

Franken

RIJKSWAARDENKAMER
DIR. BENEDENRIVIEREN

**DIRECTIE BENEDENRIVIEREN
HOLLANDSCHE USSEL
GETU BEREKENING**

R. 73

Veenoods

1124

1124

R73



Volgens het in 1934 ontworpen en goedgekeurd plan tot verbetering van den Hollandschen IJssel, waarbij de bochtafsnijdingen zoodanig werden ontworpen, dat de bandijken niet zouden worden aangetast, zou vooral het midden- en bovengedeelte der rivier niet onaanzienlijk verruimd worden (zie bijlage 1).

Hoewel reeds à priori gezegd kan worden, dat deze verbetering op de getijbeweging betrekkelijk weinig invloed zal uitoefenen, omdat deze rivier kort is en de getijbeweging zoowel voor als na de verbetering uit een eenvoudige komvulling en -lediging bestaat, zoo scheen het nochtans noodig een nauwgezette berekening op te zetten in het bijzonder voor wat betreft het veranderen van het verticaal getij.

Bij deze berekening, die uitgevoerd werd door den tijdelijk wiskundige J. J. Dronkers, werd uitgegaan van de grondveronderstelling, dat het verticaal getij in den mond van den IJssel na verbetering niet zal veranderen. Dit, gecombineerd met het feit, dat de horizontale getijbeweging aan het uiteinde bij Gouda op ieder oogenblik steeds = 0 zal moeten zijn, veroorloofde eene berekening, welke in wezen volkomen bepaald was.

A. Doorrekening van den bestaanden toestand.

Voor eene doorrekening van den bestaanden toestand moest, teneinde de te gebruiken berekeningsmethode te toetsen en de plaatselijke constanten te bepalen, de rivier natuurlijk geschematiseerd worden. Dit geschiedde door aanneming van drie vakken, elk van ongeveer 7 km lengte, waarbij voor elk

vak een constante breedte en diepte werd aangenomen. Als mond van den IJssel werd km. 21 aangehouden.

In onderstaand staatje zijn de aangenomen afmetingen der drie vakken aangegeven (bestaande toestand).

1e. vak van km. 21 - 13.5, breedte 100 m, diepte 5.50 m - M.E.

2e. " " " 13.5 - 7, " " 85 m, " 3.50 " - "

3e. " " " 7 - 1.2, " " 60 m, " 3.30 " - "

De boven km 1.2 gelegen riviertak werd als te onbeduidend beschouwd; de komberging is hier door de zeer geringe breedte te verwaarloozen.

Dit schematiseeren van een tamelijk "wilde" rivier als de Hollandische IJssel vereischt een nauwgezette bestudeering van meetgegevens. Het was b.v. vooraf niet te zeggen of de bochten grooten invloed op de getijbeweging uitoefenden of niet. Weliswaar heeft de rivier zelf voor een eenigszins regelmatige voortplanting gezorgd, door de diepten in de bochten groter te doen zijn dan elders, doch niettegenstaande dat, bleek de bochtinvloed toch vrij groot te zijn.

Ook moest de invloed van de vele zellingen worden nagegaan. Slechts nauwkeurige metingen kunnen een inzicht verschaffen in het regiem der rivier en een toetsing leveren voor de theoretische formules en constanten, welke men voor de berekening van de toekomstige getijbeweging wenscht te gebruiken. Deze formules moeten in staat zijn alle eigenaardigheden der meetgegevens voldoende te verklaren, voordat er vertrouwen aan kan worden geschonken.

De volgende meetgegevens waren beschikbaar:

1e. De afvoermeting van 13 Mei 1932 in den mond van den IJssel (zie bijlage 2). Daar de gemeten afvoerkromme betrekkelijk zuiver getoetst kon worden aan de komberging was het mogelijk haar op betrekkelijk exaete wijze te herleiden tot normale

omstandigheden. Men zie hiervoor de zwaar getrokken lijn van deze bijlage.

20. De getijlijnen op 4 verschillende plaatsen van den IJssel op 16 en 27 November 1934 (bijlage 3). De daarvoor gebruikte peilschalen werden voeraf gewaterpast terwijl deze waterpassing nauwkeurig aan de middenstanden werden getoetst.

Uit de op bijlage 3 afgebeelde waarnemingen volgt o.a. dat de bochten bij de Essepolder en bij Spreuwenhoek een vertraging van het getij tengevolge hebben en dat het tijverschil stroomopwaarts eenigszins onregelmatig toeneemt (zie ook bijlage 4). Het ligt voor de hand dat deze tijverschiltoename bij den verbeterden Hollandschen IJssel zal blijven bestaan en daarbij regelmatigiger zal worden.

Uit interpolatie tusschen Rotterdam en Krimpen a/d Lek blijkt, dat het gemiddeld tijverschil bij den mond van den IJssel bedraagt 1.52 m en bij de Waaiersluis 1.71 m (10 jaarlijksche gemiddelden 1921-'30). De vloedrijzingsduur kan voor den IJssel worden aangenomen op 4 uur en 40 minuten en de ebdalingsduur op 7u.50'. De voortplantingstijd van den mond tot de Waaiersluis bedraagt gemiddeld ongeveer 60 min. tijdens vloed en 40 min. tijdens eb. Dit verschil houdt natuurlijk verband met den korten vultijd tijdens vloed en de daardoor veroorzaakte grotere snelheden en weerstanden.

Bijlage 5 geeft behalve de gegeven getijkromme in den mond nog de 1e en 2e harmonischen dezer kromme, welke gebruikt werden voor de berekening. Met behulp van deze 2 harmonischen blijft de afwijking t.o.v. de werkelijke getijkromme betrekkelijk gering. Het tijverschil blijkt in werkelijkheid een weinig (4 cm) lager te zijn dan dat der theoretische kromme, welke gevormd is door samenstelling der 1e en 2e harmonischen, terwijl de voortplantingstijd der hoog- en laagwatertoppen tamelijk veel is verschoven. Bij eerste

benadering is de overeenstemming echter wel voldoende te achten, terwijl later met deze verschillen rekening werd gehouden.

Een berekening met behulp van de 1e harmonische alleen, zooals bij de Zuiderzeeberekening voldoende nauwkeurige uitkomsten gaf, geeft hier onbevredigende uitkomsten.

Bij elke harmonische van het verticaal getij behoort een afvoerkromme, terwijl de "werkelijke" afvoerkromme samengesteld kan worden uit de partieele, daar aangetoond kan worden dat het superpositiebeginsel hier mag worden toegepast. Weliswaar is de splitsing van den stroom slechts fictief en eveneens werken op elk waterdeeltje slechts 2 fictieve krachten tengevolge van de 2 denkbeeldige verhangen der beide harmonischen, doch de weerstandskracht wordt door de totale snelheid veroorzaakt en kan zodanig worden bepaald dat de totale arbeid der beide harmonischen gedurende een volledige periode even groot is als de weerstandsarbeid in die periode.

Ter bepaling van den weerstandsfactor k werd uitgegaan van gemiddelde max. snelheden in de drie aangenomen vakken van resp. 55, 32⁵ en 20 cm/sec. Deze bedragen volgen uit de komberging (hoofdstuk IX van mijn nota van December 1934 over het plan tot verbetering van den Hollandschen IJssel). De constante van Eytelwein (c) werd bepaald uit de stroommeting van 13 Mei 1932. Deze bleek gemiddeld 50 te bedragen (weinig varieerend in grootte).

Een andere methode werd nog onderzocht, waarbij uitgegaan werd van afzonderlijke weerstandsfactoren k voor elk der twee harmonischen. De arbeid der uit elk dezer harmonischen volgende beweegkracht werd daarbij gelijk gesteld aan den bijbehorenden weerstand. Deze laatste methode gaf wat de amplituden betreft weinig verschil met de voorgaande en ook de voortplantingstijden bleef daarbij iets kleiner.

Bijlage 6 geeft aan welke geringe verschillen voor beide methoden gevonden worden bij de berekening van de afvoerkrommen in den mond. De maximum-afvoer bedraagt thans normaal bij vloed 400 m³/sec. (zie bijlage 2), volgens de berekening met de enkelvoudige k : 365 m³/sec. en volgens de berekening met de tweevoudige k : 370 m³/sec. De maximum-afvoer tijdens eb bedraagt thans normaal 276 m³/sec. en volgens de berekeningen resp. : 275 m³/sec. en 265 m³/sec. Deze berekeningen werden uitgevoerd met de methode Lorentz (lineaire weerstandswat), terwijl daarbij de genoemde 3-voudige vakindeeling werd aangehouden. Niet alleen bleken de maximumstroomen dus behoorlijk benaderd te kunnen worden, doch ook de algemeene vorm der afvoerkromme. Dit is dus voor een groot deel het gevolg van het werken met twee harmonischen.

Wat de methode der weerstandbepaling aangaat zal in het vervolg worden genomen die, welke het eerst werd genoemd, dus waarbij de k bepaald wordt uitgaande van de totale maximumstroomen. Dit schijnt iets juist^{er} dan de andere methode, waarbij twee k's worden bepaald.

B. Berekening van het getij in den verbeterden Hollandschen IJssel

De berekening was tweeledig: a, met de methode Lorentz ("lineaire methode, weerstand evenredig met de enkele macht der snelheid) b, met de "quadratische methode" (weerstand evenredig met het kwadraat van de snelheid).

Op bijlage 7 wordt een schema gegeven van den verbeterden IJssel. Er werden daarbij aanvankelijk weder drie vakken aangenomen van resp. 6700, 5400 en 5670 m lengte, terwijl het gedeelte tusschen Gouda en de Waaiersluis niet mee werd geteld.

a) Het tijverschil in den mond (km 21) werd gesteld op 1.52 m terwijl voor de berekening met de methode Lorentz werd uitge-

gaan van de twee harmonischen, welke blijkens het voorgaande hoofdstuk (bijlage 5) de gemiddelde getijkromme in den mondtamelijk juist benaderen. De vakafmetingen zijn daarbij aangehouden op:

vak 1 : breedte 100 m, diepte - L.W. : 4.5 m.

" 2 : " 90 " " - " : 4 "

" 3 : " 65 " " - " : 3.35 m.

Hierbij is op te merken, dat de gemiddelde diepte van vak 1 kleiner moesten worden aangehouden dan bij den verbeterden toestand, omdat de dieptebochten afgesneden zullen worden.

