

INTERN

Ref. no. 4913/1951 Ser. v. 1. 2022.

Directie Benedenrivieren

Met 98 Bijln.

DE WATER- EN CHLOORBEWEGING
IN DE MOND VAN DE WATERWEG

kmr 1030



BIBLIOTHEEK

C1164

DOOR R.H.J. MORRA

Directie van de Waterstaat

RAPPORT N° 2 1950



C1164



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directie Voorlichting

Bibliotheek en Documentatie RWS
Postbus 20906 - 2500 EX Den Haag
Telefoon 070-~~3744344~~ 3510804

Dit boek terugbezorgen op:

06 DEC. 1995

INTERN

directie Benedenrivieren

De water- en chloorbeweging
in de mond van de Nieuwe
Waterweg, kmr. 1030
door
R.H.J. Morra.

C1164

C1164
BIBLIOTHEEK

Directie v.d. Waterstaat

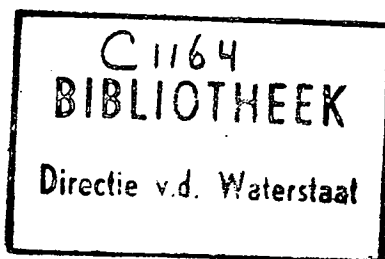
Opdracht No. 38.

In 1947 is in km 1030 van de mond van de Nieuwe Waterweg een serie stroom- en chloorgehaltenmetingen verricht.

Gevraagd wordt deze metingen uit te werken en een berekening te maken van de totale water- en chloorbeweging in de genoemde raai. De uitwerking van het hierboven gevraagde moet zo volledig mogelijk worden overgelegd in verband met een eventueel, in de toekomst te verrichten, turbulentie onderzoek.

De Hoofdingenieur,

AAN
Technisch Opsichter,
R. H. J. Horra.



De water- en chloorbeweging in de mond van de Nieuwe Waterweg.

Teneinde een inzicht te verkrijgen in de water- en chloorbeweging in de mond van de Nieuwe Waterweg werden in de maanden Augustus en September 1947 een aantal snelheids- en chloorgehaltemetingen verricht. In een zes-tal punten van kmr 1030 (bijlage 1) werden steeds gedurende een getij de snelheden en chloorgehalten in de verticaal bepaald. Om nu de invloed van spring- en doodtij enigszins te elimineren werd in elk der meetpunten op meerdere dagen gemeten.

De snelheidsmetingen werden verricht met een Ott-stroommeter, terwijl de soortelijk gewichtsbepaling geschiedde met behulp van areometers. De uitkomsten hiervan werden door middel van ijkingsgrafieken (bijlage 3), die verkregen werden uit de titratie van een aantal watermonsters, herleid tot chloorgehalten.

De snelheidsmetingen in elke verticaal geschieden met een onderlinge tussenruimte van 1 m, de chloorgehaltemetingen met tussenruimten van 2 m.

Aan de hand van deze waarnemingen zal in het onderstaande getracht worden een indruk te krijgen van de grootte der water- en chloorhoeveelheden die ter plaatse van kmr 1030 per getij in- en uitstromen.

Voor het geval deze metingen, die plaats vonden in een periode met lage Boven Rijnafvoeren tussen 778 en 1110 m³/sec, te zijner tijd nog gebruikt zouden worden bij het onderzoek van turbulentie vraagstukken c.a., waarvoor zo volledig mogelijk gegevens nodig zijn, worden de meetresultaten, alsmede de uitwerking in extenso hierbij gevoegd.

Er is van afgezien om de meetformulieren te geven, omdat de gemeten waarden voor de snelheden te vinden zijn op bijlage 14 en voor de chloorgehalten op bijlage 13.

De snelheids- en chloorgehalteverticalen vindt men op de bijlagen 4 en 5.

Reeds dadelijk valt het bijzondere karakter der snelheidsverticalen op, veroorzaakt door s.g. verschillen. Het meest komt dit tot uiting omstreeks de kentering van eb naar vloed; deze begint bij de bodem en het duurt enige uren voor de kentering-

-ring-



ring over de gehele vorticaal plaats heeft gehad.

Een grafische samenvatting van elke meting geven de bijlagen 7.

Teneinde nu de metingen van elk meetpunt onderling vergelijkbaar te maken is op de bijlagen 7 een maanurenverdeling aangebracht, waarbij de tijdsduur tussen 2 opeenvolgende hoogwaters in 12 gelijke delen (maanuren) is verdeeld.

Op bijlage 8 zijn voor iedere meting de gemiddelde snelheden per 20 maanminuten bepaald uit de bijlagen 7. Deze waarden zijn voor elk der meetpunten gemiddeld en deze gemiddelde waarden worden beschouwd als de uit de metingen resulterende gemiddelde snelheden.

In het dwarsprofiel van kmr 1030 (bijlage 2) is de ligging der meetpunten aangegeven, terwijl tevens een vakverdeling is aangebracht.

Om nu de maatgevende gemiddelde snelheden voor ieder vak te leren kennen zijn uit bijlage 8 de horizontale snelheidsverdelingen voor iedere 20 maanminuten geconstrueerd (bijlage 9), waaruit de vakgemiddelden per 20 maanminuten bepaald werden. De snelheden in het, overigens ondergeschikte, kantvakje A werden geschat.

Door deze vakgemiddelden met de vakoppervlakte en de tijdsduur te vermenigvuldigen verkrijgt men de vakafvoer per 20 maanminuten. Deze bewerking is voor ieder vak afzonderlijk en voor het gehele profiel te vinden in bijlage 11. Deze afvoer is bepaald met behulp van de formule,

$$(a + b \times b^1) \times c \times d$$

waarin

a= vakoppervlak beneden OLW in m²

b= vakbreedte in m

b¹= hoogte waterspiegel boven OLW in m

c= gemiddelde vaksnelheid in m/sec gedurende 20 maanminuten

d= 20 maanminuten = 1241,67 sec.

Opmerking: b¹ is bepaald met behulp van de normaal getijkronne te Hoek van Holland (bijlage 10).

Uit bijlage 11 volgt de waterafvoerkronne, die is weergegeven op bijlage 12, waarbij opgemerkt moet worden, dat de zeer lange kentering van eb - vloed en de kortere kentering van vloed - eb wel sterk geprononceerd zijn als gevolg van het feit, dat de kenteringen zowel voor iedere meting als voor de 6 meetpunten niet alle op hetzelfde tijdstip na HW vallen (zie ook

bijlage 8).

Het resultaat van de afvoerberekening is dus :

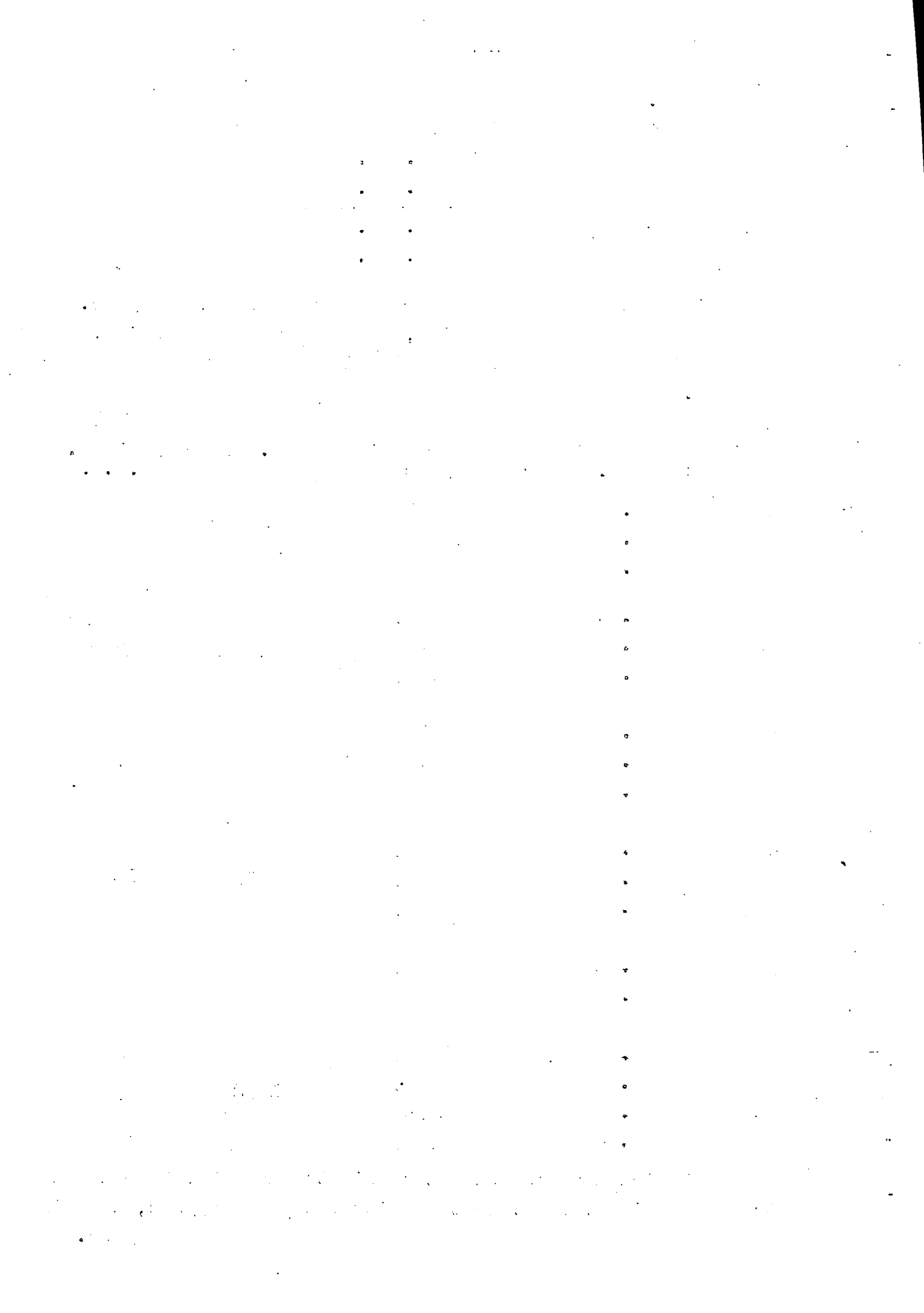
ebvermogen	83.779.500 m ³
vloedvermogen	65.419.595 m ³
	<hr/>
Totaal	149.199.095 m ³
eboverschot	18.359.905 m ³

Dit komt neer op een opperwaterafvoer van 411 m³/sec.

