

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE BOVENRIVIEREN
AFDELING STUDIEDIENST.

NOTA 59.4
MET 16 BIJLAGEN.

ONDERZOEK NAAR DE COEFFICIENT VAN DE CHEZY
IN DE UITERWAARD VAN DE NEDERRIJN NABIJ
DRIEL.

Arnhem, maart 1962.

INHCUD.

	blz.
<u>1. Doel van het onderzoek.</u>	1.
<u>2. Methoden ter bepaling van de coëfficiënt van De Chezy</u>	3.
2.1. Bepaling uit afvoermetingen en peilschaal- waarnemingen.	3.
2.2. Bepaling uit de snelheidsverticaal	4.
<u>3. Verantwoording der keuze en nadere bijzonder- heden van de uiterwaard.</u>	7.
<u>4. Verrichte metingen.</u>	9.
4.1. Verrichte metingen in 1955	9.
4.2. Verrichte metingen in 1956	9.
4.3. Verrichte metingen in 1957	9.
4.4. Verrichte metingen in 1958	9.
<u>5. Resultaten der metingen.</u>	10.
5.1. Afvoeren en waterstanden	10.
5.2. Snelheidsverticalen.	10.
<u>6. Conclusies en aanbevelingen.</u>	13.
<u>7. Opmerking.</u>	14.
Lijst van symbolen.	15.

BIJLAGEN.

1. Situatie uiterwaard Driel.
2. Aanpassingsfactor X voor technisch ruwe leidingen.
3. Tabel 1: waterstanden tijdens de metingen in 1956.
4. Tabel 2: waterstanden tijdens de metingen in 1957.
5. Stromingsverschijnselen tijdens het hoogwater in 1957.
6. Peilschaalwaarnemingen als functie van de tijd tijdens het eerste hoogwater in 1958.
7. Peilschaalwaarnemingen (p.s. 2 en 3) als functie van de tijd tijdens het tweede hoogwater in 1958.
8. Peilschaalwaarnemingen (p.s. 4,5 en 5A) als functie van de tijd tijdens het tweede hoogwater in 1958.
9. Peilschaalwaarnemingen (p.s. 6 en 7) als functie van de tijd tijdens het tweede hoogwater in 1958.
10. Opgetreden stromingsverschijnselen tijdens het tweede hoogwater in 1958 bij verschillende waterstanden.
11. Tabel 3: overzicht der verrichte afvoermetingen in de verschillende jaren.
12. Verband afvoer over de uiterwaard - waterstand in kmraai 889.500 (raai A-A.)
13. Betrekkingslijnen voor peilschalen uiterwaard Driel.
14. Tabel 4: C en k-waarden bij verschillende afvoeren .
15. Tabel 5: Uitgewerkte snelheidsverticaal (meting I)
16. Overzicht snelheidsverticalen.

Onderzoek naar de coëfficiënt van De Chezy in de uiterwaard
van de Nederrijn nabij Driel.

1. DOEL VAN HET ONDERZOEK.

De methodiek van stroombaanberekeningen (uiteengezet en ontwikkeld in de nota's 47,2; 55,13; 57,10; 57,11 en 58.5) komt neer op een aaneenschakeling van overlaat berekeningen en berekeningen met de formule van De Chézy. Voor de aanpak van eerstgenoemde berekeningen kan worden verwezen naar de nota's 57.10 en 57.11. Voor berekeningen volgens De Chézy, met de formule

$$\bar{V} = C \sqrt{RJ} \text{-----} (1)$$

is theoretisch een éénparige beweging vereist. Bij stroombaanberekeningen heeft (1) de volgende gedaante:

$$Q = b h C \sqrt{hJ} \text{-----} (1^a)$$

Voor de betekenis der symbolen wordt verwezen naar de lijst van symbolen.

Ook voor niet- éénparige beweging kan de formule met een hoge mate van nauwkeurigheid toepassing vinden, mits de lengte der beschouwde stroombaan niet te groot is. Haar gebruik bij stroombaanberekeningen is dan ook ten volle aanvaardbaar. In nota 58.5 komt deze aangelegenheid nader ter sprake.

De coëfficiënt van De Chézy is een maat voor de "ruwheid" van de baan. Bij stroombaanberekeningen worden de stroombanen onderverdeeld in drie soorten, elk met één eigen C-waarde:

- 1e. zomerbedbanen met C_{z0} ;
- 2e. kribvakkenbanen met C_{kr} en
- 3e. uiterwaardbanen met C_{wi}

In beginsel bestaat de mogelijkheid langs algebraïsche weg de waarden dezer coëfficiënten te bepalen (nota 55.13), maar gebleken is dat deze mogelijkheid praktisch niet te verwezenlijken is.

Aan de hand van de vele verrichte afvoermetingen, peilschaalaflezingen en peilingen, is het wel mogelijk C_{z0} bij lage en middelbare afvoeren voor vrij grote rivervakken te bepalen (nota 56.9). Men kan hiervoor per vak grafieken samenstellen en deze extrapoleren, waarmee C_{z0} in eerste aanleg bepaald is voor die hoogwaters, waarvoor men stroombaanberekeningen wenst uit te voeren. Na een zo verantwoord mogelijke schatting van C_{kr} en C_{wi} is het dan nodig toetsingsberekeningen uit te voeren op één of meer bekende hoogwaters ter toetsing van de juistheid der aangenomen C-waarden (nota 56.7).

Deze gedragslijn is nog wel aanvaardbaar voor de uitvoering van vergelijkende berekeningen om de invloed van een bepaald werk op de hoogwaterstanden na te gaan. Wenst men echter op deze wijze de waterstanden bij hoge afvoeren nauwkeurig te bepalen, dan is zij onbevredigend; deze omstandigheid doet zich voor bij het onderzoek naar uiterst hoge waterstanden. Het is namelijk in het geheel niet denkbeeldig dat zowel de uit extrapolatie gevonden waarde van C_{z0} als de aangenomen waarden van C_{kr} en C_{wi} voor de uitgevoerde toetsingsberekeningen aanzienlijk van de werkelijke waarden zouden afwijken terwijl toch de opgetreden verhanglijn op zeer redelijke wijze uit de berekening zou volgen. Zou men nu stroombaanberekeningen voor extreem hoogwater willen uitvoeren en daarbij de waarden van C_{z0} , C_{kr} en C_{wi} bepalen op grond van de bij de toetsingsberekeningen aangehouden waarden, dan zou dit aanleiding kunnen geven tot fouten van betekenis in de waterstanden.

Uit dit alles blijkt dat vermeerdering van de kennis omtrent de C-waarden ten zeerste gewenst was, alvorens met het onderzoek naar extreem hoogwater te beginnen.

Door de over het algemeen vrij ingewikkelde stromingstoestand in de kribvakkenbanen waarbij onder andere uitwisseling van water tussen kribvakken en zomerbed kan optreden, is het zeer moeilijk uit metingen een enigszins nauwkeurige waarde van C_{kr} te bepalen. Daar de bijdrage van de kribvakkenbanen aan de totale afvoer bij hoge rivierafvoeren slechts gering is, bij het zeer hoge hoogwater 1926 bedroeg ze over het algemeen niet meer dan 3 - 5% (volgens berekeningen met $C = 40 \text{ m } \frac{1}{\text{sec}}$), is het geen groot bezwaar voor de waarde van C_{kr} met schattingen te moeten volstaan. Op deze kwestie gaat par. 6 van nota 58.11 nader in.

Het winterbed kan evenwel een belangrijk deel van het stromende water afvoeren, dat des te groter is naarmate de totale afvoer toeneemt. Het is met het oog hierop dan ook van belang aan de stroming over de uiterwaarden extra aandacht te besteden. Een gelukkige omstandigheid is dat het uitvoeren van metingen boven de uiterwaarden met minder moeilijkheden gepaard gaat dan in de eerdergenoemde kribvakkenbanen.

Op grond van deze overwegingen is, teneinde althans een indruk te kunnen verkrijgen omtrent de grootte van C_{wi} , een uiterwaard uitgekozen, waarin tijdens hoogwater afvoermetingen en peilschaalwaarnemingen uitgevoerd konden worden. Hiertoe is genomen de uiterwaard langs de linkeroever van de Nederrijn, even bovenstrooms van Driel. Gedurende de hoogwaters 1955, 1956, 1957 en 1958 zijn in deze waard een aantal metingen en waarnemingen verricht. Bijlage 1 geeft de situatie ter plaatse weer.

In deze nota wordt verslag uitgebracht over de berekeningen van C_{wi} voor deze waard uit de verkregen gegevens.

Het verdient de aandacht dat het mogelijk is gebleken, mede op grond van het ingestelde onderzoek, eerdergenoemde toetsingsberekeningen voor bekende hoogwaters achterwege te laten; inplaats daarvan is een rekenmethode ontwikkeld waarbij de waarde van C_{20} voor deze bekende hoogwaters uit stroombaanberekeningen wordt bepaald nadat eerst de C-waarde voor de uiterwaarden is vastgesteld. Bijzonderheden over deze werkwijze staan vermeld in nota 58,5, par. 9 en nota 58,11 par. 4.

Om verwarring te voorkomen zij vermeld, dat deze stroombaanberekeningen ter bepaling van C-waarden voor het zomerbed bij de afdeling Studiedienst ook thans nog worden aangeduid als "toetsingsberekeningen".

2. METHODEN TER BEPALING VAN DE COEFFICIENT VAN DE CHÉZY.

2.1. BEPALING UIT AFVOCERMETINGEN EN PEILSCHAALWAARNEMINGEN.

Het ligt voor de hand ter bepaling van de waarde van C uit te gaan van (1°): $Q = b \cdot h \cdot C \cdot \sqrt{hJ}$

Hiertoe moeten metingen en waarnemingen worden verricht van de afvoer, de gemiddelde baanbreedte, de gemiddelde waterdiepte en het verhang. Om de gemiddelde waterdiepte vast te kunnen stellen is het nodig de bodemhoogte te kennen, waartoe in het geval van een

uiterwaard een aantal terreinpunten moesten worden gewaterpast. Bovendien zijn, mede ter bepaling van het verhang, peilschaalwaarnemingen nodig.

Voor de beide te meten grootheden Q en J moet op niet te verwaarlozen meetfouten worden gerekend. Deze fouten die een gevolg zijn van de meettechniek, kunnen onder de gegeven omstandigheden niet of zeer bezwaarlijk worden verkleind.

De procentuele fout in de gemeten Q is, behalve bij zeer lage snelheden, niet groot (ten hoogste 5%). Bij de laagste in de uiterwaard gemeten afvoeren is het mogelijk dat hij van grotere betekenis is, een en ander als gevolg van onregelmatigheden bij de draaiing der Ott-molens bij lage snelheden.

De fout in J is bij bepaling met behulp van peilschalen omgekeerd evenredig met de vaklengte, waarover het verval wordt bepaald; hij kan bij vrij korte vakken zeer aanzienlijk zijn.

Ten gevolge van deze mogelijke fouten kan bepaling van de C -waarde uit gelijktijdig verrichte afvoermetingen en peilschaalwaarnemingen tot aanzienlijke fouten leiden. Door grafische vereffening van metingen en waarnemingen is verkleining van deze fouten mogelijk. Hiertoe worden de gemeten waarden uitgezet tegen een grootheid, waarvan mag worden aangenomen dat ze een eenduidig verband heeft met de afvoer en / of het verhang. Aan de hand van de ingetekende punten is dit eenduidig verband te tekenen en kan met vereffende waarden worden gerekend. Het is duidelijk dat voor een dergelijke vereffening een vrij groot aantal metingen en / of waarnemingen ter beschikking moet staan.

2.2. BEPALING UIT DE SNELHEIDSVERTICAAL.

Voor de snelheidsverdeling bij eenparige beweging in leidingen met vlakke wanden zonder materiaaltransport heeft Von Kármán een bevredigende, doch vrij ingewikkelde formule opgesteld. Voor open waterlopen, waarvan de breedte groot is ten opzichte van de diepte wordt de volgende formule als een zeer goede benadering algemeen aanvaard:

$$v_z = \frac{\sqrt{ghJ}}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0} \text{-----} (2)$$

Voor uitvoerige uiteenzettingen omtrent de snelheidsverticaal en de daarvoor opgestelde formules moge worden verwezen naar par. 2^b van nota 58.13 en par. 2,5 en 6 van nota 59.2

Zij nu V_1 de snelheid voor $z = 1m$

Uit (2) volgt:

$$\frac{v_z}{V_1} = \frac{\ln \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{1}{z_0}} = \frac{\log z_0 - \log z}{\log z_0} = 1 - \frac{\log z}{\log z_0} \text{-----} (3)$$

(z en z_0 in m)

Door integratie is uit (2) voor de gemiddelde snelheid V af te leiden, dat bij grote benadering geldt:

$$\bar{v} = \left\{ \frac{\sqrt{g}}{\kappa \log e} \cdot \log \frac{h}{ez_0} \right\} \cdot \sqrt{hJ} \text{-----} (4)$$

Uit gelijkstelling van (4) aan (1) volgt

$$C = \frac{\sqrt{g}}{\kappa \cdot \log e} \log \frac{h}{ez_0} \text{-----} (5)$$

Voor $\kappa = 0,4$ is $\frac{\sqrt{g}}{\kappa \log e} = 18,03$ en geldt:

$$C = 18 \log \frac{h}{ez_0} \text{-----} (5^a)$$

Indien de snelheidsverticaal voldoende nauwkeurig bekend is, kan z_0 uit (3) worden bepaald. Deze ruwheidsmaat is, althans bij stroming door buizen, afhankelijk van δ , de dikte van de zogenaamde laminaire grenslaag en/of van de ruwheid van de wand, aangeduid met k , de zogenaamde zandruwheid van Nikuradse. Voor δ geldt de formule:

$$\delta = \frac{(11,6 \text{ à } 12) \nu}{\sqrt{g J R}} \text{-----} (6)$$

De grootte z_0 voldoet aan (7^a. b. c) :

$$z_0 = \frac{1}{30} k \text{ voor } \delta < \frac{1}{7} \text{ à } \frac{1}{6} k \text{ (hydraulisch ruwe leidingen)} \quad (7^a)$$

$$z_0 = \frac{1}{120} \delta \text{ voor } \delta > 4 \text{ à } 5 k \text{ (hydraulisch gladde leidingen)} \quad (7^b)$$

$$z_0 = \frac{x}{30} k \text{ voor } \frac{1}{7} \leq \frac{\delta}{k} \leq 5 \text{ (technisch ruwe leiding)} \quad (7^c)$$

De factor X is afhankelijk van $\frac{k}{\delta}$ volgens bijlage 2. Inplaats van (7^c) stelt men ook wel $Z_0 = \frac{1}{30} k + \frac{1}{120} \delta$

Uit een voldoende nauwkeurig bekende snelheidsverticaal is het mogelijk uit (5a) de waarde van C voor die verticaal te bepalen mits κ bekend is. Voor stroming van schoon water in buizen is gevonden $\kappa = 0.4$. Indien de waarde van κ niet bekend is kunnen C uit (5) en J uit (4) als functie van κ worden bepaald.