Met behulp van de hierbovenstaande gegevens werd het horizontale en het verticale getij berekend voor 6 verschillende plaatsen langs den Hollandschen IJssel. Bijlage 8 geeft de afvoerkrommen, welke op deze wijze werden gevonden. De maximum vloedstroom zou 370 m³/sec., de maximum ebstroom 251 m³/sec. bedragen. Voor onverbeterden toestand werd gevonden resp. 400 en 276 m³/sec., doch hierbij moet in acht worden genomen, dat men bij afvoermetingen steeds $\pm 4\%$ te groote waarden verkrijgt.

Het verschil in stroomsterkte tusschen den nieuwen en den bestaanden toestand zou dus volgens deze berekening vrijwel te verwaarloozen zijn. Verder valt op bijlage 8 nog op te merken, dat voor Gouda (km 3.9) een onregelmatige stroom wordt gevonden. Dit is een fout van de berekeningsmethode, daar de stroom hier in werkelijkheid steeds klein moet zijn. De vorm dezer kromme voor km 3.9 geeft aan, welke graad van zuiverheid met de methode Lorentz bereikt kan worden in een geval als het onderhavige.

b) Op bijlage 9 werden de uitkomsten geteekend van de meer nauwkeurige quadratische methode. Volgens deze berekening zou de afvoerkromme bij km. 21 een iets hooger maximum tijdens vloed bezitten dan thans, terwijl het eb-maximum zou afnemen

en de totale vloed- en ebafvoeren niet veel zouden veranderen (de komberging wordt iets kleiner, doordat enkele loswallen in het zellingebied werden ontworpen). Tijdens vloed zou het maximum toenemen met $\pm 6\%$, tijdens eb afnemen met $\pm 15\%$. Dit heeft betrekking op de afvoeren in m³/sec. door het gehele profiel. Daar de profielsinhouden meestal toenemen, zal in vele gevallen de maximum stroom in de toekomst iets geringer zijn dan thans.

Bij deze "quadratische" methode was het noodzakelijk de vaklengte niet groter te nemen dan 3 km om de veranderlijke komberging behoorlijk in rekening te kunnen brengen (zie bijlage 7). Deze komberging veroorzaakte eenige moeilijkheden, welke door een dubbele berekening, voor elk vak, n.l. zonder en met de kombergingshoeveelheden, werden opgelost. De werkelijke verandering werd dan geïnterpoleerd tusschen de uitkomsten der beide berekeningen. Bij de "lineaire" methode werd meer globaal gewerkt en kan deze subtiële benadering niet worden verkregen.

Bijlage 10 geeft een voorspelling van het verticaal getij op den verbeterden Hollandschen IJssel volgens de quadratische methode.

Het hoogwater zal bij Gouda gemiddeld 1 em hoger worden dan thans, terwijl het laagwater na verbetering 4 em lager zal afloopen. De voortplantingstijd zal ongeveer 10 minuten worden verkort, terwijl de getijkromme bij Gouda zoodanig van vorm zal veranderen, dat een snellere rijzing tijdens vloed kan worden verwacht.

Van eenige praktische beteekenis zijn deze veranderingen natuurlijk niet.

Bijlage 11 geeft behalve de met de "quadratische" methode berekende nieuwe getijlijn te Gouda, ook die welke gevonden werd volgens de methode Lorentz, ("lineaire" methode).

Hierbij werd uitgegaan, niet van het werkelijk getij in den mond, doch van de samengestelde der twee harmonischen, dus van een amplitude van 1.55 m inplaats van 1.51 m. Het volgens de "lineaire" methode gevonden H.W. van 1.14 m + N.A.P. moet dus met 2 cm verlaagd worden en het gevonden L.W. van 58 cm - N.A.P. moet met 2 cm verhoogd worden, om de werkelijke voorspellingen te verkrijgen. Alsdan blijkt, dat volgens de methode Lorentz het H.W. na verbetering met 3 cm zou verlagen en het L.W. met 0 cm. Gemeend wordt dat de uitkomsten der meer exacte "quadratische" methode meer den werkelijken toestand zullen benaderen. Opvallend is het verschil in voortplantingstijd, welke bij de beide methoden wordt gevonden. De te korte voortplantingstijd volgens de methode Lorentz duidt er op, dat de met deze methode bereikte uitkomsten minder zuiver zullen zijn.

C. Berekening van een stormvloed.

Het is vanzelfsprekend, dat de amplitudevergrooting van het getij te Gouda ten opzichte van het getij te Krimpen zich ook bij stormvloeden zal voordoen.

Beschouwt men b.v. den storm van 26 November 1928 dan vindt men een hoogste stand te Krimpen van ± 3.05 (geschat) en te Gouda (sluis) van 3.20 m + N.A.P., dus een toename van dezelfde orde van grootte als de dagelijksche (thans 11 cm, in de toekomst 12 cm).

Ben uitzondering op dezen algemeenen regel maakte de hoogst bekende vloed (van 13/14 Januari 1916), waarschijnlijk tengevolge van het overloopen der dijken (zie het gedrukte verslag van dezen stormvloed). De hoogste stand te Gouda (sluis) bedroeg daarbij evenveel als de hoogste stand te Krimpen (3.34 m + N.A.P.). De registreerende peilschaal te Haastrecht (waaiersluis) die niet hoger teekende dan 3.30 m +, liep

waarschijnlijk minder juist.

Uitgaande van de getijlijn voor 13/14 Januari 1916 te Krimpen werd de getijlijn te Gouda voor den verbeterden toestand berekend (bijlage 12), waarbij de volgende afmetingen werden aangenomen.

Vak	lengte m	kombergings- breedte m	stroombed- lengte m	gem. diepte stroombed m	
1	3350	200	160	6.5	67
2	3350	240	190	6.1	80.5
3	2700	200	140	6.0	54
4	2700	220	160	5.3	62
5	2955	200	150	5.0	58.7
6	3955	185	120	5.5	72.8
	18970				395-

Een iets grooter dan normale verhooging van het hoogwater naarmate men het doodlopend einde nadert, werd zocals te verwachten was daarbij duidelijk geconstateerd (15 cm tusschen Krimpen en Gouda), zoodat met een groote mate van zekerheid mag worden voorspeld, dat een stormvloed als die van 1916 na verbetering van den IJssel te Gouda een stand van + 3.48 m + N.A.P. bereikt zou hebben. Deze verhooging met 15 cm moet nagenoeg uitsluitend te wijten zijn aan de omstandigheid, dat de dijken sinds 1916 verhoogd werden. Bij den bestaanden toestand is het verschil bij gemiddelde stormen 11 cm en volgens een berekening bij den zeer krachten storm van Januari 1916 eveneens ongeveer 15 cm (Zie ook de tabel voor de verschillen tusschen Rotterdam en Gouda op blz. 101 van het Verslag der Staatscommissie inzake hooge vlooden). Door de toekomstige verbetering zal deze hoogwaterverhooging tusschen Krimpen en Gouda dus niet merkbaar worden beïnvloed.

Gerekend moet worden op stormvloedén, welke te Gouda ongeveer 15 cm hooger zullen zijn dan te Krimpen. Dit is zonder opwaaiing. Gewoonlijk zal bij hooge vloedén geen zuidwesten-, doch een noordwesten wind voorkomen, zoodat er dan practisch geen opwaaiing in den IJssel zal voorkomen. Veilig is echter te rekenen op eenige opwaaiing te Gouda van bv. 10 cm en de dijken nabij Gouda dus + 25 cm hooger te leggen dan bij Krimpen. Tot nog toe werd met deze verhooging der vloedén op den IJssel, blijkens bijlage 13 (waterpassing Landmeetkundigen Dienst omstreeks 1930) naar het schijnt geen rekening gehouden.

D. Samenvatting.

1o. Het gemiddeld tijverschil te Gouda zal na de voorgestelde verbetering van den IJssel met ongeveer 5 cm toenemen. Indien het getij te Krimpen niet verandert (door verbeteringen aan den Waterweg, enz.) zal het peil van M.V. hier ongeveer 1 om hooger en het peil van M.E. ongeveer 4 om lager komen te liggen dan thans. Het stijgende deel der getijkromme te Gouda zal steiler zijn dan thans.

2o. De voortplantingstijd van den getijgolf zal ongeveer met tusschen Krimpen en Gouda 10 minuten verminderen en dus na verbetering ongeveer 40 minuten bedragen.

3o. De gemiddelde vloedstroomsterkten zullen niet veel veranderen, de gemiddelde ebstroomnelheden zullen iets afnemen. De afvoerkrommen zullen een weinig gewijzigd worden (grooter vloedmaximum, kleiner ebmaximum).

4o. Het H.W. loopt gemiddeld thans 11 cm hooger op te Gouda dan te Krimpen. Na verbetering zal dit ongeveer 12 cm zijn. Bij stormvloedén kan dit zoewel vóór als ná de verbetering ongeveer 15 cm worden.

