2,9	0,76
			21,1	15,0	1,41	21,1	11,7	1,81
			22,2	23,1	0,96	16,8	16,7	1,00
			Gemiddeld \approx <u>1,50</u>			6,3	3,2	1,97
			Mediaan \approx <u>1,30</u>			23,0	17,3	1,33
						20,4	14,3	1,43
						4,5	0,77	5,85
						9,5	2,7	3,52
						Gemiddeld \approx <u>2,30</u>		
						Mediaan \approx <u>1,40</u>		

In geval geen horizontale doorlatendheid is bepaald, is hiervoor een waarde genomen gelijk aan $2 k_v$.

5. Het maken van lakprofielen

Bij zandmonsters treedt de gelaagdheid niet altijd duidelijk naar voren, in dit geval kan door het maken van lakprofielen de veelal zeer fijne gelaagdheid zichtbaar worden gemaakt.

Het maken van foto's en lakprofielen is zeer geschikt voor het verkrijgen van een overzicht van de factoren, die de horizontale en verticale doorlatendheid bepalen.

De verticale weerstand (c-waarde)

De intensiteit van de kwel wordt bepaald door de verticale weerstand van het afdekkend pakket en de potentiaal gradiënt in verticale richting.

De potentiaal gradiënt kan worden bepaald door het plaatsen van peilfilters onder en boven de slecht doorlatende laag.

De verticale weerstand c van het afdekkend pakket wordt gevonden door de verticale weerstand van de verschillende lagen te sommeren, $c = c_1 + c_2 + \dots + c_n$. Van elke laag afzonderlijk wordt de verticale weerstand berekend uit de laagdikte en de verticale doorlaatfactoren. De laagdikte volgt uit de boorbeschrijving, terwijl de verticale doorlaatfactor in het laboratorium wordt bepaald.

In een homogene laag zal de spreiding in de gemeten doorlaatfactoren klein zijn, terwijl de gemeten waarden bovendien een normale verdeling hebben. De gemiddelde verticale doorlatendheid \bar{k}_v van de laag wordt dan als volgt berekend:

$$\frac{n}{\bar{k}_v} = \frac{1}{k_{v1}} + \frac{1}{k_{v2}} + \dots + \frac{1}{k_{vn}} \quad (1)$$

De verticale weerstand c wordt:

$$c = \frac{D}{\bar{k}_v} \quad (2)$$

De gemeten doorlaatfactoren zijn in eerste instantie alleen representatief voor de naaste omgeving van het boorgat. In homogene lagen zullen de gevonden waarden wellicht gelden voor een groter gebied.

In heterogene lagen, waarin de verticale doorlaatfactoren een grote spreiding vertonen, is het de vraag, welke kansverdeling deze waarden hebben. Het aantal waarnemingen zal meestal te klein zijn, om tot een verantwoorde uitspraak hieromtrent te komen.

Wanneer in een laag, die in verschillende boringen is aangetroffen, de verticale doorlaatfactoren een toevalspreiding hebben, dus de extreem lage doorlaatfactoren, die hoofdzakelijk de c-waarde bepalen komen willekeurig in de laag voor, dan is het niet aannemelijk dat de laagjes met een hoge c-waarde een aaneensluitend geheel vormen. Deze veronderstelling wordt bevestigd door foto's van het gelaagd complex. In de fijne laminaire gelaagdheid vormen de dunne kleilaagjes niet altijd een aaneengesloten geheel.

Om uit de gemeten verticale doorlaatfactoren in een laag, een c-waarde af te leiden, die geldig is voor een bepaald gebied, is de mediaan m bepaald. Dit is de doorlaatfactor $k_v(m)$, waarvoor geldt dat de kans op het voorkomen van grotere doorlaatfactoren gelijk is aan die op het voorkomen van kleinere.

Voor het berekenen van de c-waarde wordt dan onderstaande formule gebruikt:

$$c = \frac{D}{k_v(m)} \quad (3)$$

In figuur 2 tot en met 8 zijn de c-waarden aangegeven van slecht en minder goed doorlatende lagen, berekend met de laatste formule.

De vraag kan worden gesteld in welke mate de c-waarden, berekend volgens (2) en (3) uiteenlopen. Van het gelaagd complex, dat in alle boringen is aangetroffen, blijkt de gemiddelde weerstand van deze laag volgens (2) ruim een factor 1,5 keer groter te zijn dan volgens (3). Daar niet continu is bemonsterd, is het mogelijk dat dunne lagen (10 tot 20 cm) in sommige boringen niet zijn bemonsterd. Een dergelijke laag is het basisveen, dat op een diepte van 17 à 18 m beneden maai-veld voorkomt. In dit geval is $k_v(m)$ bepaald van alle monsters, die van deze laag zijn verkregen.

In tabel 3 zijn de berekende c-waarden van alle kernboringen van het afdekkend pakket weergegeven.

Tabel 3
De verticale weerstand van het afdekkend pakket

Boring	c (dagen)	Boring	c (dagen)
H2b	4340 (4250)	H18	900
H5	460	H22	5400
H6	610	H24a	650 (11600)
H16	2500	H30	2700
H17	3900	H32a	3100 (2600)

In bovenstaande tabel zijn tevens de resultaten van de drie kernboringen H2b, H24a en H32a aangegeven. Tussen haakjes is de c-waarde vermeld, die uitsluitend betrekking heeft op metingen in monsters van de aangegeven boringen. Bij de andere c-waarden van de laatstgenoemde boringen is eveneens gebruikgemaakt van metingen in monsters van andere boringen. Het betreft hier speciaal de veenlagen en een enkele dunne kleilaag.

Uit de verrichte boringen blijkt dat het afdekkend pakket een vrij uniforme dikte heeft en in opbouw plaatselijk slechts geringe variaties vertoont.