In hoeverre bovenstaande beknopt weergegeven theorie voor buizen opgeld doet in rivieren, is niet duidelijk. Enerzijds stelt men (Einstein, Ning Chien, Vanoni) dat het zwevend zandtransport, indien in voldoende mate aanwezig, de waarde van κ verkleint, anderzijds betwist men (Kirschmer, Powell en Poosey) de geldigheid van (4) en (7) voor hydraulisch ruwe open leidingen en stelt men in feite voor:

$$\bar{v} = \left\{ \frac{\sqrt{g}}{\kappa V a \log e} \log \frac{h}{e z_0} \right\} \sqrt{h} J \text{-----} (4^a)$$

waarin Z_0 dan aan (3) zou voldoen en a althans voor een bepaald verhang, een konstante zou zijn. Onderzoekingen verricht bij de Afdeling Studiedienst, op grond van metingen uitgevoerd in het zomerbed van de Rijntakken, hebben wel aangetoond dat de laatstgenoemde theorie zeker niet zonder meer te verwerpen is (nota 59.2); uit de formules (2) en (4) zouden met $\kappa = 0.4$ althans onwaarschijnlijk lage waarden van J volgen.

Het is echter niet geoorloofd om tot dezelfde slotsom te komen met betrekking tot de stroming over de uiterwaarden. In het zomerbed geldt in elk geval niet dat $k =$ konstant en dit is te verklaren uit de wisselende bodemsamenstelling en uit het voorkomen op de bodem van ribbels. In uiterwaarden is van beide verschijnselen geen sprake, evenmin als van het bodemtransport, dat in het zomerbed van zo groot belang is en dat ook van belang zou kunnen zijn voor de ruwheid van de bodem. Dit betekent evenwel niet, dat de waarde van k in de uiterwaarden een konstante moet zijn, dan wel dat de toepasbaarheid van (4a) op voorhand verworpen moet worden. Beide aangelegenheden zijn uiteraard van belang bij een mogelijkerwijze gewenste bepaling van C_{wi} bij hogere waterstanden dan waar bij de metingen voor het onderhavige onderzoek verricht zijn.

Kent men zowel de snelheidsverticaal als het verhang dat er bij optrad, voldoende nauwkeurig, dan is het mogelijk omtrent een en ander nadere gegevens te verkrijgen.

3. VERANTWOORDING DER KEUZE EN NADERE BIJZONDERHEDEN VAN DE UITERWAARD.

Om een zo goed mogelijke bepaling der C-waarden volgens de beide in het vorige hoofdstuk besproken werkwijzen mogelijk te maken, zou de uit te kiezen uiterwaard aan de volgende eisen moeten voldoen:

- a) nagenoeg gelijkblijvende breedte over een flinke lengte (het " meetgebied ");
- b) vrijwel gelijkblijvende hoogteligging over het meetgebied;
- c) te verwaarlozen zijdelingse toe- en uitstroming over het meetgebied;
- d) geen opgaande begroeiing (heggen, struiken etc);
- e) gemakkelijke bereikbaarheid vanuit Arnhem;
- f) goede toegankelijkheid voor de plaatsing van peilschalen en voor het inbrengen van roeiboten van waaruit gemeten zou moeten worden.

Om praktische redenen, in het bijzonder met het oog op e en f, bleek het niet mogelijk aan al deze eisen te voldoen. Aanvankelijk viel de keuze op de volgende uiterwaarden van de Nederrijn:

linkeroever: km 889.000 - 889.900 en
 km 889.900 - 890.900;
rechteroever: km 889.000 - 889.900.

In 1955 zijn in al deze drie waarden afvoermetingen verricht; voor de jaren 1956 t/m 1958 is dit echter alleen geschied in de Drielse uiterwaard, km 889.000- 889.900, een en ander als gevolg van verschillende moeilijkheden bij het uitvoeren der metingen in de beide andere waarden ondervonden.

Aan de hand van bijlage 1 kan het volgende in verband met de geformuleerde eisen worden opgemerkt:

ad a. de breedte van de uiterwaard is niet konstant; tussen teen zomerkade en teen bandijk wisselt ze van 116 m tot 153 m. Bovenstrooms van de bovenste meetraai B - B is de atroom-breedte door de boerderij - en wellicht ook door de boomgaard-nog aanzienlijk kleiner. De schommeling in de breedte is van invloed op mogelijke uitwisseling tussen zomer- en winterbed en - althans theoretisch - op de verhanglijn in de uiterwaard;

ad b. de hoogteligging is op bevredigende wijze gelijkblijvend. De gemiddelde hoogteligging is N.A.P. + 9,19 m, de grootste afwijkingen zijn + 22 en - 29 cm. Deze waterpassing is na het hoogwater van 1958 uitgevoerd. In 1956 is de waard eveneens gewaterpast, zij het met een geringer aantal punten dan in 1958 (n.l. 22 tegen 52). Het gemiddelde is hier N.A.P. + 9.11 m met als grootste afwijkingen + 69 en -41 cm. Gezien de geringe dichtheid en het onregelmatige puntennet van de waterpassing 1956 lijkt het onjuist te stellen dat het maaiveld in enkele jaren 8 cm omhoog gekomen is, terwijl vermoedelijk plaatselijke oneffenheden bij die waterpassing een naar verhouding te grote rol spelen. Bij bezichtiging van de waard valt onmiddellijk op dat het maaiveld gladder is dan dat der meeste waarden en dat geen greppels aanwezig zijn;

ad c. zodra de waard enigermate water afvoert vindt zijdelingse toe- en uittreding plaats. Bijlage (10) geeft een overzicht van waarnemingen dienaangaande, in 1958 verricht.

ad d. opgaande begroeiing is in het meetgebied niet aanwezig. De meeste heiningen worden in de herfst verwijderd; wat blijft staan is van weinig belang;

ad e en f: aan deze eisen voldoet de waard in hoge mate.

Tenslotte zijn de volgende bijzonderheden nog van belang:

- 1) met betrekking tot de peilschalen: in 1955 is een geheel andere serie peilschalen geplaatst dan op bijlage 1 staat aangegeven. Aan deze peilschalen konden slechts weinig waarnemingen worden gedaan, die voor dit onderzoek niet bruikbaar bleken. In 1956 waren de peilschalen 6 en 7 niet aanwezig; wel waren toen de peilschalen 8 en 9 geplaatst in de raai C-C.
- 2) met betrekking tot de meetraaien: in de jaren 1955 t/m 1958 is in raai A-A gemeten; in 1956 bovendien nog in de raaien B-B en C-C.
- 3) met betrekking tot de wijze van meten: alleen in 1958 zijn bepaalde snelheidsverticalen nauwkeurig doorgemeten, teneinde ook op deze wijze een nader inzicht in de grootte van C_{wi} te verkrijgen.

4. VERRICHTE METINGEN.

4.1. VERRICHTE METINGEN IN 1955.

Op 21 en 23 januari 1955 zijn drie afvoermetingen verricht, tweemaal in km-raai 889.500 (raai A-A) en eenmaal in km-raai 890.500.

Wat de aflezingen aan de peilschalen betreft wordt verwezen naar punt 1) op blz. 8 .

4.2. VERRICHTE METINGEN IN 1956.

Op 7,8 en 9 maart zijn 6 afvoermetingen verricht. De peilschalen 6 en 7 waren niet aanwezig. Wel waren peilschalen geplaatst in de raai C-C. De afvoeren zijn gemeten in de raaien A-A (km.raai 889.500), B-B en C-C.

In tabel 1 op bijlage 3 is een overzicht gegeven van de waargenomen waterstanden met vermelding van de tijd. De aflezingen aan de peilschalen 8 en 9 zijn achterwege gelaten, vanwege het feit dat terplaatse de waterstand wordt beïnvloed door de Drielse veerweg (blz. 8 onder 1) en bijlage 1).

4.3. VERRICHTE METINGEN IN 1957.

Op 2 maart 1957 is een afvoermeting verricht in raai A-A. In tabel 2 op bijlage 4 is een overzicht gegeven van de waargenomen waterstanden aan de peilschalen 2 t/m 7. Op bijlage 5 is een overzicht gegeven van de waargenomen stromingsverschijnselen.

4.4. VERRICHTE METINGEN IN 1958.

In 1958 zijn 2 hoogwatertoppen de rivieren gepasseerd, te weten op 14 en 15 februari en van 27 februari tot 3 maart. Dertienmaal is de afvoer gemeten in raai A-A. Veel waterstanden zijn waargenomen op deze dagen. Ze zijn verzameld op de bijlagen 6 tot en met 9, waar de waterstand als functie van de tijd is uitgezet. In de directe omgeving van de p.s. 5 werd p.s. 5a geplaatst, omdat het bereik van p.s. 5 misschien onvoldoende zou zijn. De aflezingen op beide peilschalen zijn vermeld (bijlage 8).

Op bijlage 10 is een overzicht gegeven van de stromingsverschijnselen in de uiterwaard bij verschillende waterstanden.

Verder zijn in raai A-A snelheidsverticalen gemeten in de punten I tot en met V (bijlage 1).

5. RESULTATEN DER METINGEN.

5.1. AFVOEREN EN WATERSTANDEN.

In de eerste plaats is getracht een afvoerkromme samen te stellen ter plaatse van raai A-A. Worden de gemeten afvoeren en de waargenomen waterstanden (tabel 3, bijlage 11) voor de verschillende jaren tegen elkaar uitgezet, dan wordt de kromme op bijlage 12 verkregen. Geconcludeerd mag worden dat het verband betrouwbaar mag worden geacht tot een afvoer van ruim 200 m³/sec.

Vervolgens zijn betrekkinglijnen samengesteld voor een aantal combinaties van peilschalen (bijlage 13). Vertikaal is uitgezet het gemiddelde der waterstanden aan de peilschalen 2,3,4 en 5 en horizontaal het gemiddelde der waterstanden aan de peilschalen 2-3, 4-5 en 6-7. Door deze punten is zo goed mogelijk een rechte lijn getrokken. Op deze wijze wordt een zekere vereffening verkregen (zie ook par.2.1. laatste alinea). Opgemerkt wordt dat de horizontale schaal voor de drie combinaties van peilschalen ten opzichte van elkaar is verschoven, omdat de drie lijnen erg dicht bij elkaar liggen en het aflezen daardoor bijzonder zou worden bemoeilijkt. Met behulp van deze grafiek kan het verval worden bepaald tussen de peilschalen 2-3 en 6-7 bij een gegeven waterstand ter plaatse van de meestraai A-A (p.s. 4-5).

Zoals is aangegeven in par. 2.1. is voor een zevental afvoeren de C-waarde bepaald met behulp van de bijlagen 12 en 13. De k - waarde is bepaald met $C = 18 \log \frac{12h}{k}$ (tabel 4 op bijlage 14). Voor afvoeren boven de 100 m³/sec wordt een k-waarde van gemiddeld ruim 4 cm gevonden. Deze waarde is in goede overeenstemming met het visuele beeld van de uiterwaard die een vlakke grasmat te zien geeft.

5.2. SNELHEIDSVERTICALEN.

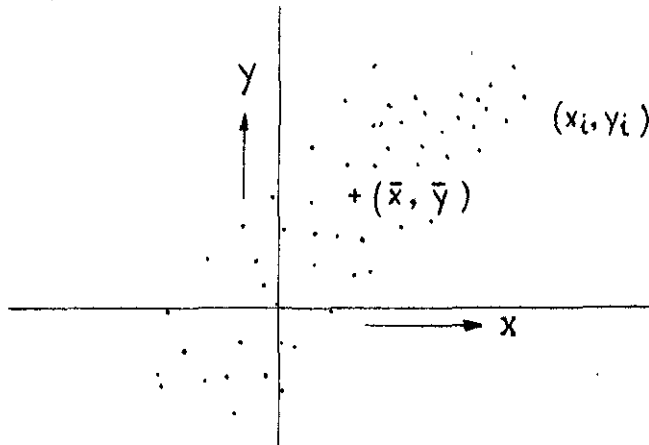
Zoals is opgemerkt zijn tijdens het hoogwater van 1958 de snelheden gemeten in 5 verticalen van de raai A-A. De gemeten grootheden zijn statistisch verwerkt. Hierover kan in het algemeen het volgende worden opgemerkt^{*)}

*) A. Hald " Statistical theory with engeneering applications", 2nd printing 1955. New York.

Indien gegeven is een serie waarnemingen van twee grootheden, dan wordt gevraagd

a) is er verband (correlatie) en b) hoe is het verband tussen de grootheden (regressie).

ad a. om de mate van de samenhang te bepalen wordt uitgegaan van de



verschillen van de waargenomen grootheden x_i en y_i met hun gemiddelden (\bar{x}, \bar{y}) . De correlatie is dan afhankelijk van

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

Om tot dimensieloze grootheden te geraken wordt dit product gedeeld door de standaardafwijkingen S_x en S_y in x en y

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad \text{en} \quad S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}$$

De maatgevende factor voor de correlatie wordt dan:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x \cdot S_y}$$

Teneinde nu nog onafhankelijk te zijn van het aantal waarnemingen wordt er door het aantal waarnemingen n gedeeld, of volgens de mathematische statistiek door $n-1$. Het resultaat is de correlatie-coëfficiënt:

$$r_{xy} = \frac{1}{n-1} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x \cdot S_y}$$

voor $r_{xy} = 0$ is er geen verband

$|r_{xy}| = 1$ is er een functioneel verband

en voor $|r_{xy}| < 1$ bestaat er correlatie.