De waterstanden te Lobith, 2 dagen voor elke meting, en de daarbij behorende afvoeren zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Datum	meting stand Lobith m+NAP 2d.eerder	afvoer Lobith m ³ /sec	gem.afvoer	vakopp. t.o.v.profiel
12- 8-'47	1a	8.68	1020)	
14- 8	b	8.63	998)	939
12- 9	c	8.13	800)	18½%
18- 8	2a	8.64	1002)	
8- 9	b	8.21	828)	875
11- 9 x	c	8.12	796)	24½%
15- 8	3a	8.68	1020)	
24- 8	b	8.34	878)	892
15- 9	c	8.07	778)	17%
13- 8	4a	8.70	1028)	
20- 8	b	8.59	980)	945
9- 9	c	8.21	828)	16½%
14- 8	5a	8.68	1020)	
28- 8	b	8.33	874)	947
				12%
7 -8	6a	8.88	1110)	
8- 8	b	8.86	1106)	1052
11- 8	c	8.72	1034)	8½%
21- 8	d	8.54	960)	

Bekoning houdend met het "gewicht" van elk vak komt men tot een gemiddelde afvoer te Lobith van ± 900 m³/sec, waarbij dus zou behoren een afvoer van de Waterweg van 411 m³/sec.



De uitkomsten van enkele vroegere metingen (1930-1934) zijn

Lobith	N.Waterweg	
1050 m ³ /sec	490 m ³ /sec	21.8 ²²⁰ 6
1100 m ³ /sec	515 m ³ /sec	22.8
1375 m ³ /sec	535 m ³ /sec.	23.6

dan Houdt men rekening met het feit, dat de Waterweg en Oude Maas sindsdien verdiept zijn en dus meer oppervlakt afvoeren, lijkt de gevonden uitkomst van 411 m³/sec wat aan de lage kant. Naar ~~ach~~atting zou een uitkomst van 440 à 450 m³/sec meer in overeenstemming met bovengenoemde cijfers zijn.

Mogelijk is van invloed, dat de uitkomsten van 1930-1934 betrekking hebben op tot normaal getij gereduceerde waarden.

De gemiddelde getijlijn, welke uit de metingen volgt (zie bijlage 10), geeft een tijverschil van 1.32 m, terwijl de normaal getijkromme 1.56 m tijverschil heeft.

De reductie, welke globaal op de hierboven berekende waterhoeveelheden moet worden toegepast, is dus $\frac{1.56}{1.32} = 118\%$. Men krijgt dan, herleid tot normaalgetij, rond

eb	99.000.000 m ³ /getij
vloed	77.300.000 m ³ /getij

Totaal 176.300.000 m³/getij,

eboverschot 21.700.000 m³/getij = 486 m³/sec.

Dit is beter in overeenstemming met de metingen van 1930-1934.

Het zal opgevallen zijn, dat de bovenbeschreven bewerking uitgevoerd is met ongereduceerde snelheden. Dit is geschied in verband met het feit, datdaaraan de consequentie verbonden is om met de snelheden ook de chloorgehalten te reduceren en dit stuit op onoverkomenlijke moeilijkheden. Om deze reden is van elke reductie afgezien.

Men kan nu voor de bepaling van het chloortransport een analoge berekening opzetten, maar dan stuit men onmiddellijk op het feit, dat de snelheids- en chloorgehalteverticalen niet tegelijkertijd, doch met een kwartier tijdsverschil zijn opgenomen.

De chloorgehalteverticalen van bijlage 5 moeten dus herleid worden tot waarden, welke gelden voor de tijdstippen van

de snelheidsverticalen. Op bijlage 13 zijn voor de verschillende diepten de chloorgehalten uitgezet als functie van de tijd, waardoor de interpolatie beter kon geschieden. De snijpunten van deze lijnen met de nagenoeg verticale lijnen, die de tijdstippen van de snelheidsverticalen geven, leveren dan de chloorgehaltewaarden ten tijde van de snelheidswaarnemingen.

Door de snelheden met de aldus verkregen chloorgehaltewaarden te vermenigvuldigen (bijlage 14) verkrijgt men chloortransportverticalen (bijlage 6).

De gemiddelden van deze chloortransportverticalen zijn eveneens uitgezet op de bijlagen 7.

Op analoge wijze als op bijlage 8 voor de waterafvoerberekening is gedaan, worden deze gemiddelden voor elk meetpunt weer gemiddeld (bijlage 15), waarna voor elke 20 maanden een horizontale chloortransport-verdeling kan worden samengesteld (bijlage 16). Hieruit wordt het totale chloortransport per vak en over het gehele profiel berekend (bijlage 17) op overeenkomstige wijze als bij de waterafvoerberekening is gebeurd, waarna de chloortransportkromme van bijlage 18 volgt.

De uitkomsten van deze berekening zijn

ebtransport	1.170.585.051	kg Cl/getij
vloedtransport	<u>1.021.520.038</u>	kg Cl/getij
totaal transport	2.192.105.089	kg Cl/getij
eboverschot	149.065.013	kg Cl/getij

De hoeveelheden chloor, die per getij deze meetraai passeren zijn wel zeer groot. Drukt men dit uit in spoorwagens van 15 ton, dan komt dit in ronde cijfers neer op

ebtransport 78.000 wagons Cl = 129.000 wagons Na Cl
vloedtransport 68.000 wagons Cl = 112.000 wagons Na Cl

totaaltransport 146.000 wagons Cl = 241.000 wagons Na Cl.

Inderdaad zijn dit indrukwekkende hoeveelheden !

In tijden van hoge bovenafvoeren zullen deze cijfers lager liggen.

Het oppervlaktewater in de betrokken periode had een gemiddeld Cl gehalte van 150 mg/l. Berekend is een eboverschot van 411 m³/sec, zodat het theoretisch eboverschot 2.750.000 kg Cl/getij zou moeten bedragen in plaats van 149 mill. kg Cl/getij.

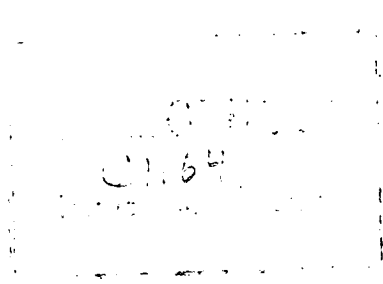


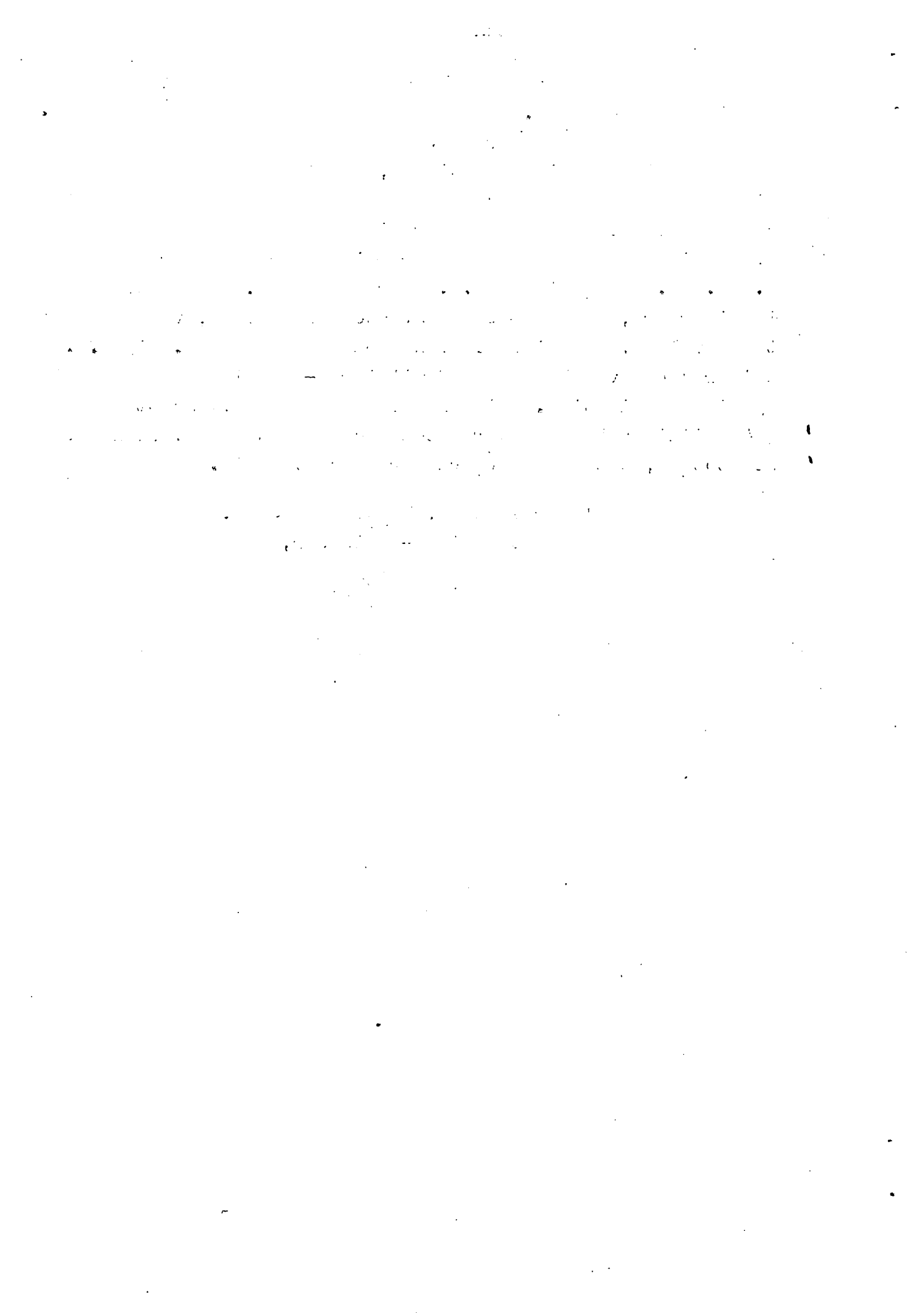
Het eboverschot aan chloor volgens de berekening is dus aanzienlijk te groot.