Uit tabel 3 volgt een gemiddelde c-waarde, geldig voor het onderzochte gebied van \approx 2500 dagen.

In de meeste boringen is op een diepte van 25 tot 30 m een enige meters dikke stugge kleilaag aangetroffen. Deze lagen hebben een relatief hoge weerstand van 10000 tot 50000 dagen. Uit de verrichte pompproeven blijkt dat deze slecht doorlatende lagen geen aaneengesloten geheel vormen, zodat ze voor de grondwaterstromingen slechts plaatselijk van betekenis zijn.

Het horizontaal geleidingsvermogen (kD-waarde)

De grofzandige watervoerende laag is gelegen op een diepte van ongeveer 18 tot 25 m beneden maaiveld. Zoals reeds in het voorgaande is vermeld, dient men voor het berekenen van de kD-waarde, over gegevens te beschikken betreffende de horizontale doorlatendheid. Daarvoor het bepalen van deze bodemfactor een meetmethodiek moest worden ontwikkeld, zijn de verkregen resultaten niet altijd even betrouwbaar. In grootte-orde zullen de afwijkingen echter klein zijn.

De kD-waarde van bovengenoemde watervoerende laag is gevonden door van iedere laag de produkten van de laagdikte en de horizontale

doorlatendheid te sommeren.

In tabel 4 zijn de op deze manier verkregen kD-waarden samengevat.

Tabel 4

De kD-waarde van de eerste watervoerende laag

Boring	kD (m ² /dag)	Boring	kD (m ² /dag)
H2b	270	H22	480
H16	160	H24a	310
H17	210	H30	150
H18	280	H32a	530

Bij H17 en H22 zijn geen kleilagen aangetroffen op een diepte van 25 m, H32a is verder in een geul gesteld.

De gemiddelde kD-waarde van de overige boringen is ≈ 230 m²/dag, hieraan kan worden toegevoegd dat in de monsters, afkomstig uit H2b, H24a en H32a, de horizontale doorlatendheid op een later tijdstip is bepaald, toen de hiervoor ontwikkelde meetmethodiek gereed was gekomen. De kD-waarde zal wellicht ook iets groter zijn en liggen tussen 250 en 300 m²/dag.

Van de tweede watervoerende laag op een diepte van 35 tot 90 m zijn alleen gegevens verkregen van de eerste meters. De gemiddelde horizontale doorlatendheid is ≈ 6 m/dag. Nemen we deze waarde voor de gehele laag, dan krijgen we een kD-waarde van ≈ 330 m²/dag.

De mogelijkheid is echter niet uitgesloten dat in genoemde laag beter doorlatende lagen voorkomen, wat betekent dat $k_2 D_2 \geq \underline{330}$ m²/dag.

Samenvatting

In het voorgaande zijn de resultaten besproken, verkregen uit metingen in ongeroerde monsters.

De kD-waarde van de grofzandige afzettingen en de verticale weerstand c van de slecht doorlatende lagen is in een aantal boringen berekend. Hieruit is een gemiddelde waarde afgeleid voor de gehele polder.

Doordat de verticale weerstand van het afdekkend pakket is bepaald, kan de intensiteit van de kwel op eenvoudige wijze worden berekend, wanneer de potentiaal gradiënt in verticale richting is gegeven.

In slibhoudende fijnzandige tot kleiige afzettingen is de diepte van invloed op de doorlatendheid en het poriënvolume.