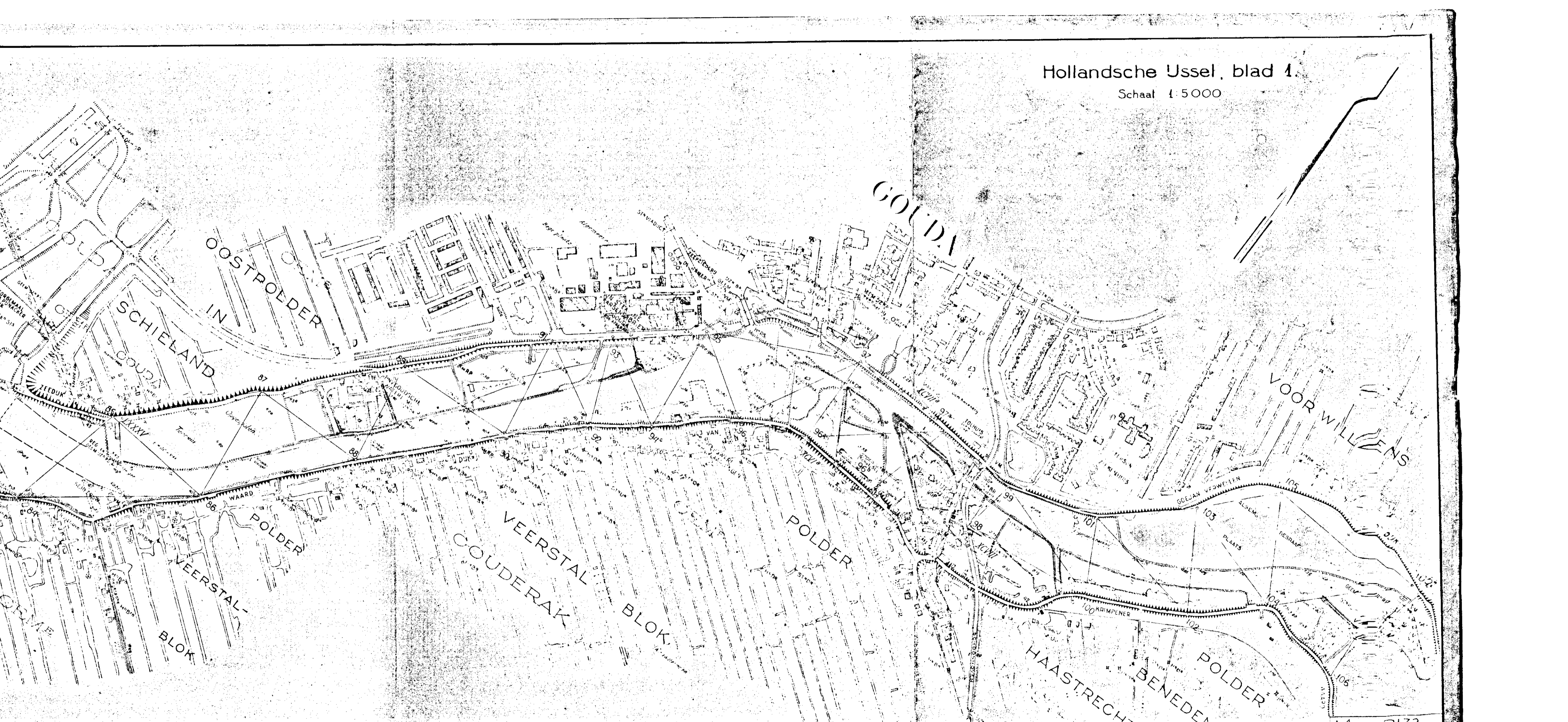
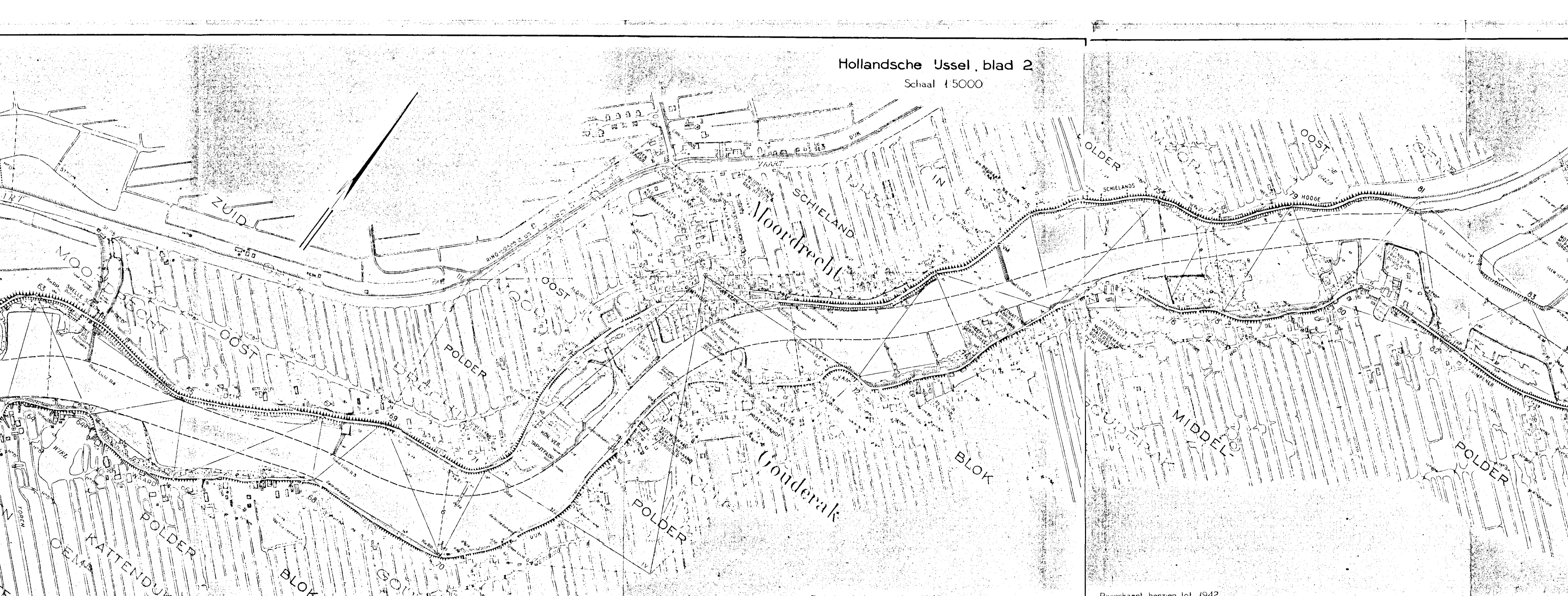
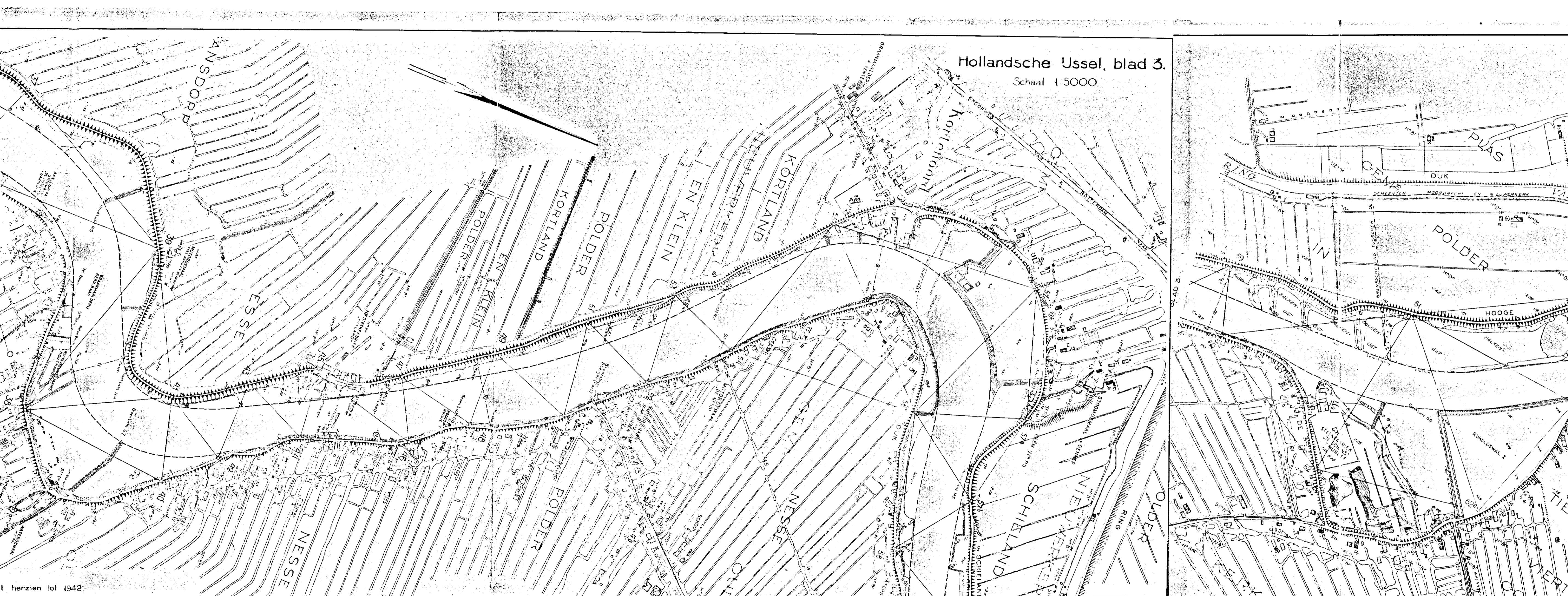
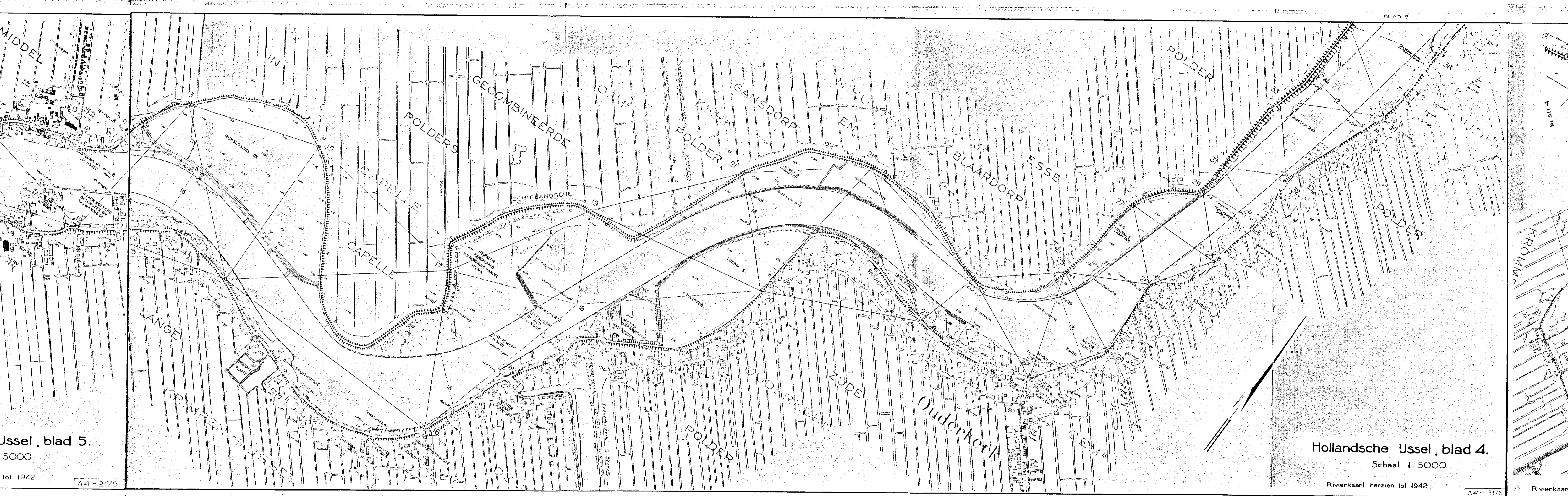
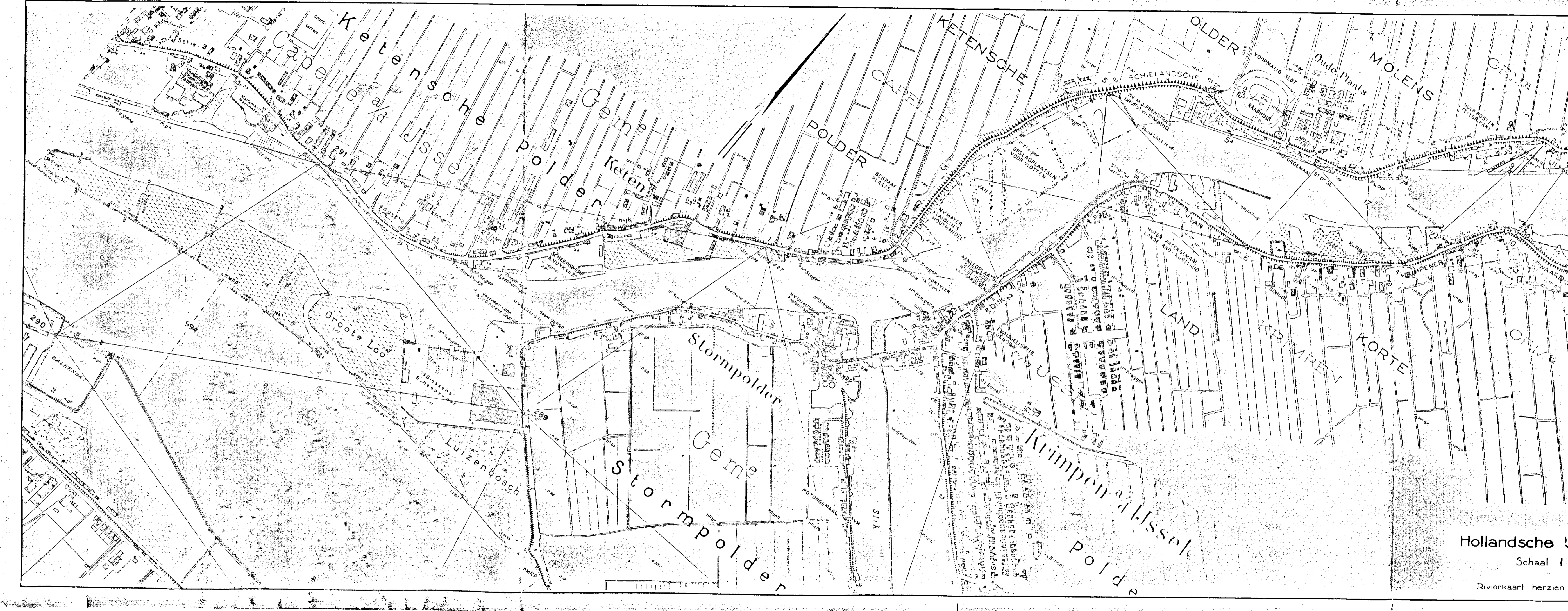
50. Het is veilig deze 15 cm te verhoogen tot 25 cm, daar er eenigen kans op opwaaiing in de richting Krimpen - Gouda bestaat (thans zoowel als na de verbetering).

