NOTA 651 20 december 1971

voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

NN31545.0651

HYDROLOGISCHE CONSEQUENTIES VAN WATERWINNING UIT DE NIEUWE WATERWINPUTTEN IN DE ZILKER POLDER BIJ HILLEGOM

drs A.B. Pomper

151127

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking



0000 0227 5432

151127 230982

I N H O U D

	Blz.
INLEIDING	1
HET BESTUDEERDE GEBIED	1
DE GEOLOGISCHE OPBOUW	3
DE CHEMISCHE ANALYSES VAN HET GRONDWATER	3
DE POMPPROEF	5
DE GRONDWATERSTANDEN	5
HET GEDRAG VAN HET FREATISCH WATER	7
HET BELOOP VAN HET DIEPE WATER	11
DE BEREKENING VAN DE DOORLATENDHEID VAN HET BOVENSTE WATERVOEREND PAKKET	11
DE GEVOLGEN VAN DE WATERONTTREKKING IN DE ZILKER POLDER VOOR DE GRONDWATERSTAND VAN HET WATERVOEREND PAKKET	23
DE INVLOED VAN DE VERLAGINGEN VAN HET DIEPE GRONDWATER OP HET GEDRAG VAN HET ONDIEPE WATER	24
DE GEVOLGEN VAN VERSCHILLEN IN c-WAARDE	35
CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	36
LITERATUUR	3



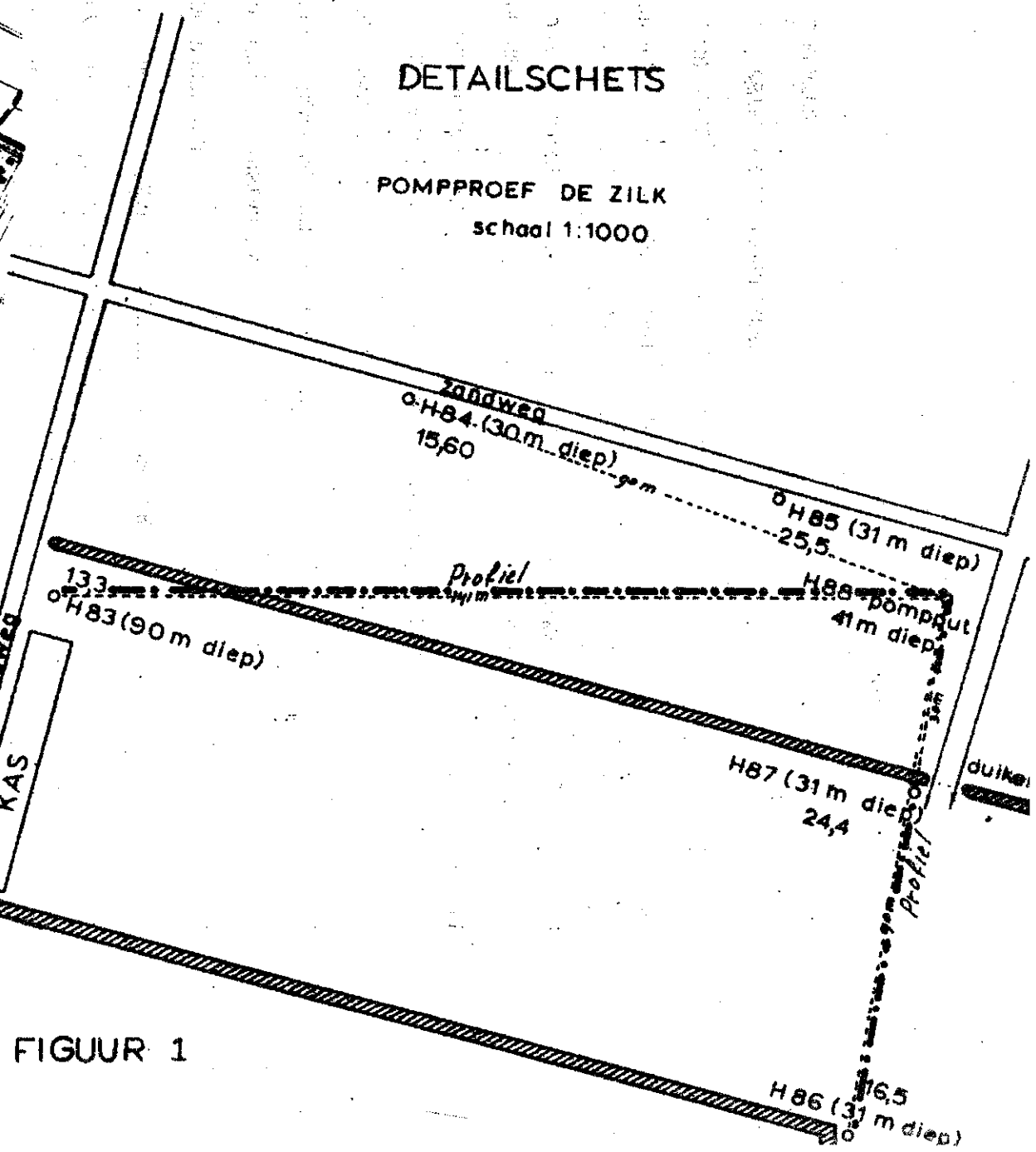
SITUATIESCHETS

1 : 10 000

DETAILSCHETS

POMPPROEF DE ZILK

schaal 1:1000



FIGUUR 1

INLEIDING

Enige jaren geleden werden veertien nieuwe waterwinningsputten ingericht in de Zilker Polder bij Hillegom. Het doel van de inrichting van dit nieuwe waterwinningsgebied was het verkrijgen van een ontlasting van het oude waterwinningsterrein van het Gas- en Watervoorzieningsbedrijf voor de Bloembollenstreek te Hillegom. De putten in dit oude waterwinningsterrein zijn sterk aan het verzilten. Hoewel de minister na advies van de Cogrowa akkoord ging met de winning van 2 000 000 m^3 per jaar uit de nieuwe putten kon met de waterwinning niet worden begonnen, omdat een bezwaarschrift tegen de verstrekte vergunning werd ingediend door de bollentelers in de Zilker Polder.

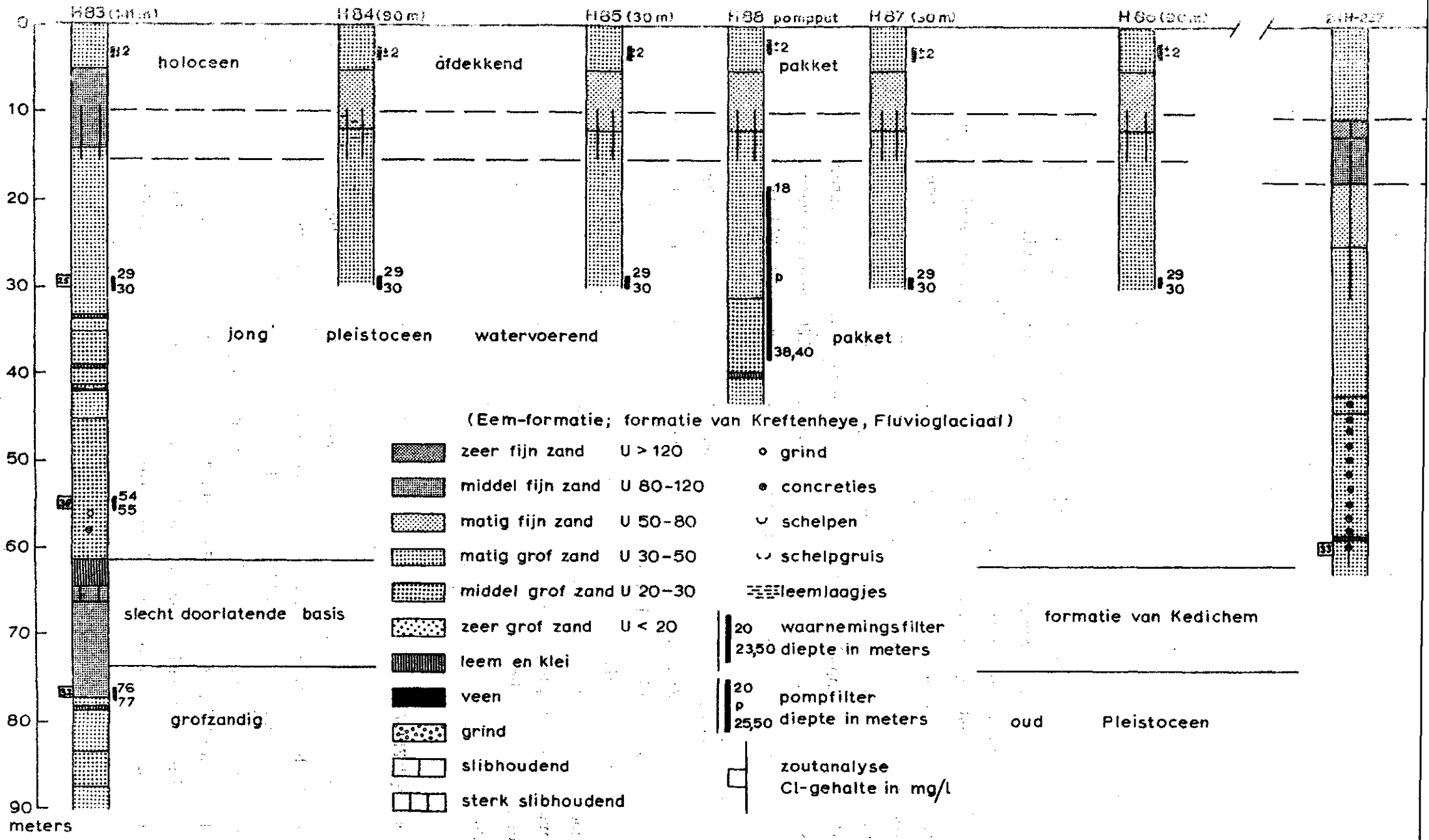
Op 17 september 1971 werd, na de behandeling van het bezwaarschrift door de Raad van State, een voorlopige vergunning verleend voor het winnen van water uit de nieuwe putten.

Reeds voor de uitspraak van de Raad van State kreeg het ICW het verzoek een hydrologisch onderzoek naar de consequenties van grondwaterwinning uit voornoemde putten in te stellen. In het kader van dit onderzoek werd op het bedrijf van een van de bezwaarden een pompproef uitgevoerd.

HET BESTUDEERDE GEBIED

In fig. 1 is de ligging van het onderzoeksgebied gegeven. De Zilker Polder maakt deel uit van het Hoogheemraadschap Rijnland, maar heeft - in verband met de bijzondere eisen die de bollenteelt aan de grondwaterstand stelt - een eigen peilbeheersing.

De polder ligt $\pm$ 5 km van de kust. Tussen de kust en de Zilker Polder ligt het winningsgebied van de Amsterdamse Drinkwaterleiding, ten Oosten ervan het oude winningsterrein van het Gas- en Watervoor-


H83 (141 m)
H84 (90 m)
H85 (30 m)
H86 pompput
H87 (30 m)
H88 (90 m)
±2
holoceen
afdekkend
pakket
29
30
18
p
38,40
jong pleistoceen watervoerend pakket
(Eem-formatie; formatie van Kreftenheye, Fluvioglaciaal)
54
55
76
77
slecht doorlatende basis
grofzandig
formatie van Kedichem
oud Pleistoceen
zeer fijn zand U > 120
middel fijn zand U 80-120
matig fijn zand U 50-80
matig grof zand U 30-50
middel grof zand U 20-30
zeer grof zand U < 20
leem en klei
veen
grind
slibhoudend
sterk slibhoudend
grind
concreties
schelpen
schelpgruis
leemlaagjes
20
23,50
waarnemingsfilter
diepte in meters
20
p
25,50
pompfilter
diepte in meters
zoutanalyse
Cl-gehalte in mg/l
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
meters

zieningsbedrijf van de Bloembollenstreek. Verder naar het Oosten bevindt zich de Haarlemmermeer Polder.

Het gebied heeft zijn huidige oppervlak gekregen doordat het bovenste gedeelte van de oude duinen is afgegraven teneinde de situering van het terreinoppervlak ten opzichte van het grondwater zo gunstig mogelijk te maken. Allerlei maatregelen werden genomen om de geschiktheid van de grond voor de bollenteelt te vergroten ('omspuiten', het naar boven zuigen van kalkrijk zand uit de diepere ondergrond tot 10 m - maaiveld) en te behouden ('kabelen', ploegen tot ca. 70 cm diep).

DE GEOLOGISCHE OPBOUW

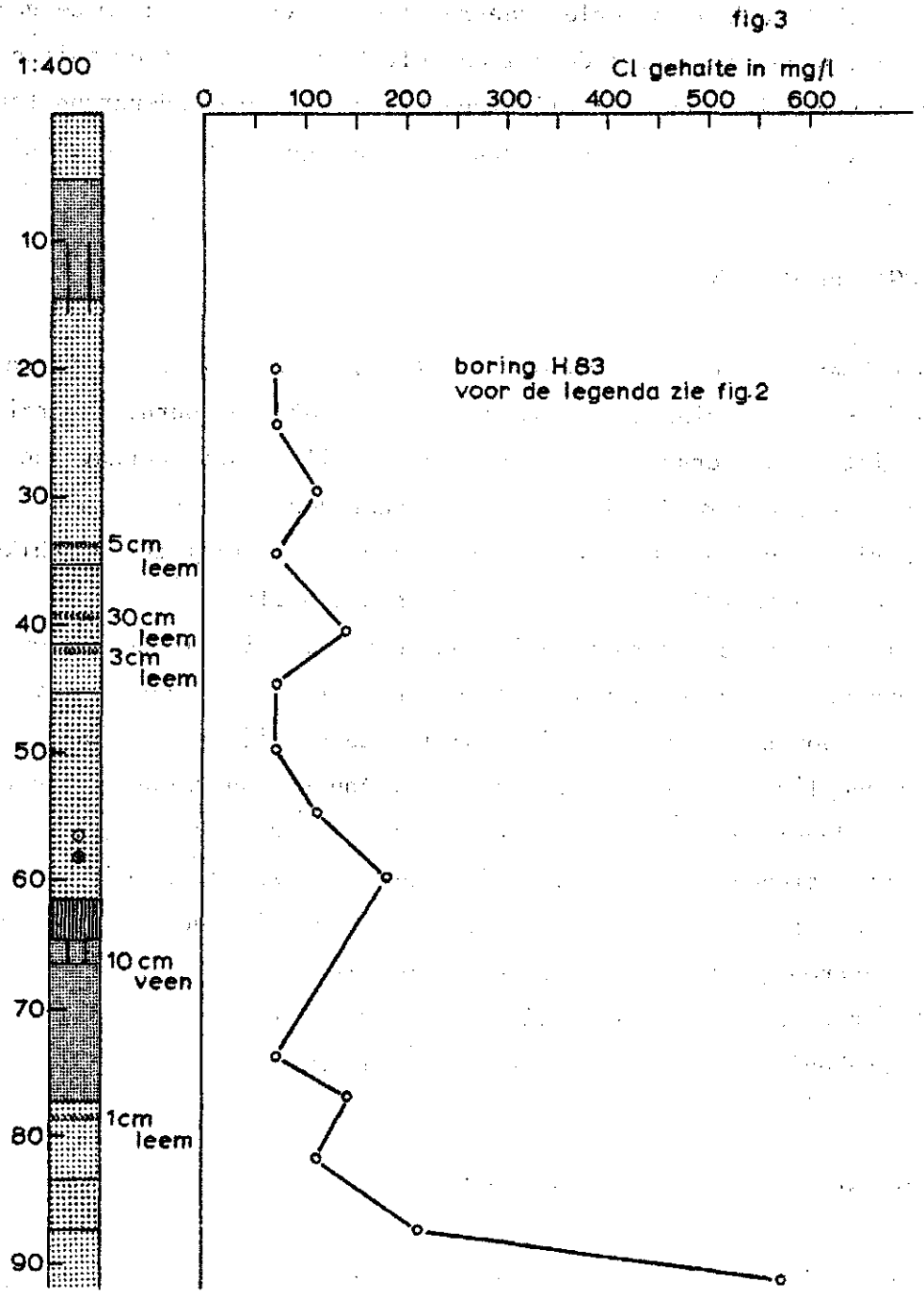
Ten behoeve van het onderzoek werd een diepe (91 m) en een aantal ondiepe (31-43 m) boringen uitgevoerd. Alle boringen werden voorzien van peilfilters op verschillende diepten terwijl in het boorgat van H 88 het pompfilter werd geïnstalleerd. Naast deze boring waren een aantal boringen van het Gas- en Watervoorzieningsbedrijf ter beschikking waarvan de diepste (24 H 237) in fig. 2 is afgebeeld.