Een deel van dit grote verschil komt voor rekening van onnauwkeurigheden in de metingen, terwijl de rest voor rekening zal komen van de schommelingen in de totale hoeveelheid chloor die zich boven de meetraai bevindt en die onder de omstandigheden gedurende metingen in de orde van grootte van 2.000.000.000 kg Cl met H.W. bedragen heeft. Deze hoeveelheid is uiteraard, ook bij een constante bovenafvoer, veranderlijk ten gevolge van de invloed van dood- en springtij. Bij L.W. zal er dan boven kmr 1030 2 milliard - 1 milliard = 1 milliard kg Cl aanwezig zijn. Blijkens het gemeten eboverschot (149 miljoen kg Cl) bedraagt de schommeling ongeveer 10% van het totaal, wat een aanvaardbaar percentage is.

's-Gravenhage, 1 November 1950.

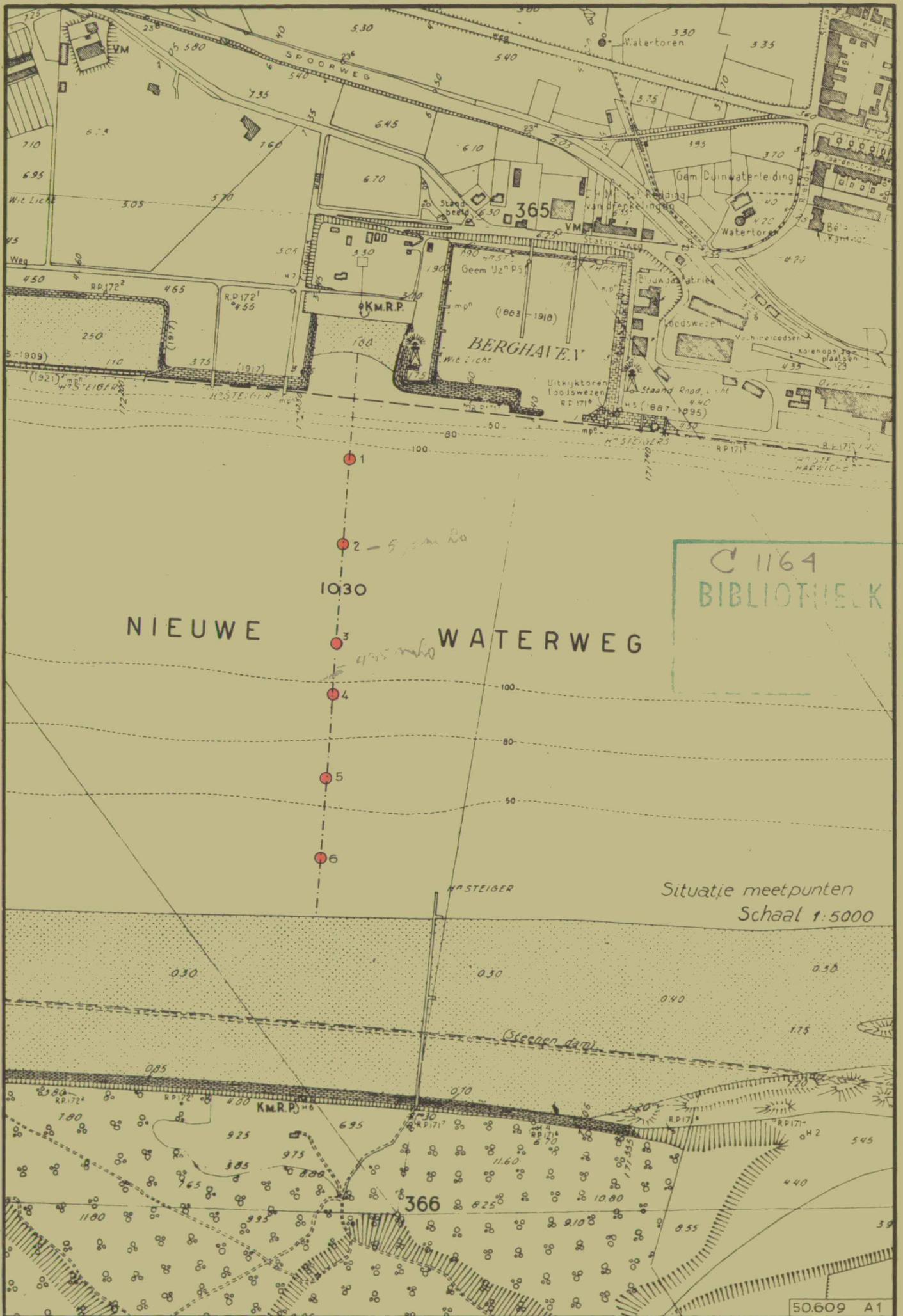
De technisch-opzichter,





Lijst van de bijlagen

A 1 50.609	.1 situatie
A 1 50.560	.2 dwarsprofiel
A 2 50.562,.565,.563	.3a-c ijkingsgrafieken areometers
B 2 50.590-.593, A 2 50.594,.595	.4a-f snelheidsverticalen
B 2 50.584-.587, A 2 50.588,.589	.5a-f chloorgehalteverticalen
B 2 50.578-.581, A2 50.582,.583	.6a-f chloortransportverticalen
A 1 50.522-.539	.7a-r meetbladen
A 2 50.561	.8 berekening gem.snelheidskromme per meetpunt
A 4 50.577	.9 horizontale snelheidsverdeling per 20 maanminuten
A 2 50.559	.10 normaalgetijkromme te H.v.Holland
A 1 50.641-.649	.11 afvoerberekening
A 2 50.558	.12 afvoerkromme
A 2 50.567-.575	.13 chloorgehalten op verschillende diepten als functie van de tijd
A 1 50.540-.557	.14 berekening chloortransportverticalen
A 2 50.564	.15 berekening gem.chloortransportkromme per meetpunt
A 6 50.576	.16 horizontale chloortransportverdeling per 20 maanminuten
A 1 50.514-.521,.641	.17 berekening chloortransport
A 2 50.566	.18 chloortransportkromme



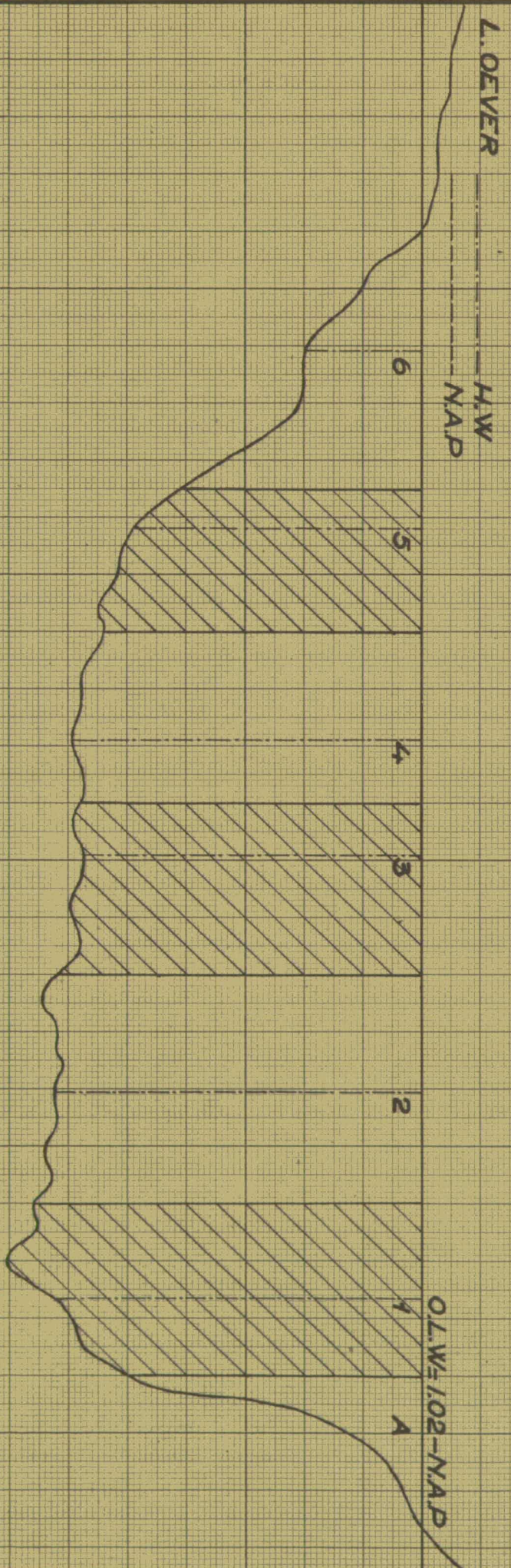
C 1164
BIBLIOTHEEK

Situatie meetpunten
Schaal 1:5000

NIEUWE WATERWEG
DWARSPROFIEL km 1030

C1159
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat

50.560 A1



LENGTESCHAAL DWARSPROFIEL 1:2500
DIEPTESCHAAL DWARSPROFIEL 1:200

VERBAND TUSSEN HET CHLOORGEHALTE IN mg Cl/l EN HET SG MET DE AREOMETER

METINGEN VERRICHT IN DE BOTLEK, BR. MAAS EN HOEK V. HOLLAND OP 29 EN 31 JULI 1947.