Juli 1935.

DE HOOFDINGENIEUR,

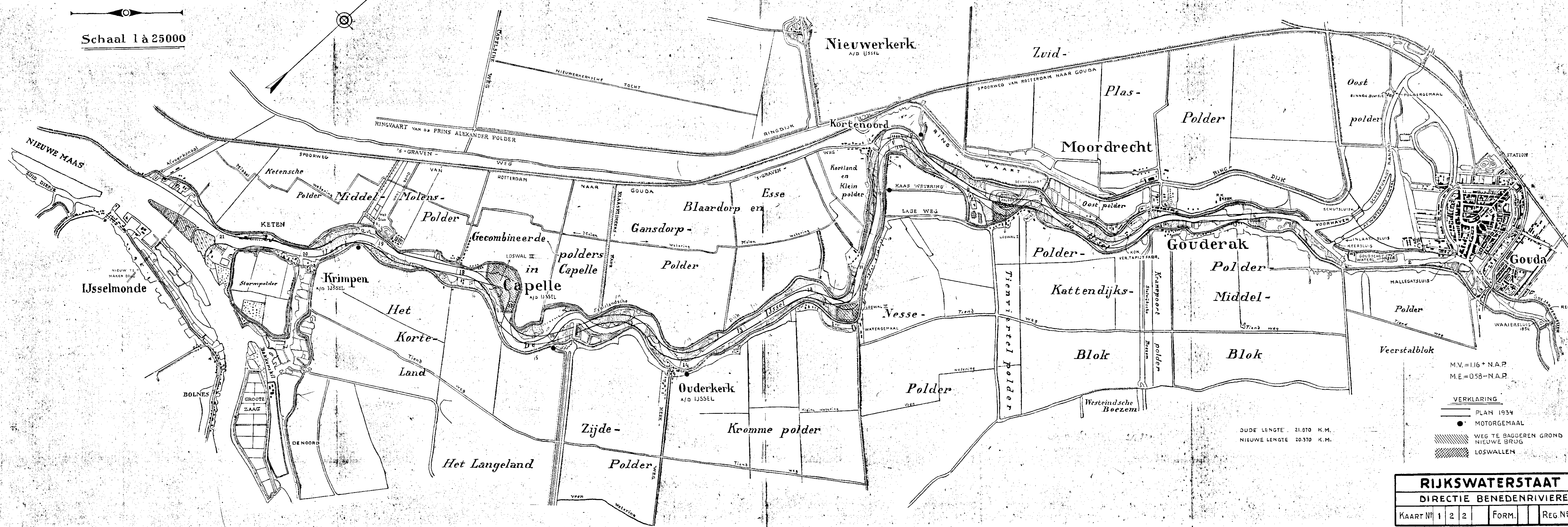
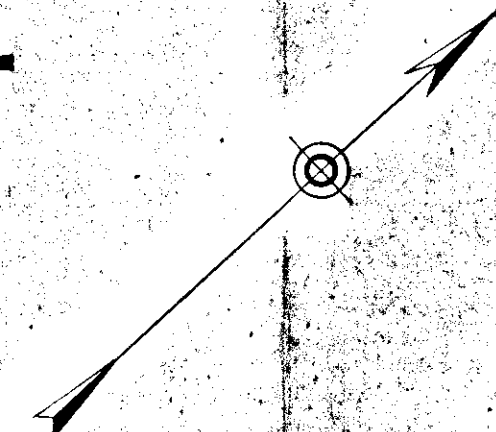
v.V/K





HOLLANDSCHE - IJSSEL

Schaal 1 à 25000



M.V. = 1.16 + N.A.P.
M.E. = 0.58 - N.A.P.