De ligging van de boorputten is aangegeven in fig. 1; de geologische opbouw is weergegeven in een doorsnede (fig. 2). Het watervoerend pakket wordt gevormd door jong-pleistocene vrij grove zanden (zie bijlage 1 met de boorstaat van H 83). Aan de onderzijde bevindt zich een slecht doorlatende laag (Kedichem klei) dieper weer overgaand in grovere afzettingen. Aan de bovenzijde wordt het watervoerend pakket begrensd door een 3½ meter dikke laag met sterk slibhoudend holoceen zand met daarop een 10 meter dik goed doorlatend holoceen zandpakket. Op ± 40 meter beneden maaiveld vinden we enkele dunne kleilaagjes die weinig betekenis hebben voor de grondwaterstroming.

DE CHEMISCHE ANALYSES VAN HET GRONDWATER

In de boringen van het ICW zijn op verschillende dieptes zoals gebruikelijk watermonsters genomen. Drie watermonsters zijn opgestuurd naar het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage, waar een analyse van een groot aantal opgeloste stoffen is gemaakt, terwijl de overige in het eigen laboratorium op chloride-gehalte zijn geanalyseerd. In fig. 3 zijn naast de boorstaat de chloride-cijfers

fig.3


1:400
Cl gehalte in mg/l
0
100
200
300
400
500
600
10
20
30
40
50
60
70
80
90
5cm leem
30cm leem
3cm leem
10cm veen
1cm leem
boring H.83
voor de legenda zie fig.2

gegeven. Men ziet dat er een sterke correlatie te zien is tussen het chloride-gehalte en het voorkomen van minder goed doorlatende lagen. Naar beneden gaand neemt het chloride-gehalte toe tot een kleilaagje bereikt wordt waarna het beneden de kleilaag weer aanzienlijk lager is. Het betreft hier een verschijnsel dat reeds eerder is waargenomen door COUWENHOVEN en waarvoor nog geen duidelijke verklaring voorhanden is. Wellicht speelt het oorspronkelijke zoutgehalte van het kleilaagje hier een rol. Bij het samenstellen van deze nota waren de analyses van het RID nog niet beschikbaar.

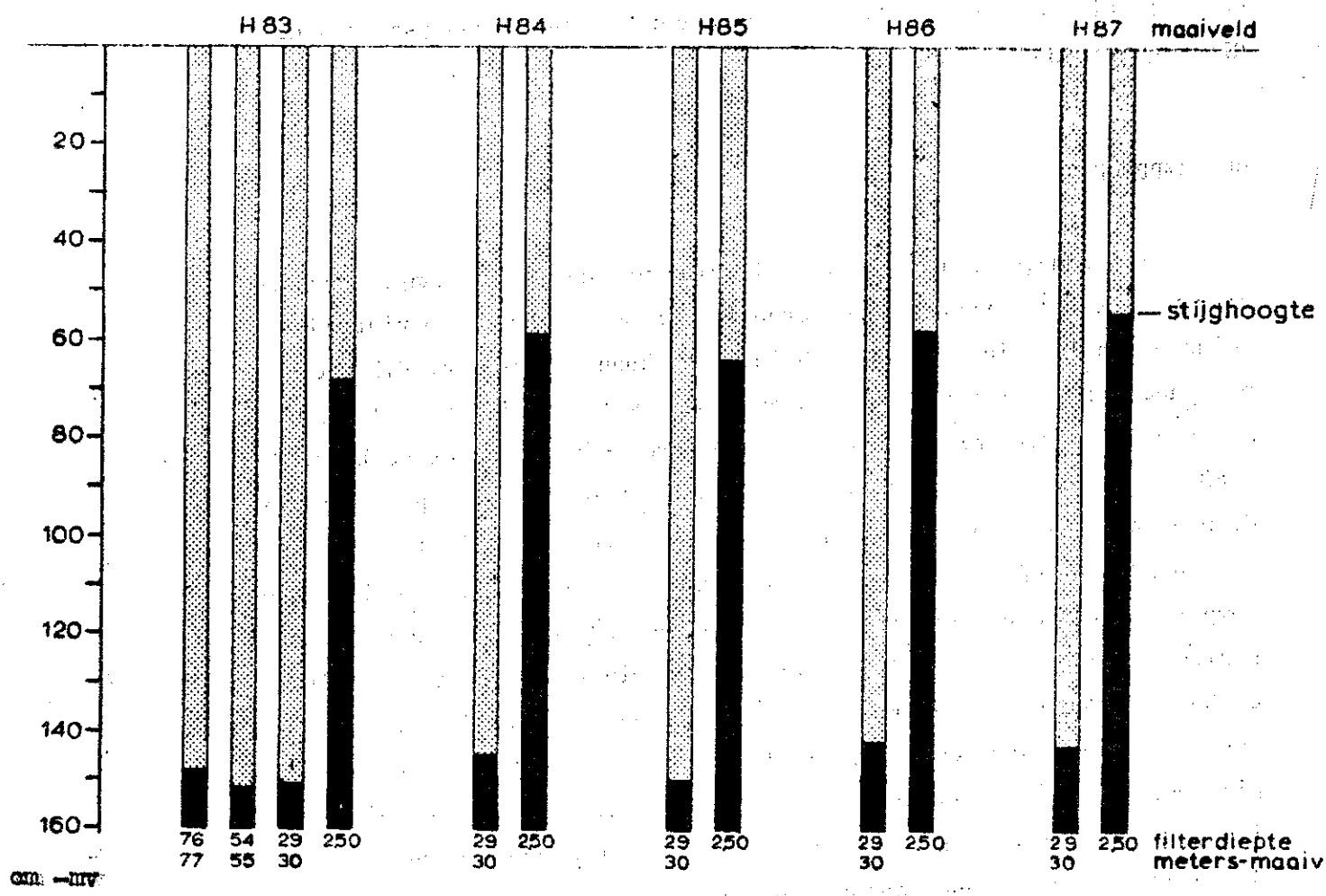
DE POMPPROEF

Zoals vermeld is in fig. 1 de ligging van de putten aangegeven. De situering in twee raaien werd gerealiseerd om eventuele doorlatendheidsverschillen in diverse richtingen te kunnen aantonen. Elk meetpunt heeft twee filters - een landbouwbuis met het filter op ± 2,50 meter en een waarnemingsfilter op ± 30 meter - terwijl het meetpunt H 83 bovendien nog een filter op ± 55 meter heeft en een op ± 77 meter diepte. Alle diepten zijn gerekend ten opzichte van maaiveld.

Op 23 september om 10.51 werd de pomp gestart; op 24/9 om 10.30 werd pomp afgezet. De capaciteit van de pomp was gedurende de gehele pompperiode constant op 30 m^3/uur. In de waarnemingsbuizen met een filter op 30 meter werd waargenomen met vlotters, behalve bij H 85 waar een automatisch registrerende level-follower werd gebruikt. In de andere piezometers werd gepeild met peilklokjes, de dieptes van de peilfilters is in fig. 2 aangegeven. Aan het begin van de pompproef werd elke 5 seconden waargenomen; naarmate de pompproef langer duurde werd het interval groter. De laatste waarneming had plaats vlak voor het beëindigen van het pompen. Daarna werd het 'terugkomen' van de grondwaterstand op dezelfde manier gevolgd (stopproef). De diameter van de pompput bedroeg 8½ cm inwendig.Het filter was geplaatst van 18 tot 38,40 m - maaiveld.

DE GRONDWATERSTANDEN

In fig. 4 zijn de grondwaterstanden op 23 september voor het begin van de pompproef naast elkaar weergegeven. Het blijkt dat bij alle meetpunten een peilverschil van ± 85 cm tussen het ondiepe en het diepe



figuur 4 Stijghoogte gemeten in de verschillende filters in cm - maaiveld

grondwater bestaat. De oorzaak moet gezocht worden in de sterke water-onttrekkingen die aan het bovenste watervoerend pakket plaatshebben (Amst. Drinkwaterleiding, Gas- en Watervoorzieningsbedrijf v.d. Bollenstreek, Drinkwatermaatschappij Noordwijk, Haarlemmermeer). Hoe groot die onttrekkingen waren kan moeilijk worden vastgesteld. Bij al deze onttrekkingen valt de onttrekking van de pompproef in het niet. Onttrekking door de tuinders is gezien het seizoen niet te verwachten.

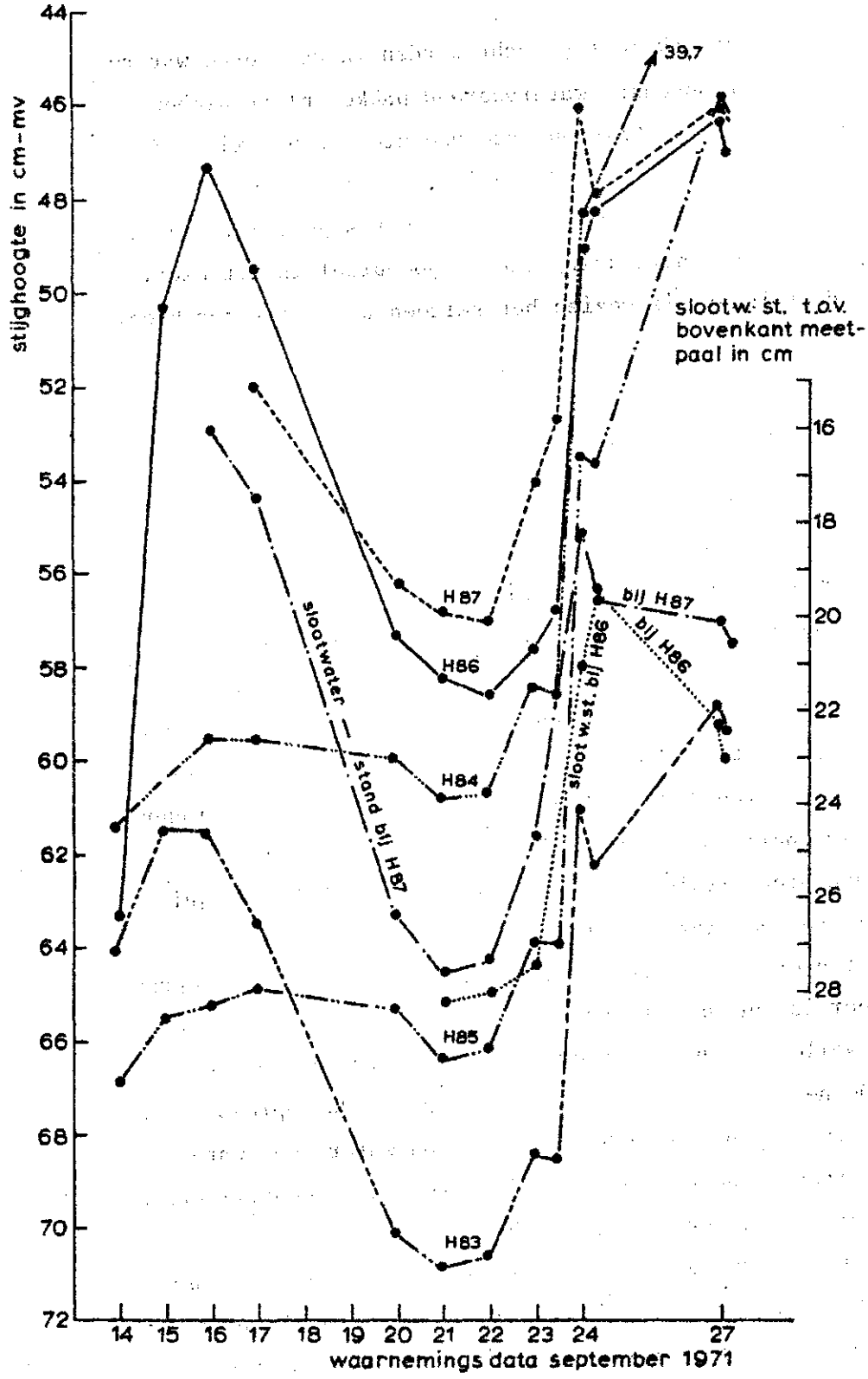
HET GEDRAG VAN HET FREATISCH WATER

In fig. 5 is het gedrag van de stand van het freatisch water en dat van het water in de sloot gegeven. Helaas zijn de meetpalen in de sloten niet gewaterpast. Desalniettemin zijn bij vergelijking van de slootwaterstand en de stand van het freatisch water verschillende feiten vast te stellen.

Men ziet dat de buizen H 83, H 86 en H 87 het slootpeil nauwkeurig volgen, hetgeen veroorzaakt wordt door de ligging vlak bij de sloot (zie fig. 1); de peilputten H 84 en H 85 ondergaan echter veel minder invloed van het slootpeil. De sterke stijgingen in deze buizen na 23 september kunnen niet uitsluitend verklaard worden uit de stijging van het slootpeil. De neerslag in het weekeinde volgend op de 23e september doet hier haar invloed gelden. In de nacht van 23 september op 24 september is het gaan regenen. Op 24 september om 9.00 uur was 11 mm neerslag gevallen en op 27 september werd om 9.00 uur nog eens 27 mm afgetapt. De neerslag die in de nacht van 23 op 24 september is gevallen kan geen invloed hebben gehad op het grondwater. Het water werd namelijk geborgen in de bovenste centimeters van de oppervlakte. Daaronder was de grond even droog als voorheen.

Het slootpeil heeft van het pompen invloed ondergaan. Hoewel het slootgedeelte waar het water werd geloosd zoals gebruikelijk was afgedamd, steeg het peil doordat er geen afwatering van het afgedamde slootgedeelte was. Tijdens het pompen is de sloot bij H 86 $\pm$ 7½ cm gestegen, bij H 87 9½ cm. Na het beëindigen van het pompen is de sloot bij H 87 1½ cm gestegen om daarna constant te blijven, die bij H 86 is 4 cm gezakt.

Het beloop van het freatisch water tijdens de pompproef is gegeven in tabel I.