C1164
BIBLIOTHEEK

Directie v.d. Waterstaat

mg Cl/l

20000

15000

10000

5000

0

0,9950

1,0000

1,0050

1,0100

1,0150

1,0200

1,0250

S.G. AREOMETER

*Lin. van overeenkomst met
temperatuur tussen 17° en 21° C*

GETITREERDE CHLOORWAARNEMINGEN TE HOEK V. HOLLAND 28 EN 29 AUG. 8, 11, 12 EN 15 SEPT. 1947

VERGELEKEN MET DE AREOMETER 1000 - 1020

C1164
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat

mg Cl/l

20000

15000

10000

5000

0

1,0050

1,0100

1,0150

1,0200

1,0250

S.G. AREOMETER

*lijn is overgenomen uit
temperatuur 10-19,5°C*

50.565 A2

BVLAGE 3b

C1164
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat

mg Cl/l

20000

15000

10000

5000

0

1,0050

1,0100

1,0150

1,0200

1,0250

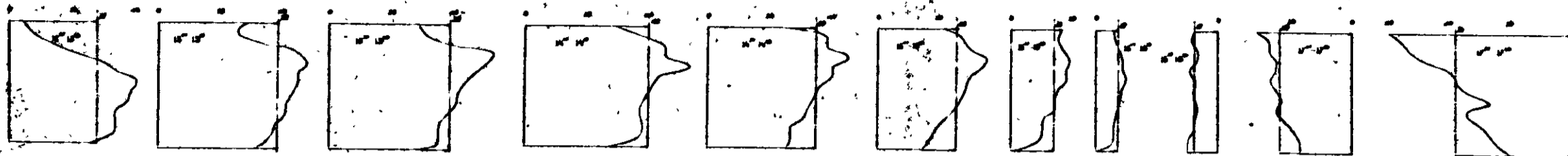
SG AREOMETER

*lijn is berekend met
temperatuur 20°C*

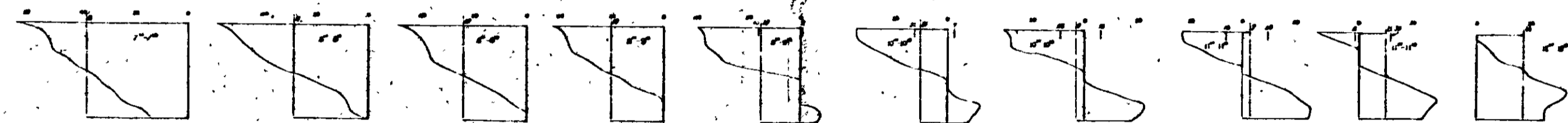
E.B. ← → VLOED



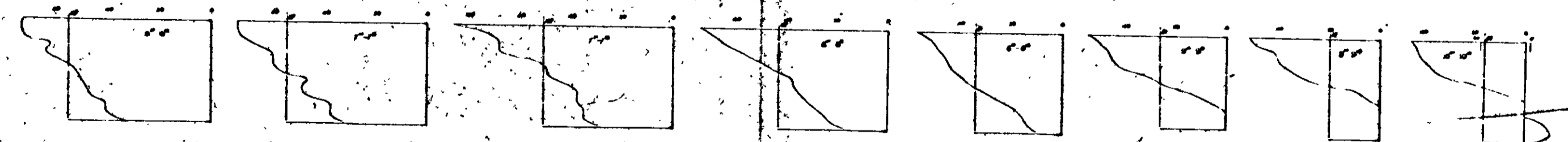
3a
10/11



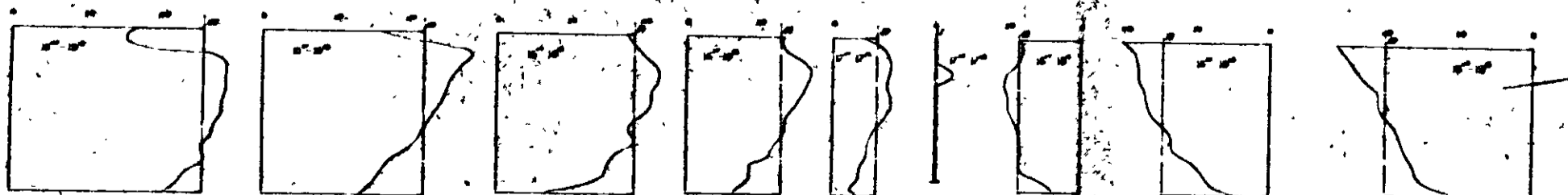
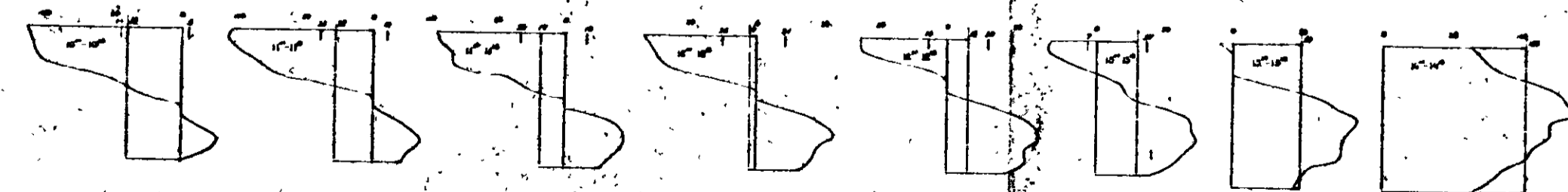
Schaal
Hor: 2.4 cm. = 100 cm/sec.
Vert: 1.93 cm. = 10 M



