Rapport betreffende de meetresultaten van de studiedienst

Informatierapport nr. 4 (1936)

door Ir. G. Slotboom
(september 1937)

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Directie Oost-Nederland

Postbus 9070
6800 ED Arnhem
Tel. 026 - 3688355

Rijkswaterstaat
Directie Bovenrivieren
Afd. Studiedienst.

Nota 1937 no. 1
met 22 figuren
en 4 tabellen.

RAPPORT BETREFFENDE DE RESULTATEN VAN DE MEETAFDELING VAN DE STUDIEDIENST

INFORMATIERAPPORT NO. 4.

opgemaakt in September
1937.
gecopieerd in Augustus
1951.

I N H O U D.

==========

F I G U R E N L I J S T.

==========

TABELLEN.

HOOFDSTUK I. Korte inhoud.

Par. 1. Overzicht en korte inhoud.

a) Instrumenten.

In de eerste plaats werden enkele molens nader geijkt, waarbij aan de nieuwe molen, welke in 1935 is gekocht, gèèn en aan de oude ZZW molen een behoorlijke afwijking werd geconstateerd (fig.1,a b c d). Andere snelheidsmeters werden niet gecontroleerd.

De Bodemtransportmeter werd bij de ijking in de "Versuchanstalt für Wasserbau" te Zürich nog een weinig veranderd, waarna de coëfficienten voor verschillende gemiddelde vullingen vastgelegd werden (fig.3) Definitieve vergelijking met de oude BTM vond nog niet plaats.

Ook de zandvanger "C.C." werd aan een nader onderzoek onderworpen. Hierbij bleek dat voor het weer wegstromen van het zand een zekere correctiefactor in rekening is te brengen, welke, zoals te verwachten, afhankelijk is van de korrelgrootte en de watersnelheid (zie fig.6).

In verband met het onderzoek omtrent de BTM werd getracht de vorm van de bodemribbels nauwkeurig vast te leggen. Dit gelukte, voor wat de algemene vorm betreft, goed met behulp van het echoloood, waarbij de oscillatoren in een langs de meetboot voortbewogen roeiboot waren geplaatst (fig.7). De metingen met de ribbelmeter gelukten minder goed (fig.8) en waren niet als contrôle op de echoloodmetingen te gebruiken (fig. 9).

b) De afvoermetingen.

Ter bepaling van de waterafvoer werden in 1936 8 drijvermetingen en 4 molenmetingen verricht. In verband met de vergelijkbaarheid van beide soort metingen is het gewenst niet meer de metingen afzonderlijk, doch de afvoerkrommen (welke getekend worden door de voor aanwijsbare oorzaken gecorrigeerde metingen) te vereffenen, waardoor het mogelijk is ook

metingen van een enkele rivierarm (molenmetingen) ter nadere vastlegging te gebruiken.

Het blijkt dat de molenmetingen ongeveer 6% minder afvoer geven dan de drijvermetingen, terwijl uit een onderzoek naar het verloop van de snelheden in de verticaal blijkt, dat gemiddeld niet meer dan 5% verwacht mag worden. Een nader onderzoek van een en ander ligt in de bedoeling.

Dank zij onze verbeterde instrumenten en kennis van hun bijzonderheden is het gelukt uit de zandtransportmetingen voor de Neder-Rijn -km 23E een vrij betrouwbare zandtransportkromme te bepalen (fig.17). Met behulp van deze kromme en de waterstandsfrequentie's is berekend dat gemiddeld ongeveer 200 à 250.000 m^3 zand ($\phi > 150\mu$) per jaar de Neder-Rijn bij Arnhem passeert, terwijl dit in een natte periode zoals 1936, kan vermeerderen tot 300 à 350.000 m per jaar.

Er waren niet voldoende metingen beschikbaar om ook voor de andere rivieren tot een soortgelijk resultaat te komen.

c) Onderzoek van de stroming en zandbeweging bij de splitsingspunten.

Van de metingen nabij de IJsselkop werd een tekening samengesteld (fig.18 en 19) waaruit duidelijk blijkt dat de onderstroom met het grove bodemmateriaal mee de IJssel intrekt en de Neder-Rijn in verhouding zeer veel meer zwevend materiaal ontvangt, wat voor een groot deel aan de zwakke bocht boven de IJsselkop te wijten is.