Met enig rekenwerk is deze correlatie coëfficiënt te bepalen.

ad b. Het bepalen van de regressie voor twee gemeten grootheden x en y heeft meestal ten doel het verband door een rechte of kromme vast te leggen om naderhand voor een gekozen waarde van de ene de andere grootheid te bepalen, met andere woorden: de regressielijn $y = y(x)$ dient om y uit x te bepalen; de lijn $x = x(y)$ dient om x uit y te bepalen.

Voor dezelfde meetserie zullen in het algemeen de beide regressielijnen niet samenvallen; dit wordt veroorzaakt door het verschil in de standaardafwijkingen S_x en S_y , dat er in het algemeen zal bestaan. Een bijzonder geval treedt op bij lineaire regressie:

$$y - \bar{y} = R_x (x - \bar{x})$$

$$\text{met } R_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ en}$$

$$x - \bar{x} = R_y (y - \bar{y}) \quad \text{met} \quad R_y = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Omdat uitgegaan wordt van de logarithmische snelheidsverdeling, zal de snelheidsverticaal bij gebruik van logarithmisch papier theoretisch een rechte lijn moeten zijn. Het ligt dus voor de hand uit te gaan van lineaire regressie en de snelheidsverticaal kan dan worden voorgesteld door

$$y - \bar{y} = R_x (x - \bar{x})$$

waarin y de snelheid v_z voorstelt en $x = \log z$, waarin Z de afstand boven de bodem is. Voor de bepaling van r en R_x wordt verwezen naar bijlage 15. Op deze bijlage is de gehele berekening voor de eerste verticaal aangegeven.

Voor de snelheidsverticaal wordt gevonden:

$$v_z = 19,58 \log z - 5,53$$

(z in cm en
 v_z in cm/sec)

De snelheid op de hoogte $Z = 100$ cm en 200 cm kan worden berekend en blijkt te zijn: $v_{100} = 33,63$ cm/sec en $v_{200} = 39,52$ cm/sec. Met behulp van de formule (3) kan nu Z_0 worden bepaald:

$$\frac{v_{200}}{v_{100}} = 1 - \frac{\log 2}{\log Z_0} = \frac{39,52}{33,63}$$

Voor Z_0 wordt gevonden: $1,95$ cm. De k -waarde is dan $58,5$ cm (formule 7^a). De gemiddelde snelheid (\bar{v}) treedt op voor $z = \frac{h}{e} = 0,368 h$ en bedraagt $31,85$ cm/sec. Een overzicht van de vijf snelheidsverticalen is gegeven op bijlage 16. Uit de verrichte metingen moet worden geconcludeerd dat er in de k - en C -waarden een grote spreiding optreedt. De k -waarde van de metingen I, II en V is erg hoog.

6. CONCLUSIES EN AANBEVEIINGEN.

1. Het verband afvoer- waterstand voor de raai A-A mag betrouwbaar worden geacht tot een afvoer van ruim $200 \text{ m}^3/\text{sec}$.
2. Voor afvoeren boven $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ wordt een k -waarde van gemiddeld ruim 4 cm gevonden. Deze waarde is in goede overeenstemming met het visuele beeld van de uiterwaard die een vlakke grasmat te zien geeft.
3. Het verdient aanbeveling eenzelfde serie metingen uit te voeren voor een andere waard, die een ruwere aanblik vertoont dan de uiterwaard in Driel.
4. Grote aandacht dient te worden geschonken aan de plaats der peilschalen, zodat de aflezingen de ongestoorde verhanglijn geven. Daar in de uiterwaard het verhang veelal geringer is door de aanwezigheid van kaden e.d., dienen de aflezingen nauwkeurig en frequent te geschieden, zodat betrouwbare verloopp lijnen worden verkregen. Het verdient aanbeveling na te gaan of en zo ja op welke wijze de verhangmeter kan worden ingeschakeld. Het onderzoek naar methoden om kleine verhangen nauwkeurig te registreren, dient met kracht te worden voortgezet.
5. Hoewel de gemeten snelheidsverticalen een betrouwbare indruk maken (de punten liggen redelijk wel op een rechte, zie bijlage 16) wordt voor de ruwheidsfactor Z_0 en dus voor de k , over het geheel genomen een te hoge waarde gevonden. Dit punt verdient een nader onderzoek. Ook dienen de verticalen meerdere malen te worden doorgemeten. Verder zou moeten worden nagegaan in hoeverre een verplaatsbare meetopstelling in de uiterwaard te verwezenlijken is. Er zou dan gebruik kunnen worden gemaakt van meerdere Ott-"Kleinflügel" aan een staaf, zodat in een aantal punten van de verticaal de snelheid gelijktijdig wordt gemeten. Op deze wijze wordt bereikt, dat meerdere verticalen kunnen worden gemeten in een betrekkelijk korte tijd.
6. De Z_0 is berekend met formule (3) op blz. 6. Daar de Z_0 gedefinieerd is als de waarde van Z waarvoor $V_z = 0$, kan de Z_0 ook langs grafische weg worden bepaald door de rechte lijn door de gemeten punten te verlengen tot de verticale as. Hier is $V_z = 0$. Op de verticale (logarithmische) as wordt dan meteen de Z_0 afgelezen.

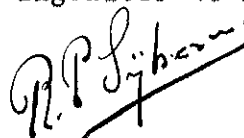
Daar de gesteldheid van het terrein het meest tot uitdrukking zal komen in het onderste gedeelte van de snelheidsverticaal, wordt voorgesteld bij de volgende metingen alleen bv. de onderste meter nauwkeurig door te meten (eerst om de 5, verder om de 10 cm); door de gemeten punten, zo verantwoord mogelijk, een rechte lijn te trekken en deze te verlengen tot de verticale as, zodat Z_0 kan worden afgelezen en de k -waarde kan worden bepaald.

7. Aanbevolen wordt tijdens het meten der snelheidsverticalen ook het verhang ter plaatse nauwkeurig te meten, zodat een beter inzicht kan worden verkregen omtrent het verband tussen J , C en K (zie blz. 6)

7. OPMERKING.

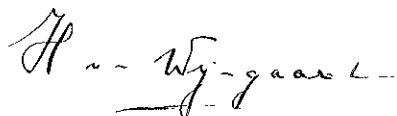
De tekst der paragrafen 1,2 en 3 is van de hand van Ir. J.J. van Malde, destijds ingenieur 1e klasse bij de afdeling Studiedienst, die het gehele onderzoek heeft verricht en ook de waarnemingen bewerkte. Door zijn vertrek naar Nigeria kon het geheel niet door hem worden afgerond.

De Ingenieur 1e klasse,

 (ir. R.P. Sijbesma)

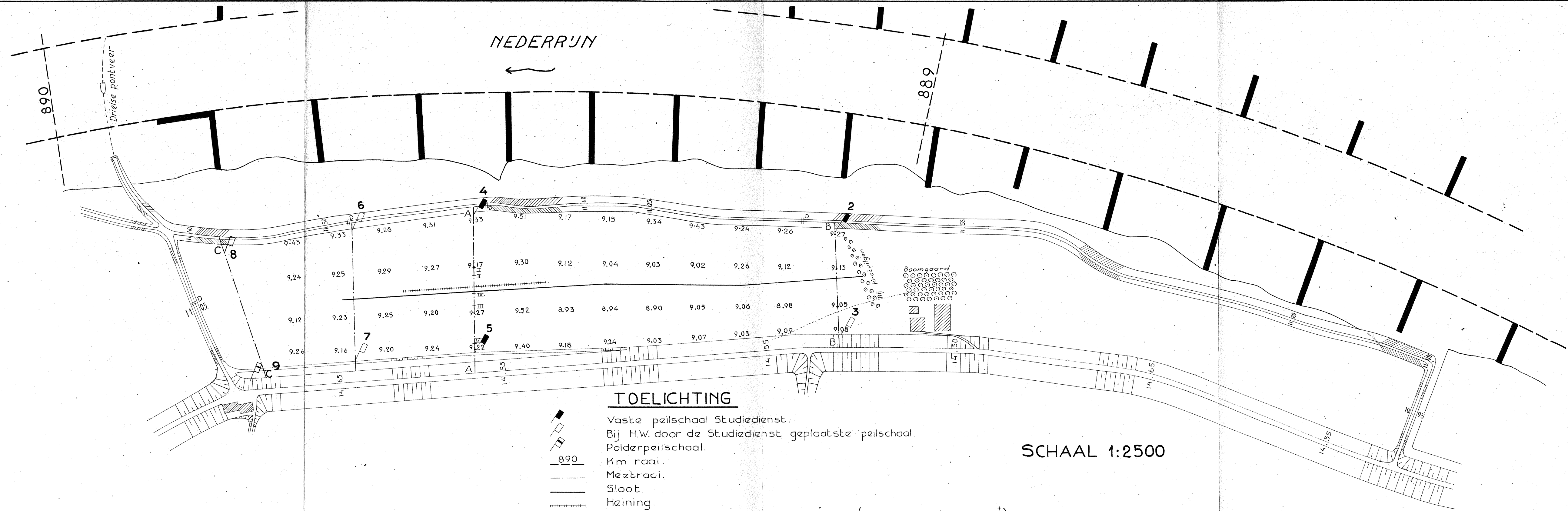
Het Hoofd van de Afdeling Studiedienst,

(ir. H. v. Wijngaarden)



LIJST VAN SYMBOLEN.

Q	afvoer van de uiterwaard.
b	breedte
h	waterdiepte
C	Coeff. van De Chézy
J	verhang
v_z	snelheid op afstand Z van de bodem
\bar{v}	gemiddelde snelheid
Z	afstand boven de bodem
z_0	ruwheidsmaat, de waarde van Z waarvoor $v_z = 0$ is.
\dot{g}	versnelling van de zwaartekracht
K	factor van Von Karmán
k	zandruwheid van Nikuradse
δ	dikte van de laminaire grenslaag
ν	viscositeits coëfficiënt
R	hydraulische straal
e	grondtal natuurlijk logaritmen stelsel



NEDERRIJN



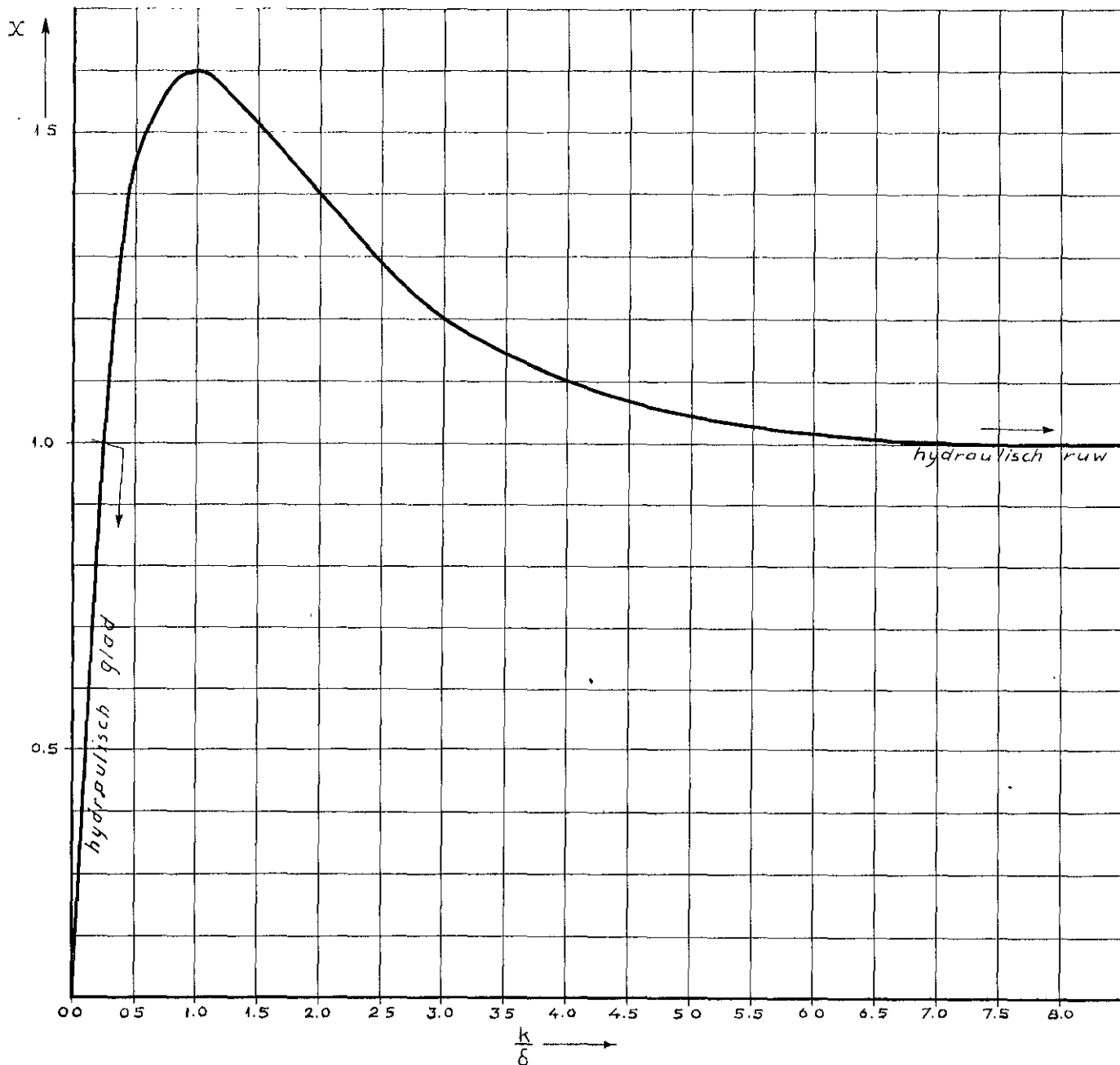
TOELICHTING

- Vaste peilschaal Studiedienst.
- Bij H.W. door de Studiedienst geplaatste peilschaal.
- Polderpeilschaal.
- Km raai.
- Meetraai.
- Sloot.
- Hèining.
- Stroombegrenzing op 14-2-1958 t.e. 15⁰⁰h (gem w.s. p.s. 2 t/m 7:11.16[†])
- Duiker.
- Gebouwen.
- 9.15 { Hoogte t.o.v. N.A.P. in uiterwaard volgens waterpassing 17-4-1958;
 { hoogte bandijk en zomerkade volgens rivierkaart.
- I, II, ... Plaats van nauwkeurig doorgemeten snelheidsverticaal.