LOCATIEKAART

FIG. 1

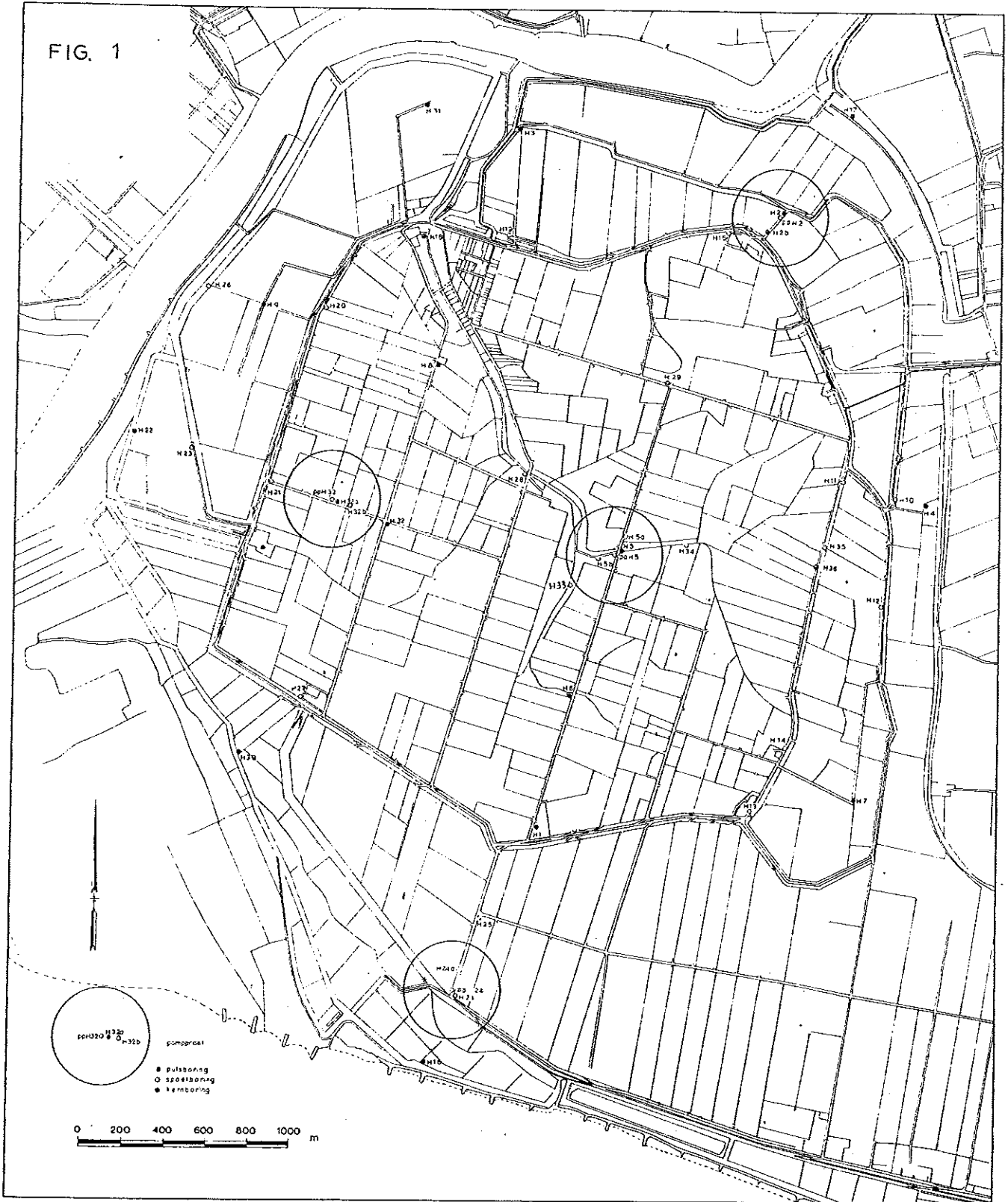
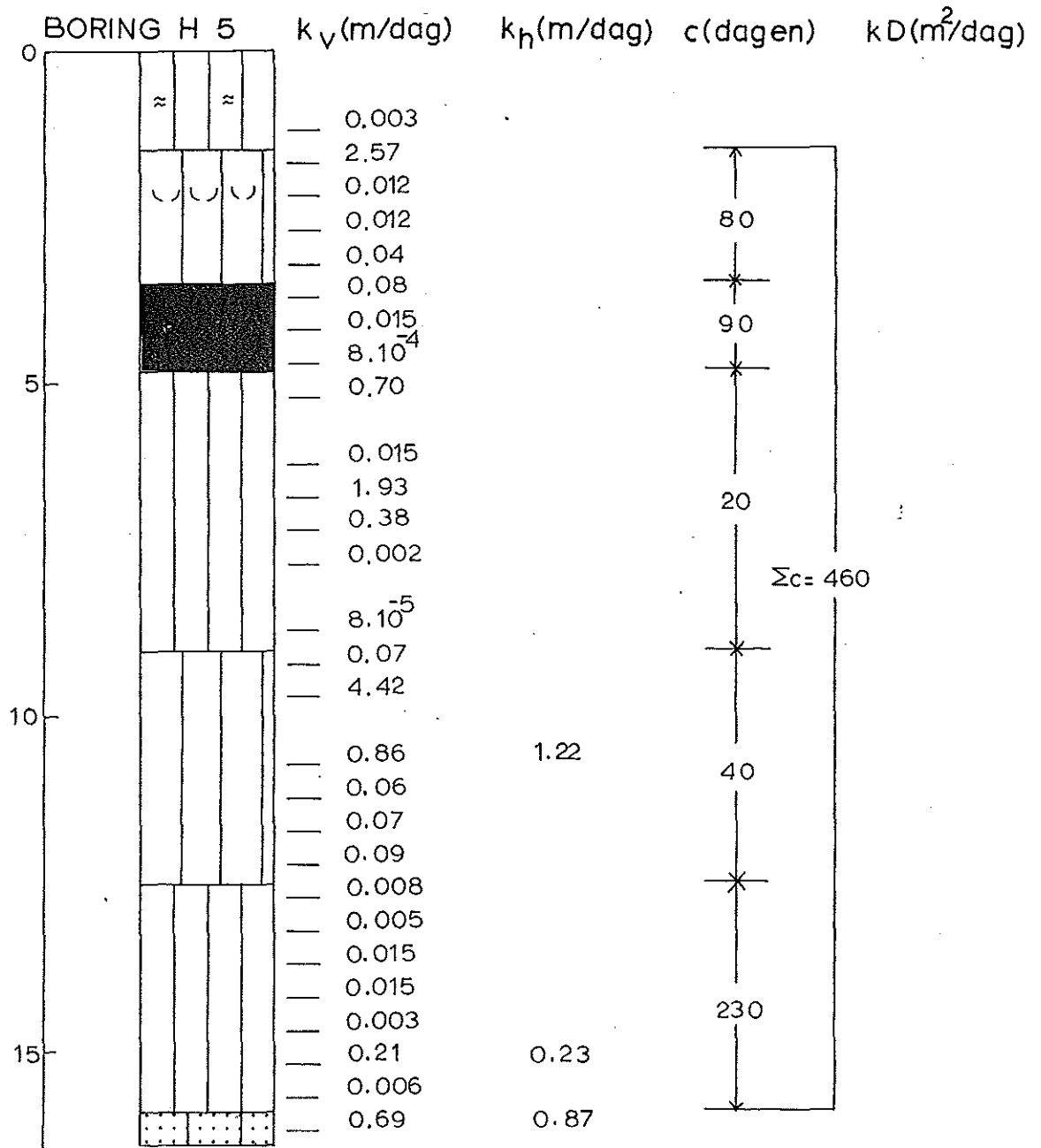


FIG 2 KERNBORING H 5 MET DE GEMETEN HORIZONTALE (k_h) EN DE VERTIKALE (k_v) DOORLAATFACTOREN



- u 20 - 30 middel grof zand
- u 30 - 50 matig grof zand
- u 50 - 80 matig fijn zand
- u 80 - 120 middel fijn zand

slibgehalte in %

- | | | | |
|--|---------|--|-------------|
| | 2 - 5 | | schelpgruis |
| | 5 - 10 | | schelpen |
| | 10 - 25 | | venig |
| | 25 - 40 | | humus |
| | 40 - 55 | | veen |
| | 55 - 70 | | grint |

FIG. 3 KERNBORING H 6 MET DE GEMETEN HORIZONTALE (k_h) EN DE VERTIKALE (k_v) DOORLAATFACTOREN.