Wegens de meerdere afstand en de beperkte tijd zijn nabij de Pann. kop niet zoveel metingen verricht, zodat hiervan nog niet zo'n overzicht is te verkrijgen.

d) Diversen.

In verband met enkele vragen werden de snelheden op de Waal tussen Nijmegen en Tiel bepaald (par. 17) (fig.20), terwijl tevens een onderzoek werd ingesteld naar de zakking der waterstanden te Eefde (par.18).

e) Programma.

In de eerste plaats zal ten behoeve van de zandtransportmetingen, welke reeds verricht zijn, de oude BTM te vergelijken zijn met de BTM"Arnhem", terwijl het ook wel gewenst is zo mogelijk met de laatste nog enige contrôle-metingen uit te voeren om na te gaan of dit instrument ook bij het gebruik in de rivier ons vertrouwen verdient.

Verder is een zwevend zandzuiger (Z.Z.Z.) (zie fig.10) in bestelling, waarmede een kwantitatief onderzoek van het transport van het allerfijnste materiaal ($< 150\,\mu$) zal zijn in te stellen.

Het ligt voorlopig in de bedoeling te trachten in de eerste plaats voor de bovenste gedeelten van de IJssel en de Waal soortgelijke zandtransportkrommen als nu voor de Neder-Rijn is weergegeven, te verkrijgen.

Onderwijl zal evenzeer de aandacht worden besteed aan de splitsingspunten en de theoretische oorzaak van de hier waargenomen verschijnselen, terwijl tevens getracht zal worden uit de verrichte metingen een zekere wetmatigheid voor de grootte van het zandtransport vast te stellen. Indien hiervoor maar enigszins tijd beschikbaar is, zullen hiertoe ook zandmetingen in de riviergedeelten met weinig verhang gedaan moeten worden.

Ook zal het onderzoek naar de factor, welke in rekening gebracht moet worden om de molenmetingen direct met de drijvermetingen vergelijkbaar te maken, met kracht zijn voort te zetten. Hierbij komt vanzelf weer de theoretische vorm van de snelheidsverdeling in de verticaal ter sprake, zodat het, in verband met de geldigheid van een uitspraak in deze voor een groot gebied, ook hiervoor misschien gewenst is hiertoe speciale metingen meer benedenwaarts in onze rivieren te verrichten.

Hoofdstuk II. Onderzoek van verschillende meetmethoden en instrumenten.

Par.2. Contrôle der instrumenten voor snelheidsmetingen.

In verband met de molenmetingen aan de bruggen lag het in de bedoeling deze nog eens extra te controleren. De in het Rapport No 3 genoemde metingen hadden reeds aangetoond dat in het algemeen de door Ott bepaalde ijkkrommen aangehouden konden worden. De nieuwe in 1925 gekochte molen no.6260 werd nu echter nauwkeuriger geijkt, met de bedoeling de andere molens weer met deze te vergelijken.

Met stokdrijvers (2 m onder water) werd over een afstand van 50 m de snelheid in de stroomdraad van de rivier bepaald, waarbij met de afstandskijker het punt waar deze drijvers de 3 meetraaien (op 0, 25, en 50 m) passeerden werd vastgelegd.

Op deze punten werden daarna de snelheden op 0.5; 1.0; 1.5 en 2 m onder water gemeten; aan het middelste meetpunt werd het dubbele gewicht toegekend voor de bepaling van de gemiddelde snelheid.

In fig.1a en 1b, welke ook reeds als fig.1e en 1f in Rapport No3 voorkwamen, zijn de resultaten van deze metingen als driehoekjes getekend.Hieruit blijkt, dat er werkelijk generlei aanleiding is om af te wijken van de ijkkingskromme van Ott.

In verband met beschikbare financiën en tijd werd er voorlopig van afgezien ook de andere molens nogmaals te controleren.