Opmerking: In de raaien B-B en C-C zijn alleen in 1956 afvoermetingen verricht.

SCHAAL 1:2500

De ingenieur <i>A. van Wijngaard</i>	SITUATIE UITERWAARD DRIEL			Nota 59.4	
	RIJKSWATERSTAAT Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst			Met 16 bijlagen	
	Get.	Gez.	Gez.	Bijlage 1	
	<i>H.S.</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	A4	61.534



Voor technisch ruwe leidingen : $C = 18 \log \frac{12 R X}{k}$

C : coëfficiënt van de Chézy in $m^{1/2} sec^{-1}$

k : zandruwheid van Nikuradse, in m

$\delta \approx \frac{12 \nu}{\sqrt{g I R}}$, dikte laminaire grenslaag in m

ν : kinematische viscositeit in $m^2 sec^{-1}$

g : versnelling der zwaartekracht in $m sec^{-2}$

I : verhang, onbenoemd

R : hydraulische straal in m

Grafiek somengesteld aan de hand van fig 2 uit
H.A. Einstein en N.L. Barbarossa: River Channel Roughness
(Trans A.S.C.E. 1952, biz. 1121-1132)

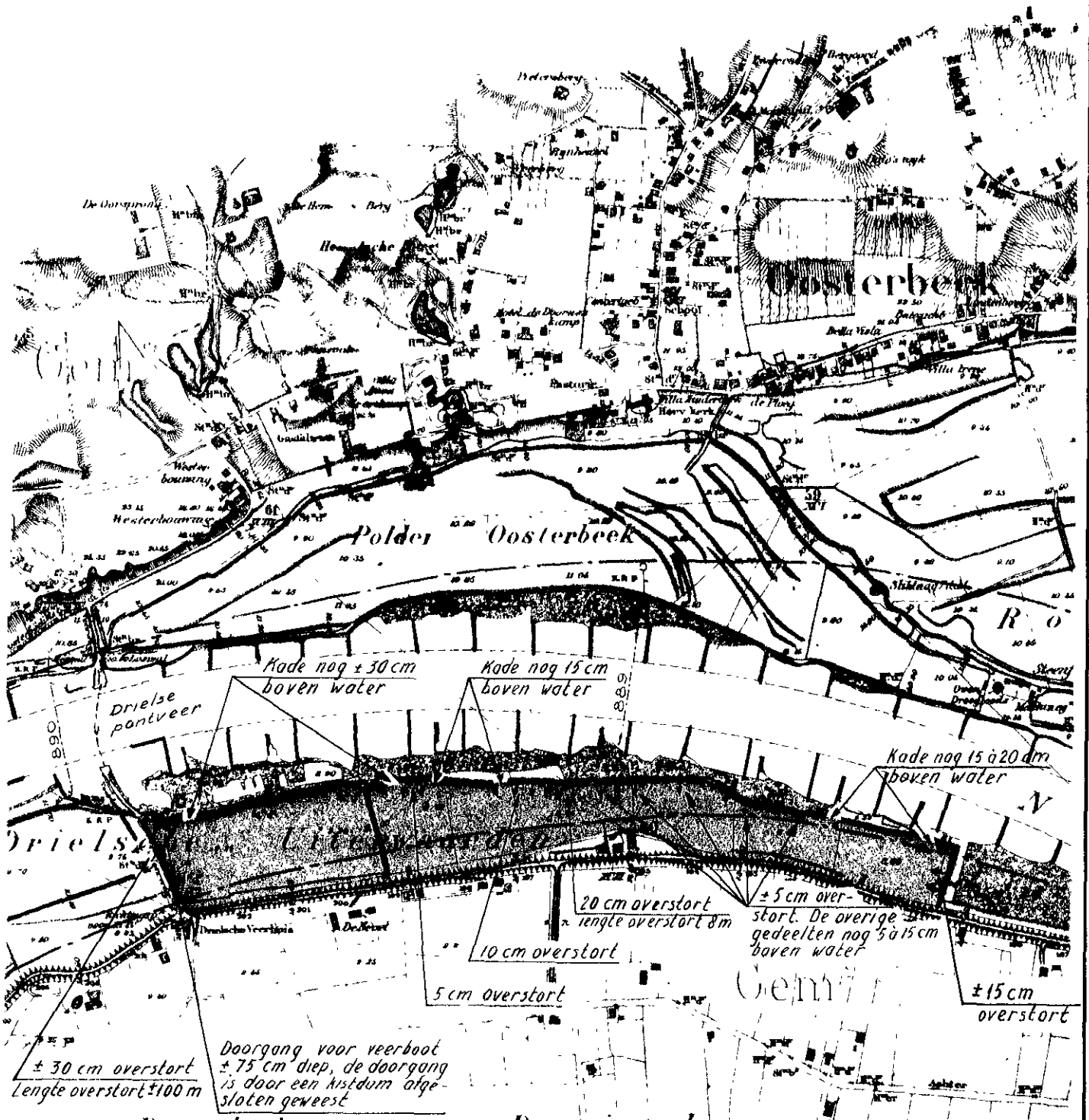
De ingenieur			AANPASSINGSFAKTOR X VOOR		Nota 59.4	
Getekend			TECHNISCH RUWE LEIDINGEN		Bijlage 2	
Gecontr.			R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst		A1 61.535	
Gez.						

Peil - school	Tijd	Waterstand in m t.o.v. N.A.P.	Peil - school	Tijd	Waterstand in m t.o.v. N.A.P.
	7-3-'56				
2	11.10 ^h	+11.11	4	09.55 ^h	+11.38
	12.00	+11.13		12.30	+11.38
	13.15	+11.16		14.10	+11.39
	15.35	+11.20		16.00	+11.38
3	11.10 ^h	+11.09	5	09.55 ^h	+11.38
	12.00	+11.12		12.30	+11.38
	13.15	+11.15		14.10	+11.39
	15.35	+11.19		16.00	+11.38
				9-3-'56	
4	11.05 ^h	+11.09	2	09.40 ^h	+11.41
	12.05	+11.12		11.00	+11.41
	13.20	+11.15		13.05	+11.41
	16.00	+11.19		15.10	+11.39
5	11.05 ^h	+11.09	3	09.40 ^h	+11.42
	12.05	+11.11		11.00	+11.41
	13.20	+11.14		13.05	+11.39
	16.00	+11.19		15.10	+11.38
	8-3-'56				
2	10.00 ^h	+11.39	4	09.30 ^h	+11.40
	12.15	+11.39		11.05	+11.40
	14.15	+11.40		13.00	+11.39
	16.05	+11.39		15.05	+11.38
3	10.00 ^h	+11.39	5	09.30 ^h	+11.40
	12.15	+11.39		11.05	+11.40
	14.15	+11.39		13.00	+11.39
	16.05	+11.38		15.05	+11.39

De ingenieur <i>H. van Wijngaert</i>			TABEL I: WATERSTANDEN TIJDENS DE METINGEN IN 1956	Nota 59.4	
Getekend	Gecontr.	Gez.		Bijlage 3	
<i>M.H.</i>	<i>r.f.L.</i>	<i>54</i>	R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst		A1 61.536

Peil- schaal	Tijd	Waterstand in m t.o.v. N.A.P.	Peil- schaal	Tijd	Waterstand in m t.o.v. N.A.P.
2	10.09 ^h	+11.10	6	10.35 ^h	+11.09
	10.55	+11.11		11.18	+11.10
	11.55	+11.11		12.05	+11.11
	14.09	+11.12		13.57	+11.12
	14.27	+11.12		14.16	+11.12
	15.02	+11.13		14.53	+11.13
	15.45	+11.13		15.57	+11.13
3	10.08 ^h	+11.10	7	10.33 ^h	+11.10
	10.56	+11.12		11.22	+11.12
	11.57	+11.12		12.07	+11.12
	14.09	+11.13		13.50	+11.13
	14.25	+11.13		14.15	+11.13
	15.00	+11.14		14.50	+11.14
	15.47	+11.14		15.55	+11.14
4	10.27 ^h	+11.10			
	11.08	+11.11			
	11.49	+11.12			
	13.59	+11.12			
	14.18	+11.12			
	14.54	+11.13			
	16.00	+11.13			
5	10.25 ^h	+11.10			
	11.05	+11.10			
	11.48	+11.12			
	14.00	+11.12			
	14.22	+11.13			
	14.57	+11.13			
	15.50	+11.14			

De ingenieur <i>H. van Wijngaarden</i>			TABEL 2: WATERSTANDEN TIJDENS DE METINGEN IN 1957	Nota 59.4	
Gefekend	Gecontr.	Gez.		Bijlage 4	
<i>M.H.</i>	<i>r./l.</i>	<i>54.</i>	R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst		A1 61.537

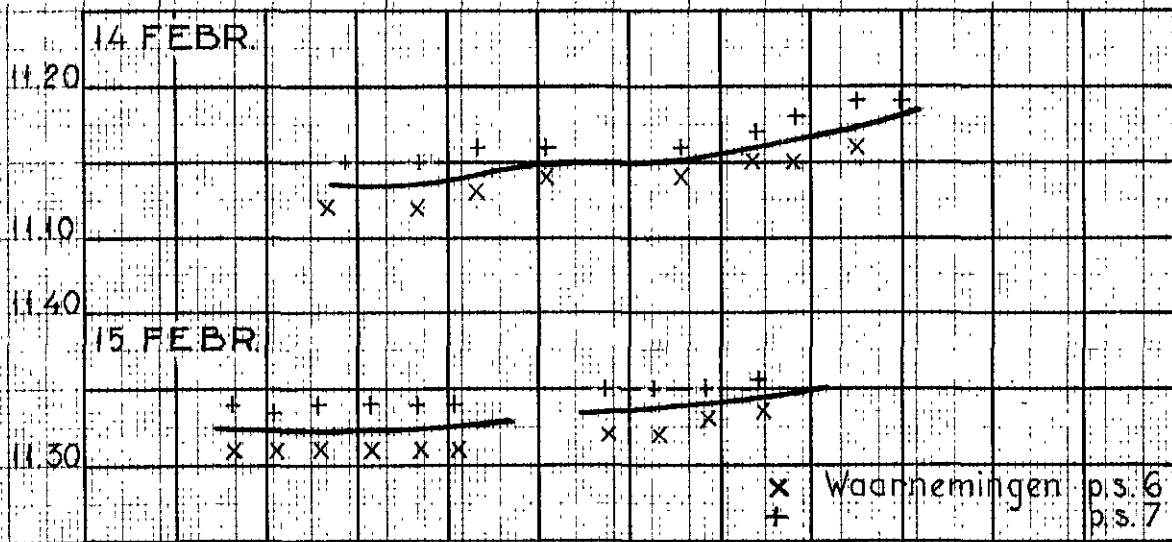
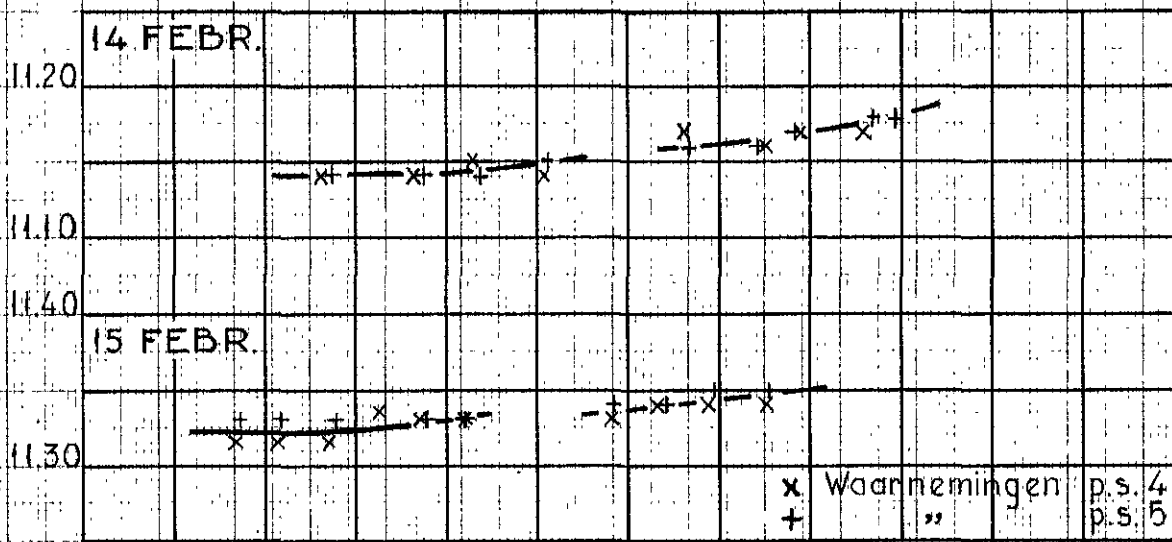
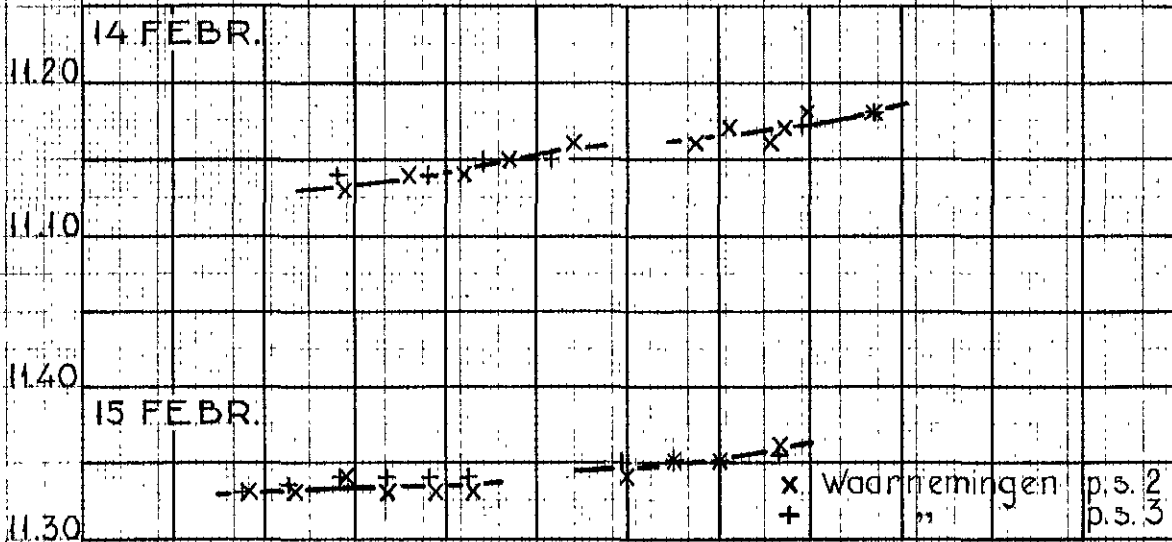


P o l d e r D r i e l t

Waarnemingen verricht op 2 maart '57 tussen 10.00^h en 10.30^h.
 van 9.40^h tot 15.40^h was de waterstand 5 cm gestegen
 Waterstand Lobith 8.00^h N.A.P. + 5.04 m
 Waterstand Arnhem 8.00^h N.A.P. + 12.00 m
 Tot ± 13.00^h was de stroomsnelheid niet meetbaar. Om 16.00^h was
 het stroombeeld vrijwel ongewijzigd uitgezonderd de bovenste
 dwarskade welke over zijn gehele lengte overliep.