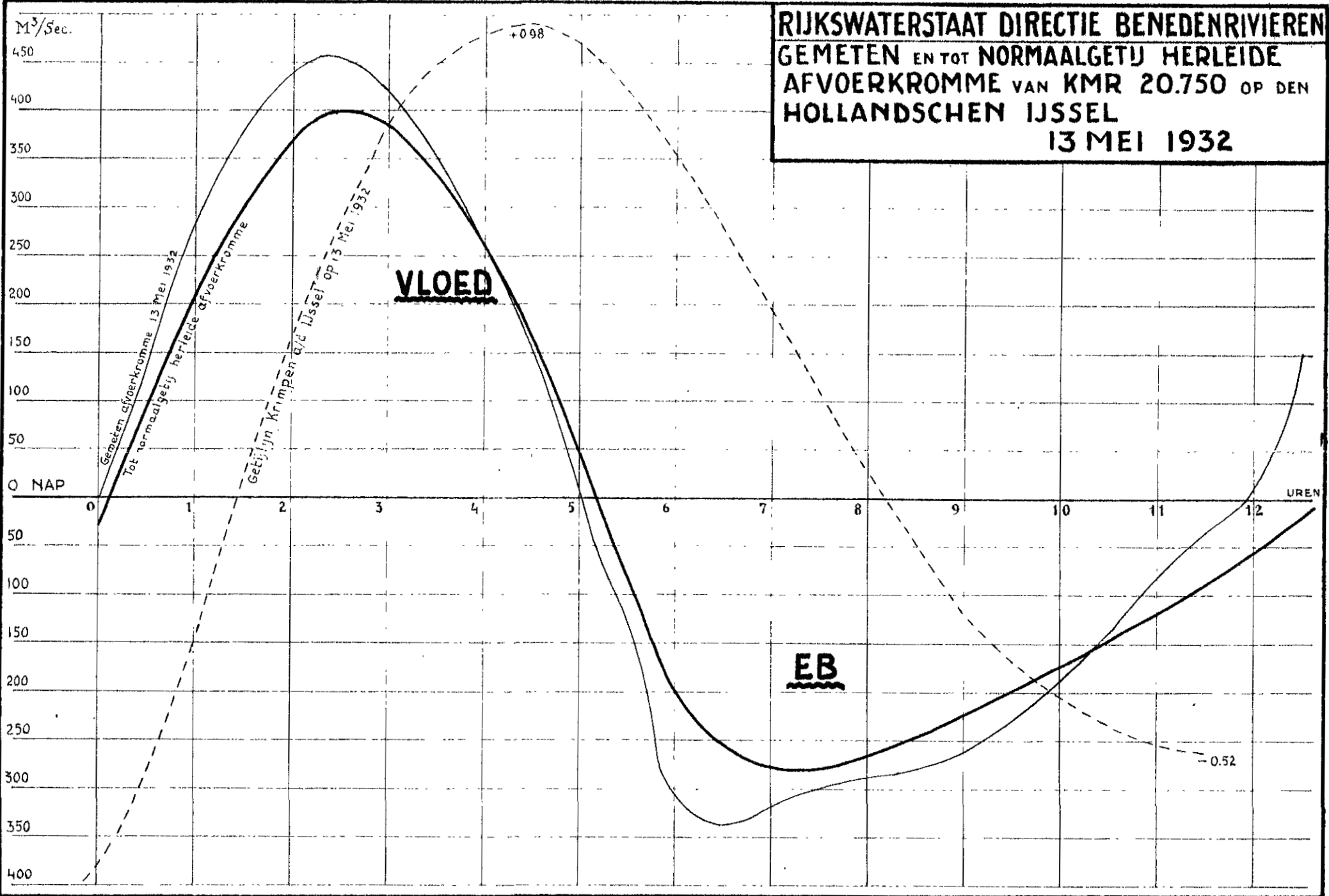
VERKLARING

- PLAN 1934
- MOTORGEMAAL
- ▨ WEG TE BAGGEREN GROND BIJ NIEUWE BRUG
- ▩ LOSWALLEN

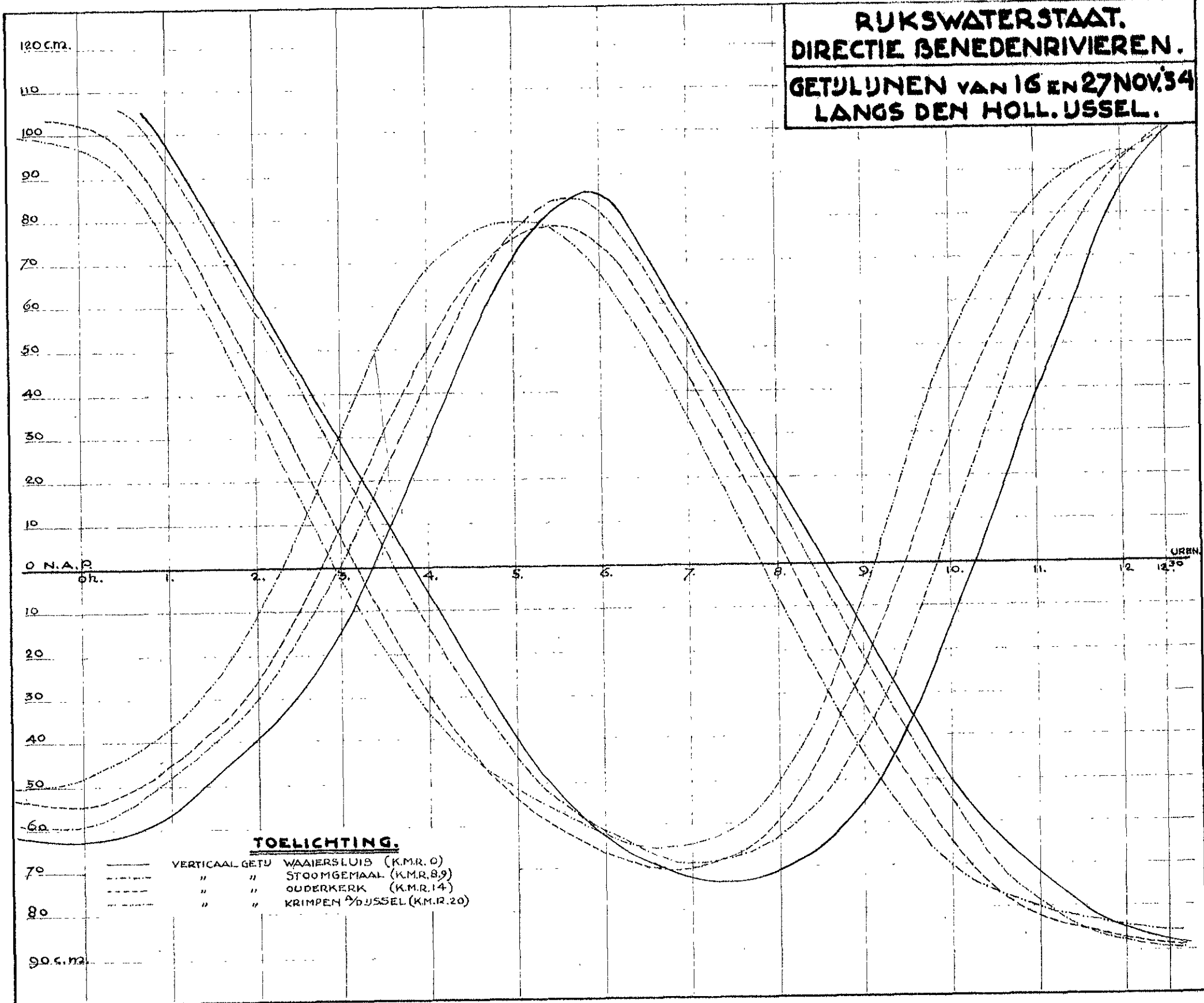
OUDE LENGTE 21.870 K.M.
NIEUWE LENGTE 20.370 K.M.

RIJKSWATERSTAAT				
DIRECTIE BENEDENRIVIEREN				
KAART N ^o 1	2	2	FORM.	REG N ^o 10

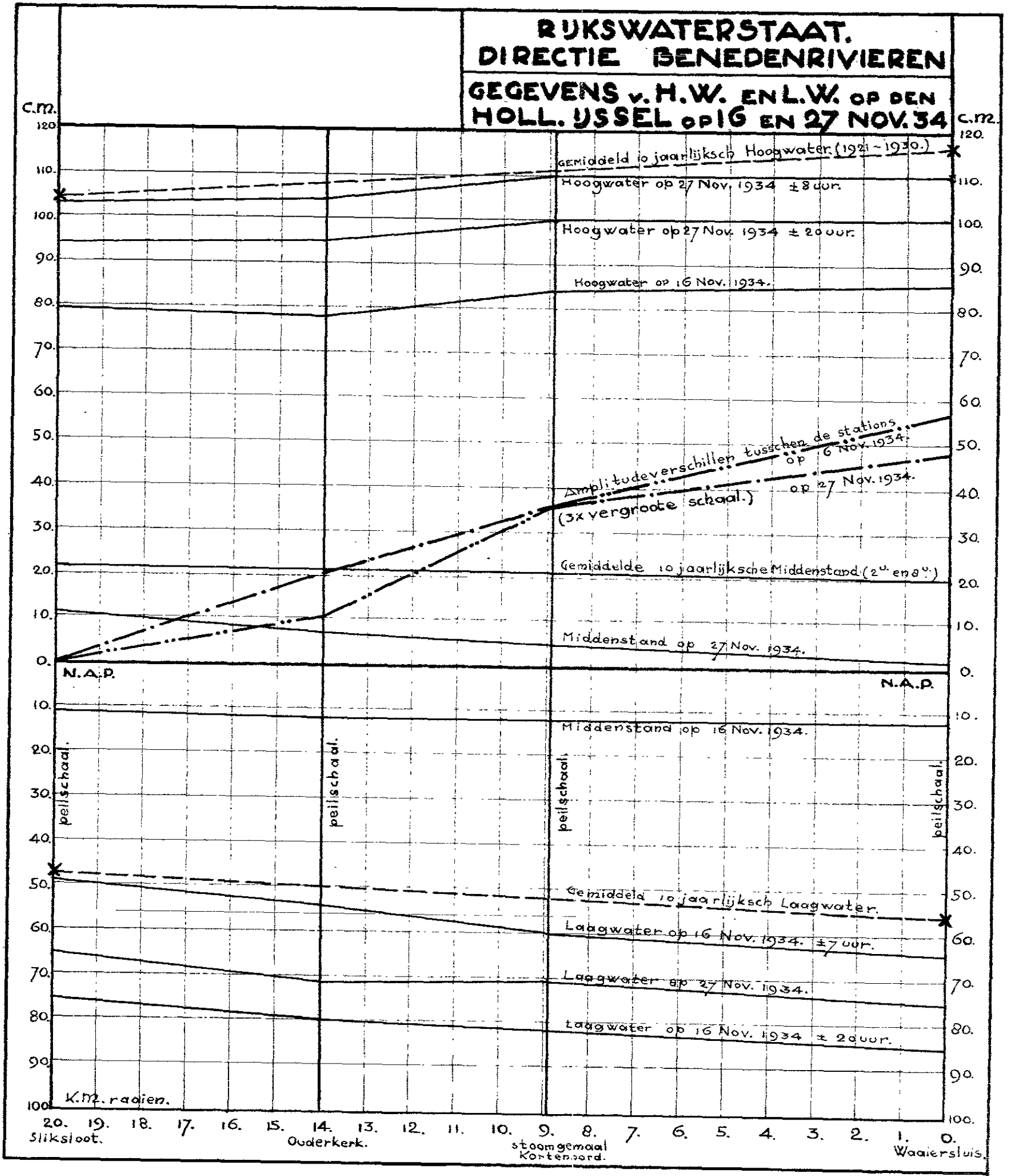
RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE BENEDENRIVIEREN
GEMETEN EN TOT NORMAALGETIJ HERLEIDE
AFVOERKROMME VAN KMR 20.750 OP DEN
HOLLANDSCHEN IJSEL
13 MEI 1932