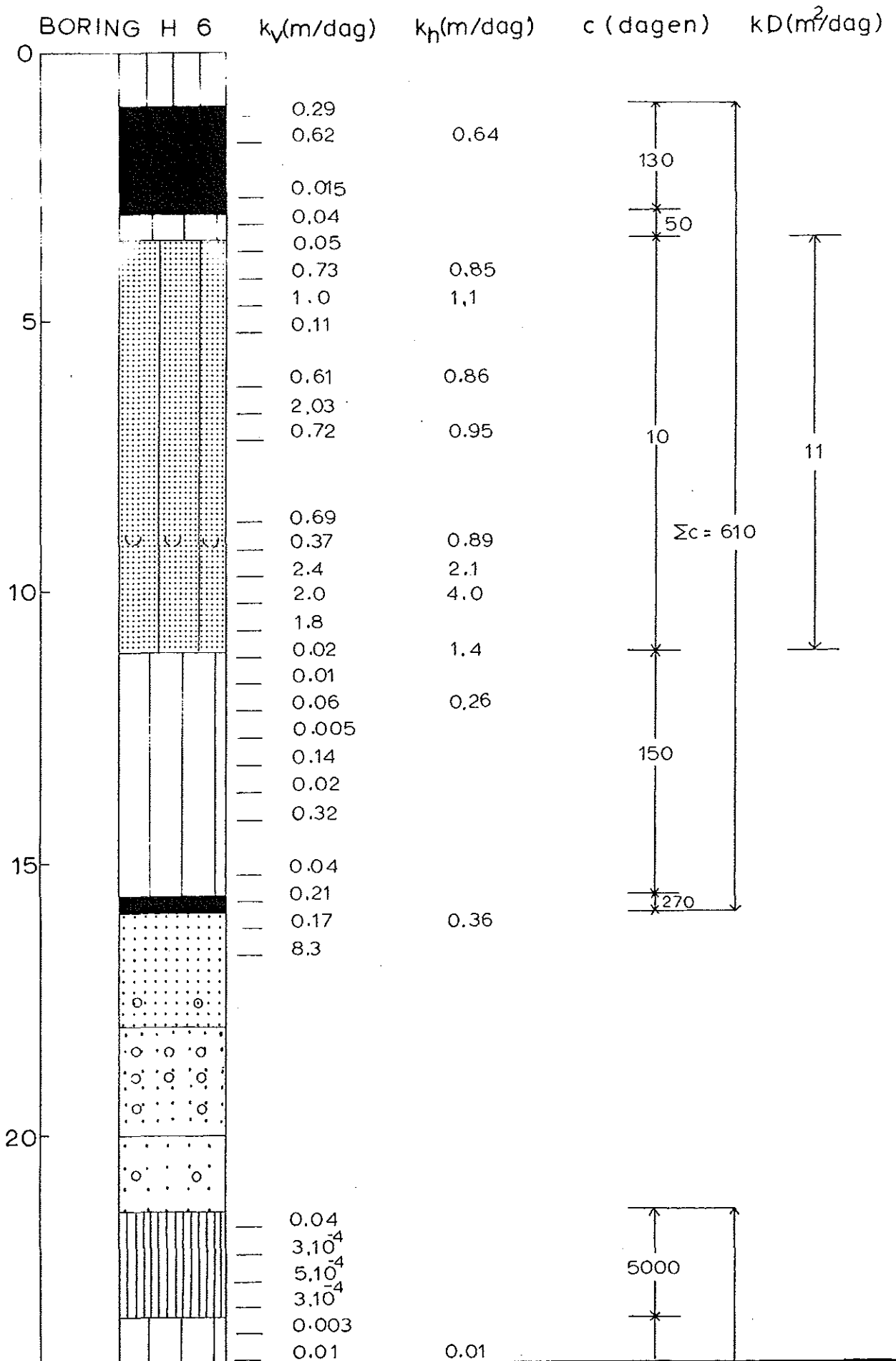


FIG 5 KERNBORING H 17 MET DE GEMETEN HORIZONTALE (k_h) EN DE VERTIKALE (k_v) DOORLAATFACTOREN