De ingenieur <i>H. W. G. van der Grinten</i>			STROMINGSVERSCHIJNSELEN TIJDENS HET HOOGWATER IN 1957		Nota 59.4	
Getekend	Gedrukt	Gez.			Bijlage 5	
<i>H.W.G.</i>	<i>F.J.L.</i>	54	R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst		A1	61.538

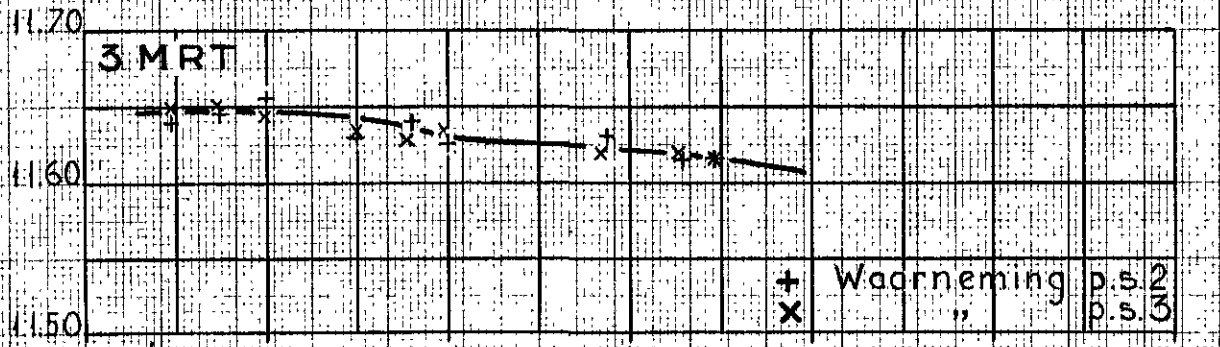
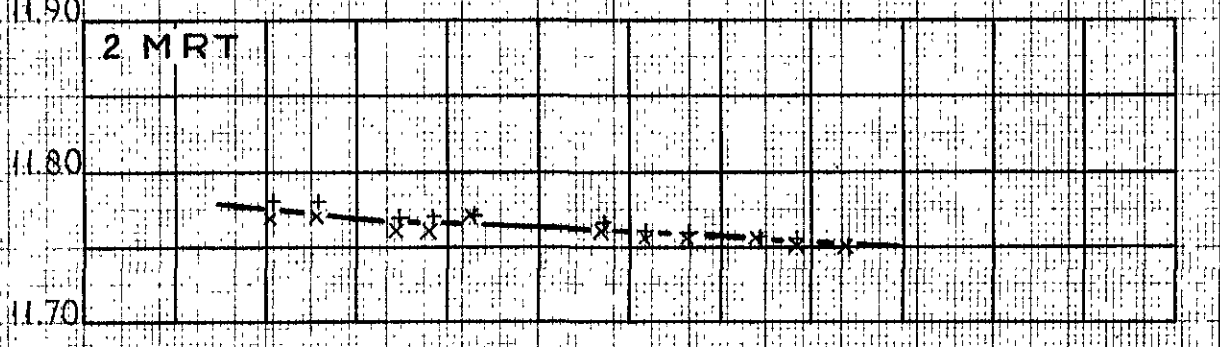
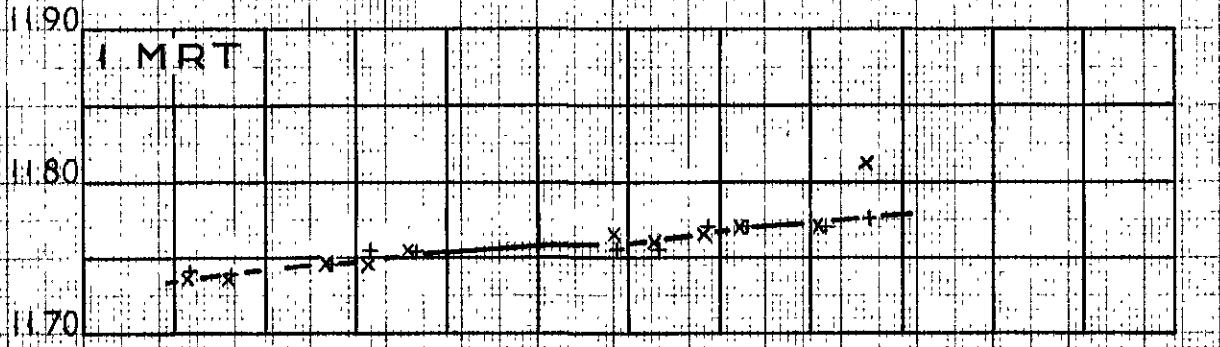
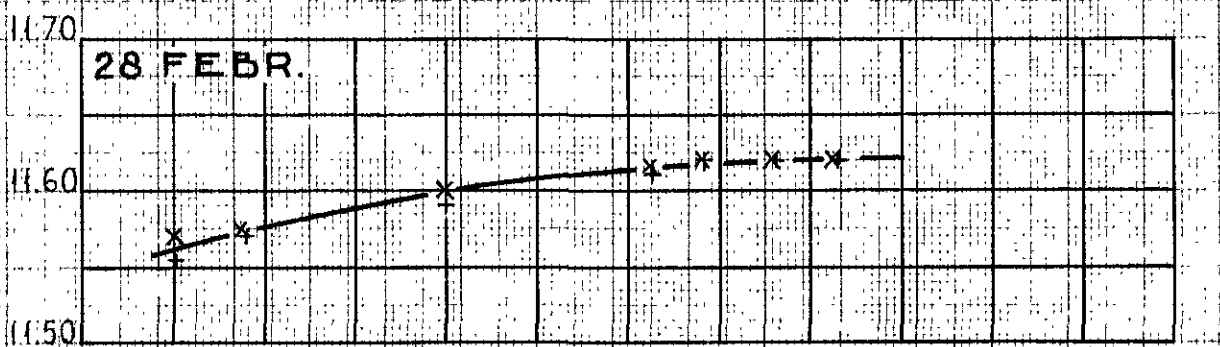
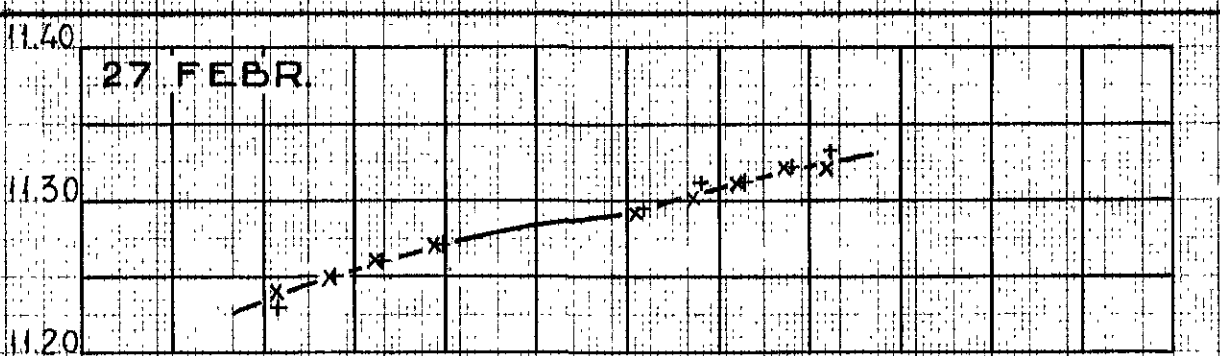
Waterstand in m t.o.v. N.A.P.



8.00^h 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00
→ Tijd

De ingenieur		PEILSCHAALWAARNEMINGEN		Nota 594	
Getekend Gedacht. Gez.		(P.S. 2, 3, 4, 5, 6 en 7) ALS FUNCTIE VAN DE TIJD		Bylage 6	
		TUDENS HET EERSTE HOOGWATER IN 1958			
R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst		A		61.539	

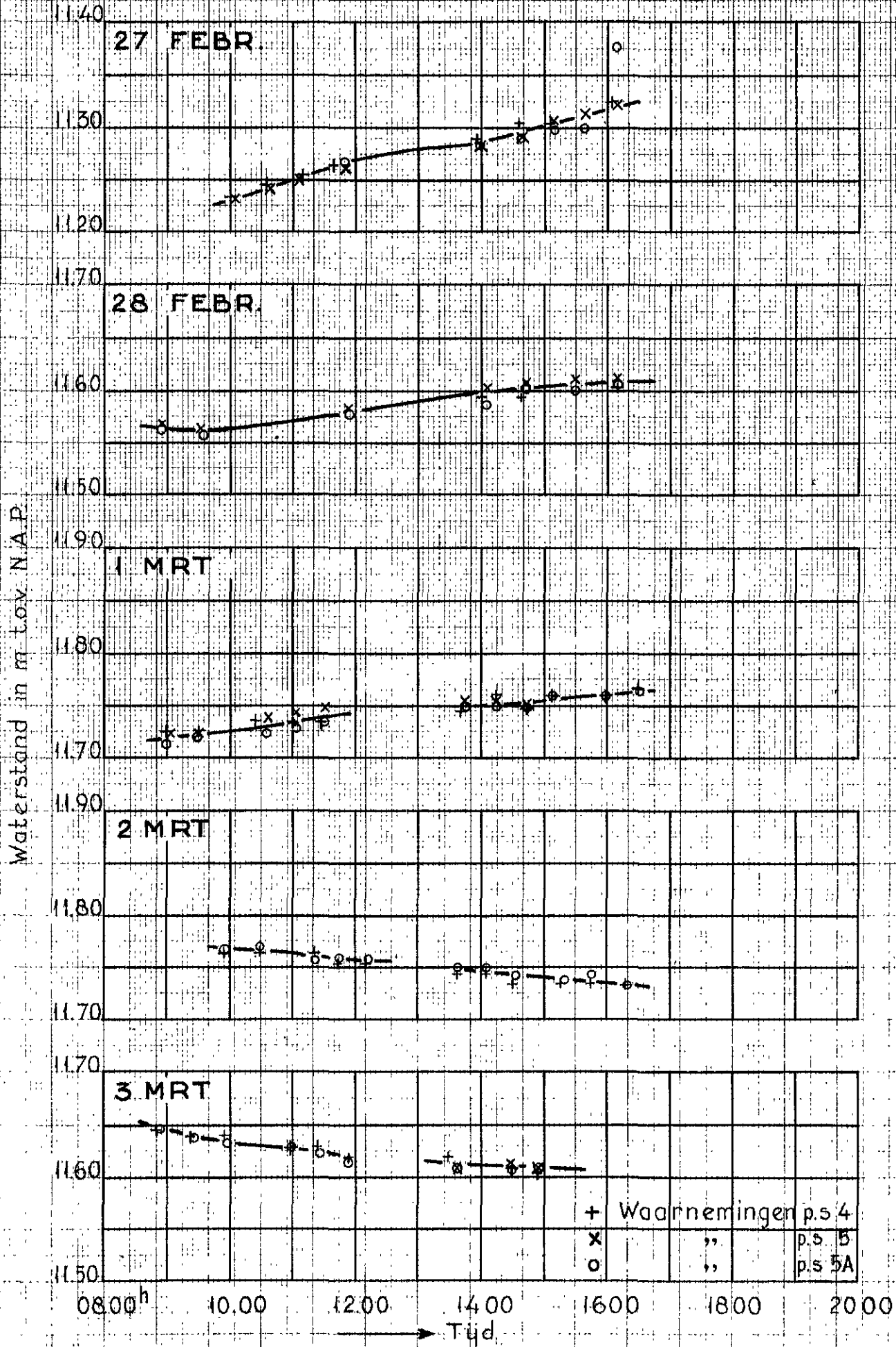
Waterstand in m t.o.v. N.A.P.