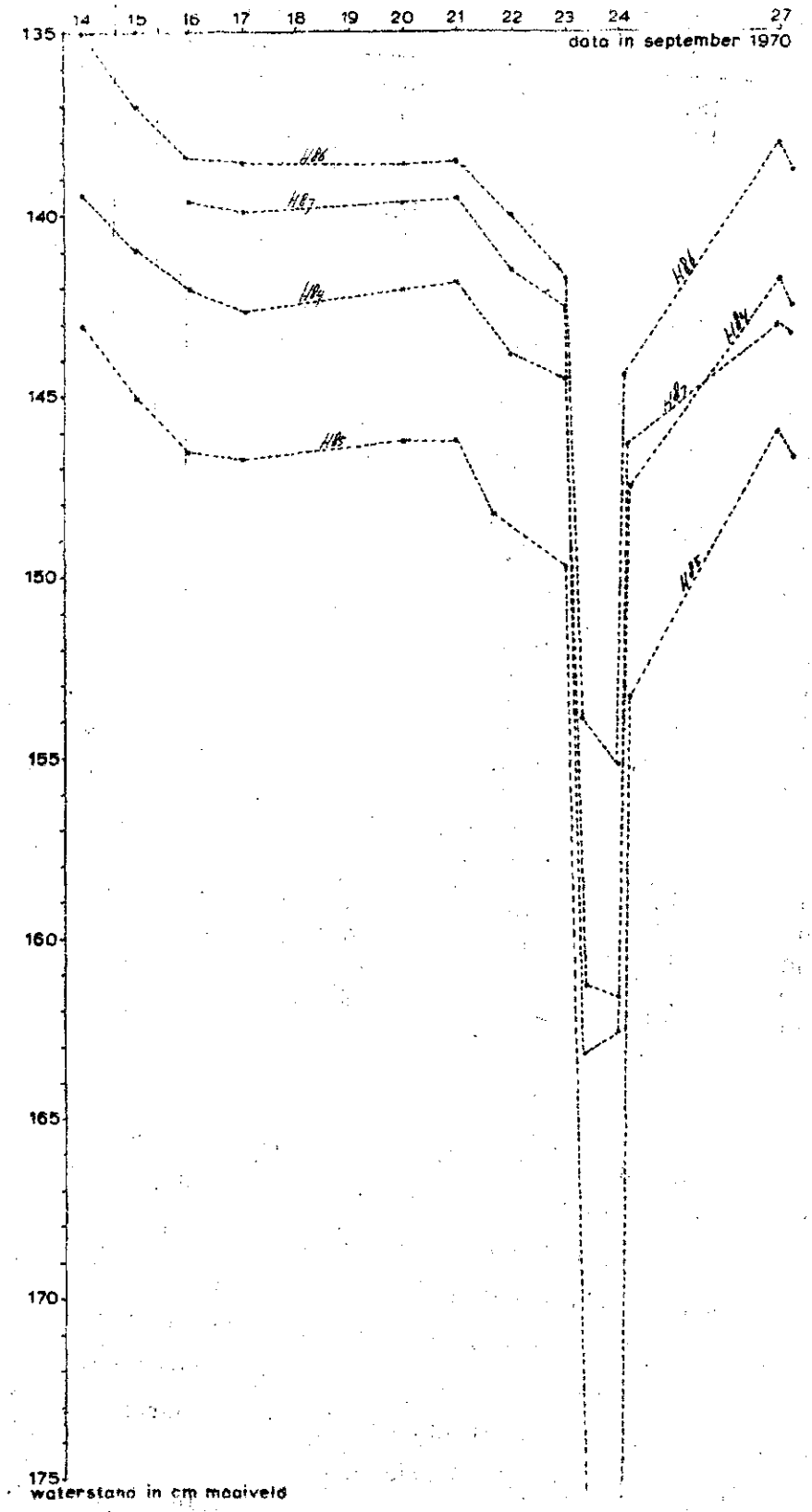
figuur 5 Het verloop van de stijghoogte van het freatisch water op de verschillende meetpunten in samenhang met het slootpeil

Tabel I. Het beloop van de waterstand in de ondiepe waarnemingsfilters tijdens de pompproef

Waarnemingspunt	Gepeilde waterstand in cm t.o.v. de bovenkant v/d buis					
	H 83	H 84	H 85	H 86	H 87	H 88
0 sec	117,2	91,1	118,7	103,9	116,9	103,5
3 min -			118,7			
3 min 35 sec				103,7		
4 min -		92,6				
5 min 30 sec		92,4		104,0	116,9	
6 min 30 sec				104,0		
7 min 30 sec	116,6	93,1				
9 min -		94,5	118,5			
10 min -		95,0		104,0		
12 min -		97,0				
14 min -		96,0		104,0		
17 min -	116,6	95,6	118,6	104,0		
21 min -		93,6		104,0	117,1	
25 min -	116,5	91,2	118,5	104,0		
30 min -		91,3	118,5	104,0		
36 min -	116,5	91,1		104,0		
42 min -		91,1	118,5	104,0		
55 min -		91,9	118,5	103,8		
65 min -	116,5	91,3		103,6	116,7	103,3
75 min -	116,6	91,1		103,5		
90 min -	116,7	91,4	118,3	103,7	116,5	
100 min -	116,7	91,4		103,4		
120 min -	116,7	91,7	118,5	103,3	116,5	103,1
140 min -	116,7	91,1	118,5	103,3	116,5	
170 min -	116,7	91,1	118,5	104,0	116,5	
180 min -					116,5	103,0
210 min -	116,7	91,4	118,3	103,0	116,5	
240 min -	116,7	91,0	118,2	103,0	116,1	103,0
300 min -	116,7	90,9	118,0	102,7	116,1	102,9
540 min -	116,5	90,6	117,9	102,5	115,7	
1320 min -	109,9	81,5	109,5	95,5	109,0	94,5

Het is te zien dat er weinig variaties in de grondwaterstanden optreden. Een uitzondering vormt het beeld van H 84. Hier zien we dat aanvankelijk een daling van enkele centimeters werd gemeten terwijl na verloop van tijd weer een grondwaterstandsstijging optreedt. De oorzaak kan tweeërlei zijn: of de afdichting van de diepe buis was aanvankelijk niet goed, welk euvel zich onder invloed van het toestromende water herstelde, of er is sprake van een waarnemingsfout. Uiteindelijk gedragen de waarnemingen in deze piezometer zich als de andere.

De invloed van de stijging van de slootwaterstand is in alle buizen waarneembaar.



figuur 6a De stijghoogte van het diepe water in de peilbuizen H 84, 85, 86 en H 87

HET BELOOP VAN HET DIEPE WATER

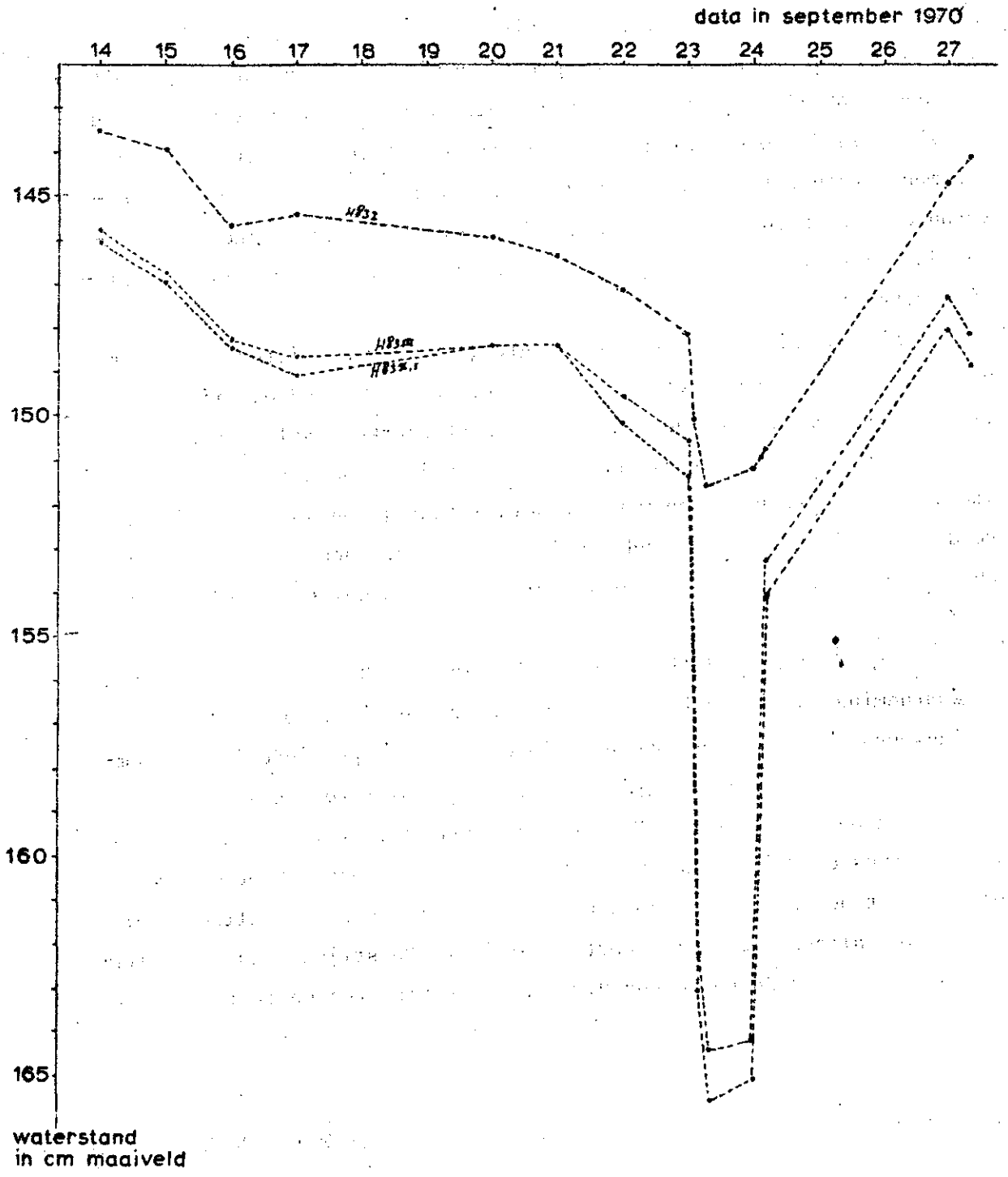
In de fig. 6a en 6b zijn de gepeilde waterstanden van het diepe grondwater gegeven. Het blijkt dat in de periode voorafgaande aan de pompproef reeds peildalingen hadden plaatsgehad, waarschijnlijk als gevolg van onttrekkingen in de omgeving. Het is derhalve moeilijk de verlaging veroorzaakt door de pompproef vast te stellen. Nu blijkt uit de curve voor 21-23 september dat de waterstand weer een evenwicht zou bereiken als de pompproef niet had plaatsgehad. Er moet derhalve aangenomen worden dat na het begin van het pompen geen grote waterstandsveranderingen zouden hebben plaatsgehad. Overigens moet opgemerkt worden dat de verlagingen als gevolg van de pompproef de dagelijkse variaties verre overtreffen.

In fig. 6b zijn de tijd-stijghoogtelijnen van de filters van meetpunt H 83 weergegeven. Het blijkt dat het peil in het diepe filter tijdens de pompproef enige - weliswaar niet sterke - daling ondergaat. De beide andere piezometers vertonen een vrijwel identiek beeld. Het kan derhalve worden aangenomen dat het kleilaagje op 43 meter - maaiveld weinig invloed op de hydrologische processen heeft, hoewel uit de chloride-cijfers blijkt dat deze invloed niet geheel te verwaarlozen is (fig. 3).

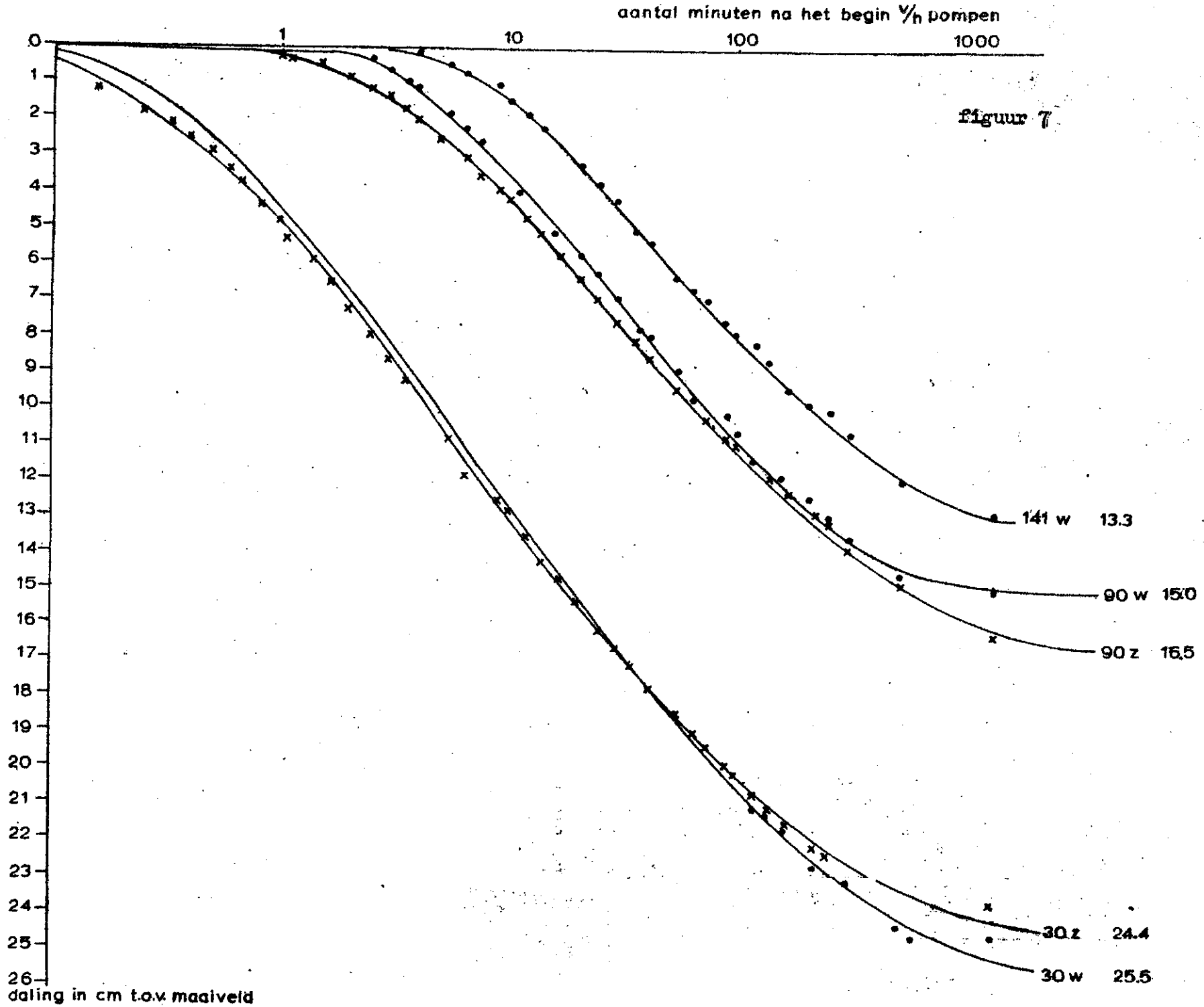
In fig. 7 zijn de dalingscurven weergegeven. De nauwkeurigheid van de waarnemingen laten weinig te wensen over: het is goed mogelijk de dalingscurven te trekken. Aan het einde van de pompperiode is bij sommige buizen een geringe stijging gemeten ten opzichte van de laatste waarneming op 23 september. Externe oorzaken spelen hier duidelijk een rol. Ondanks deze invloeden was het mogelijk het verloop tot de evenwichtstoestand te extrapoleren. Overigens moet men zich realiseren dat fig. 7 de dalingen op ware grootte weergeeft. De stijging na 23 september 19.30 uur tot 24 september 9.00 uur is gering ten opzichte van de totale daling.

DE BEREKENING VAN DE DOORLATENDHEID VAN HET BOVENSTE WATERVOEREND PAKKET

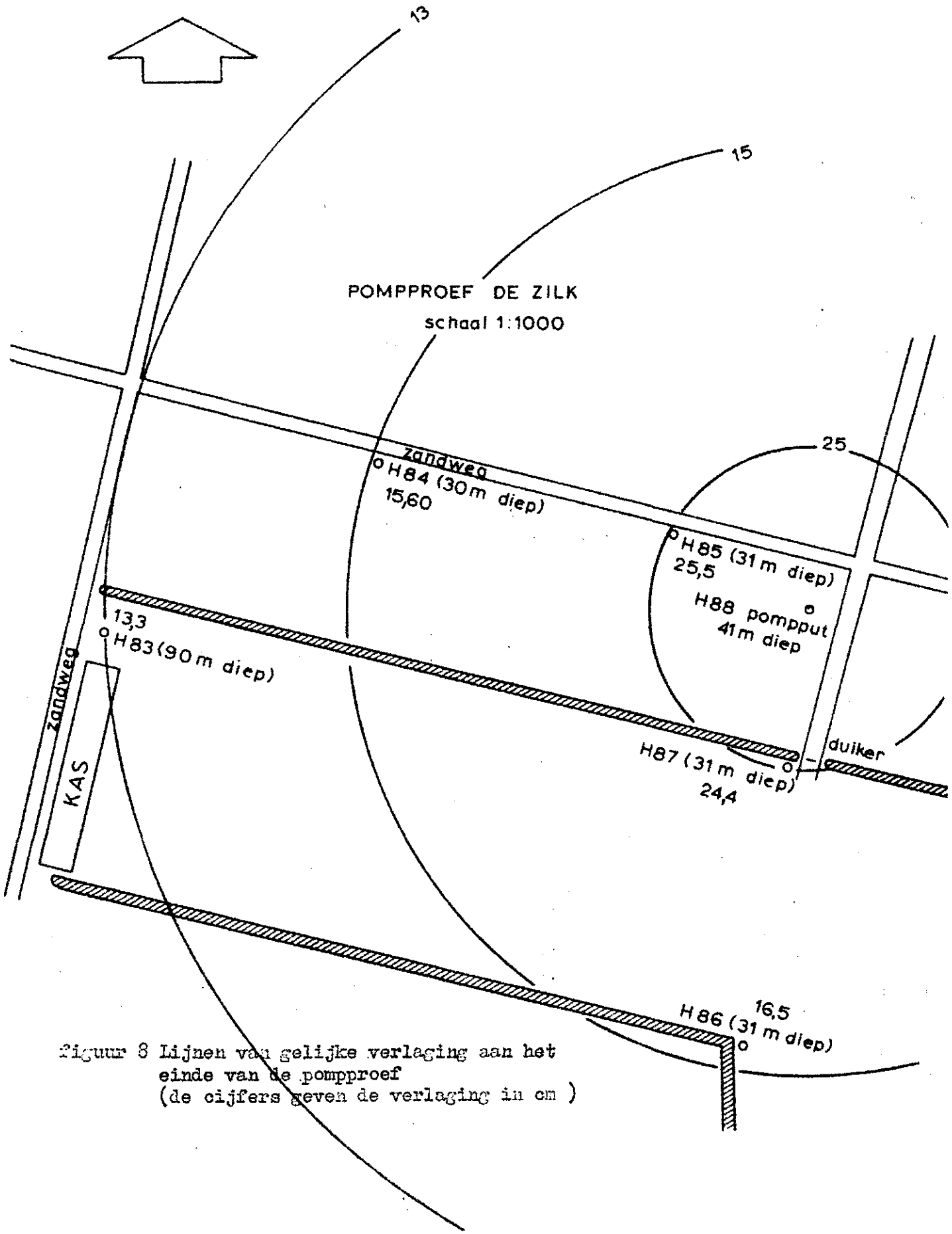
Het is op het ICW gebruikelijk dat van een diepboring een berekening van de doorlatendheid van de watervoerende laag (lagen) te maken uit de boorgegevens. De methode wordt beschreven in literatuur 5. De methode van berekenen is gebaseerd op de relatie die bestaat tussen het U-cijfer van de zandfractie



figuur 6 De stijghoogte in de drie waarnemingsfilters van waarnemingspunt H 83


aantal minuten na het begin v/h pompen
1
10
100
1000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
daling in cm t.o.v. maaiveld
141 w 13.3
90 w 15.0
90 z 16.5
30 z 24.4
30 w 25.5

figuur 7



Figuur 8 Lijnen van gelijke verlaging aan het einde van de pompproef
(de cijfers geven de verlaging in cm)

en de doorlaatfactor (k). In bijlage I vindt men de boorbeschrijving van H 83 met de geschatte numerieke gegevens. Men ziet dat het doorlatend vermogen wordt berekend op 1700 m^2/dag.