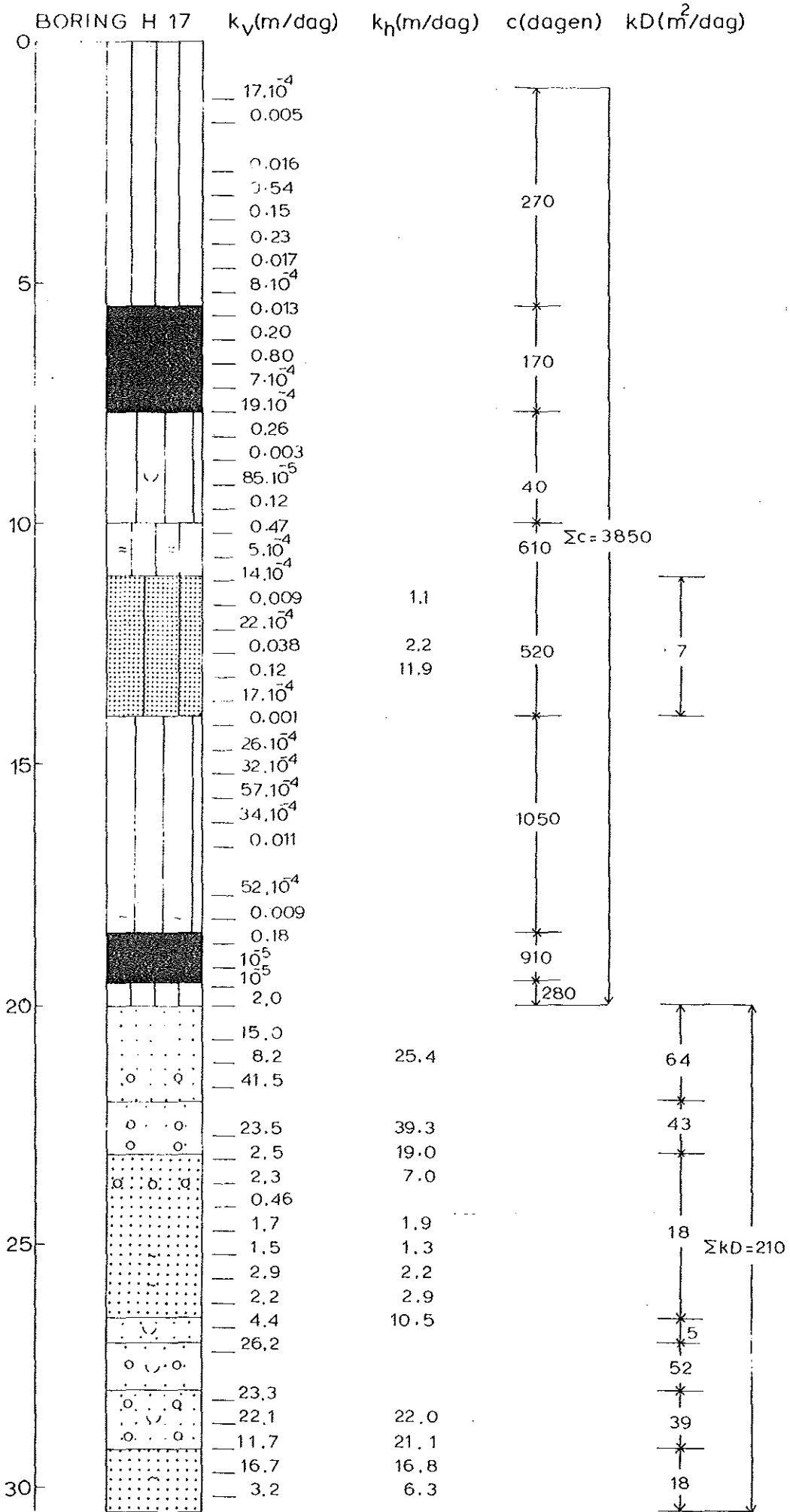


FIG. 6 KERNBORING H 18 MET DE GEMETEN HORIZONTALE (k_h) EN