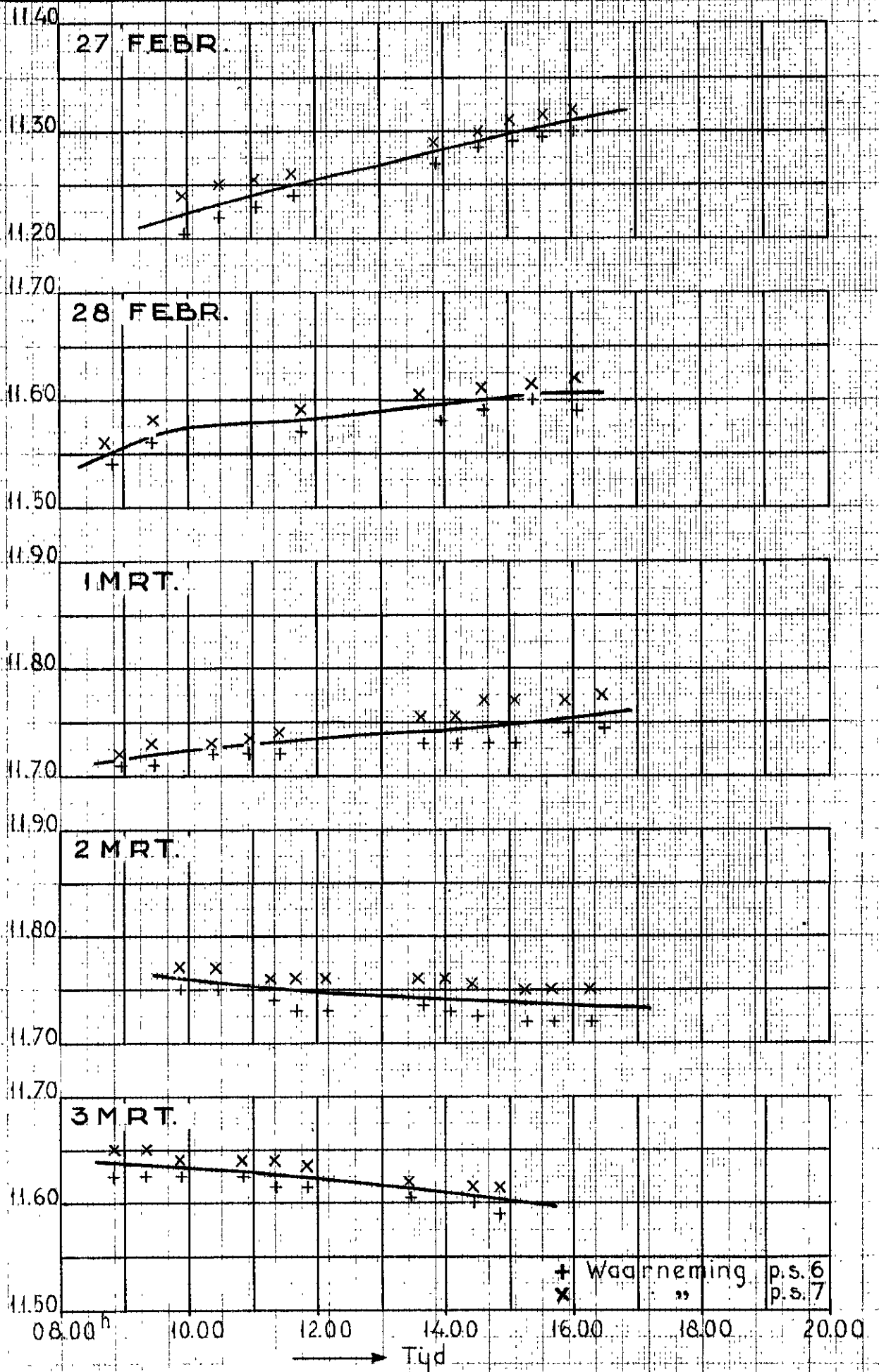
+ Waarneming p.s. 2
x " p.s. 3

08.00 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00
Tijd

De ingenieur	PEILSCHAALWAARNEMINGEN		Nota 59.4
Getekend: Gez.	(Ps. 2 en 3) ALS FUNCTIE VAN DE TIJD TJDENS HET TWEEDE-HOOGWATER IN 1958		Bylag 7
H. H. A. / L.	S.S.	R.W.S. Dir. Dovenrivieren afd. Studiedienst	A1 61.541

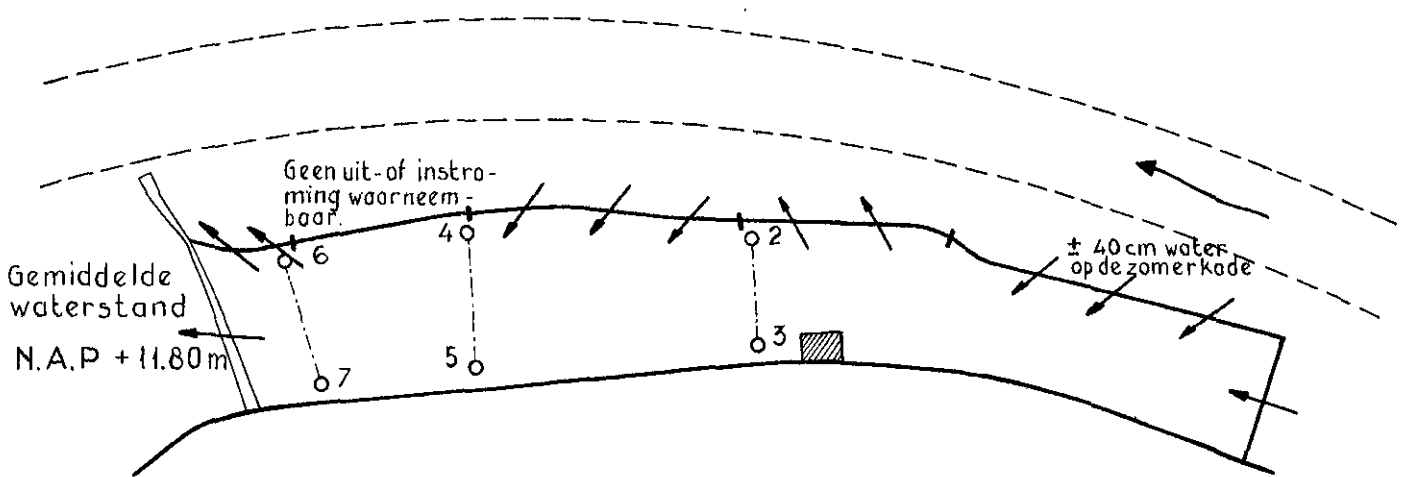
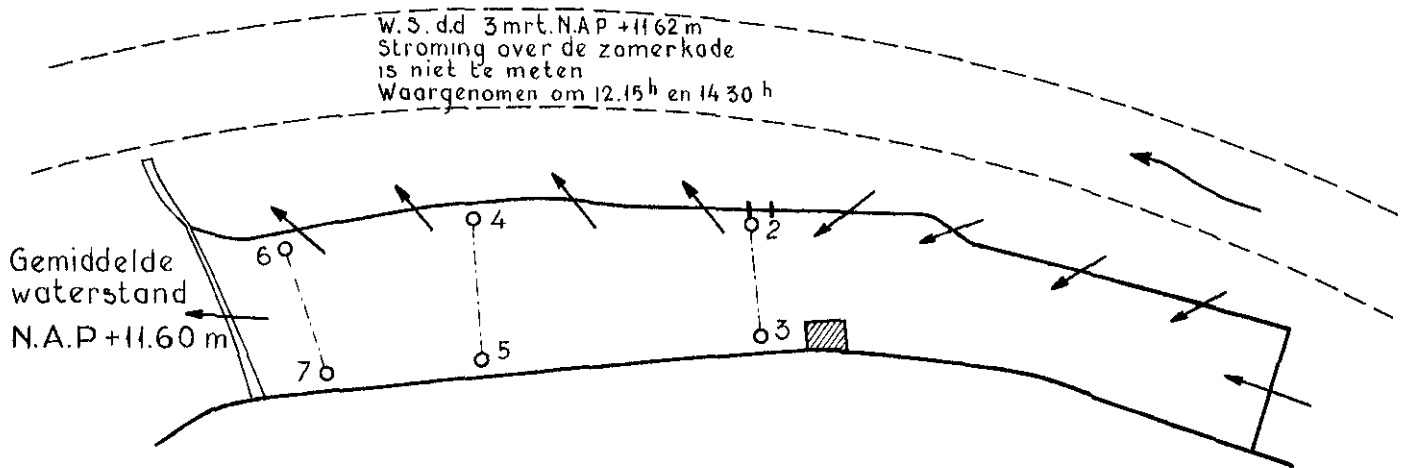
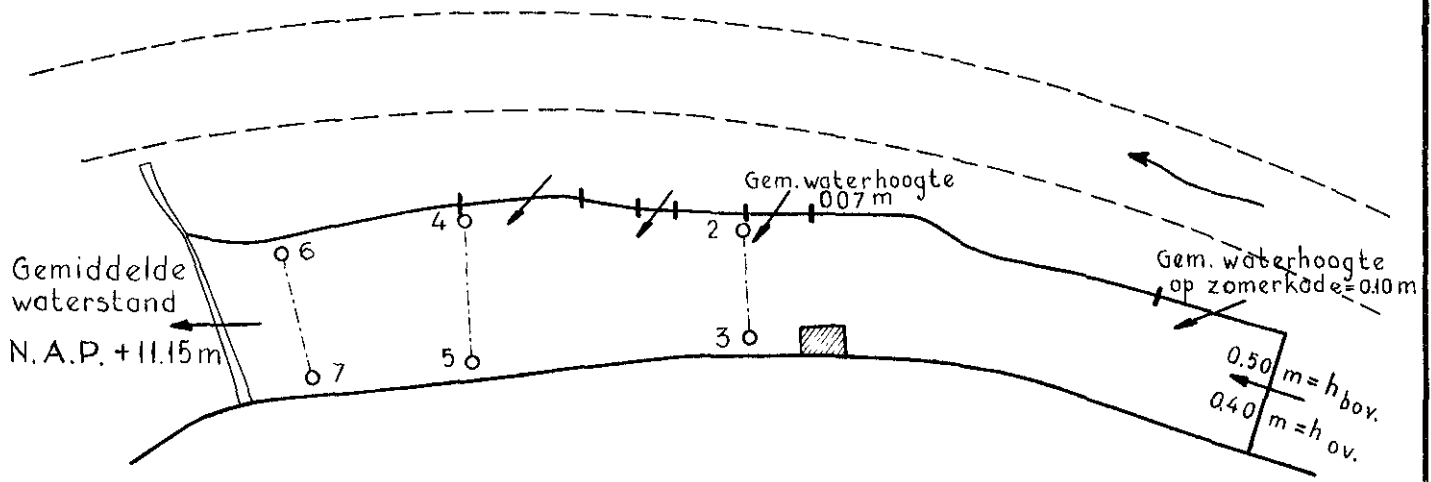


Waterstand in m t.o.v. N.A.P.



+ Waarneming p.s. 6
 x " " p.s. 7

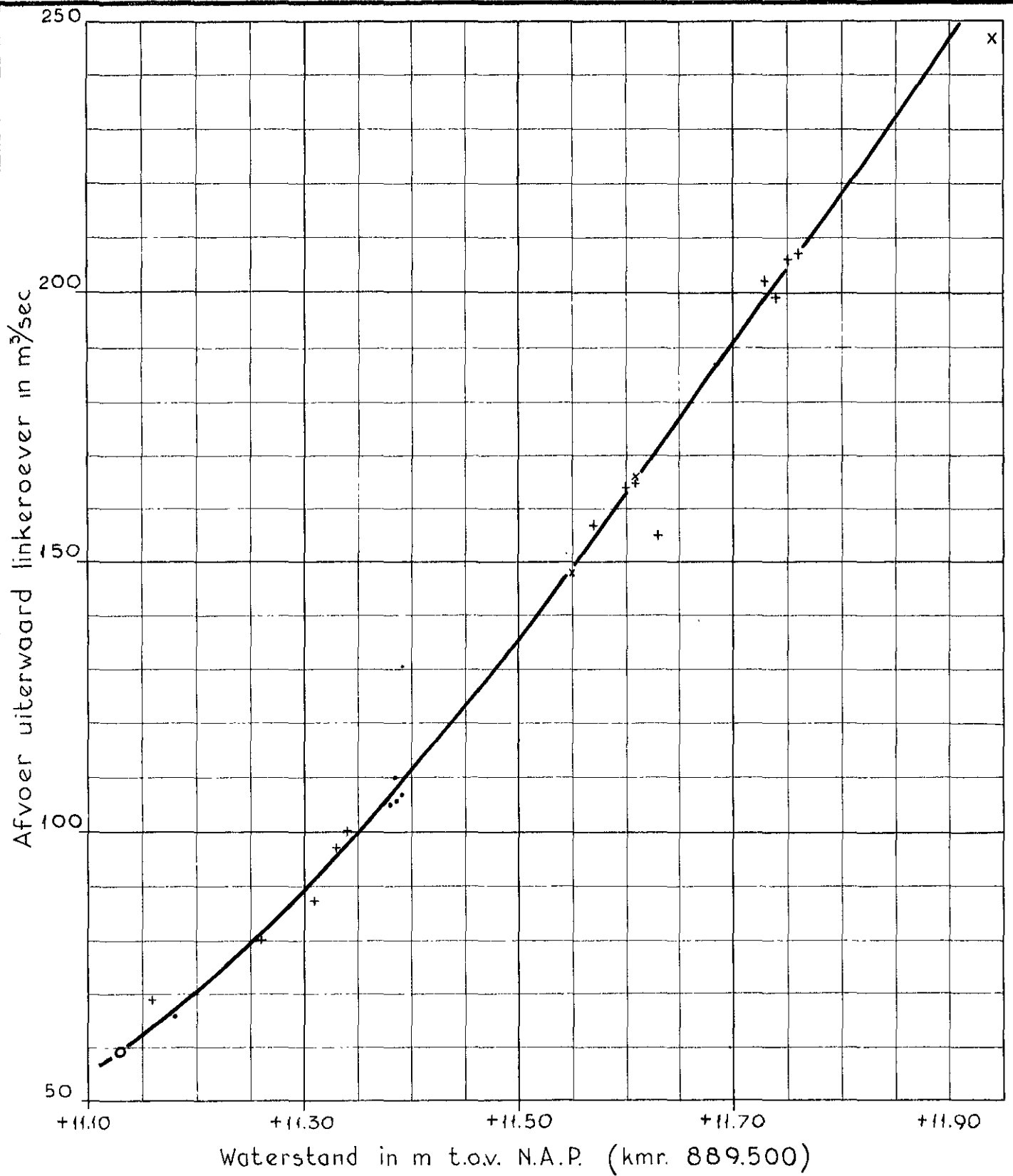
08.00^h 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00
 → Tijd