In fig. 8 is de afpompingskegel afgebeeld, gebaseerd op de verlagingen, weergegeven in fig. 7. De lijnen van gelijke verlaging zijn ten naaste bij cirkels. Een vereenvoudiging van deze lijnen tot cirkels moet verantwoord worden geacht. Worden de waargenomen verlagingen tegen de afstanden tussen de waarnemingspunten op half-logarithmisch papier afgezet dan ziet men dat het niet mogelijk is door de punten een rechte lijn te trekken. Er is derhalve geen logarithmisch verband tussen de diverse verlagingen en de afstand van de putten tot de pompput dat wil zeggen het watervoerend pakket heeft een niet geringe voeding gehad. Dit laatste verbaast ons in zoverre al niet dat wij waargenomen hebben dat er voeding is uit het diepe water. Later in deze nota zullen we ook zien dat er voeding is uit het freatisch water.

Toepassing van de formule van Thiem is derhalve niet juist. In een geval als dit zou de methode van Huisman-Kemperman (Lit. 3) moeten worden toegepast. Hiervoor moeten we echter beschikken over waarnemingen onder de Kedichem-klei bij elk meetpunt. We passen derhalve de methode van De Glee toe (lit. 3) wat als bezwaar heeft dat er één waarde voor de weerstand (c-waarde) van beide scheidende lagen gevonden wordt. Het verband tussen deze c-waarde en die van respectievelijk het afdekkend pakket (c_1) en het scheidend pakket aan de onderzijde (c_2) wordt gegeven door de formule

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} \qquad (1)$$

Bij de formule van De Glee wordt vaak gebruik gemaakt van een standaardcurve (lit. 3 pg. 72). De formule die gebruikt wordt luidt:

$$S_m = \frac{Q}{2\pi kD} K_o\left(\frac{r}{\lambda}\right) \qquad (2)$$

S_m = maximale verlaging in meters in een waterstandsbuis in het watervoerend pakket waaruit gepompt wordt op een afstand r van de pompput

Q = het debiet van de pomp in m^3/dag

kD = doorlatend vermogen van de watervoerende laag in m^2/dag

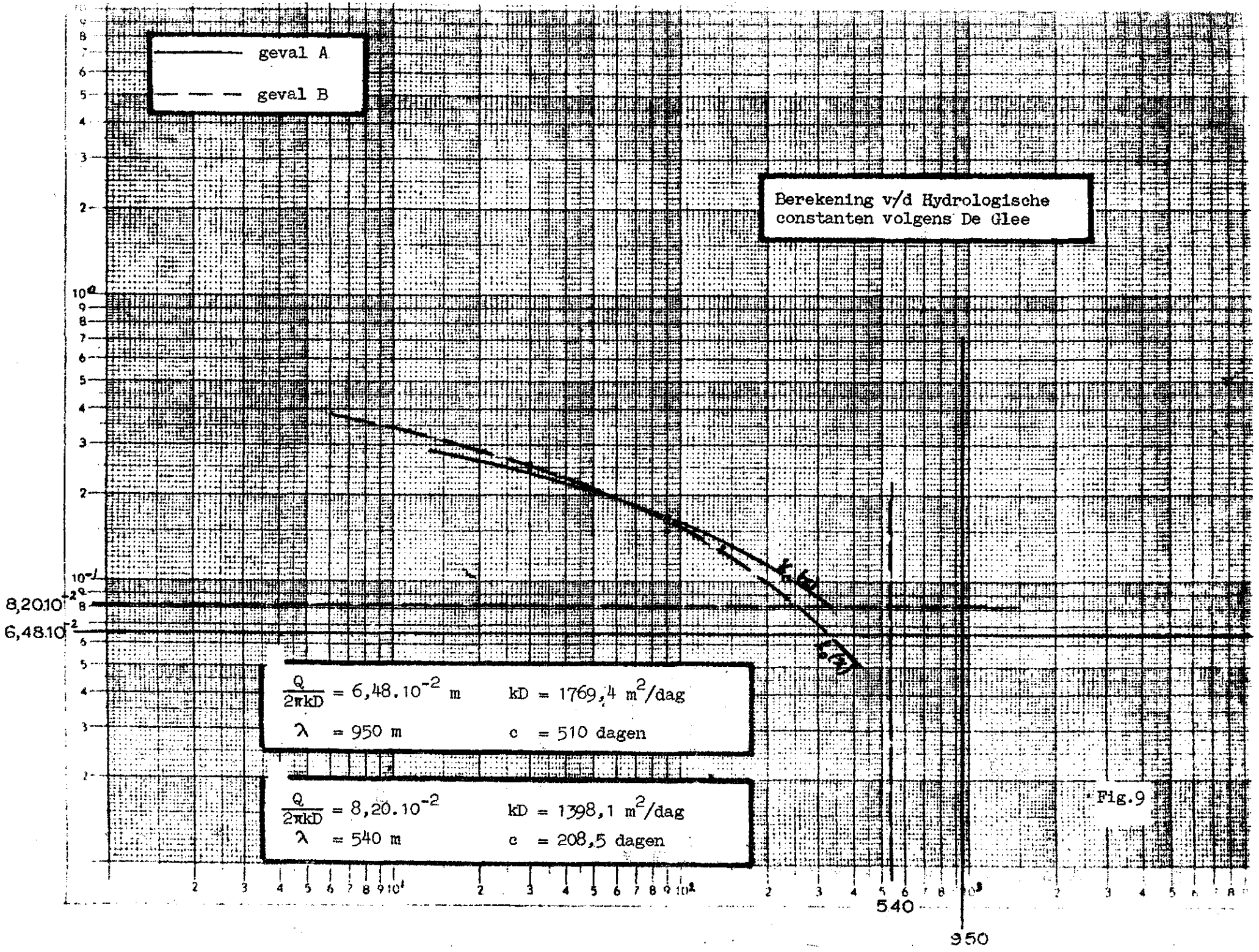

geval A
geval B
Berekening v/d Hydrologische constanten volgens De Glee
8,20.10-2
6,48.10-2
Q/2πkD = 6,48.10-2 m
kD = 1769,4 m2/dag
λ = 950 m
c = 510 dagen
Q/2πkD = 8,20.10-2
kD = 1398,1 m2/dag
λ = 540 m
c = 208,5 dagen
540
950

Fig.9

$K_o(x)$ = Besselfunctie van de tweede soort van de orde nul

λ = spreidingslengte = $\sqrt{kD.c}$

c = weerstand van de afsluitende laag (lagen)

P r o c e d u r e:

1. Zet op dubbellogarithmisch papier de waarden van de Besselfunctie $K_o(x)$ op de y-as of tegen x op de x-as.
2. Zet op een ander vel dubbellogarithmisch papier (met dezelfde schaal) de afstanden tussen de pompput en de peilputten (x-as) tegen de corresponderende verlagingen af.
3. Probeer de standaardcurve op de afgezette punten te passen zodanig dat de beide assenstelsels evenwijdig aan elkaar liggen.
4. Teken de snijpunten van de beide assen van de pascurve op de assen van de uitgezette waarnemingen. Op de verticale as kunnen we dan de waarde voor $\frac{Q}{2\pi kD}$ meten (waaruit de kD-waarde kan worden berekend) en op de horizontale as de waarde voor λ (waaruit de c-waarde kan worden berekend).

Doen we dit (zie fig. 9) dan berekenen we de volgende waarden:

$$kD = 1750 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = 510 \text{ dagen}$$

Het is te zien dat het zeer moeilijk is alle punten precies op de standaardkromme te krijgen. In het onderhavige geval is het mogelijk minstens twee aanvaardbare oplossingen te geven. Een kleine verschuiving van de pascurve heeft grote consequenties voor de berekende waarde, vooral de c-waarde. Dit is gedaan en dan berekent men de waarden:

$$kD = 1400 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = 210 \text{ dagen}$$

Hoewel de kD ook verandert, ziet men een sterke verandering van de c-waarde. Om uit de impasse te geraken zijn een aantal kD-waarden met verschillende c-waarden doorgerekend. Het resultaat vindt men in tabel 2.

Tabel II, berekening van de grondwaterstands-dalingen op verschillende afstanden van de pompput

kD-waarde	c-waarde	667 dagen	1000 dagen	1500 dagen	
800 m^2/dag	ϕ_1	0,4705 m	0,5045 m	0,5342 m	
	ϕ_2	0,3184 m	0,3468 m	0,3756 m	ϕ_1 is de piezometer op 30 m van de pompproef
	ϕ_3	0,2560 m	0,2839 m	0,3122 m	
					ϕ_2 idem op 90 m
1200 m^2/dag	ϕ_1	0,3363 m	0,3516 m	0,3756 m	ϕ_3 idem op 141 m
	ϕ_2	0,2312 m	0,2504 m	0,2697 m	
	ϕ_3	0,1893 m	0,2081 m	0,2272 m	Werkelijke verlagingen
					ϕ_1 24,4 m en 25,5 m
1500 m^2/dag	ϕ_1	0,2374 m	0,2504 m	0,2641 m	ϕ_2 16,5 m en 15,0 m
	ϕ_2	0,1670 m	0,1798 m	0,1927 m	ϕ_3 13,3 m
	ϕ_3	0,1388 m	0,1515 m	0,1642 m	

Berekent men de waarden voor kD is 1770 m^2/dag en c = 510 dagen dan krijgt men:

ϕ_1 = 0,2311 m

ϕ_2 = 0,1601 m

ϕ_3 = 0,1323 m

en kD = 1400 m^2/dag en c = 210 dagen

ϕ_1 = 0,2472 m

ϕ_2 = 0,1911 m

ϕ_3 = 0,1232

en tenslotte kD = 1550 en c = 350 dagen

ϕ_1 = 0,2456 m

ϕ_2 = 0,1664 m

ϕ_3 = 0,1324 m

Deze laatste waarden benaderen het best de waarnemingen. Bij de verdere berekeningen worden derhalve de volgende waarden aangehouden:

$$kD = 1550\ m^2/dag$$

$$c = 350\ dagen$$

De c-waarde van de afsluitende lagen

Waar tot nog toe voornamelijk over is gesproken is de totale c-waarde, samengesteld uit de c-waarden van de afdekkende laag (c_1) en de scheidende laag (c_2) waarvan het verband in formule (1) is gegeven. Als twee waarden bekend zijn kan de derde worden berekend.

Berekening van c_1

We kunnen hierbij gebruik maken van een methode analoog aan die door Mazure werd gebruikt in de Wieringermeer. In fig. 10 is de situatie schematisch weergegeven. Bij de sloot en verder van de sloot zijn waterstandsbuizen geplaatst op 30 m diepte en bij het maaiveld. De in de figuur vermeldde symbolen zijn:

q = de hoeveelheid water die uit de sloot landinwaarts stroomt

$\lambda = \sqrt{kD.c}$ = spreidingslengte

kD = het doorlatend vermogen boven de afdekkende laag van het watervoerend pakket (133 m^2/dag)

c = weerstand van de afdekkende laag van het watervoerend pakket

ϕ_1 = stijghoogte van het ondiepe water bij de sloot

ϕ_1' = stijghoogte van het diepe water bij de sloot

ϕ_2 = stijghoogte van het ondiepe water landinwaarts

ϕ_2' = stijghoogte van het diepe water landinwaarts

x = afstand tussen beide peilbuizen

$$\phi_1' = \phi_2'$$

$$\left|\phi_1 - \phi_1'\right| = h_1$$

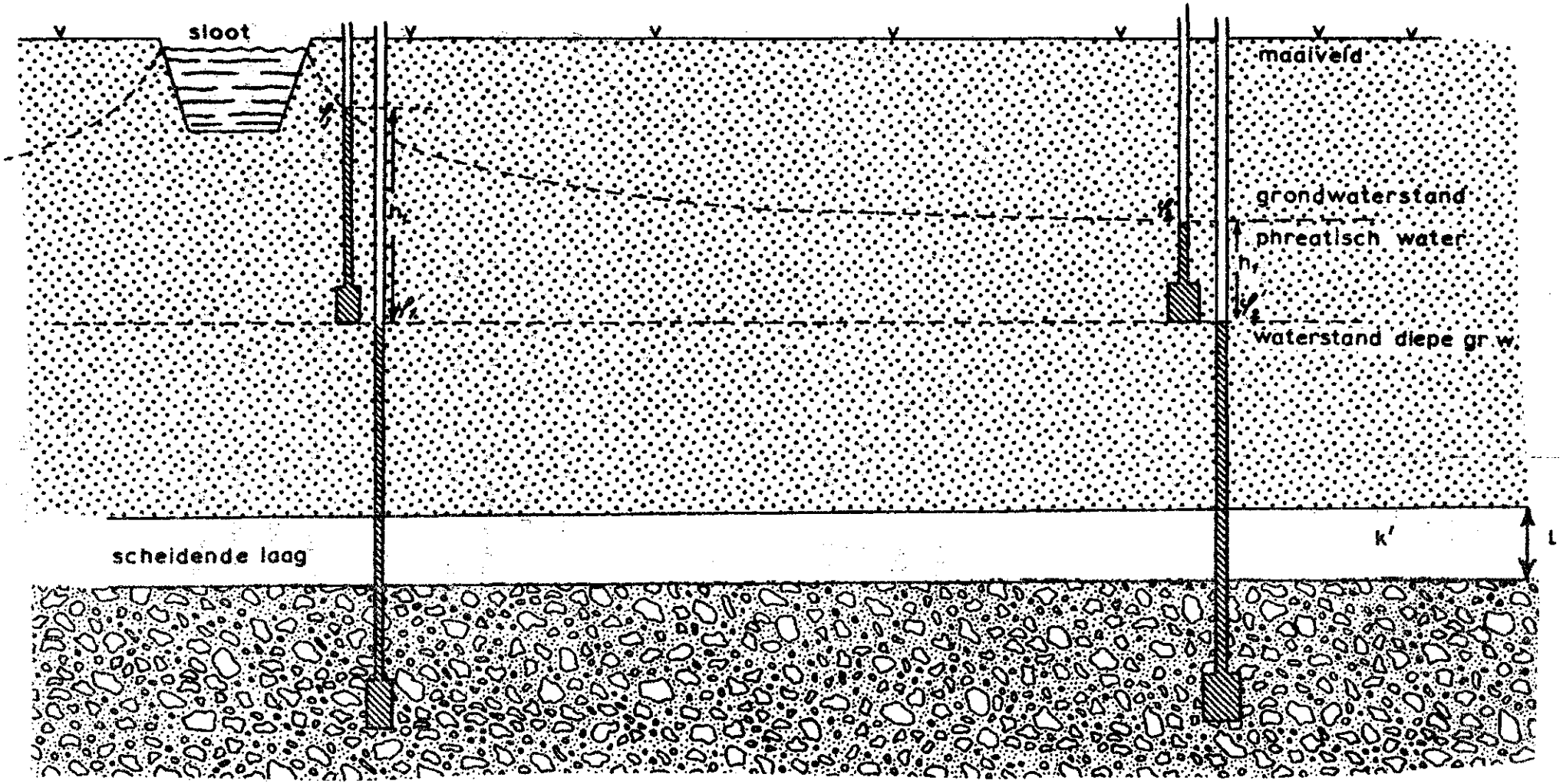
$$\left|\phi_2 - \phi_2'\right| = h_2$$

$$q = kD \frac{dh}{dx} \quad (q = \text{stroomsterkte per strekkende meter}) \qquad (3)$$

$$v_z = \frac{h}{c} \qquad (4)$$

$$v_z = \frac{dq}{dx}$$

$$= - kD \frac{d^2}{dx^2} \qquad (5)$$



figuur 10. Berekening van de c-waarde van de scheidende laag m.b.v. de methode Mazure.