**RIJWSWATERSTAAT.
DIRECTIE BENEDENRIVIEREN.
GETULIJNEN VAN 16 EN 27 NOV. '34
LANGS DEN HOLL. USSEL.**

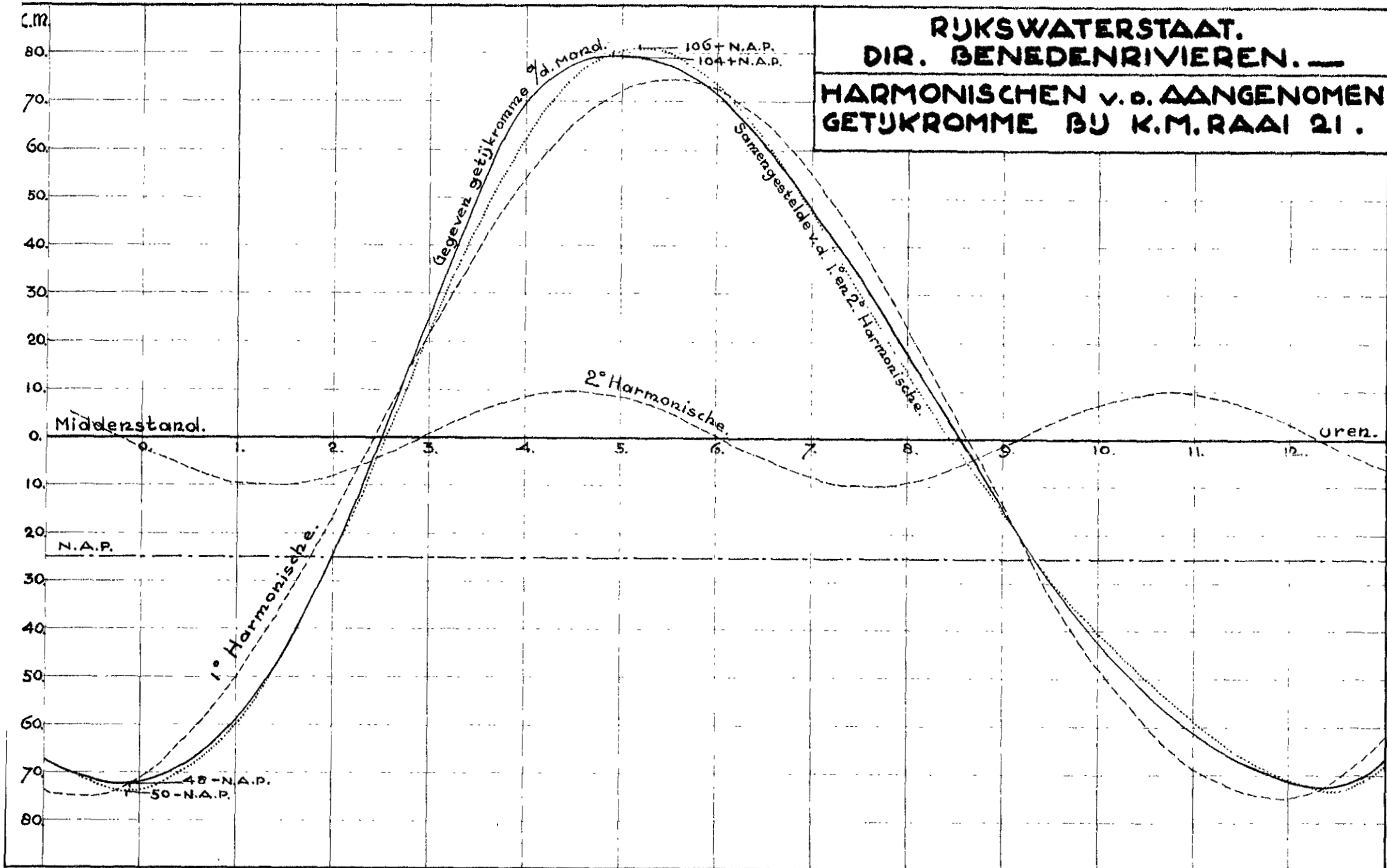


**RUKSWATERSTAAT,
DIRECTIE BENEDENRIVIEREN
GEGEVENS v. H.W. EN L.W. OP DEN
HOLL. JUSSEL OP 16 EN 27 NOV. 34**



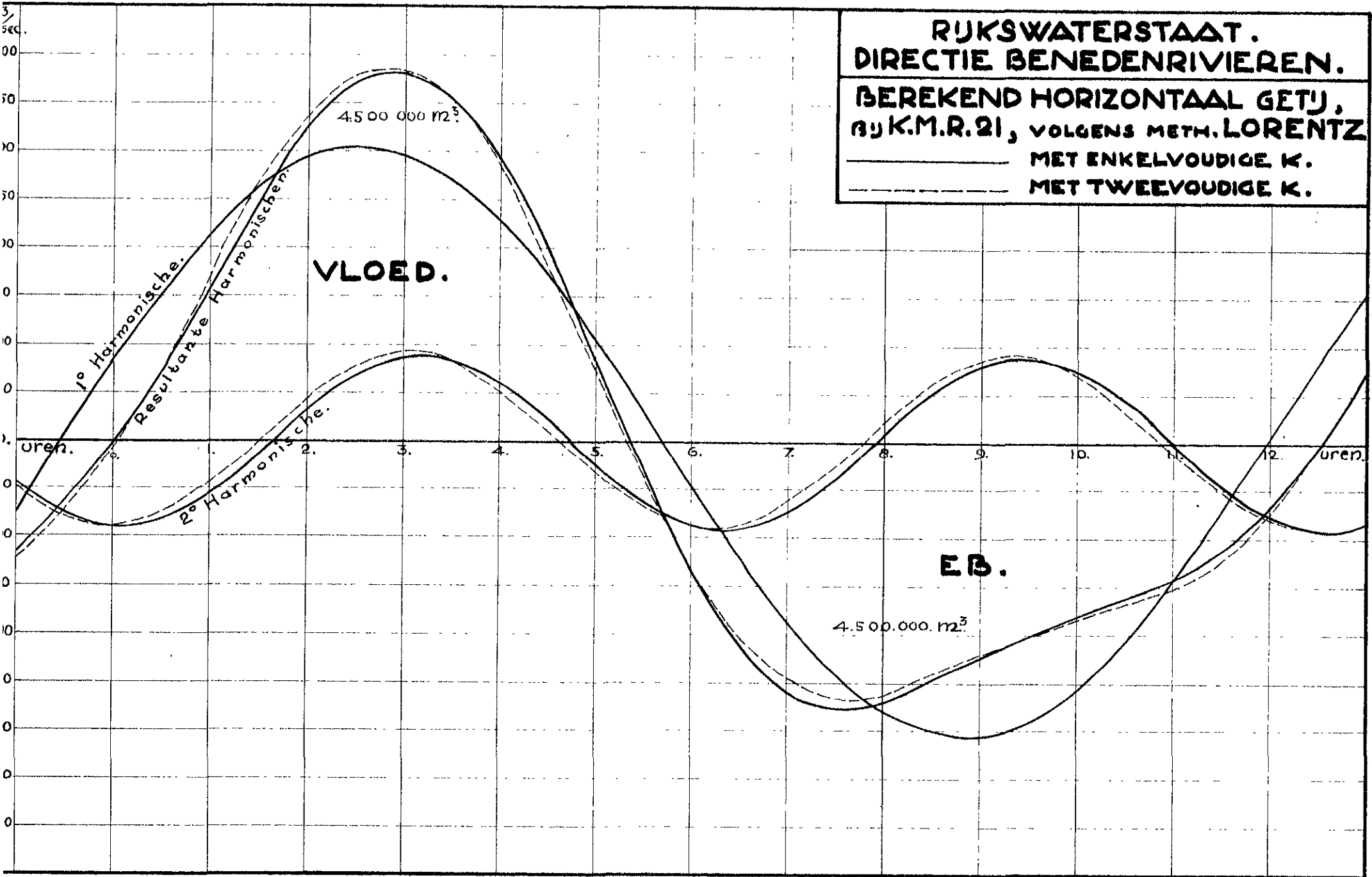
RIJKSWATERSTAAT.
DIR. BENEDENRIVIEREN. —

HARMONISCHEN v. o. AANGENOMEN
GETUKROMME BIJ K.M. RAAI 21.



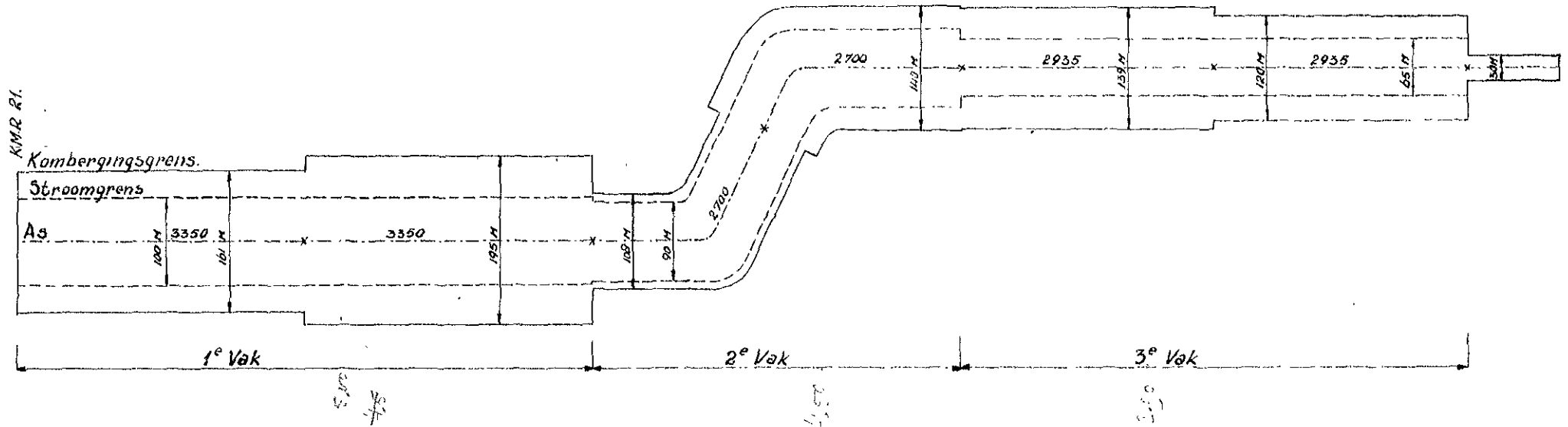
RIJKSWATERSTAAT.
DIRECTIE BENEDENRIVIEREN.
BEREKEND HORIZONTALAAL GETIJ,
 BIJ K.M.R. 21, VOLGENS METH. LORENTZ

— MET ENKELVOUDIGE K.
 - - - - - MET TWEEVOUDIGE K.