3b
11/11



3c
12/11



C1164
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat

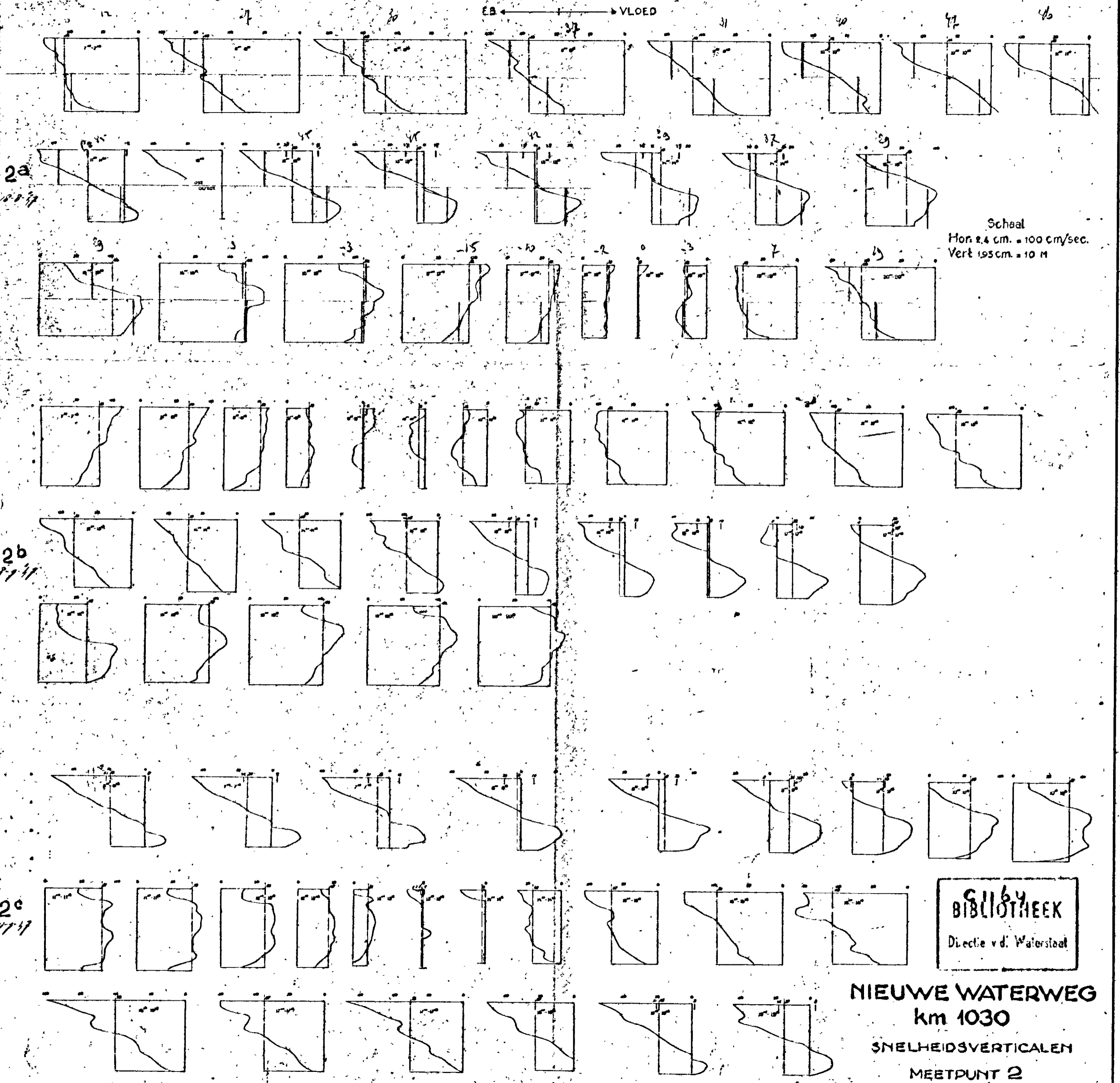
NIEUWE WATERWEG
km 1030
SNELHEIDSVERTICALEN
MEETPUNT 3

50.592 F 8.1

RAPPORT N^o

50 BULAGE 4c

EB ← → VLOED



Schaal
 Hor. 2.4 cm. = 100 cm/sec.
 Vert. 1.95 cm. = 10 M

Gilby
 BIBLIOTHEEK
 Directie v.d. Waterstaat

NIEUWE WATERWEG
 km 1030
 SNELHEIDSVERTICALEN
 MEETPUNT 2

50590 02

RAPPORT N^o 50 BIJLAGE 4b

EB ← | → VLOED

Schaal
Hor: 24 cm = 100 cm/sec
Vert: 195 cm = 10 m

10
12-57

10
17-57

10
17-57

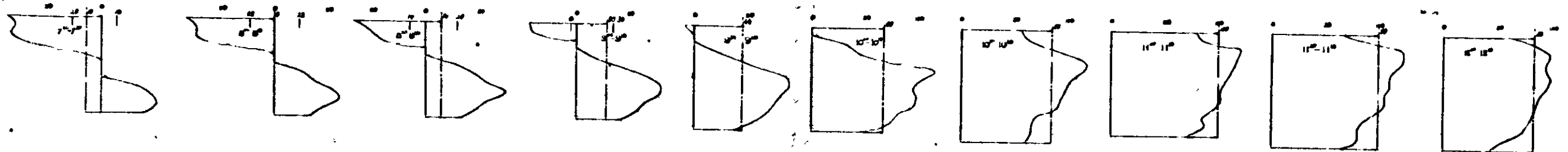


CIBIS
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat

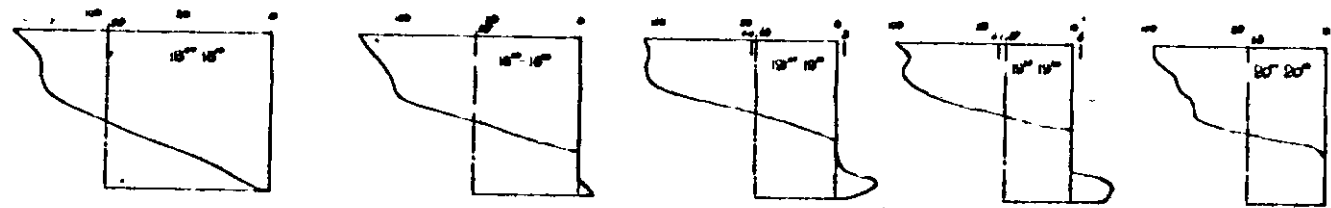
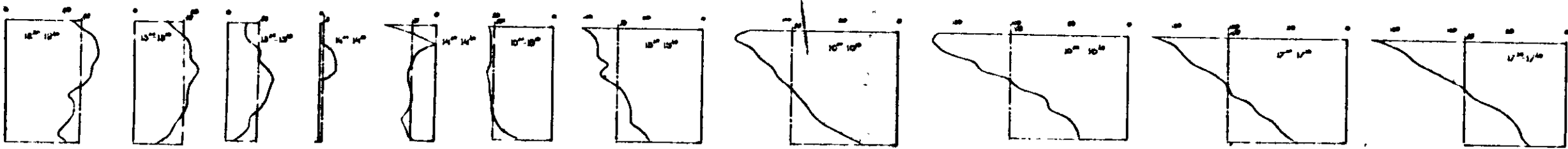
NIEUWE WATERWEG
km 1030
SNELHEIDSVERTICALEN
MEETPUNT 1

50 591 81

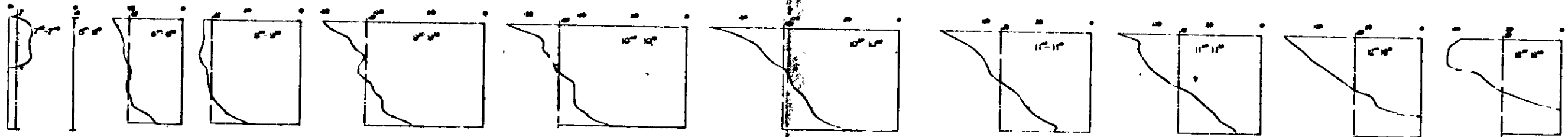
EB ← → VLOED



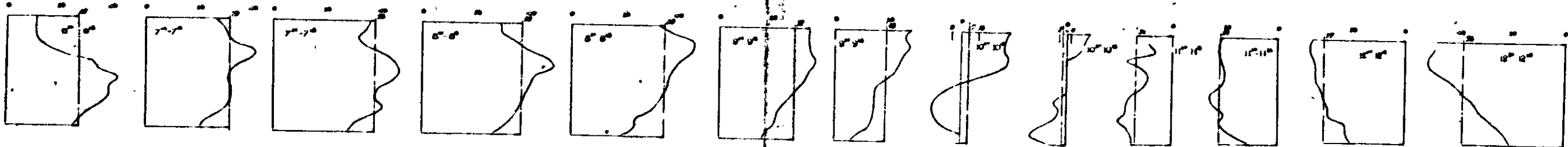
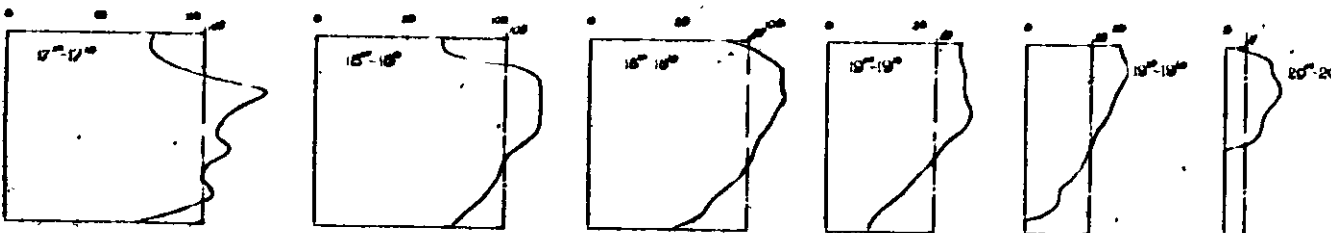
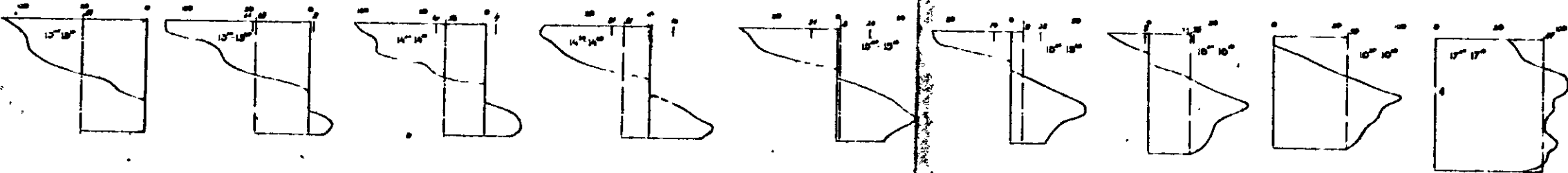
4a
1937



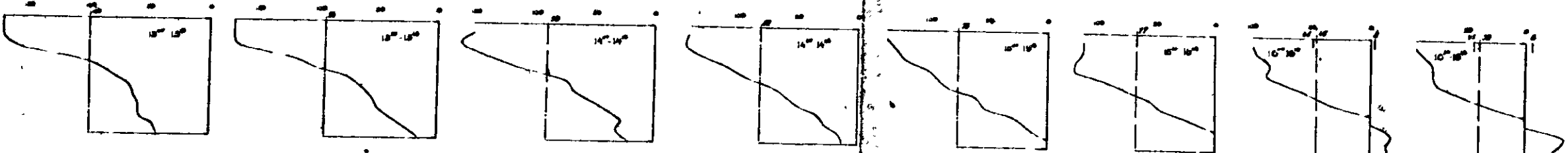
Schaal
Hor. 2.4 cm = 100 cm/sec
Vert 193cm = 10 M