$$- kD \frac{d^2h}{dx^2} + \frac{h}{c} = 0 \qquad (5)$$

$$- kDc \frac{d^2h}{dx^2} + h = 0 \qquad (6)$$

De algemene oplossing voor deze differentiaalvergelijking luidt

$$h = A_1 e^{x/\lambda} + A_2 e^{- x/\lambda}$$

A_1 en A_2 zijn integratieconstanten.
Een van de twee oplossing vervalt omdat voor grote x (voor $x \to \infty$) er geen zeer grote (oneindige) h gevonden mag worden.

$$h_1 = A_2 e^{- 0/\lambda}$$

$$h_2 = A_2 e^{- x/\lambda}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = e^{x/\lambda}$$

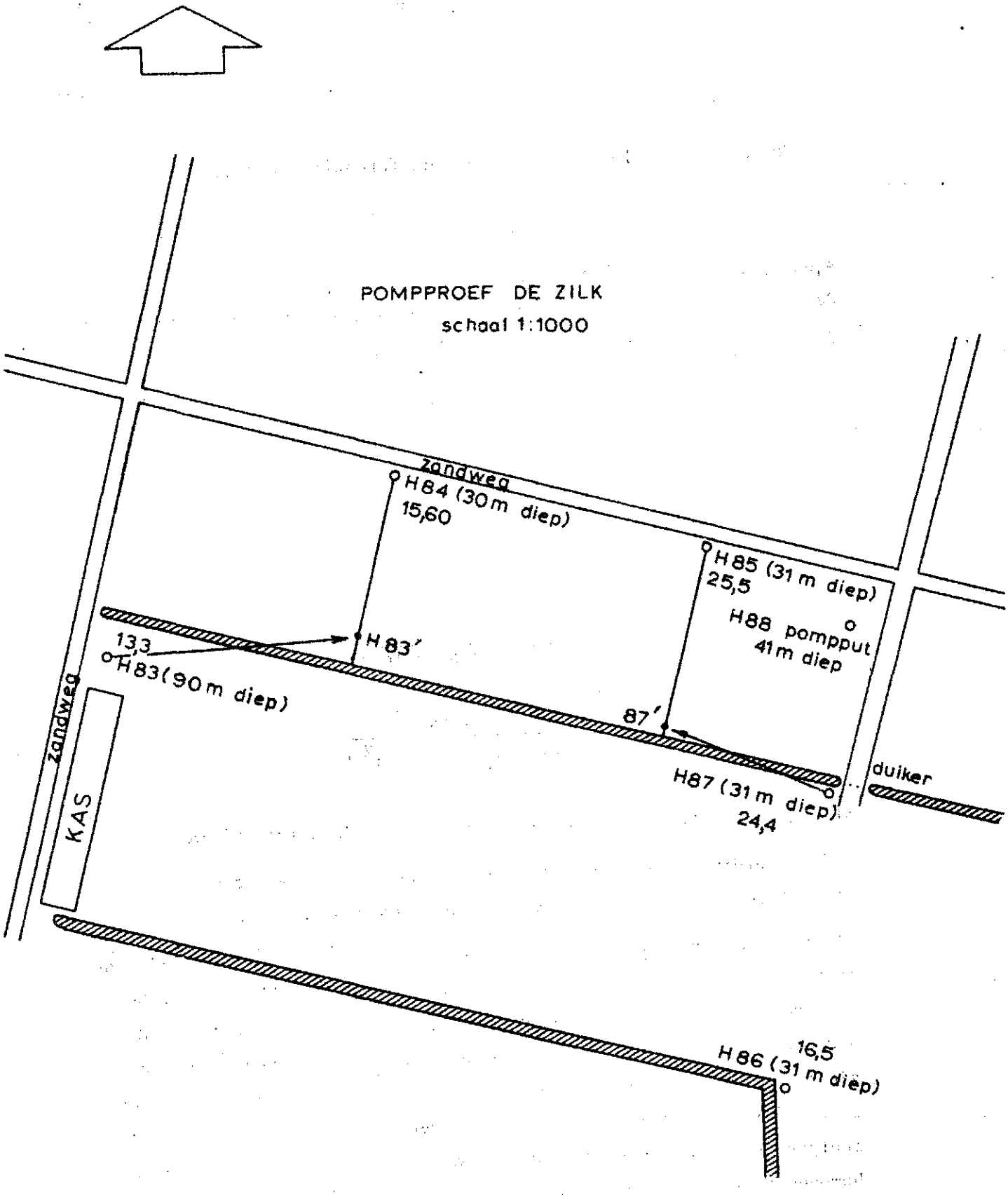
$$\sqrt{kD.c} = \frac{x}{\ln h_1 - \ln h_2}$$

$$c = \frac{0,1886\ x^2}{(\log h_1 - \log h_2)^2\ kD}$$

kD was uit de boorgegevens berekend op 133 m^2/dag (zie bijlage I)

De verdamping is verwaarloosbaar omdat er geen gewas op het land stond terwijl de grondwaterstand diep beneden maaiveld was.

Voor het vaststellen van de h_1 en h_2 moeten we eerst fig. 11 nader in beschouwing nemen. Men moet de waterstand dicht bij de sloot hebben en verder van de sloot af. Voor de laatste zijn de meetpunten H 84 en H 85 beschikbaar. Er wordt daarom een lijn vanuit deze punten naar de sloot getrokken. Op deze lijnen zet men afstanden van de sloot naar respectievelijk 83 en 87. De waterstanden in deze projecties van de meetpunten wordt gelijk verondersteld met de oorspronkelijke (de grote homogeniteit van de ondergrond maakt dit verantwoord).
Er worden nu dus de berekeningen voor twee paren van meetpunten, namelijk H 85 en H87' en H 85 en H83', uitgevoerd.



figuur 11. Projektie van de waarnemingspunten H83 en H87 op de loodlijnen van resp. H84 en H85 op de sloot.

H 85 en H 87' $h_1 = 0{,}879$ m

$h_2 = 0{,}815$ m

$x = 34{,}6$ m

$c = 1575{,}1$ dagen

H 84 en H 83' $h_1 = 0{,}852$ m

$h_2 = 0{,}831$ m

$c = 1038{,}9$ dagen

Gemiddeld kan nu een c-waarde worden aangehouden van 1300 dagen. Brengt men deze waarde in (2) dan krijgt men:

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}$$

$$c_2 = \frac{c_1\, c}{c_1 - c}$$

$$= \frac{350 \cdot 1300}{1300 - 350} = 478{,}9 \approx 480 \text{ dagen}$$

DE GEVOLGEN VAN DE WATERONTTREKKING IN DE ZILKER POLDER VOOR DE GRONDWATERSTAND VAN HET WATERVOEREND PAKKET

Op fig. 1 is de ligging van de drinkwaterputten aangegeven. Het zijn 14 putten met een maximale pompcapaciteit van 10 m^3/uur elk, dus 140 m^3/uur totaal of 3360 m^3/dag.

Voor het samenstellen van de verlagingskaart passen we de volgende simplificaties toe:

1. de toestroming naar de puttenreeks is van alle zijden gelijk;
2. de c-waarde van het afdekkend pakket is in het gehele gebied homogeen. De verlagingen worden berekend voor een c-waarde van 500 en een van 1000 dagen, hetgeen overeenkomt met een λ van respectievelijk 737 m en 622 m;
3. het aantal putten wordt teruggebracht tot 13 stuks met een evenredige toename van de opbrengst, dit om rekentechnische redenen;
4. Er wordt over het bestudeerde gebied een assenstelsel gebracht zodanig dat de x-as samenvalt met de puttenreeks en de y-as loodrecht daarop. De oorsprong valt dan samen met het midden van de puttenreeks;

5. de verlagingen worden uitgerekend voor een aantal punten aangegeven in de fig. 12 en volgend. Op grond van deze berekeningen worden lijnen van gelijke verlaging geconstrueerd.

Een en ander is doorgerekend van de waarden voor λ van 620 en 740 meter en onttrekkingen van 130 en 260 m^3/dag. De gebruikte formule luidt (litt. 2 pg 113):

$$\phi(x_1\ y) = \frac{Q}{2\pi kD}\left[K_o(\frac{r_1}{\lambda}) + K_o(\frac{r_2}{\lambda}) + \ldots\ldots K_o(\frac{r_{13}}{\lambda})\right] \qquad (9)$$

waarin x en y de coördinaten van het betreffende punt zijn en r_1, r_2, r_3 ..... en r_{13} de afstanden tussen het punt(x, y) en elk van de 13 putten voorstelt.

Het resultaat is neergelegd in de kaartjes 12a tot en met d. Men ziet dat de verlagingen in het diepe grondwater gering zijn. Zelfs dicht bij de puttenreeks is sprake van een verlaging van slechts 40 cm in het ongunstigste geval (Q = 260 m^3/dag, λ = 740 m).

Volgens de vergunning mag maximaal 10 000 m^3/dag onttrokken worden dat wil zeggen $\pm$ 700 m^3/dag voor elke put. De gehele toegestane onttrekking van 2 000 000 m^3 mag in 10 maanden worden onttrokken. Fig. 13 geeft de verlaging voor een dergelijke onttrekking bij een λ van 740 m, zeer ongunstig dus. Globaal gezien zijn de verlagingen 5 x zo groot als die welke in de fig. 12b zijn afgebeeld. Dit betekent dat in een deel van het gebied in het diepe grondwater een aanzienlijke verlaging wordt bereikt. Een feit is echter dat de maximale capaciteit van de putten op het ogenblik 10 m^3/uur bedraagt dat wil zeggen 240 m^3/dag.

DE INVLOED VAN DE VERLAGINGEN VAN HET DIEPE GRONDWATER OP HET GEDRAG VAN HET ONDIEPE WATER

In de fig. 14a en b is de vergroting van het waterverlies in mm/dag gegeven voor een c-waarde van de afdekkende laag van respectievelijk 500 en 1000 dagen bij een onttrekking van 260 m^3/dag voor elke put.

Er wordt gebruik gemaakt van formule (4):

$$V_z = \frac{\Delta h}{c}$$

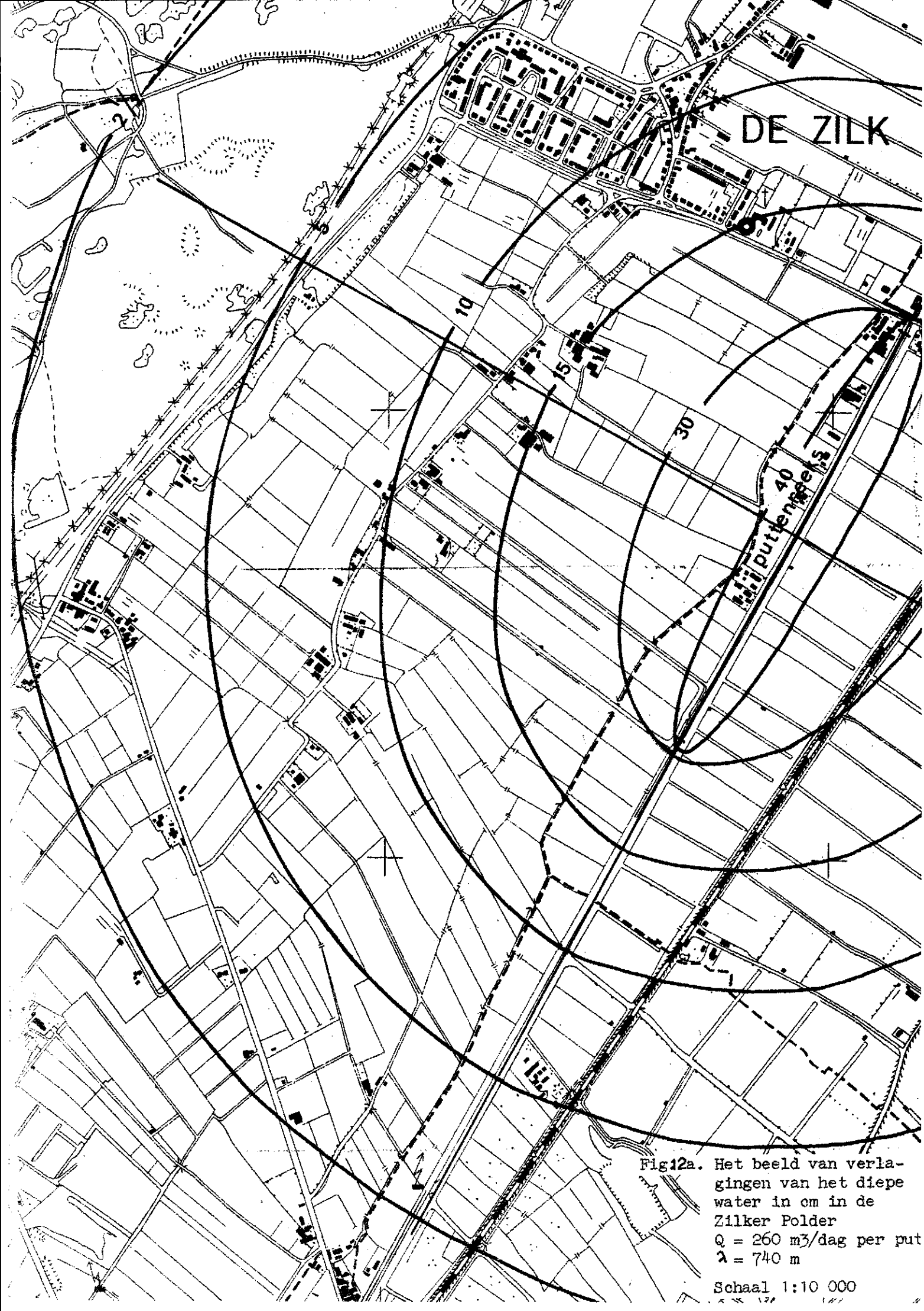


Fig 12a. Het beeld van verlagingen van het diepe water in cm in de Zilker Polder
Q = 260 m3/dag per put
λ = 740 m