De ingenieur <i>H. van Wijngaarden</i>			OPGETREDEN STROMINGSVERSCHEIJNSELEN TIJDENS HET TWEEDE HOOGWATER IN 1958 BIJ VERSCHILLENDE WATERSTANDEN		Nota 59.4	
Getekend	Gecontr.	Gez.	R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst		bijlage 10	
<i>H.v.</i>	<i>v.l.</i>	<i>S.v.</i>			A1 61.543	

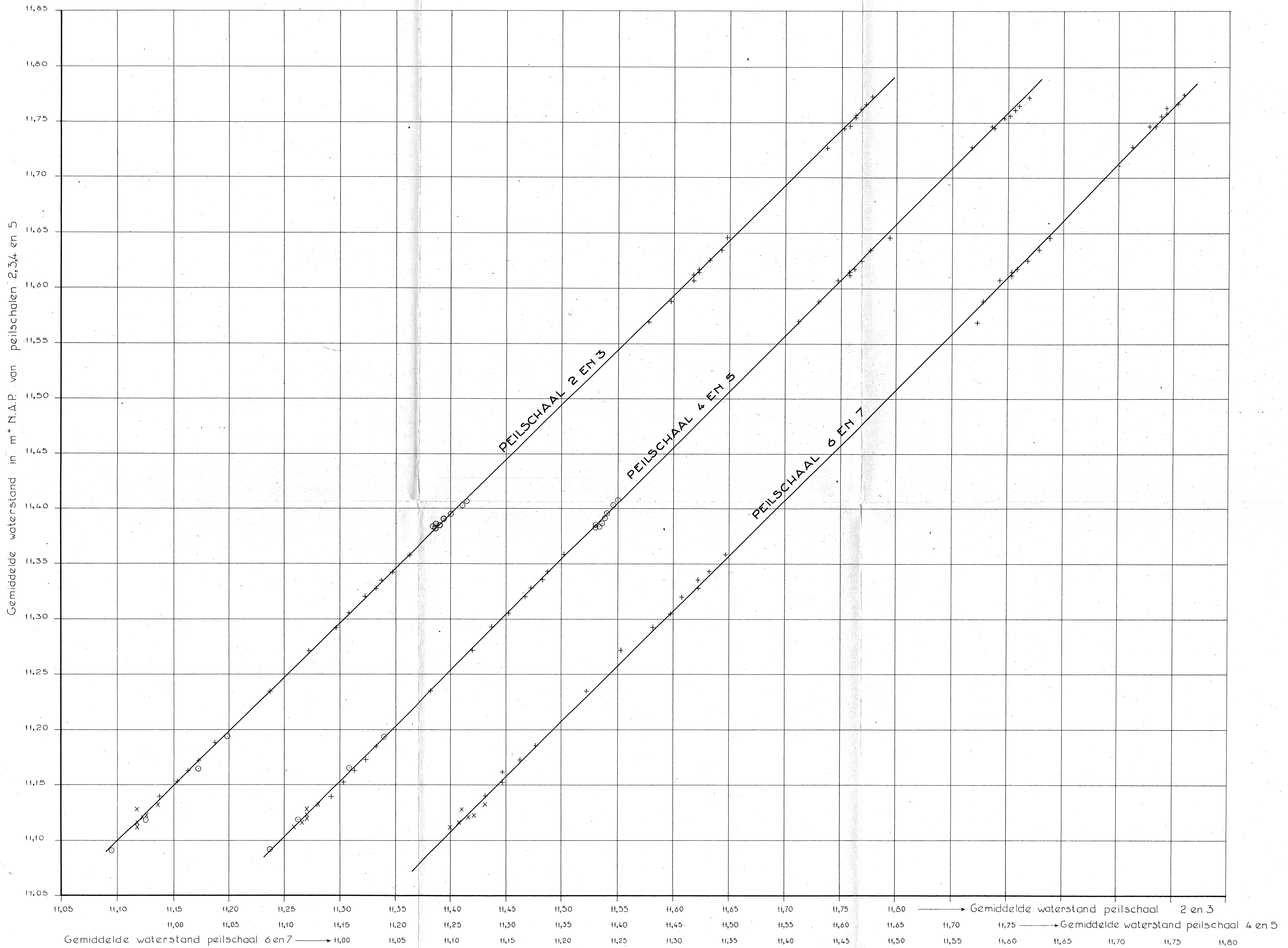
Datum	Afvoer uiterwaard	Tijd	Waterstand Arnhem in m. t.o.v. N.A.P.	Waterstand km 889.500 in m t.o.v. N.A.P.	Opmerkingen
21-1-'55	247	15.00 ^h	+12.77	+11.94	Voor de water- stand in kmr. 889.500 is steeds het gemiddelde genomen van de peilschalen 4 en 5
23-1-'55	166	11.45	+12.45	+11.61	
23-1-'55	148	15.08	+12.39	+11.55	
7-3-'56	66	15.22	+11.97	+11.18	
8-3-'56	105	12.08	+12.15	+11.38	
8-3-'56	110	15.08	+12.16	+11.39	
9-3-'56	87	10.15	+12.20	+11.40	
9-3-'56	107	12.08	+12.16	+11.39	
9-3-'56	106	14.30	+12.15	+11.38	
2-3-'57	59	15.00	+12.02	+11.13	
14-2-'58	69	14.25	+12.07	+11.16	
15-2-'58	97	11.00	+12.20	+11.33	
15-2-'58	100	14.50	+12.19	+11.34	
27-2-'58	80	11.30	+12.09	+11.26	
27-2-'58	87	15.35	+12.15	+11.31	
28-2-'58	157	11.15	+12.42	+11.57	
28-2-'58	164	15.30	+12.45	+11.60	
1-3-'58	202	10.30	+12.56	+11.73	
1-3-'58	206	15.20	+12.57	+11.75	
2-3-'58	199	15.10	+12.56	+11.74	
2-3-'58	207	11.10	+12.58	+11.76	
3-3-'58	155	10.50	+12.45	+11.63	
3-3-'58	165	14.30	+12.40	+11.61	

De ingenieur <i>H. W. J. G. van</i>			TABEL 3: OVERZICHT DER VERRICHTE AF- VOERMETINGEN IN DE VERSCHILL. JAREN	Nota 59.4	
Getekend	Gecontr.	Gez.		Bijlage II	
<i>H. W. J. G. van</i>	<i>J. L.</i>	<i>S. G.</i>	R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst	A1	61.544.



x Metingen verricht in 1955
 • " " " 1956
 o " " " 1957
 + " " " 1958

De ingenieur <i>H. van Wijngaarden</i>			VERBAND AFVOER OVER DE UITERWAARD - WATERSTAND IN KMRAAI 889.500 (RAAI A-A)		Nota 594
Getekend	Getontr.	Gez.	R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst		Bijlage 12
<i>H.H.</i>	<i>d. l.</i>	<i>S.H.</i>			A1 61.545



TOELICHTING

- o H.W. 1956 d.d. 7, 8 en 9 maart.
- x H.W. 1957 d.d. 2 maart.
- + H.W. 1958 { 1^o H.W. d.d. 14 en 15 februari.
2^o H.W. d.d. 27 en 28 februari en 1, 2 en 3 maart.

De ingenieur <i>H. J. P. van der</i>	BETREKKINGSLIJNEN VOOR PEILSCHALEN UITERWAARD DRIEL			Nota 59.4
	RUKSWATERSTAAT			met 16 bijlagen
Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst	Get	Gec	Gez	Bylage 13
	<i>W.B.</i>	<i>P.H.</i>	<i>Sj.</i>	B3 61.546

Q (in m ³ /sec)	P _s (4+5) gem.w.s	P _s (2+3) gem.w.s	P _s (6+7) gem.w.s	Δ h (in mm)	h (in m)	C(m ^{1/2} /sec) (Q=B.h.c√h L)	\bar{v} (cm/sec)	K(in cm) (C= 18 log $\frac{12h}{K}$)
70	+11.198	+11.202	+11.193	9	2.008	38.3	21.8	18.0
100	+11.350	+11.358	+11.346	12	2.160	42.5	29.7	11.3
130	+11.478	+11.490	+11.478	12	2.288	50.6	36.6	4.2
160	+11.590	+11.604	+11.588	16	2.400	50.4	43.0	3.3
190	+11.698	+11.714	+11.694	20	2.508	50.1	48.9	5.0
210	+11.770	+11.785	+11.763	22	2.580	50.5	52.6	4.8
240	+11.878	+11.893	+11.869	24	2.688	52.0	57.6	4.2

Gemiddelde terreinhoogte :

N. A. P. + 9.19 m

Gemiddelde baanbreedte 155 m

Baanlengte 525 m

De ingenieur <i>H. van Wijngaarden</i>			TABEL 4: C- en k-WAARDEN BIJ VERSCHILLENDE AFVOEREN	Nota 59.4	
Getekend	Gecontr.	Gez.		Bijlage 14	
<i>H.P.</i>	<i>A.L.</i>	<i>S.G.</i>	R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst	A1	61.547

Volg-nummer	hoogte boven de bodem = Z	X = log Z	snelheid in cm/sec = Y	V = X - \bar{X}	W = Y - \bar{Y}	V ²	W ²	+ V.W.	-V.W.
1	15	1.176	18	-0.773	-14.615	0.598	213.598	11.297	
2	30	1.477	23	-0.472	- 9.615	0.223	92.448	4.538	
3	50	1.699	28	-0.250	- 4.615	0.062	21.298	1.154	
4	65	1.813	31	-0.136	- 1.615	0.018	2.608	0.220	
5	80	1.903	30	-0.046	- 2.615	0.002	6.838	0.120	
6	95	1.978	33	+0.029	+ 0.385	0.001	0.148	0.011	
7	110	2.041	32	+0.092	- 0.615	0.008	0.378		0.057
8	125	2.097	36	+0.148	+0.385	0.022	11.458	0.501	
9	140	2.146	38	+0.197	+5.385	0.039	28.998	1.061	
10	155	2.190	37	+0.241	+ 4.385	0.058	19.228	1.057	
11	170	2.231	39	+0.282	+6.385	0.080	40.768	1.801	
12	190	2.279	38	+0.330	+5.385	0.111	28.998	1.777	
13	205	2.312	41	+0.363	+8.385	0.132	70.308	3.044	
		$\Sigma X =$ 25,342	$\Sigma Y =$ 424,0			$\Sigma V^2 =$ 1.354	$\Sigma W^2 =$ 537.074	$\Sigma (+V.W) =$ 26.581	$\Sigma (-V.W) =$ 0.057
		$\bar{X} = 1,949$	$\bar{Y} = 32,615$					$\Sigma V.W = 26.524$	

$$R_x = \frac{\Sigma V.W.}{\Sigma V^2} = 19.58$$

$$R_y = \frac{\Sigma V.W.}{\Sigma W^2} = 0.4939$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\Sigma V^2}{n-1}} = 0.336$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\Sigma W^2}{n-1}} = 6.69$$

$$r = \frac{\Sigma V.W}{\sqrt{\{\Sigma V^2\}\{\Sigma W^2\}}} = 0.984$$

$$\bar{X} = 1.949$$

$$\bar{Y} = 32.615$$

$$h = 2.20 \text{ m}$$

$$R_x = \frac{\sqrt{g h J}}{k \log e} \longrightarrow J = 3.35 \cdot 10^{-4} \cdot k^2$$