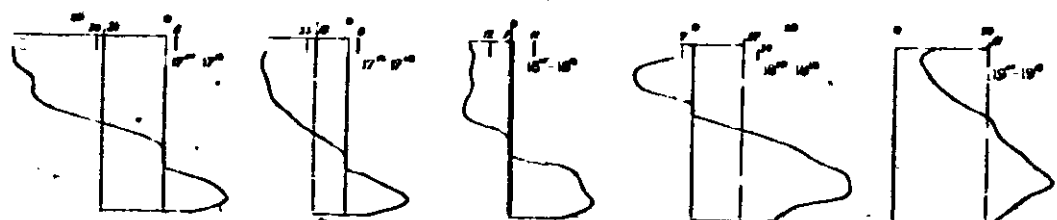
4b
1937



4c
1937

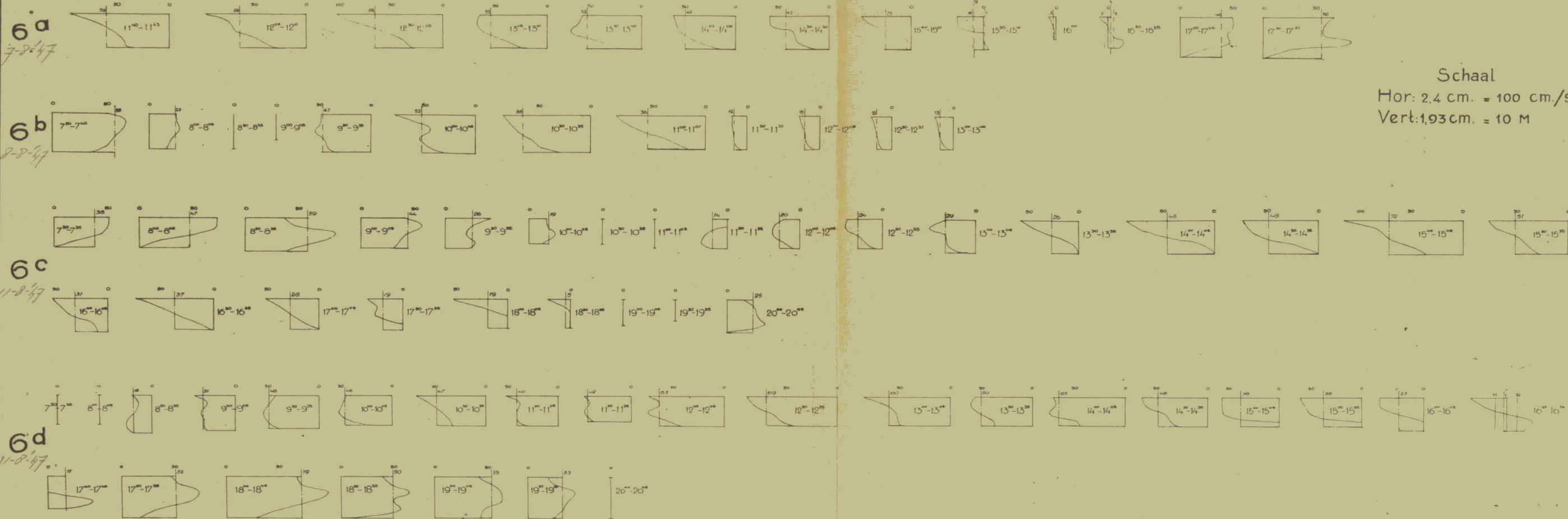


C 1164
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat



NIEUWE WATERWEG
km 1030
SNELHEIDSVERTICALEN
MEETPUNT 4

50 593 82



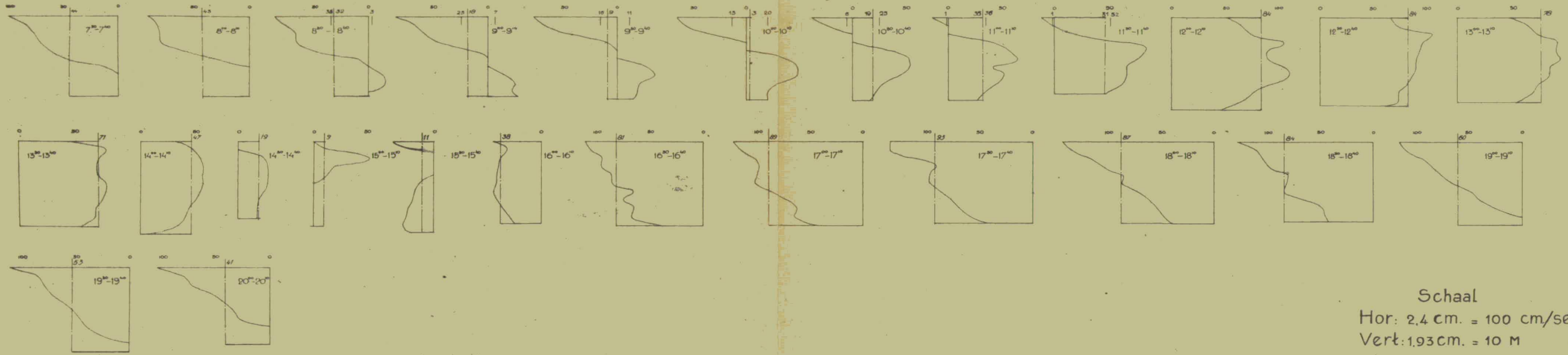
Schaal
 Hor: 2.4 cm. = 100 cm./sec.
 Vert: 1.93 cm. = 10 M

C 1164
 BIBLIOTHEEK
 Directie v.d. Waterstaat

NIEUWE WATERWEG
 km 1030
 SNELHEIDSVERTICALEN
 MEETPUNT 6

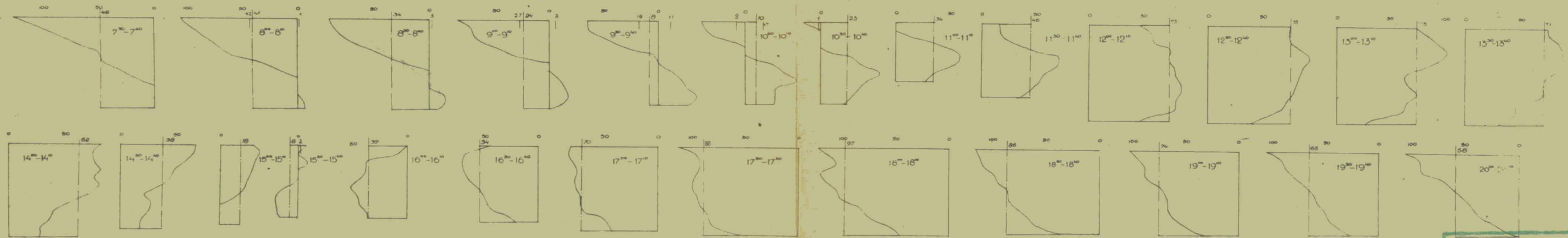
EB ← → VLOED

5a
14-8-47



Schaal
Hor: 2,4 cm. = 100 cm/sec.
Vert: 1,93 cm. = 10 M

5b
28-8-47



C 1164
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat

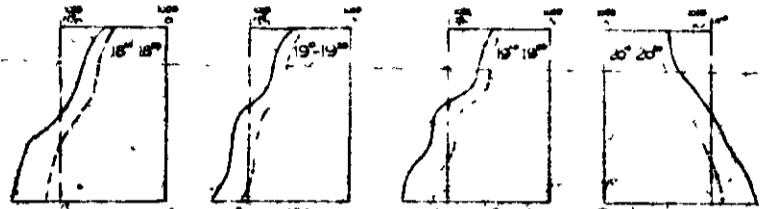
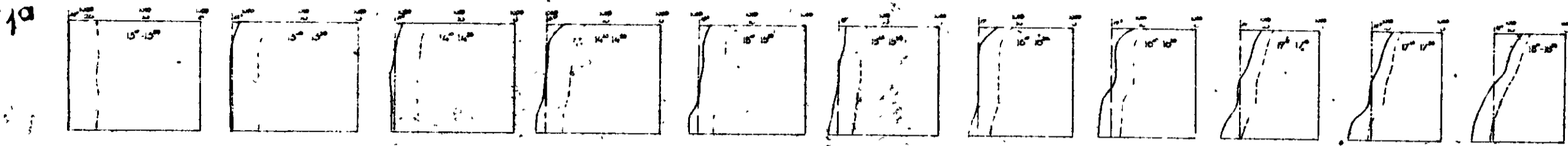
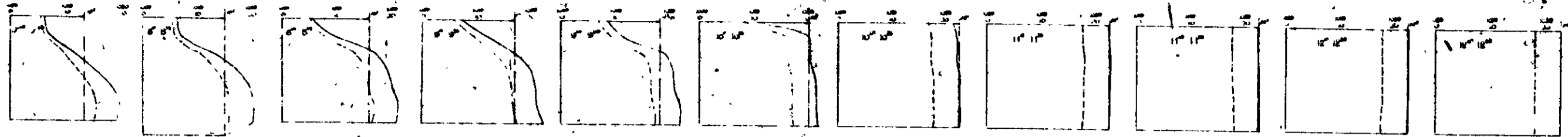
NIEUWE WATERWEG
km 1030

SNELHEIDSVERTICALEN

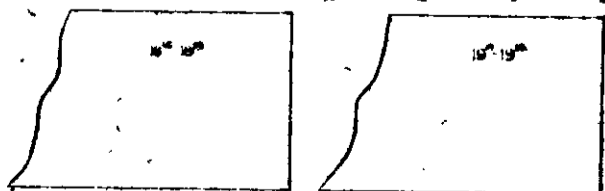
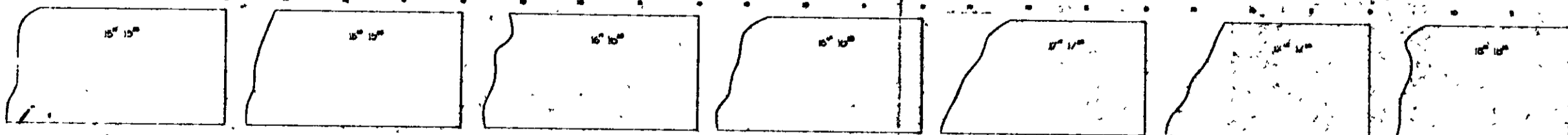
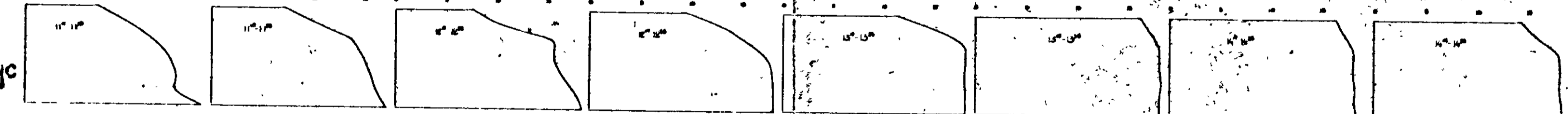
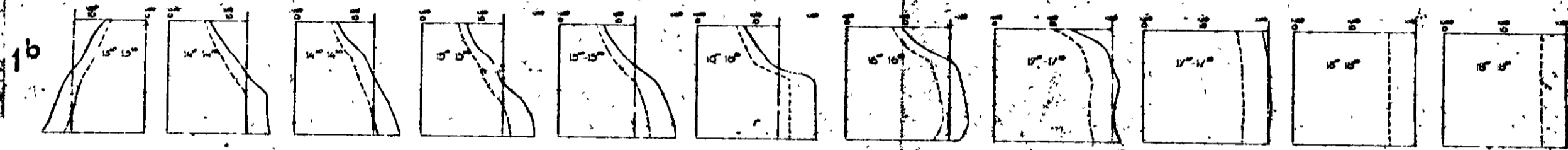
MEETPUNT 5

50.594 A2

EB ← → VLOED



Schaal
Hor 2.4 cm. = 10 gr/l
Vert 1.98 cm. = 10 m.