DE VERTIKALE (k_v) DOORLAATFACTOREN

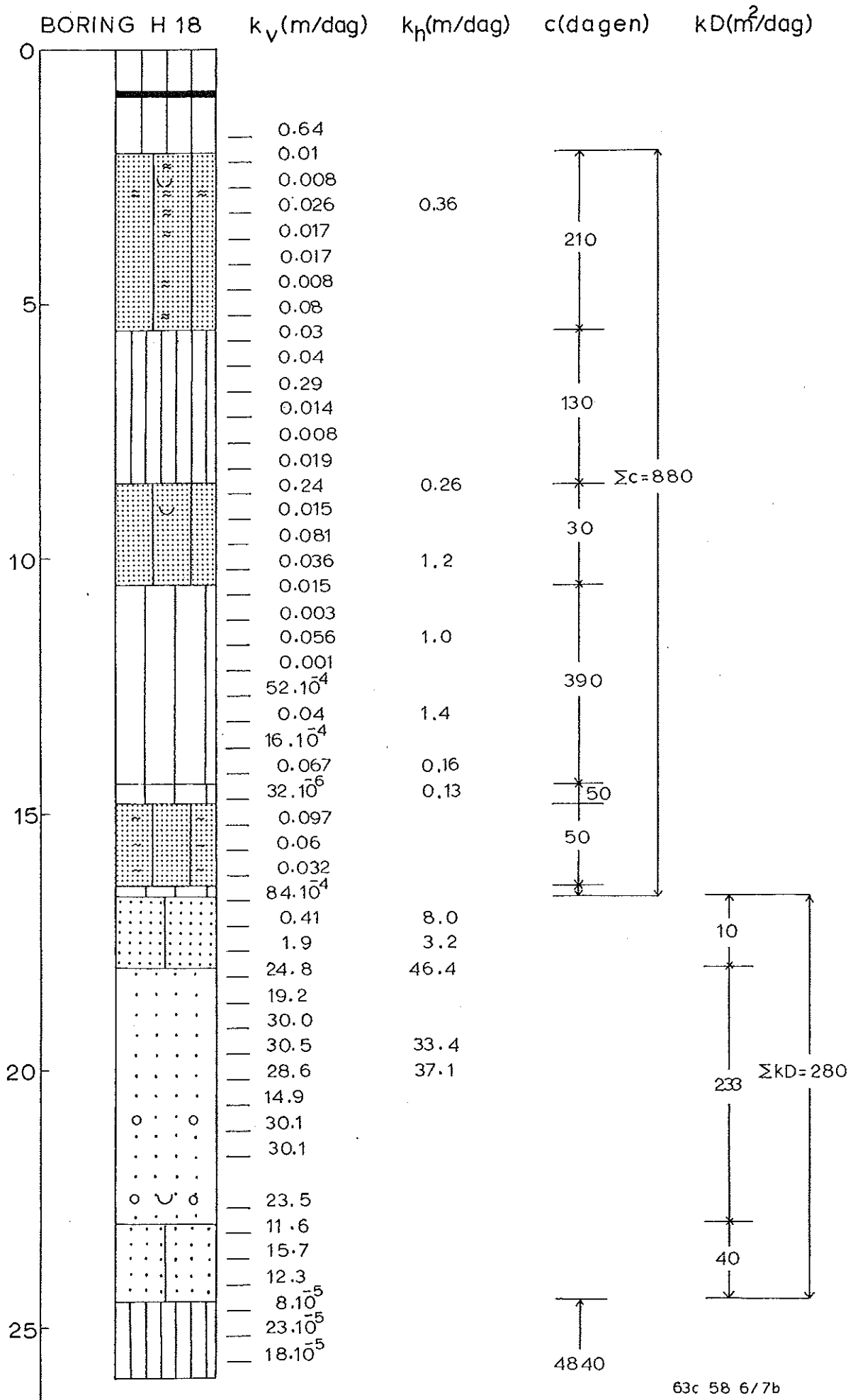
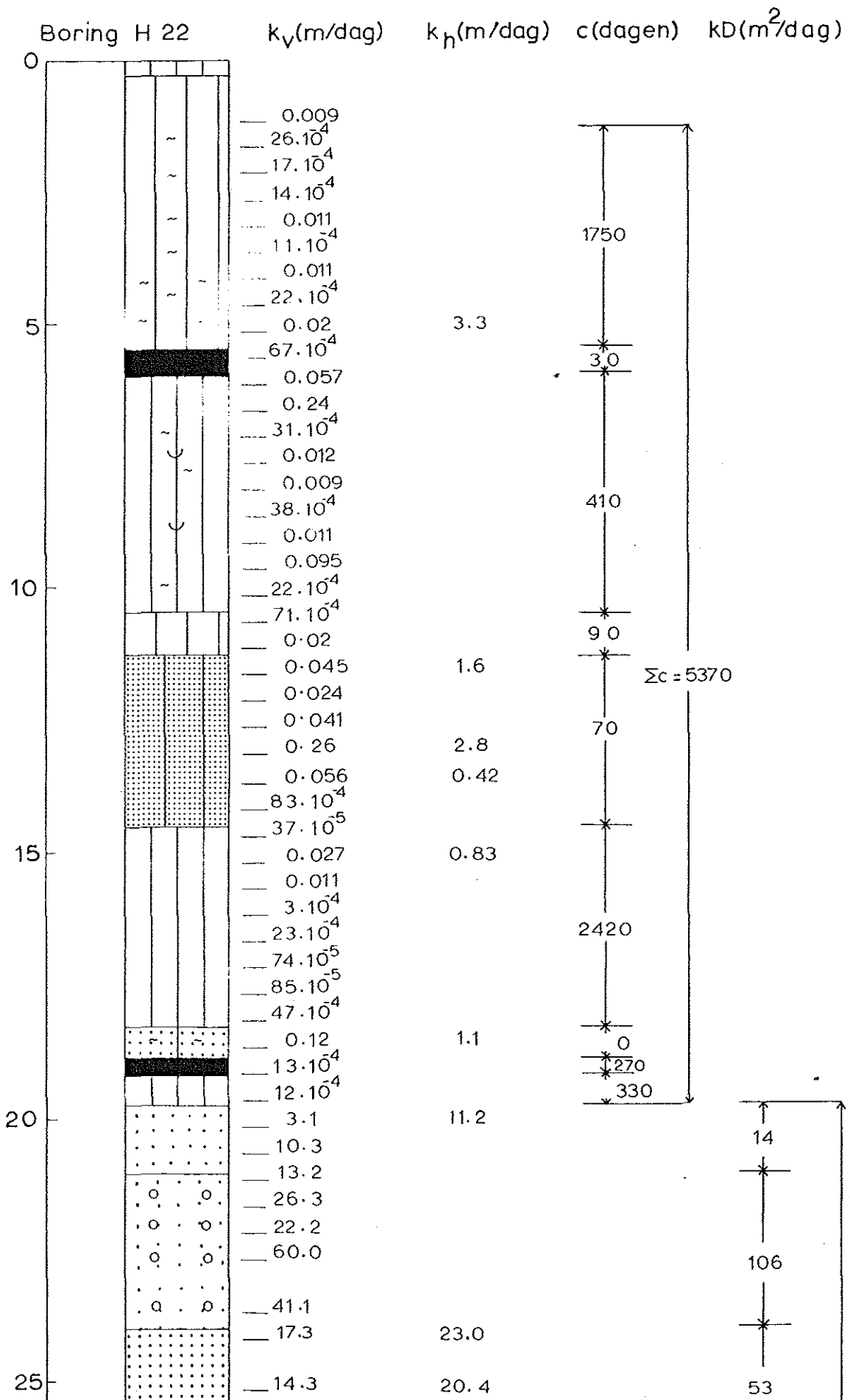