Schaal 1:10 000

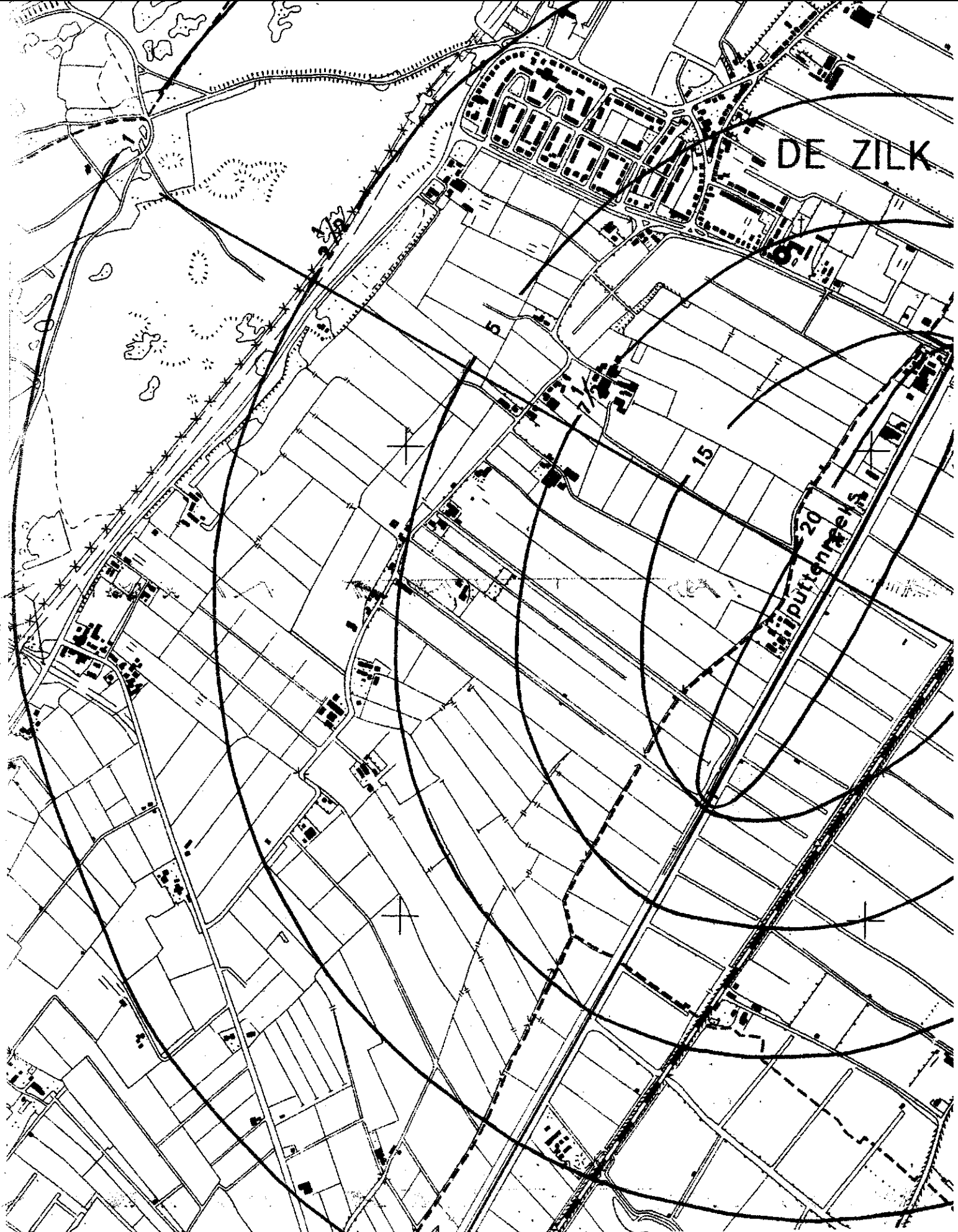


Fig.12b. Het beeld van verlagingen van het diepe water in cm in de Zilker Polder
Q_s = 130 m3/dag per p
λ = 740 m
Schaal 1:10.000

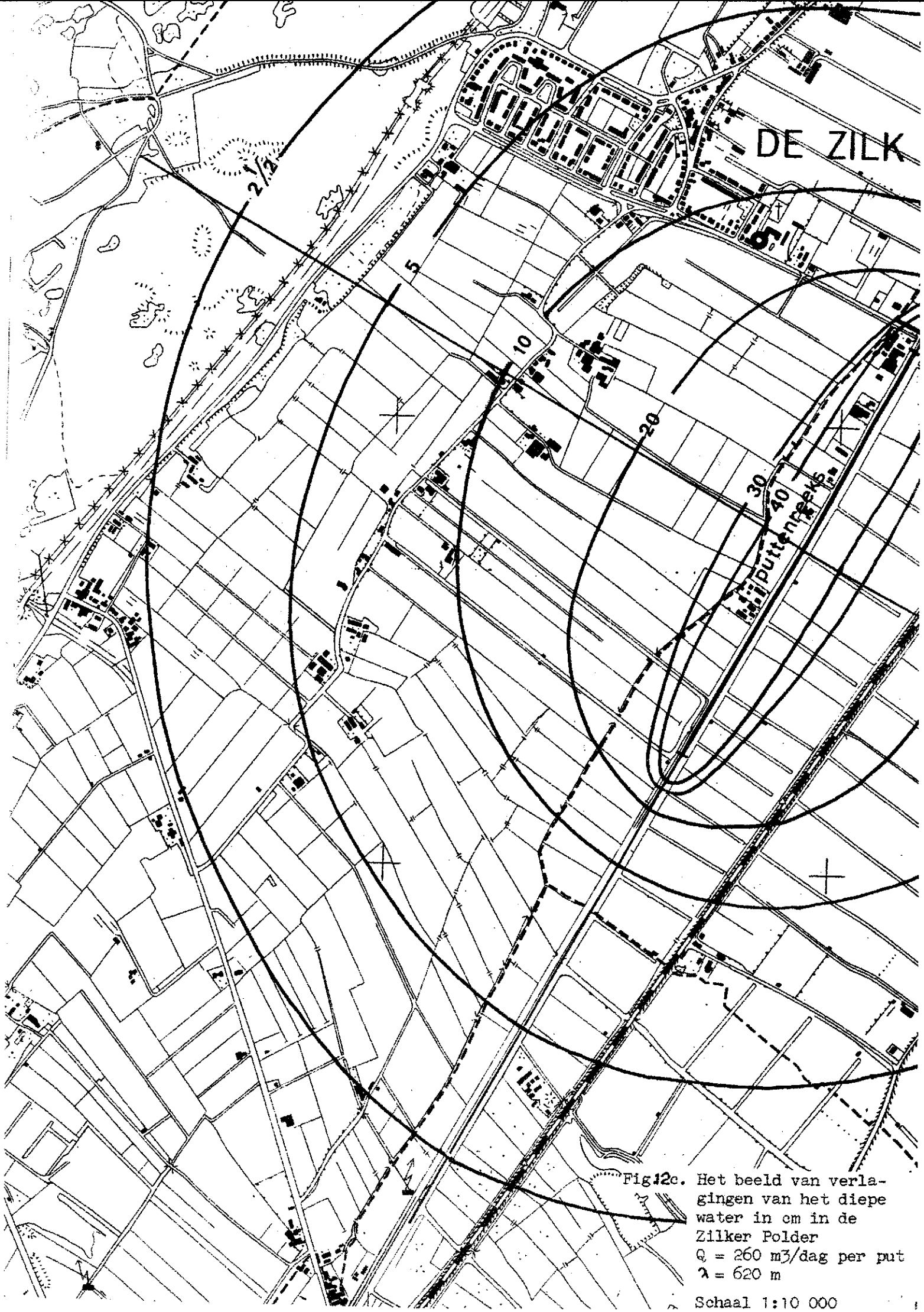


Fig 12c. Het beeld van verlagingen van het diepe water in cm in de Zilker Polder
Q = 260 m3/dag per put
λ = 620 m

Schaal 1:10 000

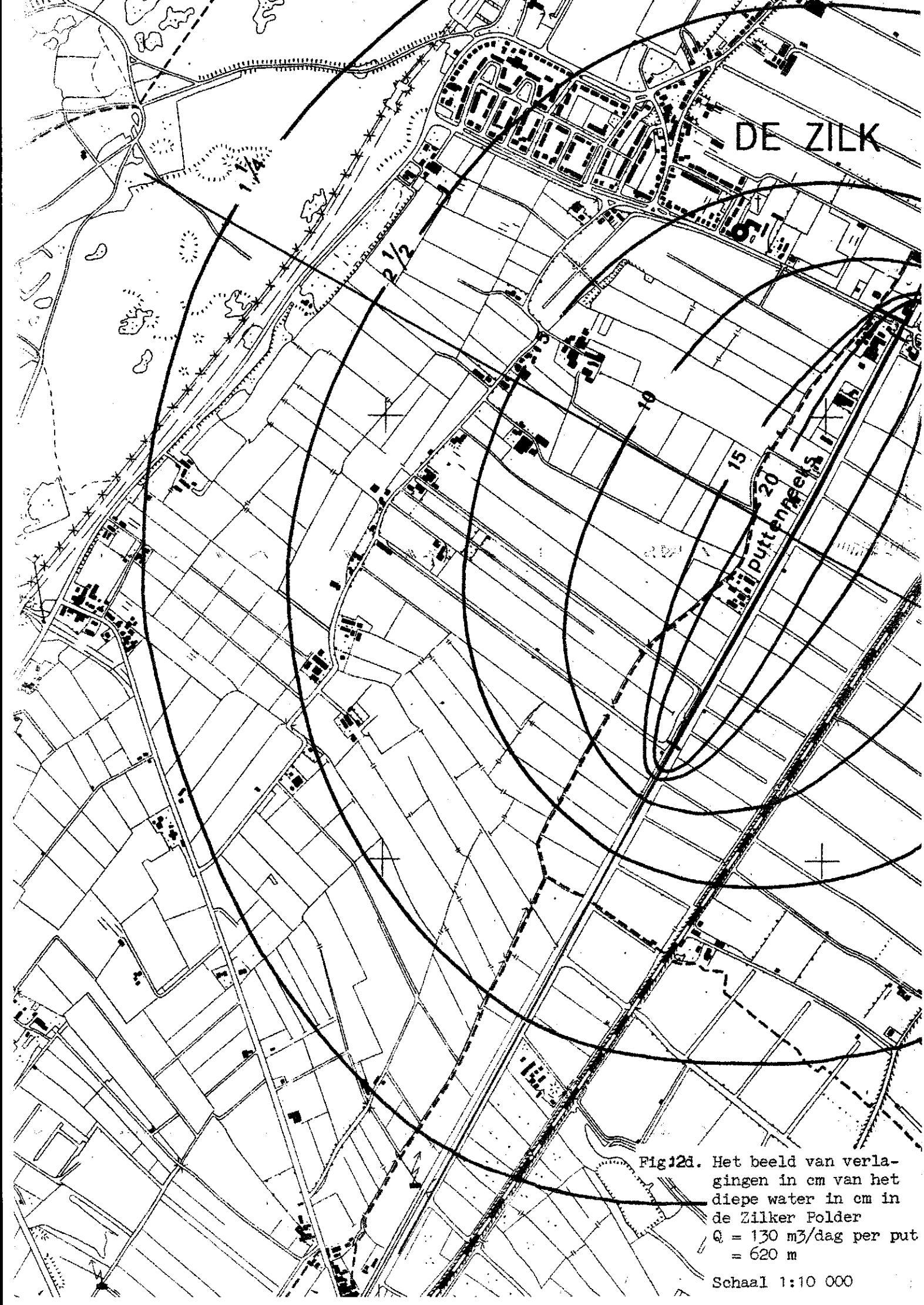


Fig 12d. Het beeld van verlagingen in cm van het diepe water in cm in de Zilker Polder
Q = 130 m3/dag per put
= 620 m

Schaal 1:10 000

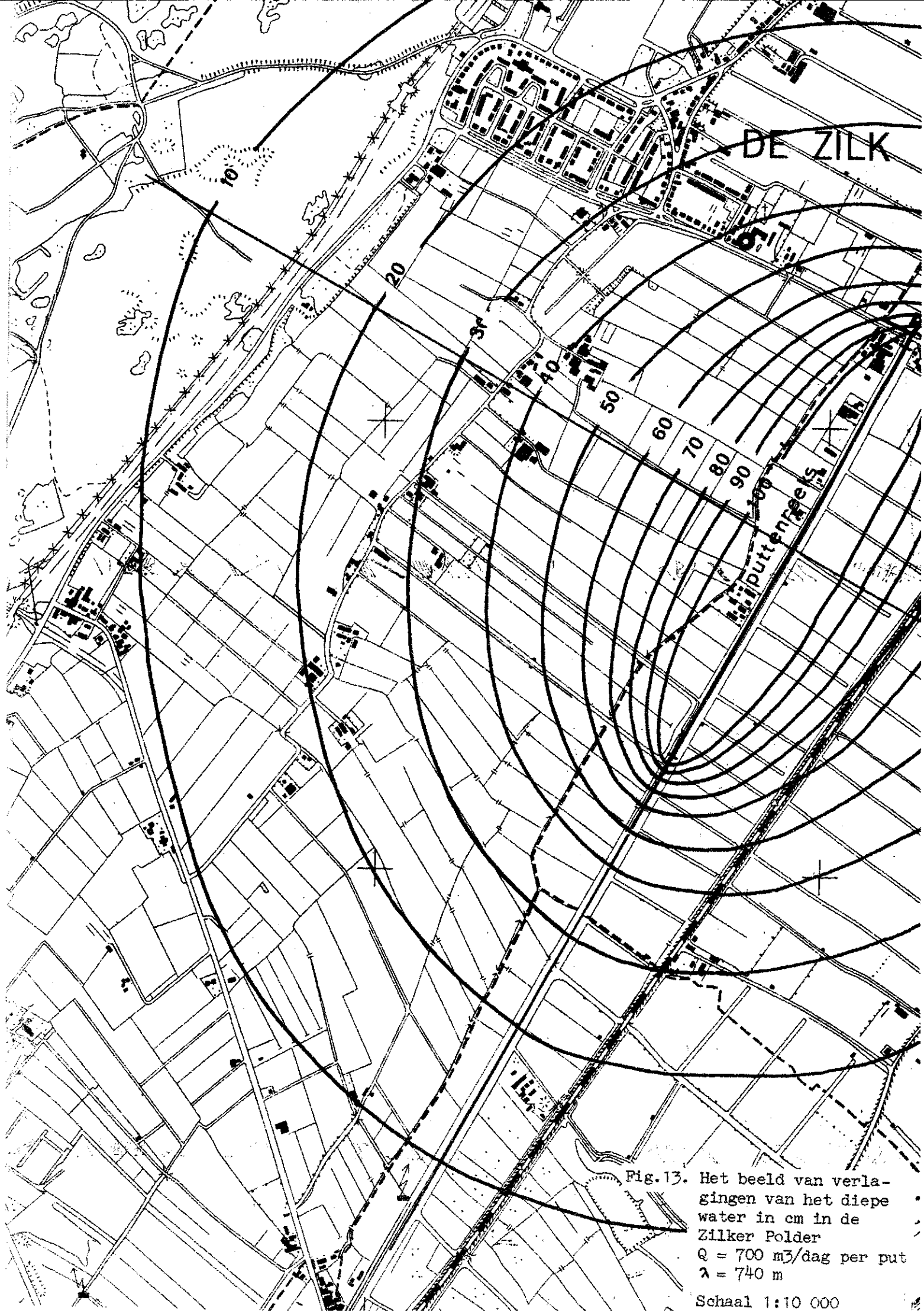


Fig. 13. Het beeld van verlagingen van het diepe water in cm in de Zilker Polder
Q = 700 m3/dag per put
λ = 740 m