01164
BIBLIOTHEEK

Di. ectie v.d. Waterstaat.

NIEUWE WATERWEG
km 1030

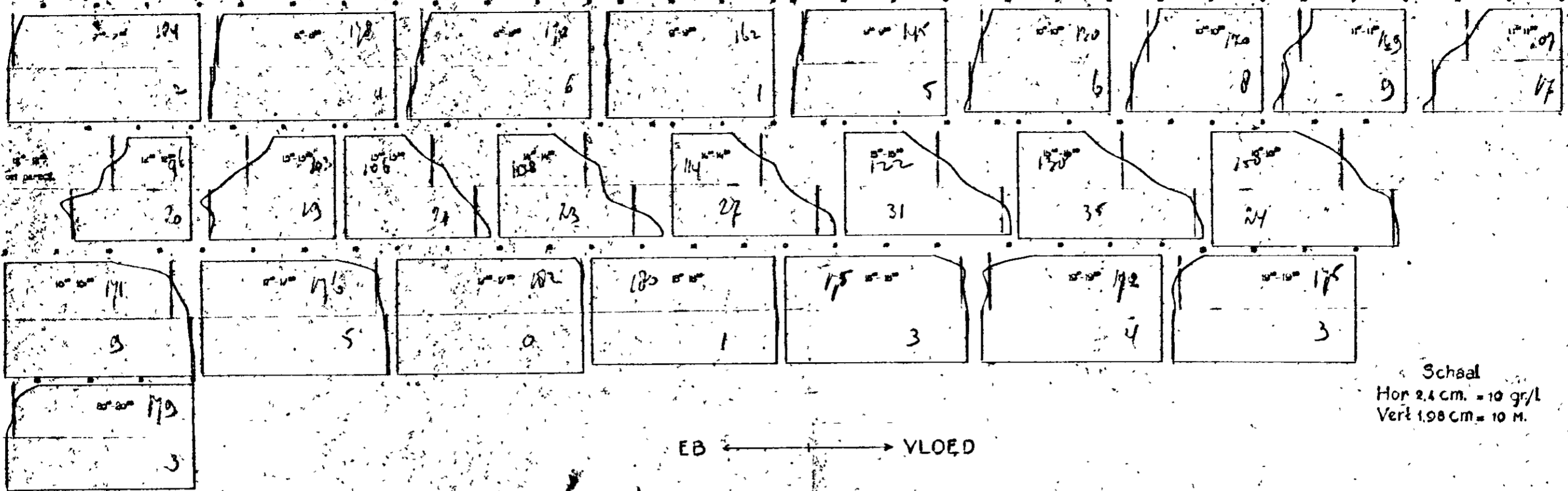
CHLOORGEHALTEVERTICALEN

MEESTPUNT 1

50594-B2

RAPPORT N^o 50 BIJLAGE 5a

2a



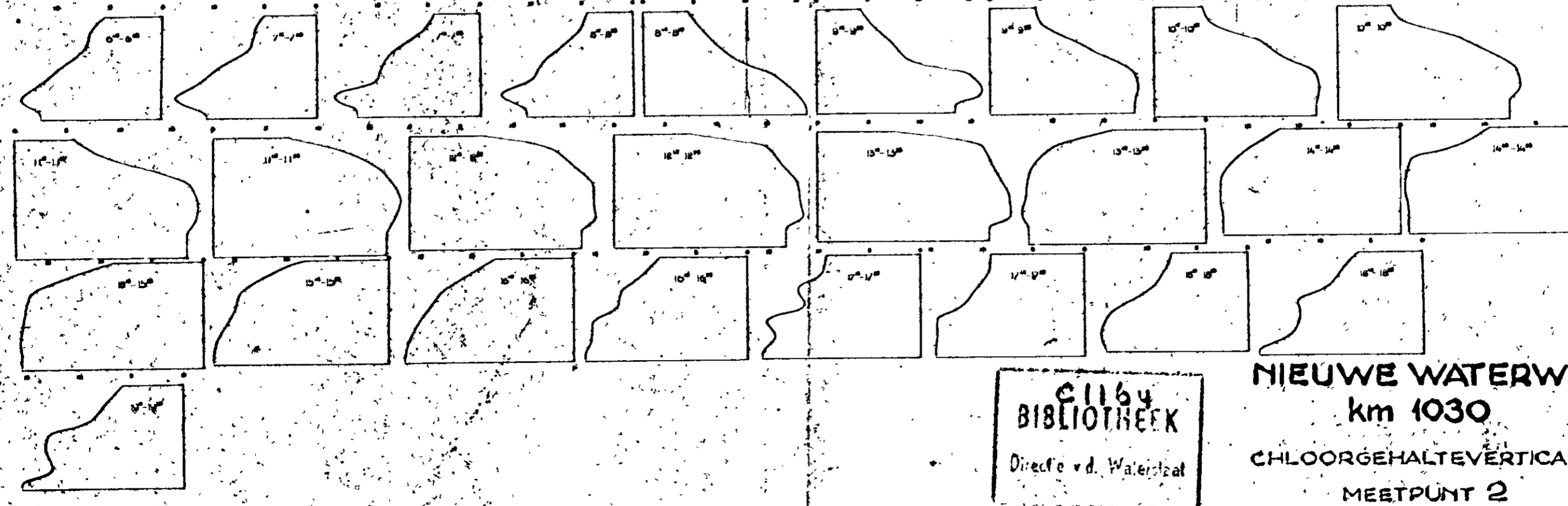
Schaal
 Hor 2.4 cm. = 10 gr/l
 Vert 1.98 cm = 10 m.