FIG 7 KERNBORING H 22 MET DE GEMETEN HORIZONTALE (k_h) EN DE VERTIKALE (k_v) DOORLAATFACTOREN



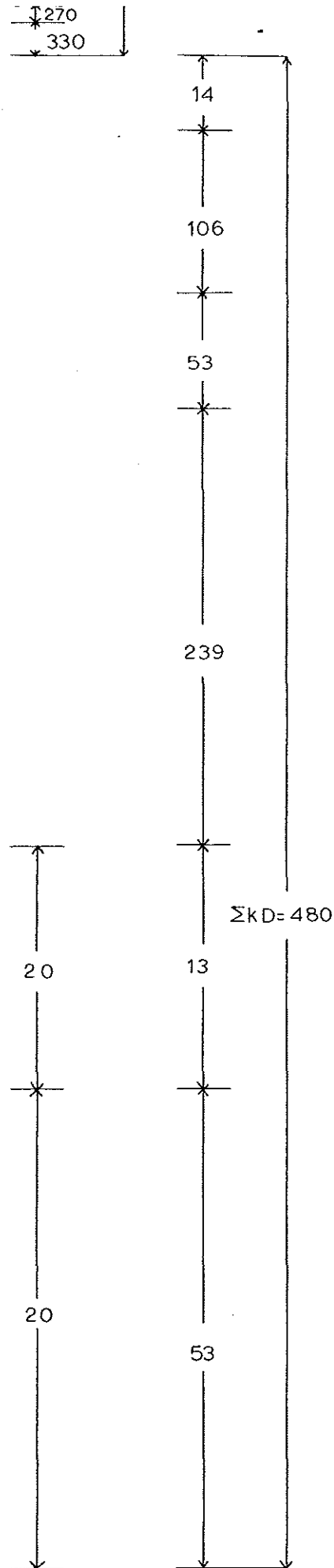
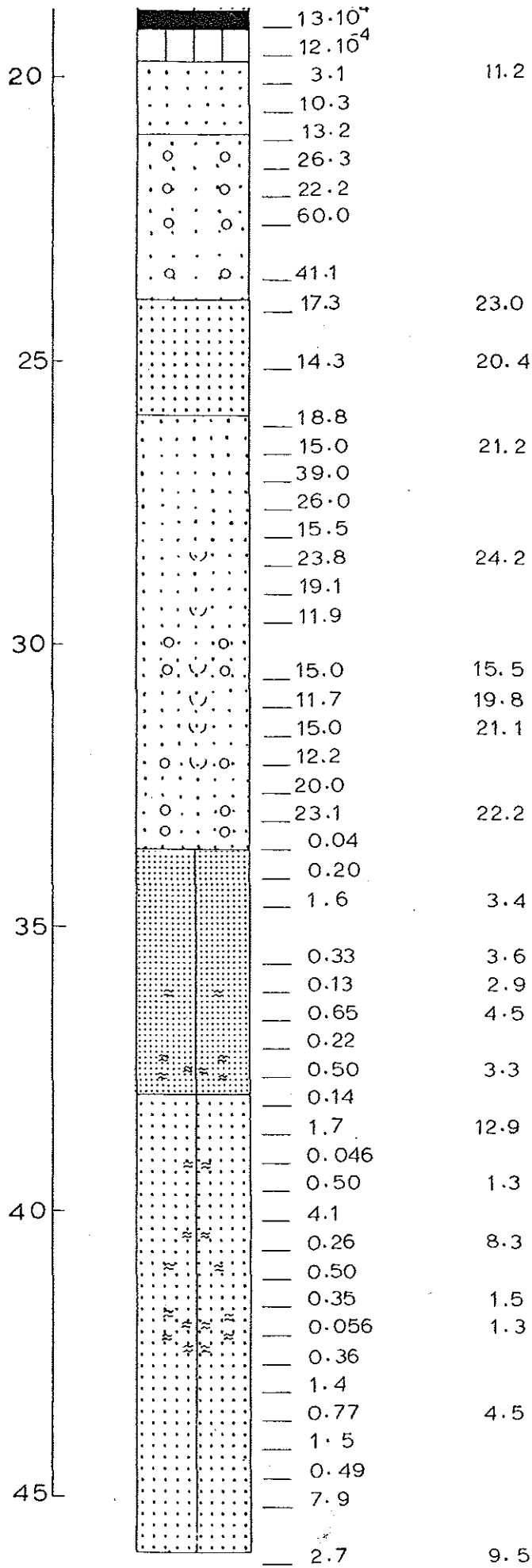
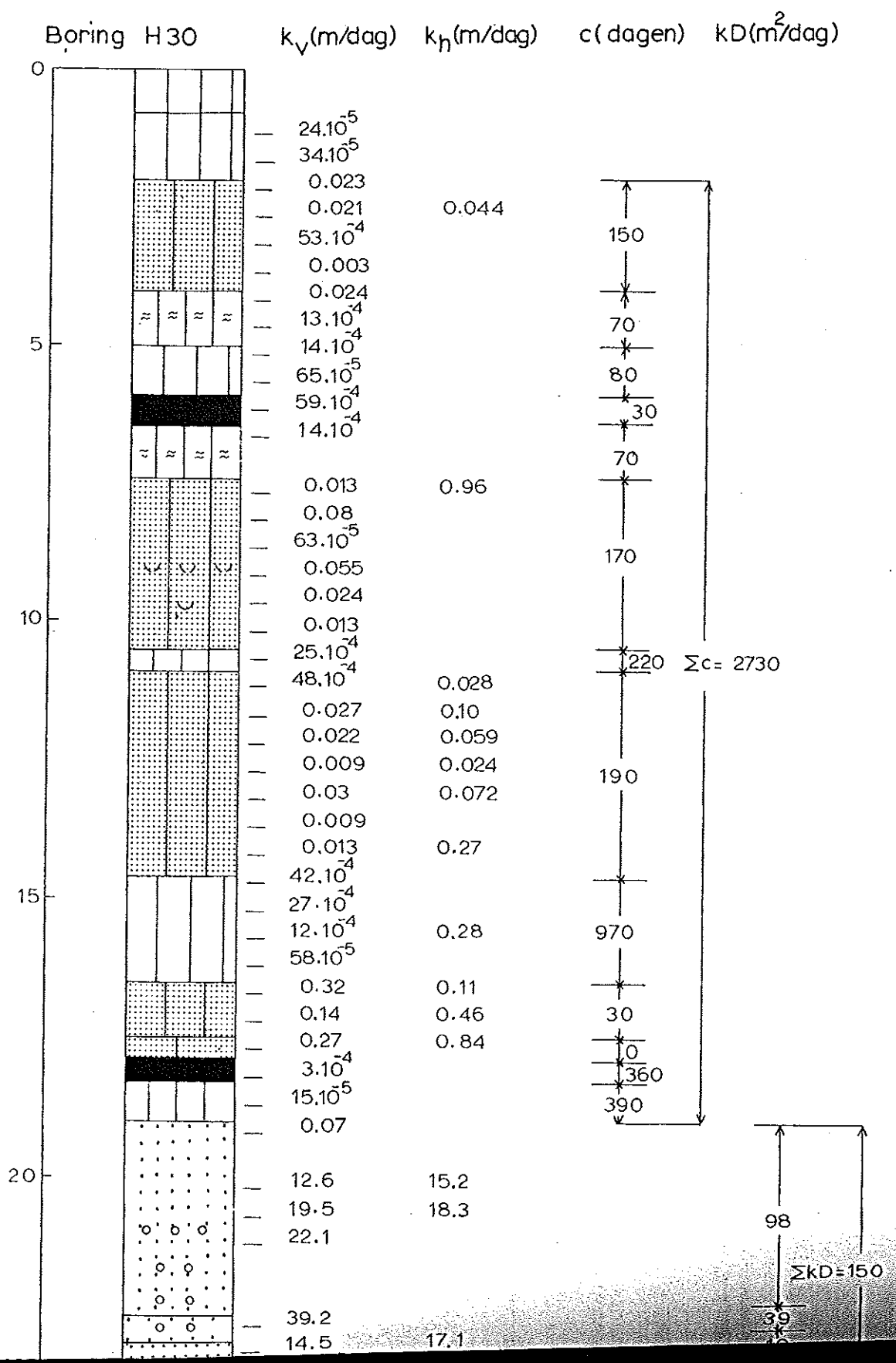