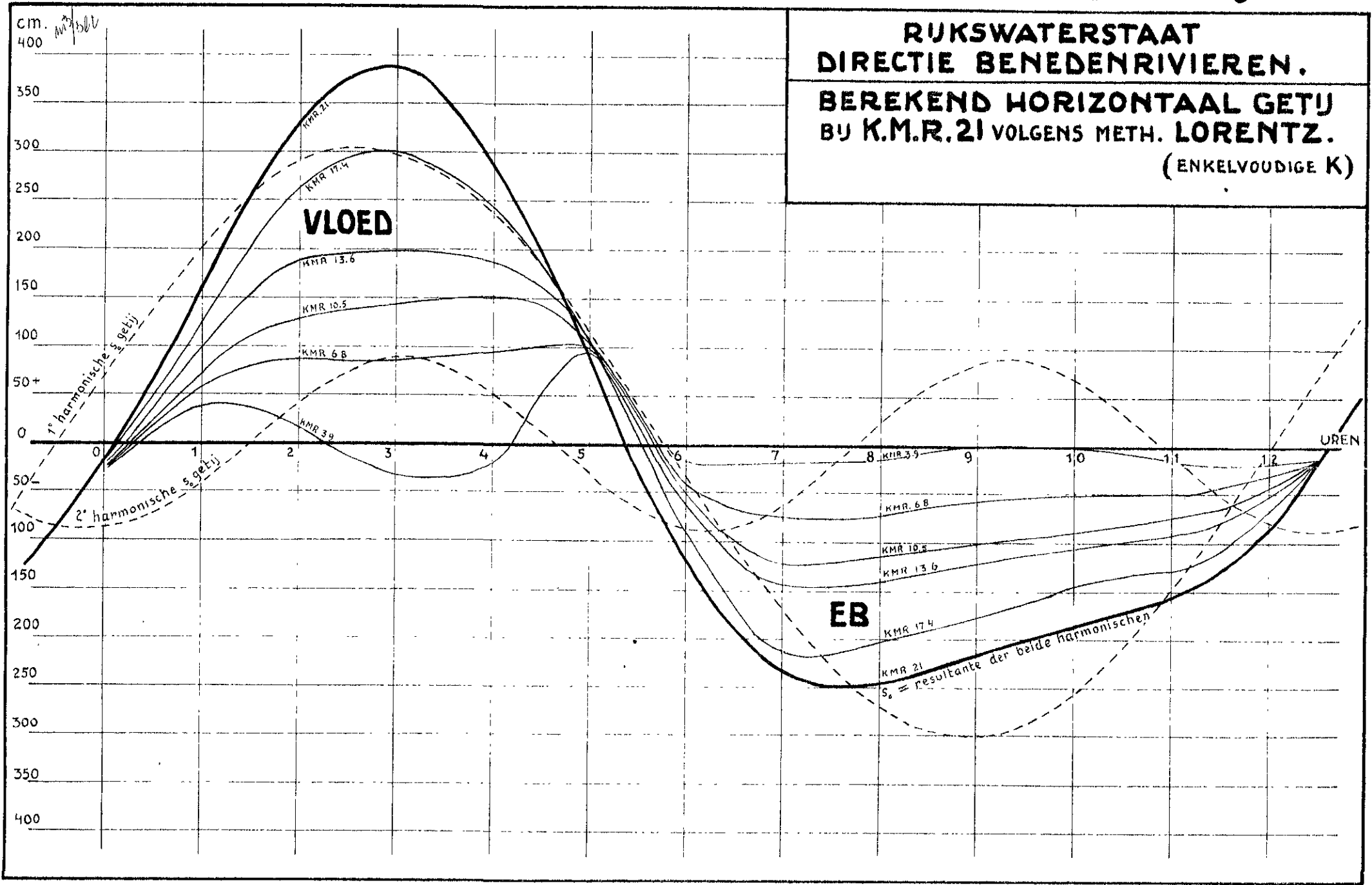


**RUKSWATERSTAAT
DIRECTIE: BENEDENRIVIEREN**

**GESCHEMATISEERDE VERBE-
TERDE HOLLANDSCHE USSEL**



RIKSWATERSTAAT
DIRECTIE BENEDENRIVIEREN.
BEREKEND HORIZONTALAAL GETIJ
BIJ K.M.R. 21 VOLGENS METH. LORENTZ.
 (ENKELVOUDIGE K)



cm. 400

350

300

250

200

150

100

50+

0

50-

100

150

200

250

300

350

400

UREN

VLOED

EB

1° harmonische 1/2 getij

2° harmonische 1/2 getij

K.M.R. 21

K.M.R. 17.4

K.M.R. 13.6

K.M.R. 10.5

K.M.R. 6.8

K.M.R. 3.9

$S_0 = \text{resultante der beide harmonischen}$

K.M.R. 21

K.M.R. 17.4

K.M.R. 13.6

K.M.R. 10.5

K.M.R. 6.8

K.M.R. 3.9

K.M.R. 3.9

K.M.R. 6.8

K.M.R. 10.5

K.M.R. 13.6

K.M.R. 17.4

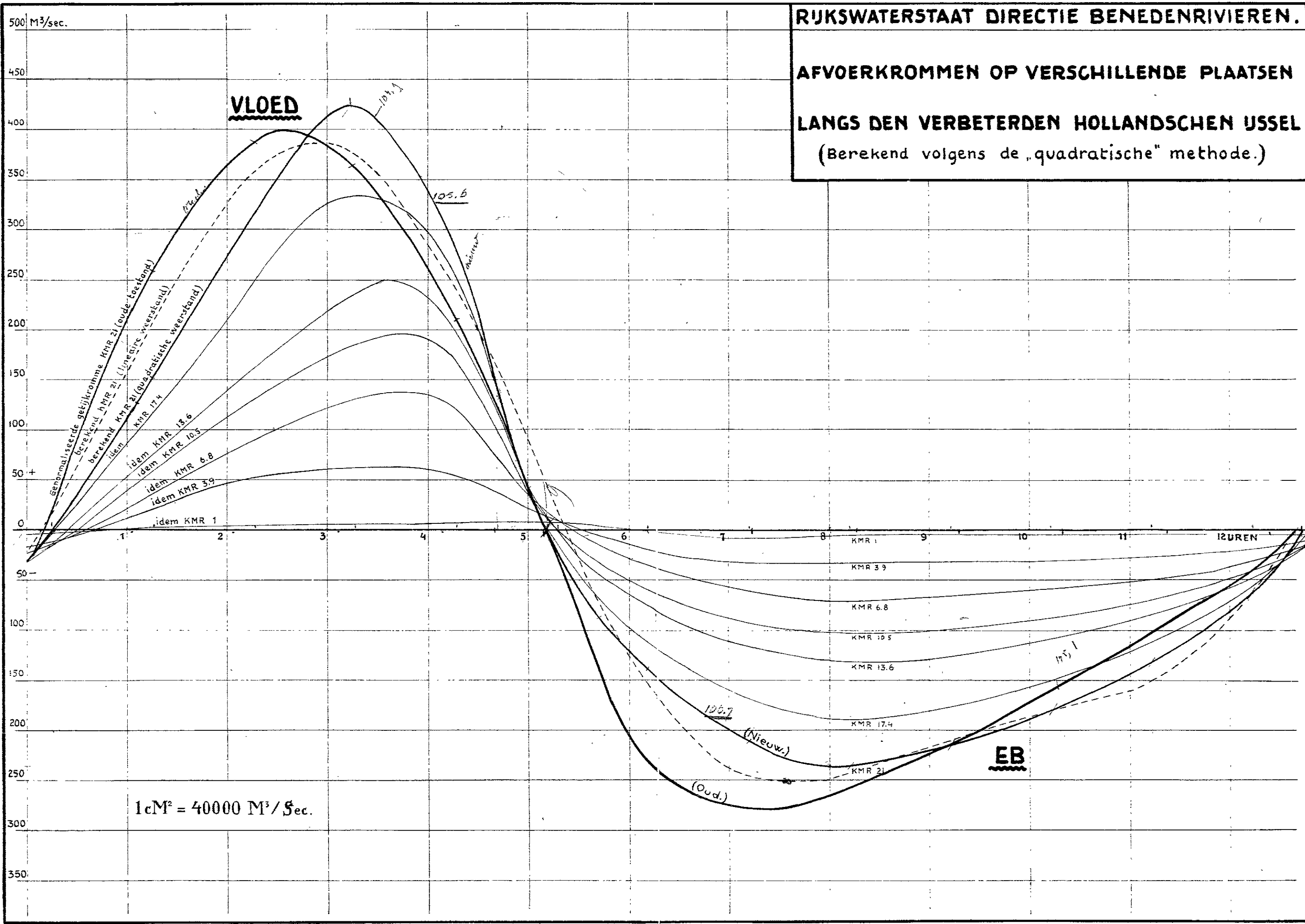
K.M.R. 21

RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE BENEDENRIVIEREN.