Schaal 1:10 000

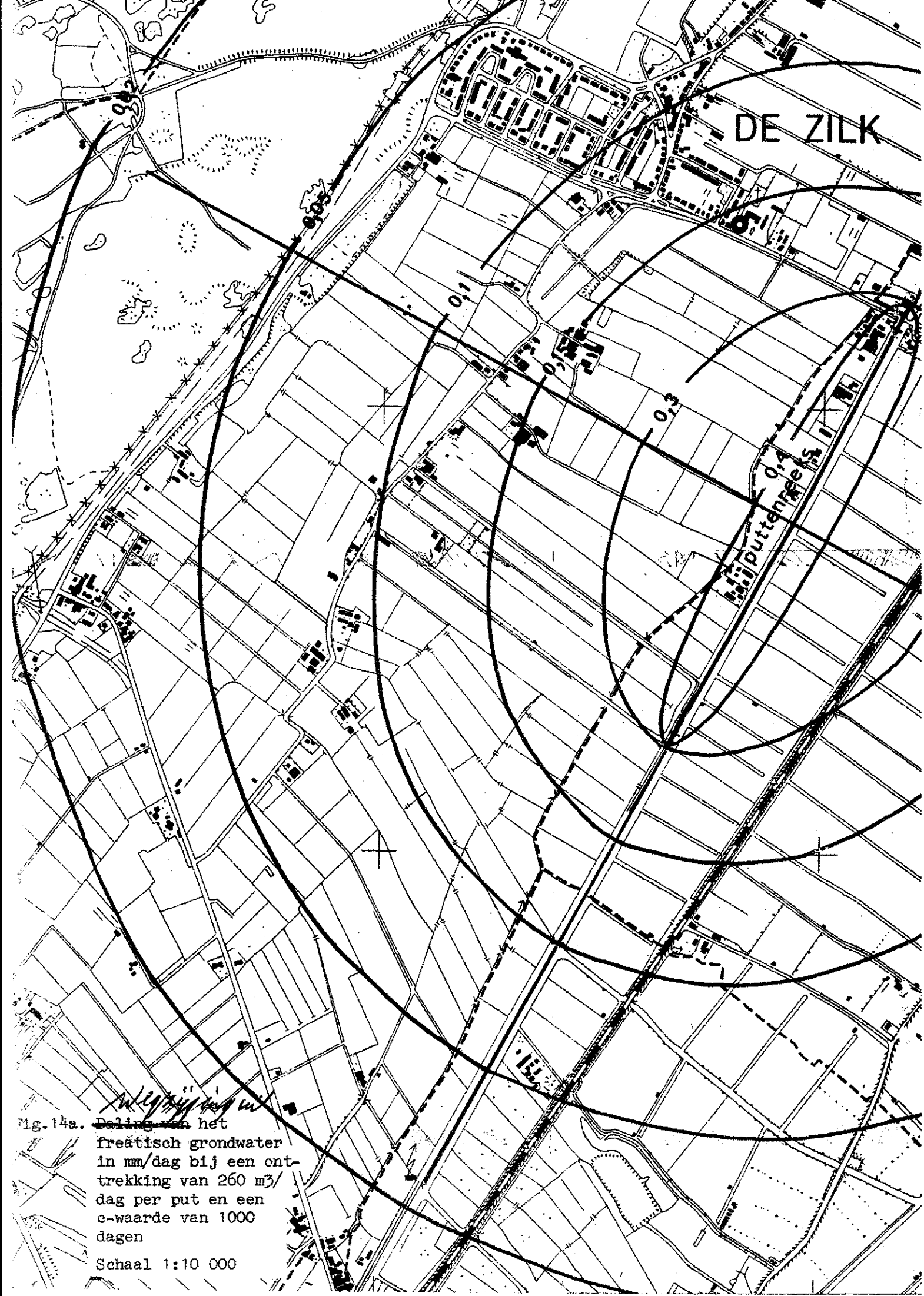
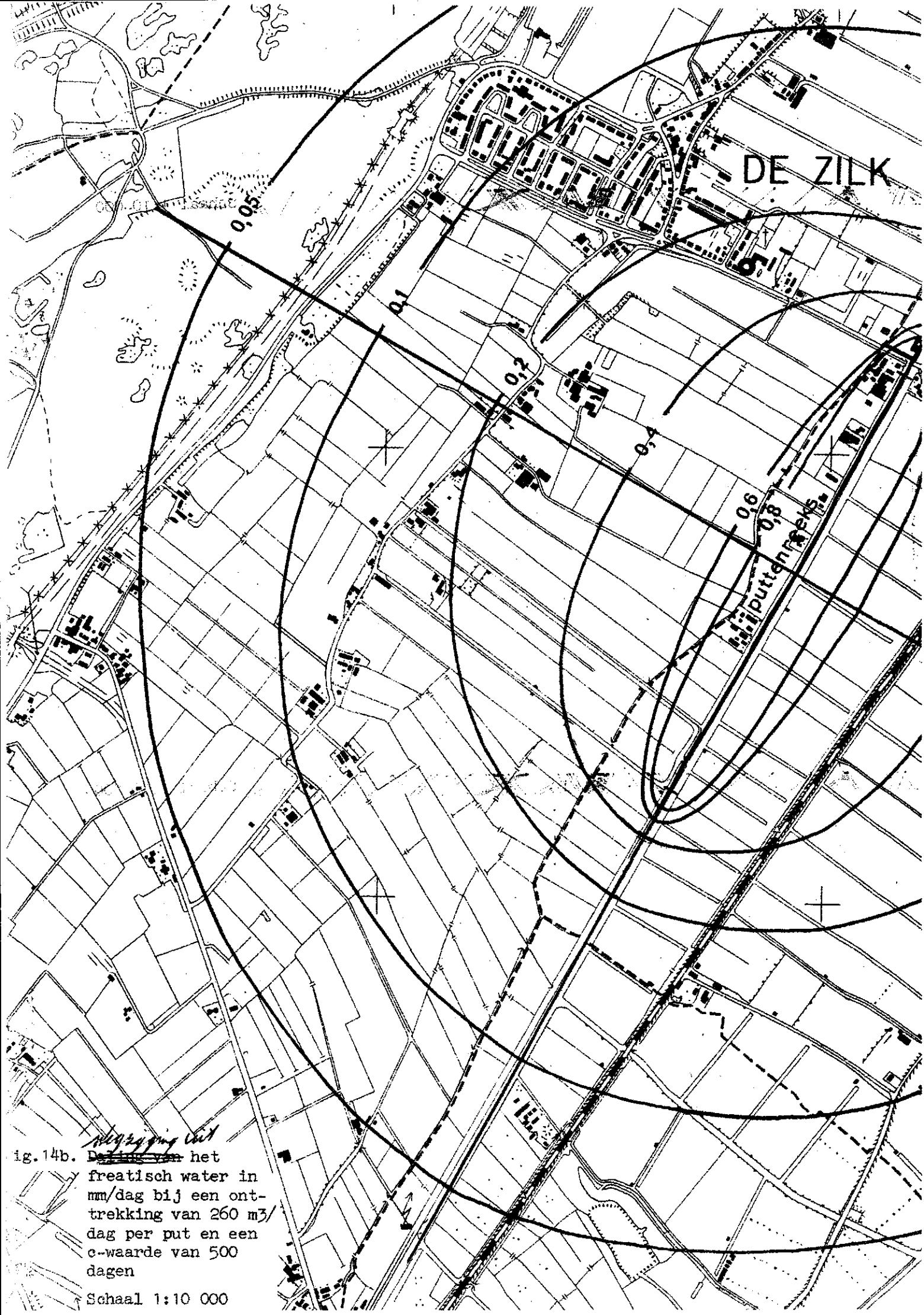


Fig.14a. ~~Deling van~~ het freatisch grondwater in mm/dag bij een onttrekking van 260 m3/dag per put en een c-waarde van 1000 dagen

Schaal 1:10 000



ig.14b. ~~De ling van~~ het freatisch water in mm/dag bij een onttrekking van 260 m3/dag per put en een c-waarde van 500 dagen

Schaal 1:10 000

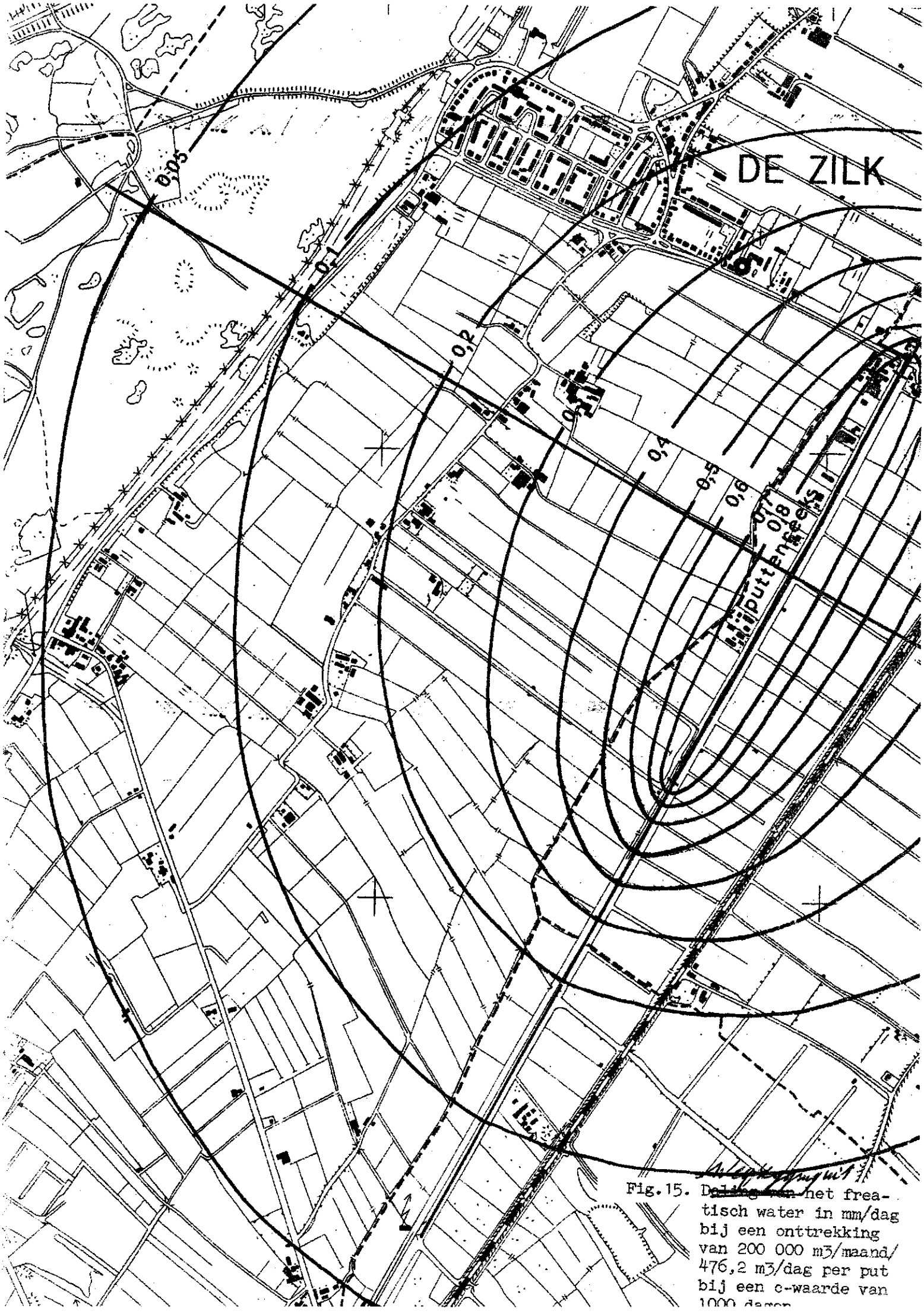


Fig.15. Daling van het freatisch water in mm/dag bij een onttrekking van 200 000 m3/maand/ 476,2 m3/dag per put bij een c-waarde van 1000 dagen

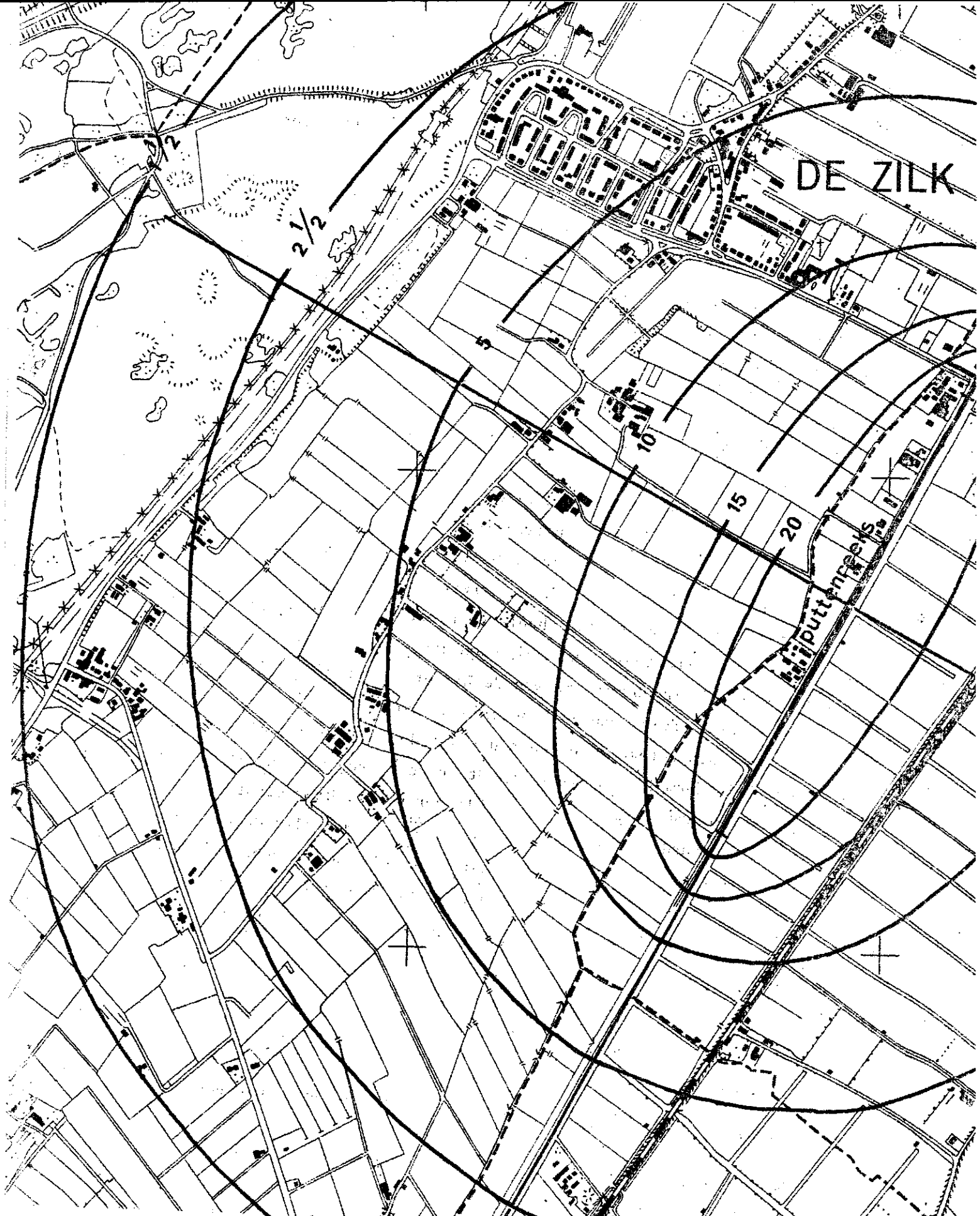


Fig.16. Verlagingen van het freatisch water na 30 dagen wateronttrekking met een debiet van 20 000 m3/maand uit de gehele putternij

Schaal 1:10 000

waarbij Δh de toename van de verlaging als gevolg van de wateronttrekking in de Zilker Polder voorstelt. Men ziet dat de waterverliezen uit het freatisch water naar het diepe grondwater (bovenste watervoerend pakket) gering zijn.

Hetzelfde is gedaan (fig. 15) voor een onttrekking van 200 000 m^3/maand(47,62 m^3 per dag/put) (wat volgens de huidige stand van zaken dus niet mogelijk is). Zelfs dan zijn de verliezen gering. Fig. 16 geeft de hypothetische toestand dat deze onttrekking gedurende 30 dagen plaats heeft zonder toestroming uit de sloten in een neerslagvrije periode van 30 dagen. De verlaging dicht bij de puttenreeks bedraagt dan 20 cm.

DE GEVOLGEN VAN VERSCHILLEN IN c-WAARDE

Een van de oorzaken van de twijfels die tot nog toe hebben geheerst over de gevolgen van de wateronttrekking is de mogelijkheid van het optreden van verschillen in c-waarde. Geologisch is er geen aanleiding grote verschillen in de c-waarde te verwachten.

De weerstand biedende laag heeft naar uit nogal wat boringen blijkt een grote uitgestrektheid. Het enige wat mogelijk is, is dat bij het omspuiten bij de ingebruikname van de Zilker Polder bij de bollenteelt, de hoger gelegen delen van de laag zijn omgewerkt.

Hydrologisch betekent een en ander dat de λ kleiner wordt, dat het quotiënt $\frac{r}{\lambda}$ in formule (9) groter wordt en de waarde voor $K_o(\frac{r}{\lambda})$ kleiner. Het gevolg hiervan is dan dat de Δh kleiner wordt. Hier staat tegenover dat ook de c-waarde kleiner is. De waarde $\frac{\Delta h}{c}$ zal derhalve door de bank genomen groter uitvallen. De mate waarin dit plaats zal hebben is sterk afhankelijk van de plaats waar het verschijnsel optreedt. De afstand tot de pompput vormt een belangrijke grootheid in de waarde van $K_o(\frac{r}{\lambda})$.

Voorbeeld:

We nemen twee gevallen:

1. $Q = 3640\ m^3$/dag

   λ = 740 m berekend op vasis van een c-waarde van 1000 dagen voor de oppervlakte laag.

   De berekening wordt uitgevoerd voor een punt op 600 m afstand van de puttenreeks die wordt vereenvoudigd tot 1 put.

   De verlaging van het diepe water bedraagt 0,208 m. Het waterverlies uit het freatisch water naar het diepe water 0,208 mm/dag.

2. Q = 3640 m^3/dag

   = 135 m berekend op basis van een c-waarde van 100 dagen voor de oppervlakte laag.

   De berekening wordt uitgevoerd voor een punt op 600 m afstand van de pompput.

   De verlaging van het diepe water bedraagt dan 0,025 m, het verlies uit het freatisch water bedraagt dan 0,25 mm/dag.