FIG 8 KERNBORING H30 MET DE GEMETEN HORIZONTALE (k_h) EN DE VERTIKALE (k_v) DOORLAATFACTOREN.



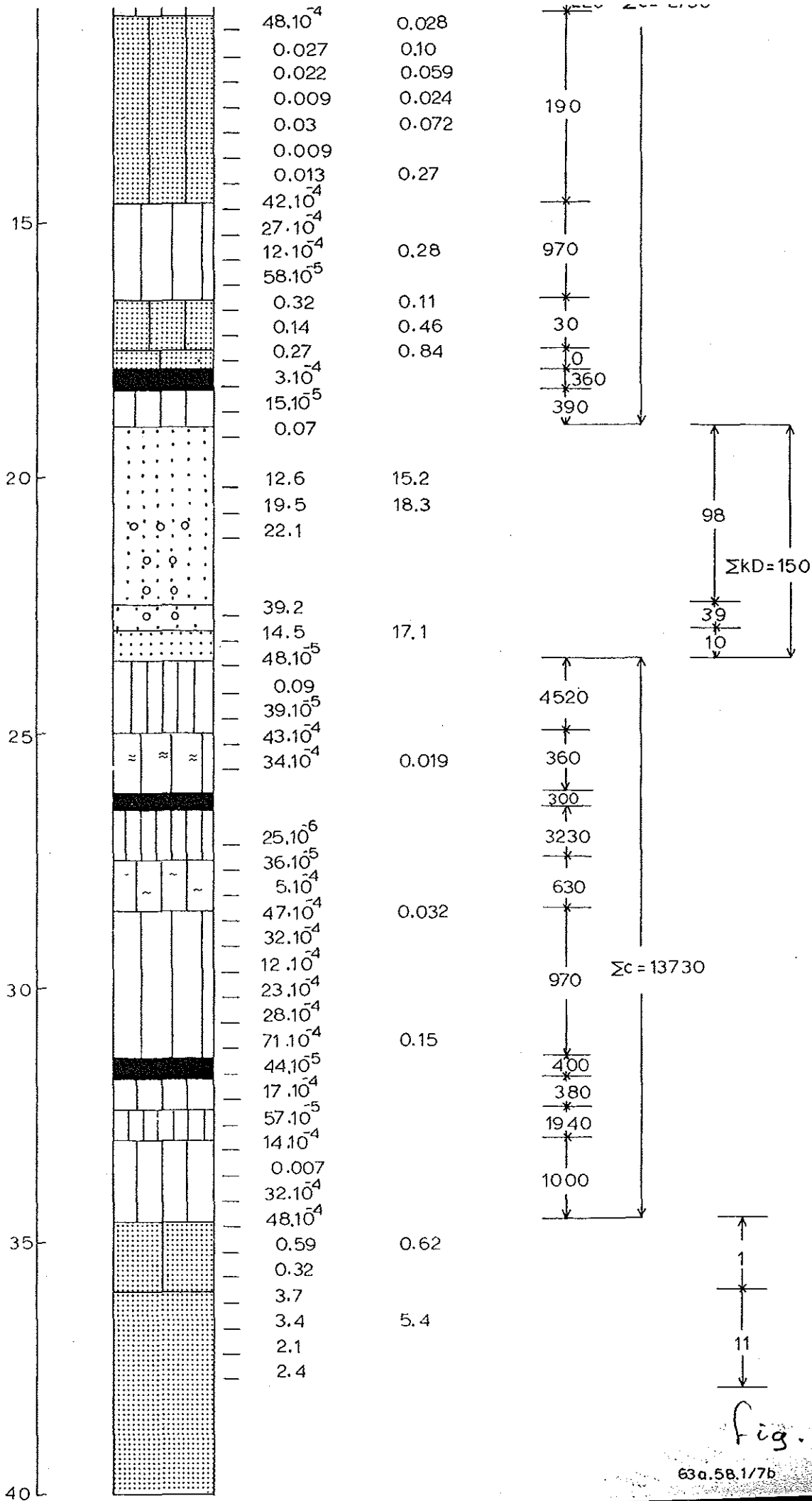


FIG. 9 VERBAND TUSSEN HET PORIËN-VOLUME, SLIB-GEHALTE EN DE DIEPTE BENEDEN MAAIVELD.