EB ← → VLOED

2b



2c

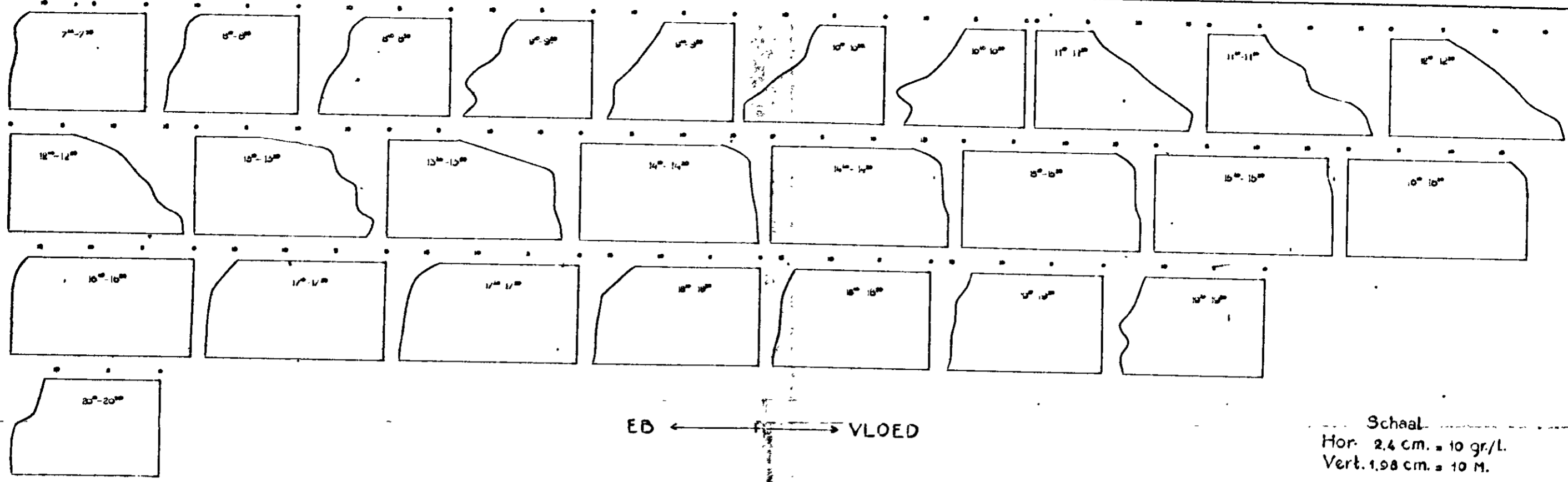


51164
 BIBLIOTHEEK
 Directie v.d. Waterstaat

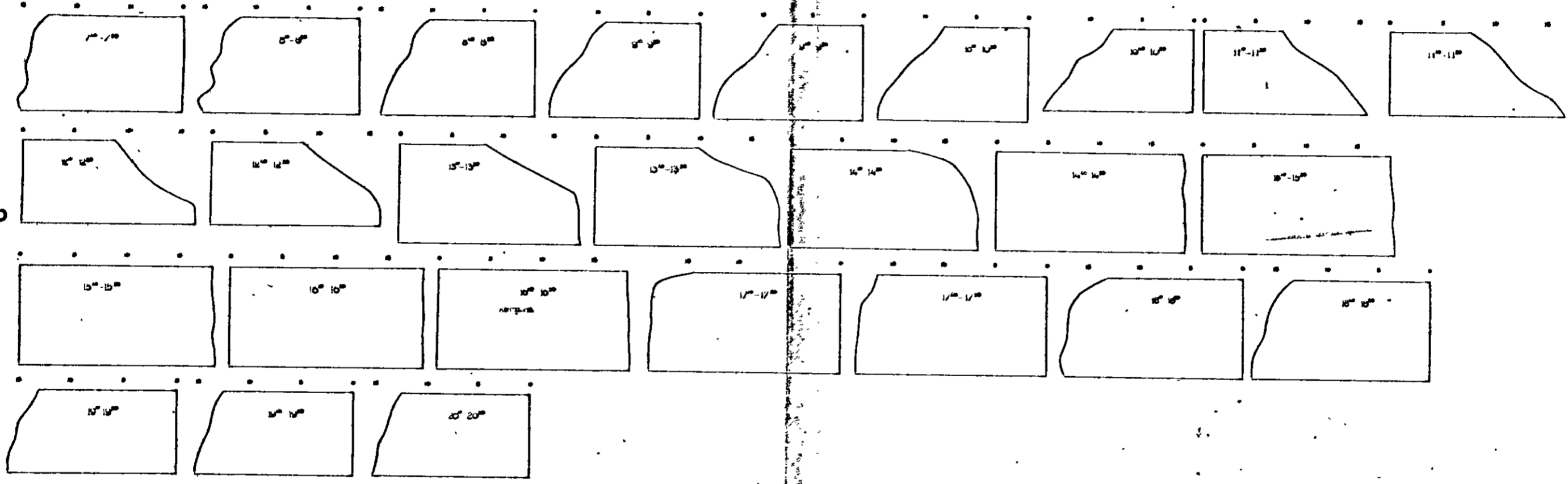
NIEUWE WATERWEG
 km 1030
 CHLOORGEHALTEVERTICALEN
 MEETPUNT 2

50585 B2

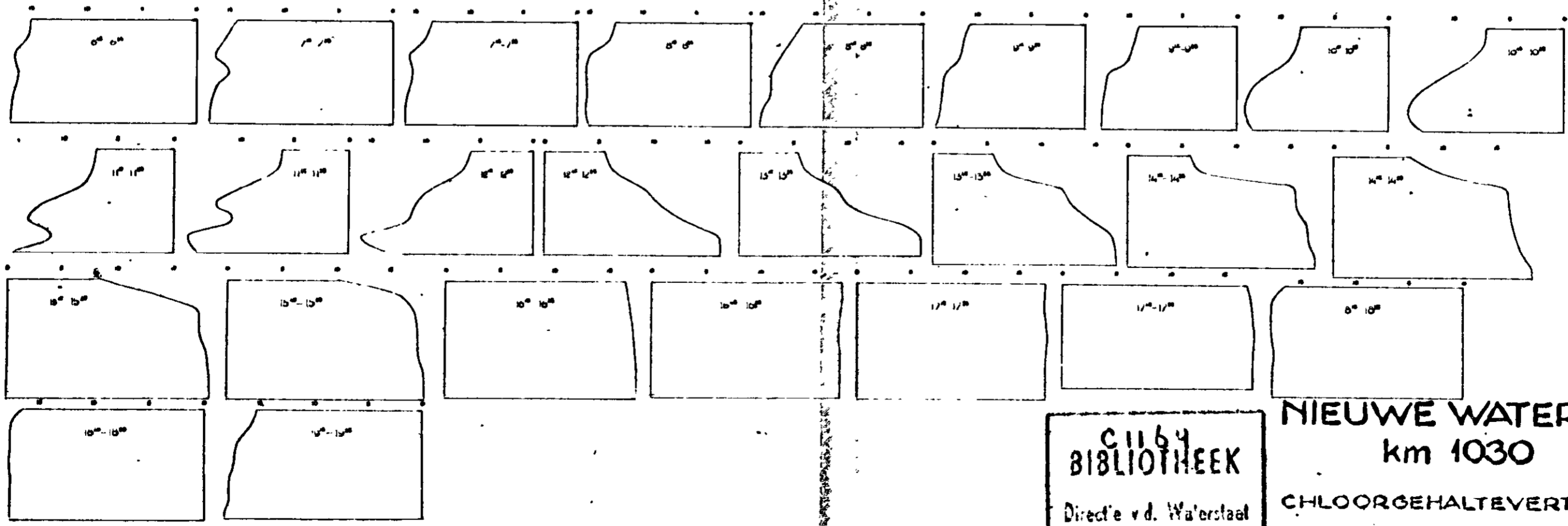
3^a



3^b



3^c

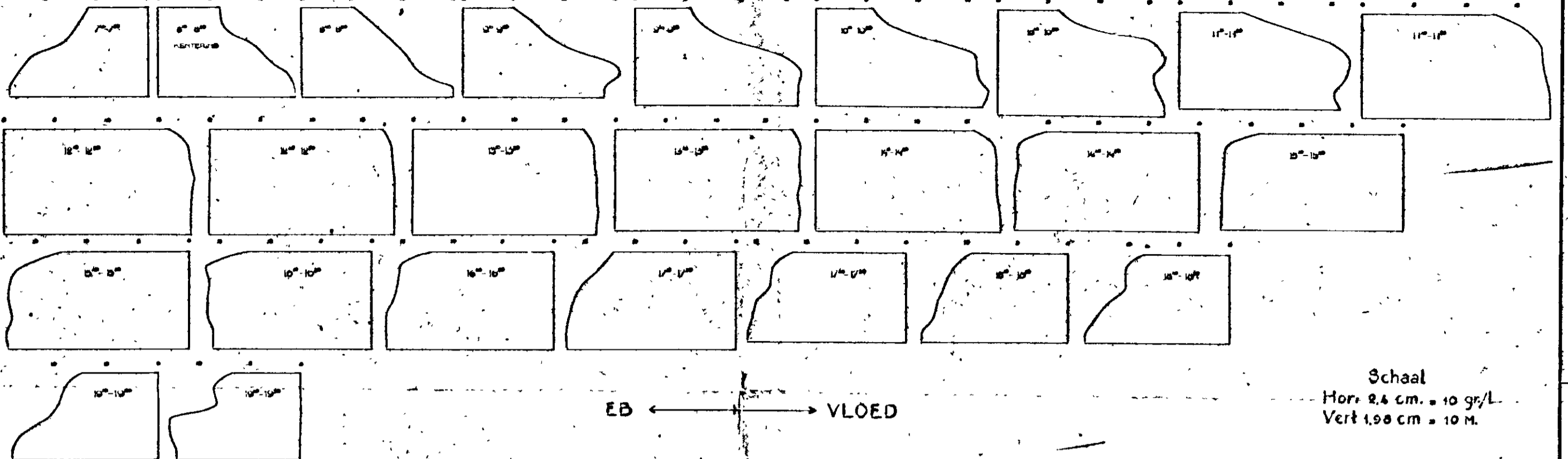


51164
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat

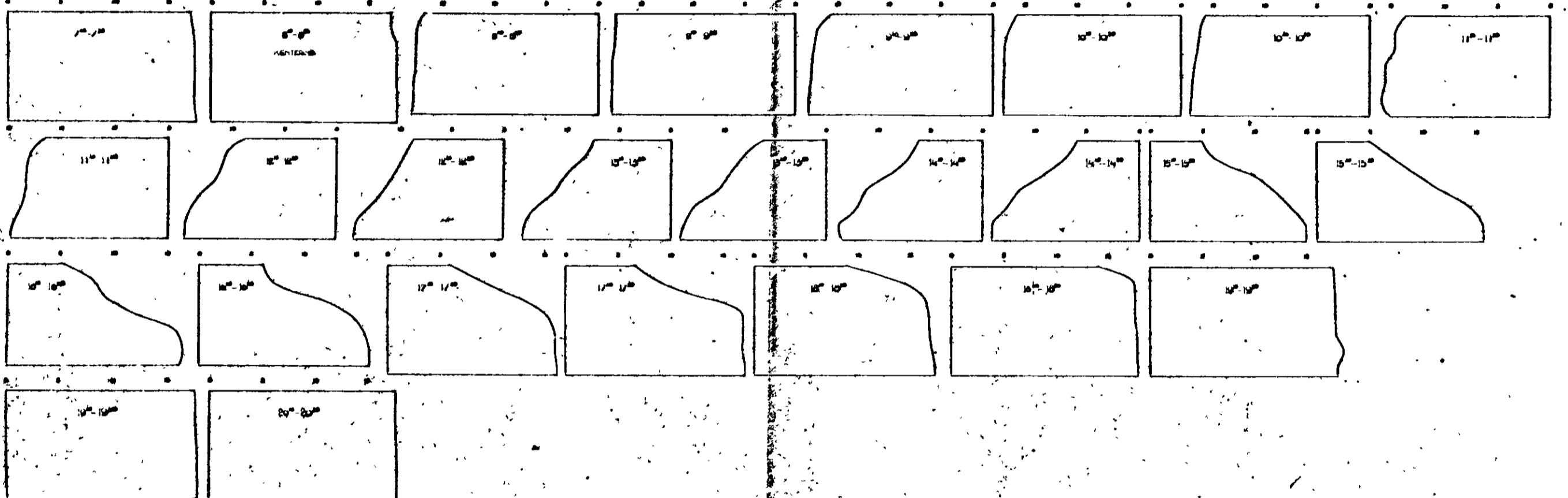
NIEUWE WATERWEG
km 1030
CHLOORGEHALTEVERTICALEN
MEETPUNT 3

50 586 B2

4a



4b



4c



LIBRARY
BIBLIOTHEEK
Directie v.d. Waterstaat

NIEUWE WATERWEG
km 1030
CHLOORGEHALTEVERTICALEN
MEETPUNT 4