Men ziet dat het verlies wel iets stijgt maar niet veel!

Een exacte bepaling van de gevolgen van deze verschillen in c-waarde kan alleen geschieden door een nauwkeurige bepaling van de c-waarde over de gehele polder.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit voorgaande berekeningen kan het volgende worden geconcludeerd:

1. de kD-waarde moet gesteld worden op 1550 m^2/dag;
2. de c-waarde van de oppervlaktelaag bedraagt 1300 dagen, op de plaats van de pompproef. Variaties in c-waarde zijn niet uitgesloten;
3. de verlagingen van het freatisch water zijn ook bij een onwaarschijnlijk hoge onttrekking uit de putten betrekkelijk gering;
4. verandering van de verlaging als gevolg van variaties in de c-waarde is wel te verwachten maar is vaak zeer gering;
5. de invloed van de nieuwe onttrekking is mede betrekkelijk gering omdat reeds vóór de onttrekking een aanzienlijke verlaging in het watervoerend pakket optrad.

Aanbevelingen:

1. Hoewel te verwachten is dan de hier uitgevoerde berekeningen de realiteit goed benaderen is een hydrologische begeleiding van de onttrekking door middel van grondwaterstandswaarnemingen, zoals beschreven in de beschikking van de minister op 17 september 1971, zeer waardevol. Eventuele correcties op de hier uitgevoerde berekeningen kunnen dan worden aangebracht.
2. Het zou dienstig zijn als het Gas- en Watervoorzieningsbedrijf voor de Bloembollenstreek haar grondwaterwinning in de Zilker Polder zoveel mogelijk zou beperken tot een periode welke buiten het groeiseizoen van de bloembollen valt.

3. Een grotere onttrekking dan de in de vergunning vermeldde 2 miljoen m^3 per jaar is niet aan te bevelen. Een uitbreiding van de vergunning tot een grotere te onttrekken hoeveelheid water moet dan ook ten sterkste ontraden worden.
4. Een goede harmonie bij de begeleiding van de onttrekking tussen het Gas- en Watervoorzieningsbedrijf voor de Bloembollenstreek en de bloembollentelers strekt tot voordeel voor beide partijen. Het wederzijdse wantrouwen dient te verdwijnen.
5. De inrichting van het net van waarnemingsputten moet door overleg tussen beide partijen tot stand worden gebracht. Als basis voor de discussie zal een stuk worden samengesteld, los van deze nota.

LITERATUUR

COLENBRANDER, H.J. Een berekening van hydrologische bodemconstanten uitgaande van een stationaite grondwaterstroming.Uit: De waterbehoefte van de Tielerwaard-West, interimrapport van de werkgroep I van de Commissie ter Bestudering van de waterbehoefte van de Gelderse Landbouwgronden.

HYDROLOGISCH COLLOQIUM. Steady flow of groundwater towards wells. Comm. Hydrol. Ond. TNO, 1964.

KRUSEMAN, G.P. en N.A. DE RIDDER. Analysis and evaluation of pumping test data. Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, 1970.

MAZURE, J.P. Geohydrologische gesteldheid van de Wieringermeer. Rapp. en Med. Zuiderzeewerken 5 pg 67-131, 1936.

WITT, H. en E. VAN REES VELLINGA. Proeve van een kD-waardenkaart van Midden-West-Nederland, ICW-nota 593, 1970

vervolg

53,00 - 55,00 Grijs slibvrij middelgrof zand, matig gesorteerd, zwak bont, met weinig fijne plantenresten, glimmerhoudend, een enkel fijn melkkwartsgrindje, spoor zeer fijnerode pilvormige ijzerconcreties, kalkarm - U 25 S 65 S1 0 K 76

55,00 - 57,00 Bruiniggrijs slibvrij middelgrof zand, zeer goed gesorteerd, bont, zonder grind, met spoor glimmers en zeer fijn schelpgruis, spoor zeer fijne plantenresten, kalkvrij - U 25 S 80 S1 0 K 109.

57,00 - 59,00 Grijsbruin slibarm stoffig matig tot middelgrof zand, matig gesorteerd, zwak bont, enigszins humeus en geoxydeerd, met spoor grof en zeer fijn melkkwartsgrind, spoor fijne glauconiet en fijne plantenresten, spoor glimmers, kalkhoudend - U 30 S 65 S1 0,5 K 48.

59,00 - 60,70 Bruiniggrijs slibvrij matig tot middelgrof zand, slecht gesorteerd, bont, met spoor fijne ijzerconcreties, spoor glimmers en fijne plantenresten, spoor glauconiet, kalkarm - U 30 S 60 S1 0 K 43.

60,70 - 61,20 Grijsbruin slibarm stoffig middelgrof zand, slecht gesorteerd, zwak bont, met weinig fijn kwartsiet- en melkkwartsgrind, met een grillig gevormde ijzerconcretie 7 cm, enkele houtresten tot 2½ cm, enkele kalkvrije groengrijze leembrokjes, spoor ijzercarbonaatconcreties, spoor glauconiet, kalkarm - U 25 S 60 S1 0,5 grind 10 K 58.

61,20 - 61,60 Donkergrauwgrijs slibarm stoffig middel tot matig grof zand, zeer slecht gesorteerd, niet bont, met zeer veel houtresten tot 2 cm, zwak glimmerhoudend, humeus, met spoor zeer fijn melkkwartsgrind, kalkarm - U 30 S 55 S1 0,5 K 36.

61,60 - 63,50 Grijze humeuze harde leem, met fijne plantenresten, plaatselijk humeus, kalkvrij.

63,50 - 64,50 Grijze fijnzandige harde leem met brokjes slibhoudend zeer fijn zand (gelaagd complex?), met veenrestjes, kalkvrij.

64,50 - 66,40 Gelaagd complex van slibrijk matig fijn zand met zandige leemlagen, humeus, kalkvrij.

66,40 - 66,50 Donkerbruin grijs slibhoudend stoffig matig fijn zand, zeer slecht tot meertoppig gesorteerd, niet bont, humeus, glimmerhoudend, kalkvrij - U 65 S 50 S1 4 K 2.

66,50 - 71,00 Donkerbruin tot zwart vast veen in het gruis veel witte kalkvrije korrels, met enkele fijnzandige harde leembrokjes. Opgave boormeester: het veen wordt gevolgd door een leemlensje.

71,00 - 73,00 Donkergrijs slibhoudend stoffig matig fijn zand, zeer slecht gesorteerd, niet bont, humeus, met leemlagen, zwak glimmerhoudend, kalkvrij - U 65 S 55 S1 4 K 3.

73,00 - 77,00 Grijs zeer zwak slibhoudend stoffig matig grof tot matig fijn zand, zeer slecht gesorteerd, niet bont, spoor zeer fijn melkkwartsgrind, kalkvrij - U 50 S 55 S1 1 K 12.

77,00 - 79,00 Bruiniggrijs slibarm matig fijn zand, goed gesorteerd, niet bont, glimmerhoudend, spoor fijne plantenresten en glauconiet, kalkvrij - U 70 S 70 S1 0,5 K 10.

79,00 - 81,00 Grijs slibarm stoffig gemiddeld matig grof zand, tweetoppig gesorteerd, niet bont, overigens als vorig monster, kalkvrij - U 40 S 40 S1 0,5 K 14.

81,00 - 83,00 Zwak bruiniggrijs slibarm stoffig gemiddeld matig grof zand, tweetoppig gesorteerd, overigens als vorig monster, kalkvrij - U 40 S 40 S1 0,5 K 14.

83,00 - 84,60 Als vorig monster, echter gemiddeld middelgrof, en met weinig zeer fijn grind, kalkvrij - U 25 S 40 S1 0,5 gri 8 k 38.

84,60 - 87,30 Grijs slibvrij middel tot zeer grof zand, slecht gesorteerd (met nog veel fijn materiaal), niet bont, veel rookkwarts, vrij veel fijne plantenresten, spoor zeer fijn grind, spoor glimmers, kalkrijk - U 20 S 60 S1 0 K 101.

87,30 - 89,00 Bruiniggrijs slibarm matig fijn tot matig grof zand, zeer goed gesorteerd, met enkele bonte korrels, glimmerhoudend, zwak humeus, met weinig glauconiet, kalkvrij - U 50 S 80 S1 0,5 K 26.

89,00 - 90,00 Als boven, echter iets fijner, kalkvrij - U 60 S 80 S1 0,5 K 17.

90,00 - 91,50 Grauwgrijs slibarm gemiddeld matig grof zand, tweetoppig gesorteerd, niet bont, met weinig fijn melkkwarts, kwartsiet- en rookkwartsgrind, weinig plantenresten, met weinig glauconiet, spoor glimmers, kalkvrij - U 40 S 40 S1 0,5 K 14.

geteruende doorlatendheid:

kD holoceen afdekkend pakket	(0 - 17.50 m - nv)	180 m²/dag
kD bovenste watervoerend pakket	(17.50 - 61.20 ")	1700 m²/dag
kD Form. van Kedichem en Tegelen tot einde boring		585 m²/dag
Totaal van maaiveld tot einde boring		2465 m²/dag

BIJLAGE 1

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

Boring H83

Uitgevoerd voor pompproef DE ZILK

Hoogte : ca. N.A.P.
Filters: 1. 76,00 - 77,00 m - m.v.
2. 54,00 - 55,00 m - m.v.
3. 29,00 - 30,00 m - m.v.
Datum : 31 augustus 1971

U-, S-, Sl- en gri-cijfers getaxeerd

0 - 0,40	Lichtbruin grijs slibvrij matig grof zand, zeer goed gesorteerd, bont met weinig fijn schelpgruis, weinig verkoolde houtresten, met spoor glauconiet en fijne mariene fossieltjes, kalkrijk - U 40 S 80 Sl 0 K 43.
0,40 - 3,00	Bruinig donkergrijs slibarm matig grof tot matig fijn zand, matig gesorteerd, zwak bont, humeus, met puinrestjes, weinig fijn schelpgruis en verkoolde plantenresten, spoor zeer fijn melkkwartsgrind, met spoor zeeëgelstekeltjes, kalkrijk - U 50 S 65 Sl 0,5 K 17.
3,00 - 5,00	Grijs zand als vorig monster, slecht gesorteerd, met meer schelpresten, kalkrijk - U 50 S 60 Sl 0,5 K 15.
5,00 - 7,00	Blauwig lichtgrijs slibarm matig fijn zand, zeer slecht gesorteerd, niet bont, met vrij veel schelpgruis en kleine schelpen, met weinig fijne plantenresten, veel glauconiet en zeeëgelstekeltjes, kalkrijk - U 65 S 55 Sl 0,5 K 8.
7,00 - 9,00	Blauw lichtgrijs slibarm matig fijn zand, matig gesorteerd, niet bont, met wat minder schelpresten dan boven, overigens als vorig monster, kalkrijk - U 70 S 65 Sl 0,5 K 9.
9,00 - 10,50	Blauw lichtgrijs zeer zwak slibhoudend matig tot middel fijn zand, matig gesorteerd (nog steeds met matig-middel grof materiaal), niet bont, weinig schelpresten, waaronder kleine blauwe Cardium en veel Hydrobia, met zeeëgelstekeltjes en glauconiet, kalkrijk - U 80 S 65 Sl 1½ K 5.
10,50 - 13,00	Blauw lichtgrijs sterk slibhoudend stoffig middel- tot matig fijn zand, zeer slecht gesorteerd, niet bont, met schelpresten, met leemlensjes ½ cm, met glauconiet en zeeëgelstekeltjes, spoor glimmers, kalkrijk - U 80 S 55 Sl 6 K 1.
13,00 - 14,50	Als vorig monster, echter minder slibhoudend, met enkele gave schelpjes, kalkrijk - U 80 S 55 Sl 4 K 2.
14,50 - 17,50	Blauwiggrijs slibarm matig fijn tot matig grof zand, slecht gesorteerd, niet bont, met schelpresten, zeeëgelstekeltjes, met veel grijs materiaal, kalkrijk - U 50 S 60 sl 1 K 13.
17,50 - 19,00	Grijs slibarm gemiddeld matig grof zand, tweetoppig gesorteerd, grove fractie zwak bont, met zeer weinig schelpresten, weinig Hydrobia, spoor glimmers, kalkhoudend - U 45 S 40 Sl 0,5 K 10.
19,00 - 23,00	Zwak bruiniggrijs slibarm gemiddeld matig grof zand, meertoppig gesorteerd, bont, met spoor zeer fijn kwartsgrind, spoor fijne plantenresten met spoor zeeëgelstekeltjes, nog glauconiethoudend, zwak kalkhoudend - U 40 S 40 Sl 0,5 K 14.
23,00 - 25,00	Bruingrijs slibarm matig grof zand, zeer slecht gesorteerd, bont, zwak glimmerhoudend, met weinig fijne verkoolde houtresten, spoor zeer fijn schelpgruis, kalkrijk - U 40 S 55 Sl 0,5 K 20.
25,00 - 27,00	Bruingrijs slibarm matig tot middelgrof zand, slecht gesorteerd, bont, overigens als voorgaand, kalkhoudend - U 30 S 60 Sl 0,5 K 40.
27,00 - 29,00	Zand als voorgaande monsters, echter tweetoppig gesorteerd in de fracties matig fijn en middelgrof, spoor zeer fijn melkkwartsgrind, kalkrijk - U 35 S 40 Sl 0,5 K 20.
29,00 - 31,00	Bruiniggrijs slibarm matig grof zand, tweetoppig gesorteerd, bont, met spoor melkkwartsgrind, 1 melkkwarts 5 cm, 1 witte kalkconcratie 3 cm, spoor glimmers en glauconiet, kalkrijk - U 40 S 40 Sl 0,5 K 14.
31,00 - 33,50	Als boven, iets meer slib, kalkhoudend - U 40 S 40 Sl 1 K 12.
33,50 - 33,55	Grijze stoffige vrij slappe leem, plaatselijk bruingeoxydeerd, kalkrijk.
33,55 - 35,00	Grijsbruin slibarm zwak stoffig matig grof zand, tweetoppig gesorteerd, bont, met weinig fijn melkkwartsgrind, spoor glimmers, enigszins humeus, weinig geelgeoxydeerde korrels, spoor glauconiet, zwak kalkhoudend - U 40 S 40 Sl 0,5 K 14.
35,00 - 37,00	Zand als de vorige laag, gemiddeld echter grover en zeer slecht gesorteerd, met een spoor fijn melkkwartsgrind en een ijzercarbonaatconcratie 5 cm, zwak kalkhoudend - U 25 S 50 Sl 0,5 K 45.
37,00 - 39,00	Grijsbruin slibarm matig tot middelgrof zand, zeer slecht gesorteerd, bont, met een spoor fijn melkkwartsgrind, spoor glimmers en glauconiet, weinig geelgeoxydeerde korrels, zwak kalkhoudend - U 30 S 55 Sl 0,5 K 36.
39,00 - 39,30	Bruingrijze weinig harde stoffige leem, met veel fijne schelpresten, humeus, kalkrijk.
39,30 - 41,00	Bruingrijs slibarm matig grof zand, naderend tot middelgrof, slecht gesorteerd, bont, met spoor Cardiumgruis, een enkel leembrokje, spoor glimmers, kalkhoudend - U 35 S 60 Sl 0,5 K 30.
41,00 - 43,00	Grijsbruin slibarm zwak stoffig matig grof zand, goed gesorteerd, zwak bont, met veel geelgeoxydeerde korrels, met weinig fijne plantenresten, met leembrokken, spoor fijn melkkwartsgrind, zwak kalkhoudend, de leembrokken kalkrijk - U 35 S 70 Sl 0,5 K 40. Opgave boormeester: op 41,60 een leemlensje 3 cm.
43,00 - 45,00	Bruinig grijs slibvrij matig grof zand, matig gesorteerd, bont, met spoor fijn grind, met vrij weinig geelgeoxydeerde korrels, spoor glimmers, kalkhoudend - U 40 S 65 Sl 0 K 30.
45,00 - 47,00	Bruiniggrijs slibarm middelgrof zand, goed gesorteerd, bont, met weinig geelgeoxydeerde korrels, met spoor melkkwartsgrind, spoor glimmers, kalkarm - U 25 S 70 Sl 0,5 K 78,
47,00 - 51,00	Bruingrijs slibvrij middel- tot matig grof zand, matig gesorteerd, bont, spoor fijn kwartsgrind, spoor glimmers, met weinig geelgeoxydeerde korrels, kalkarm - U 30 S 65 Sl 0 K 53.