Vergelijking snelheidsverticaal: $Y - \bar{Y} = R_x (X - \bar{X})$

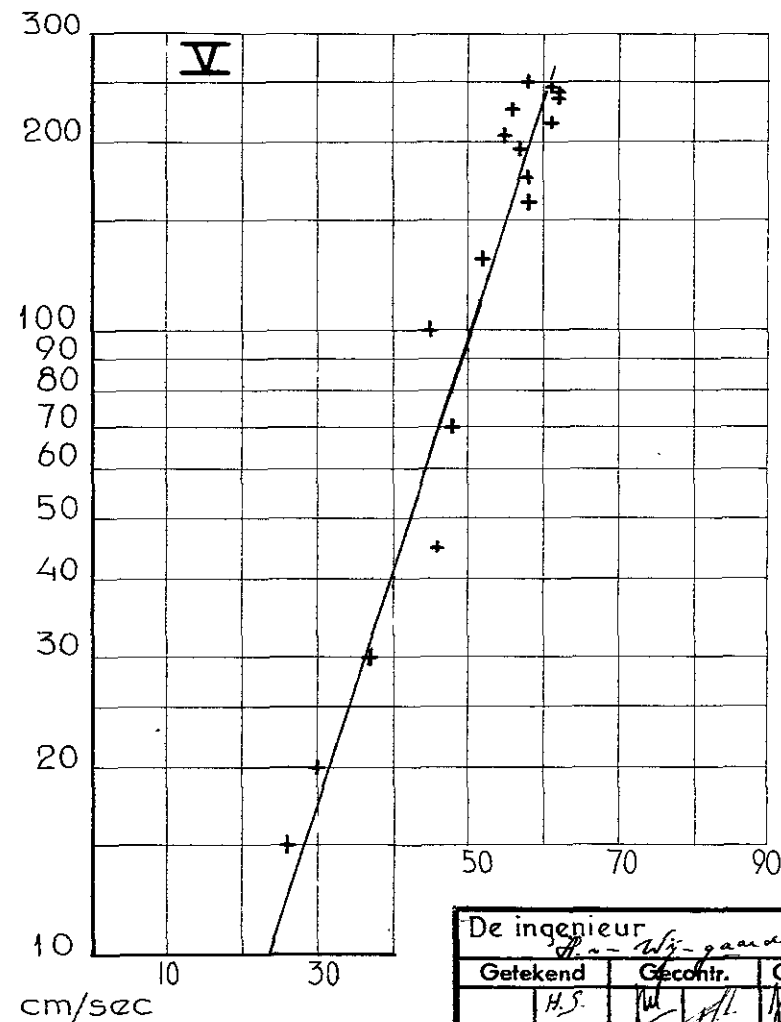
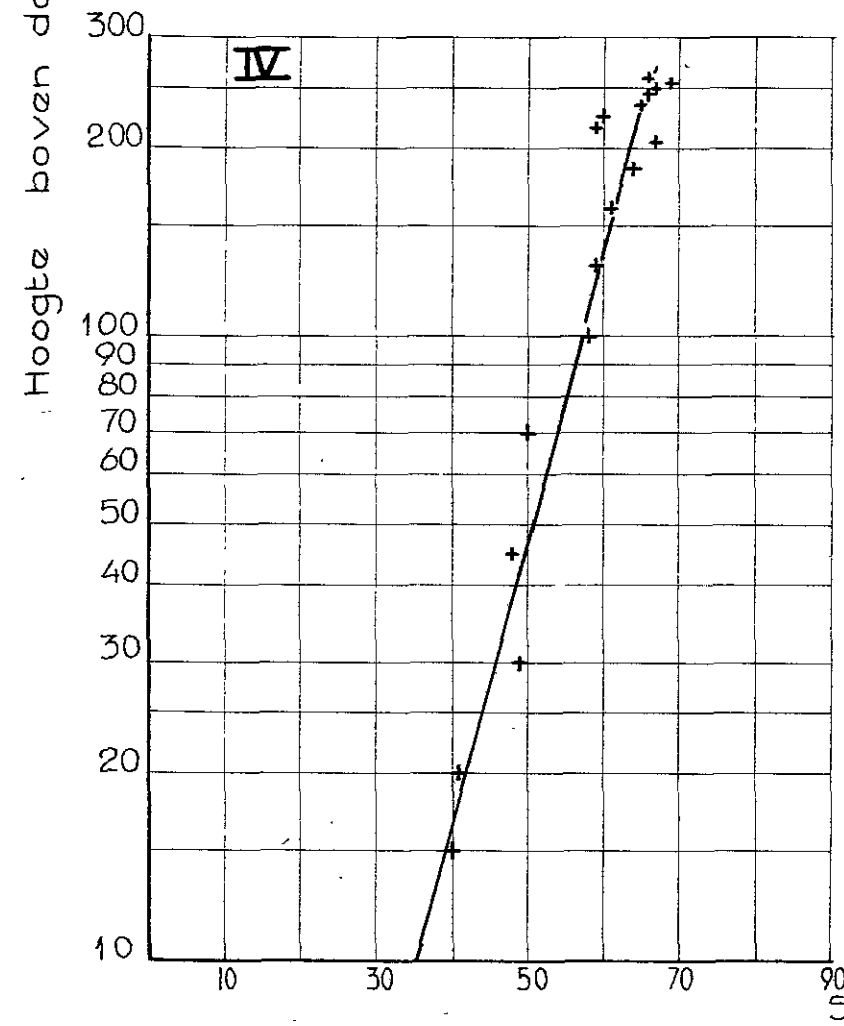
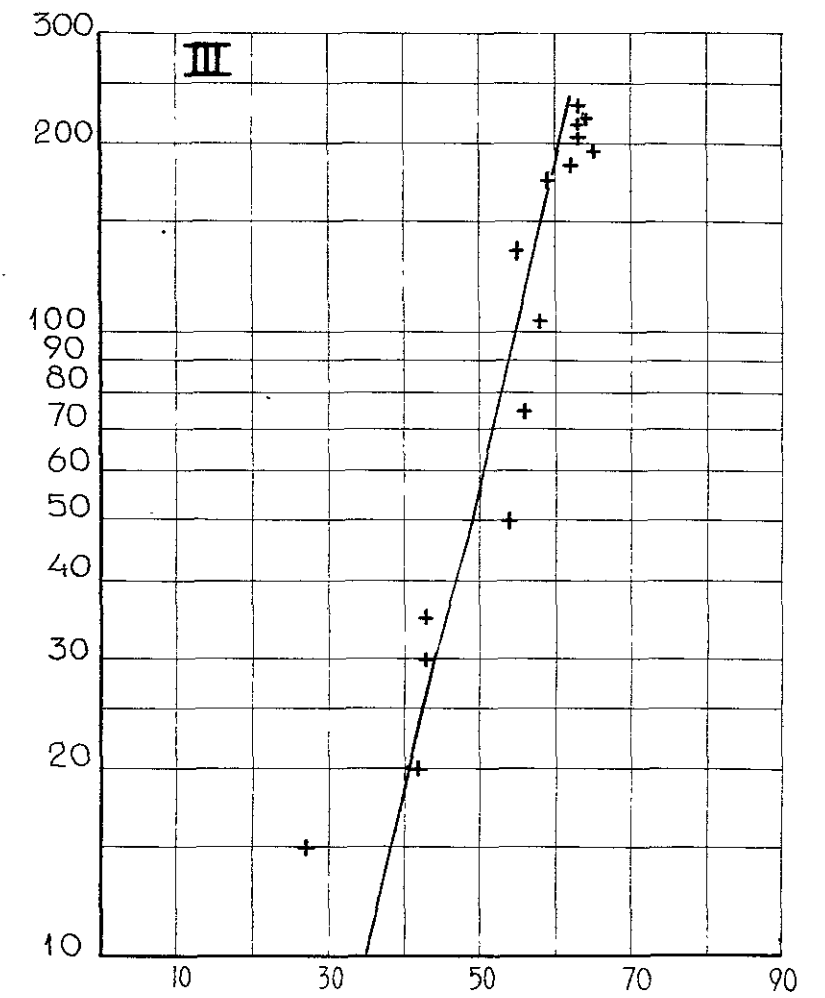
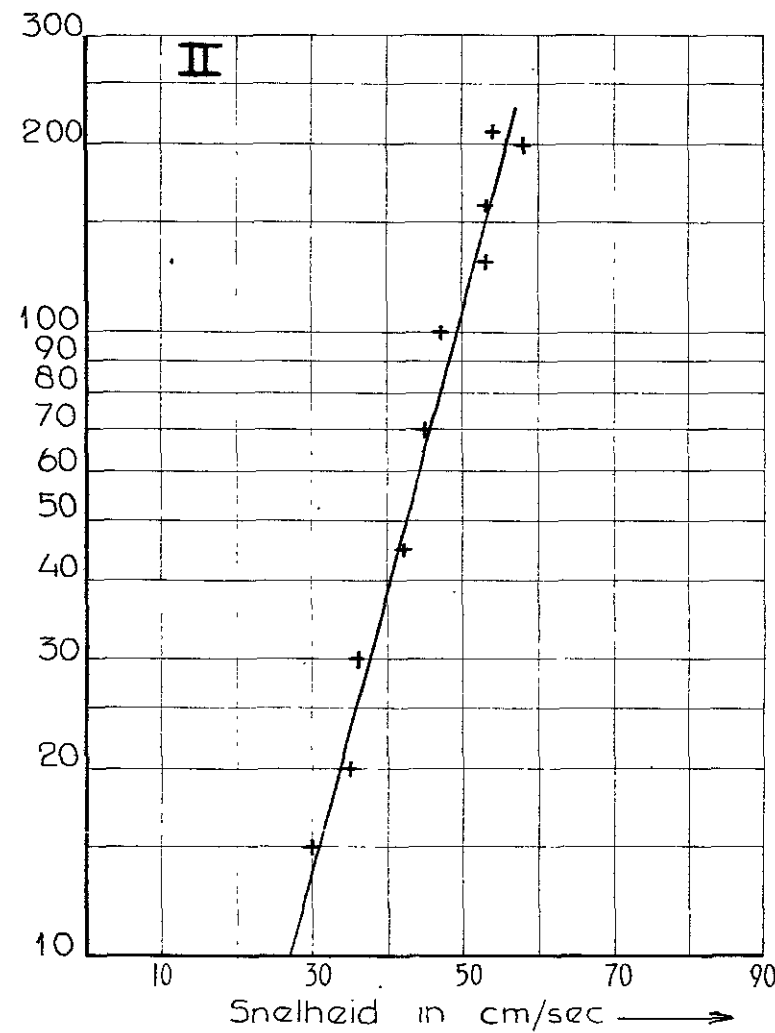
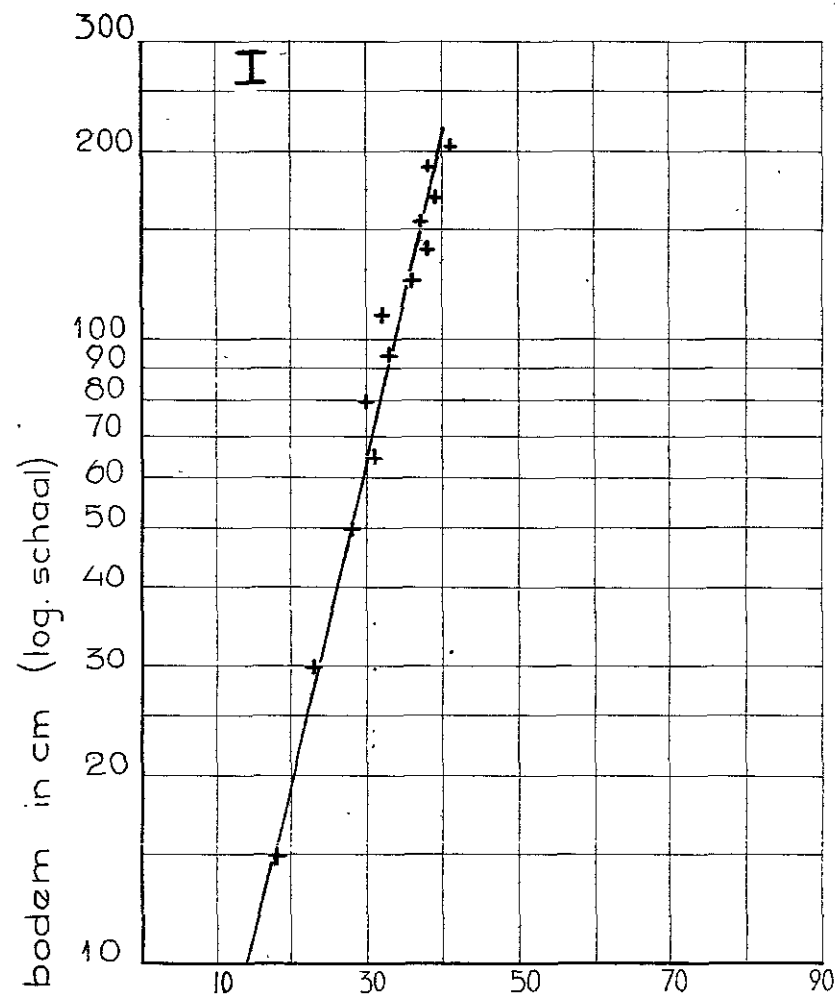
$$\text{of } Y = 19.58 X - 5.53$$

$$\text{of } V_z = 19.58 \log Z - 5.53$$

$Z_0 = 1.95 \text{ cm}$ (uit (3), zie blz. 6)

$k = 58.5 \text{ cm}$

De ingenieur <i>H. van Wijngaarden</i>			TABEL 5: UITGEWERKTE SNEL- HEIDSVERTICAAL (METING I)	Nota 59.4	
Getekend	Gecontr.	Gez.		bijlage 15	
<i>H.P.</i>	<i>A.L.</i>	<i>S.J.</i>	R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst	A2	61.548



Uit de logarithmische snelheidsverticaal $v_z = \frac{v_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0}$ is C, de coëfficiënt van de Chézy voor die verticaal te berekenen. De ingetekende snelheidsvertikalen zijn als regressielijnen ($v_z = a \log z + b$) bepaald uit snelheidsmetingen met een Ottmolen (100 omw. per meetpunt).
 z : hoogte boven bodem (cm); z_0 : ruwheidsmaat;
 v_z : snelheid ter hoogte z (cm/sec); κ : const. van v. Kármán;
 v : gemiddelde snelheid (cm/sec); v_* : schuifspanningssnelh.
GEGEVENS EN UITKOMSTEN BEREKENINGEN

Meting	I	II	III	IV	V
Datum	15-2-'58	28-2-'58	1-3-'58	1-3-'58	2-3-'58
Tijd	15.15 h	11.30 h	10.00 h	15.00 h	16.30 h
Afst. uit binnenkruin	122 m	113 m	81 m	94 m	38 m
Waterdiepte (cm)	220	225	235	265	225
Gemidd. w.s. (ps. 4 1/5)	11,35 ⁺	11,58 ⁺	11,73 ⁺	11,76 ⁺	11,74 ⁺
a (regressie-coëff.)	19,58	22,17	20,09	21,39	26,55
b	- 5,53	5,00	15,13	14,12	- 3,10
Correlatie-coëff.	0,984	0,986	0,850	0,962	0,970
v in cm/sec	31,9	47,5	55,0	56,6	49,3
Middelb. fout (cm/sec)	1,14	1,47	5,58	2,45	2,64
z_0 in cm	1,95	0,592	0,177	0,213	1,31
Verhang I	$3,35 \cdot 10^{-4} \kappa^2$	$4,18 \cdot 10^{-4} \kappa^2$	$3,30 \cdot 10^{-4} \kappa^2$	$3,31 \cdot 10^{-4} \kappa^2$	$5,31 \cdot 10^{-4} \kappa^2$
C in m ^{1/2} /sec voor $\kappa=0.4$	29,1	38,7	48,4	47,9	33,4
k (cm)	58,5	17,8	5,3	6,9	39,3

De ingenieur
H. S.
 Getekend
 Gecohr.
 Gez.

OVERZICHT
SNELHEIDSVERTIKALEN
 R.W.S. Dir. Bovenrivieren afd. Studiedienst

Nota 59.4
 bijlage 16
A2 61.549