AFVOERKROMMEN OP VERSCHILLENDE PLAATSEN

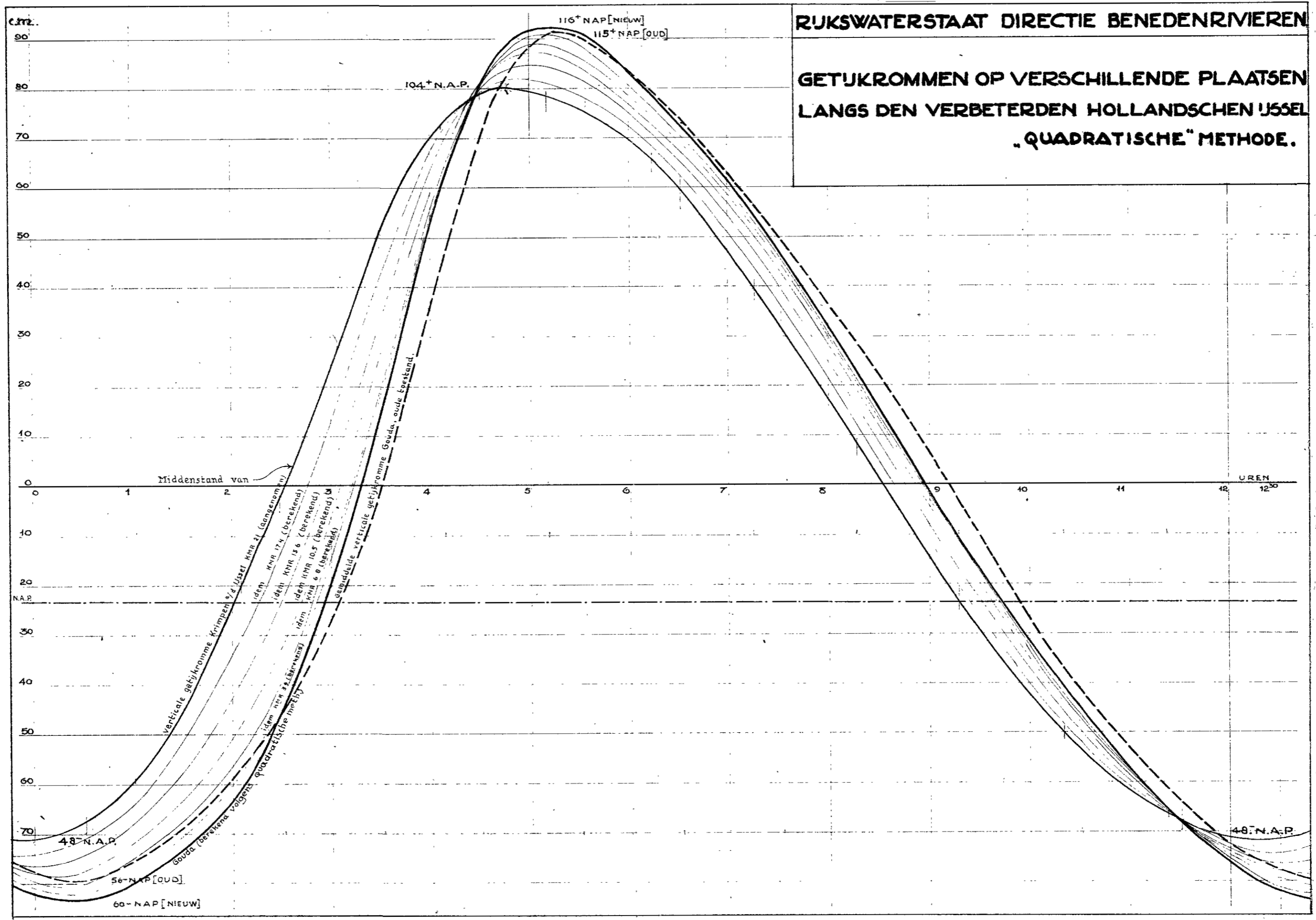
LANGS DEN VERBETERDEN HOLLANDSCHEN USSEL

(Berekend volgens de „quadratische" methode.)

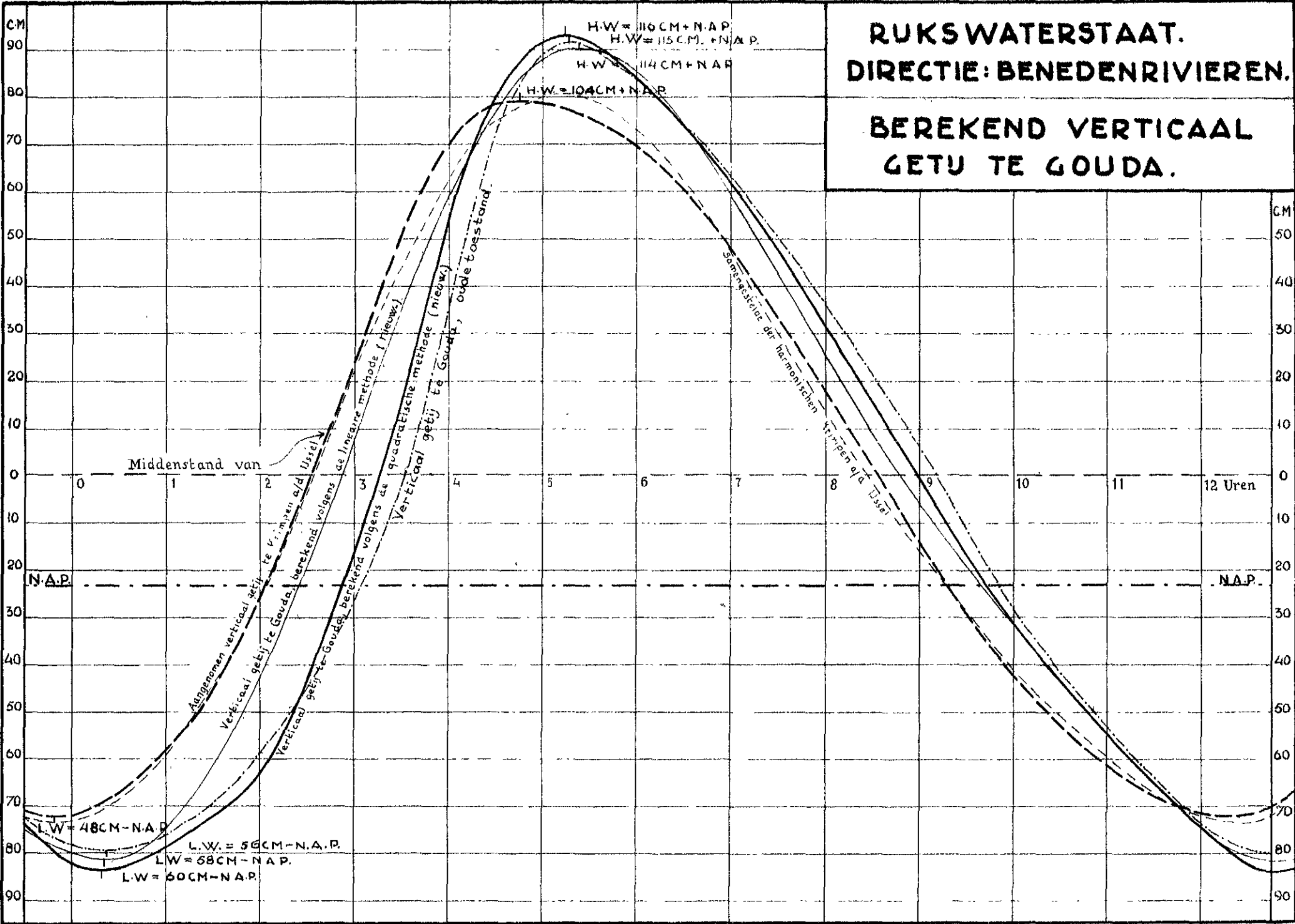


RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE BENEDENRIVIEREN

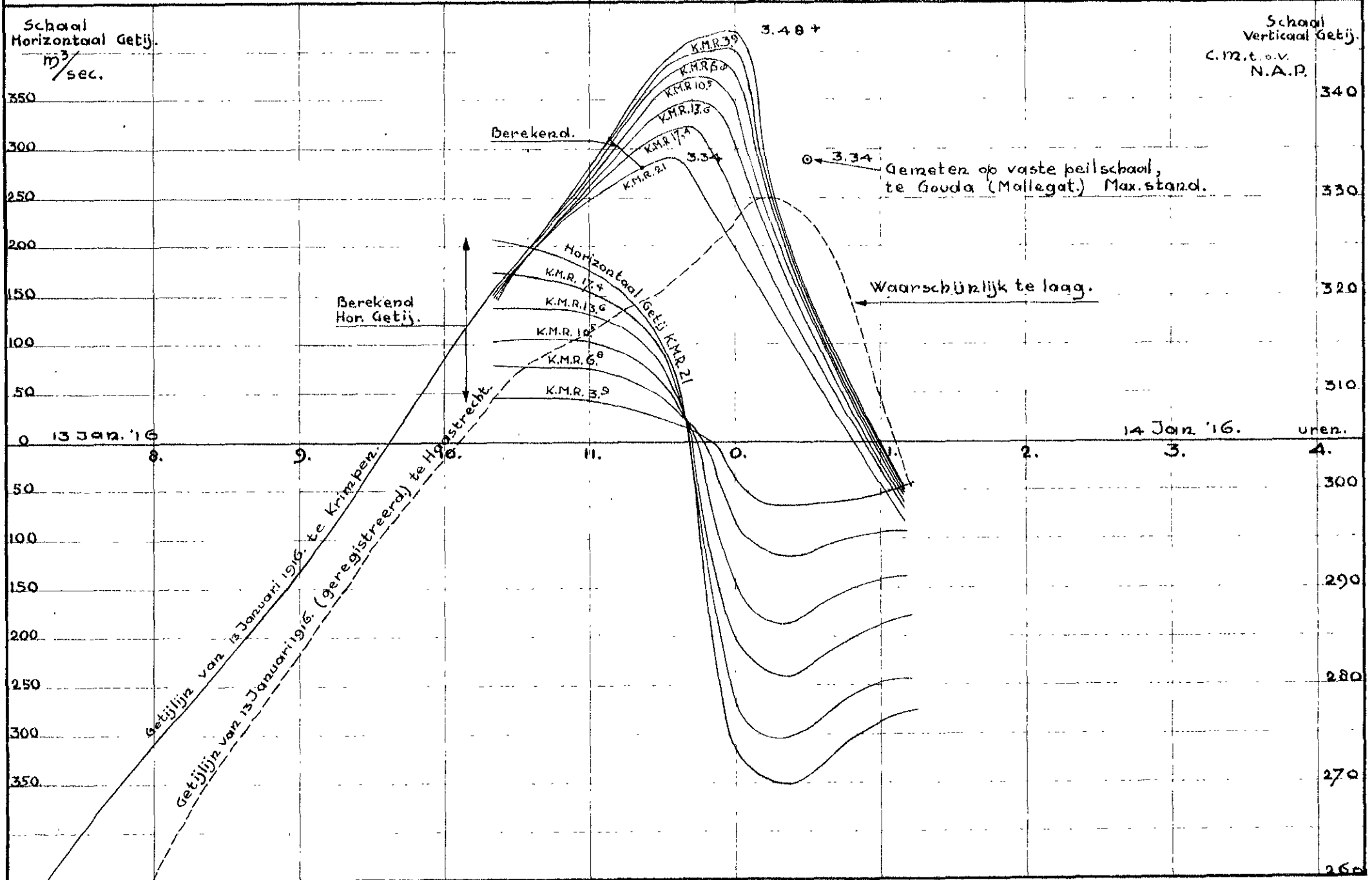
GETUJKROMMEN OP VERSCHILLENDE PLAATSEN
LANGS DEN VERBETERDEN HOLLANDSCHEN JESSEL
„QUADRATISCHE” METHODE.



RUKS WATERSTAAT. DIRECTIE: BENEDENRIVIEREN. BEREKEND VERTICAAL GETU TE GOUDA.



RIJKSWATERSTAAT. DIR. BENEDENRIVIEREN. —
STORMVLOED VAN 13-14 JANUARI 1916.
BEREKENDE GETULIJNEN EN AFVOERKROMMEN
OP DEN VERBETERDEN HOLLANDSCHEN YSSEL



RIKSWATERSTAAT DIR. BENEDENRIVIEREN.
 STORMVLOEDSBEREKENING
 (QUADRATISCHE" METHODE)