Alleen bij molen 5406 wiek no.2a, wijken de oude metingen alle naar één zijde af van de ijkkromme, zodat hier aanleiding is om een enkel punt nauwkeurig vast te stellen, opdat een nieuwe ijkkromme getekend kan worden. Deze wiek is echter enige maanden geleden verbogen , zodat ze toch geheel opnieuw moet worden geijkt. Inmiddels werd de gerepareerde wiek en de tot nu toe niet veel gebruikte no.1 en 3 geijkt met behulp van molen no. 6260. De ijking is in fig.1c en 1d weergegeven en toont een regelmatige afwijking met de vroeger gebruikte formule.

Hier demonstreert zich tevens het grootte nadeel van molenmetingen t.o.v. drijvermetingen, nl. dat men afhankelijk is van de toestand van de molen enz. terwijl het ondoenlijk is vóór of nà elke meting de molens op hun ijking te controleren.

Bij gebrek aan beter werd voor wat betreft de metingen 1936 en Febr.1937 uitgegaan van de oude ijkkromme, waarbij bedacht moet worden, dat deze misschien ± 6% te kleine snelheden geeft (zie fig. 1c en 1d).

De Jacobson werd dit jaar weinig gebruikt. Gebleken is echter dat in het vorig rapport een fout is geslopen, in zoverre dat de draadbuiging op verkeerde wijze geinterpreteerd was. De grafiek voor de draadbuiging wordt daardoor iets gewijzigd, maar blijft na genoeg gelijk aan de uit de oorspronkelijk door A'dam-Rijn opgegeven ijking volgende buiging, waarin bij het uitwerken hier dezelfde fout was gemaakt.

Andere instrumenten werden niet toegepast of getoetst.

Par.3. Onderzoek naar de bodemtransportmeter; tot stand komen van de B.T.M. "Arnhem".

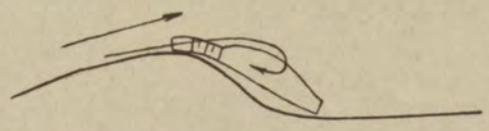
Het onderzoek naar de B.T.M. in de rivier werd niet verder voortgezet. Wel werden vele zandtransportmetingen gedaan, waarbij het bodemtransport met behulp van de B.T.M. werd bepaald.

Deze metingen gaven geen aanleiding tot bijzondere verrassingen. Alleen bij grotere afvoeren nam het gemeten bodemtransport niet veel toe, wat mogelijk voor een deel aan het instrument was te wijten.

Er werd dan ook besloten de laboratorium-onderzoekingen voort te zetten. In verband met de beschikbare installatie werd aan de Versuchanstalt für Wasserbau an der Eidgenossische Hochschule te Zürich de opdracht voor verder onderzoek verleend.

Daar bleek, dat ten gevolge van de waterdruk op de vanger, de glijders van het ophangstel wel eens vastliepen, zodat de mond dan niet goed op de bodem kwam.

Waarschijlijk is dit euvel dus ook opgetreden bij de zandtransportmetingen bij hoge afvoeren, waarbij relatief weinig zand werd gevangen. Bovendien bleek het zuiglichaam soms te veel achter een ribbel weg te zakken, zodat het juist in de neer kwam te liggen op het ogenblijk dat het zandtransport bij de mond zeer sterk was.



In het laboratorium hadden de ribbels een iets geprononceerder vorm dan in de rivier (zie par.6.) Deze fout is in het laatste geval dus waarschijnlijk iets minder groot. Beide fouten werden vóór het verdere onderzoek verbeterd door de BTM op andere wijze op te hangen, waardoor de in fig. 3 weergegeven zandtransportmeter, verdere genoemd de B.T.M."Arnhem" ontstond.

De B.T.M. in zijn oorspronkelijke vorm (zie rapport no.3 bijlage 5) ving ongeveer 55% van het getransporteerde zand de B.T.M. "Arnhem" 70 à 90%. Daar de fouten die in het laboratorium optraden in de praktijk waarschijnlijk iets minder groot zijn, is voorlopig een vangcoëfficient van 60% bij een vulling van 600 cm^3 (zie fig.3) aangehouden.

Reeds werden met de B.T.M."Arnhem" enige vergelijkende metingen uitgevoerd om de in 1936 uitgevoerde zandtransportmetingen met de toekomstige te vergelijken. Het resultaat hiervan, dat als zeer voorlopig is te beschouwen, is eveneens in fig.6 aangegeven.

Opgemerkt kan nog worden dat ook in het laboratorium bleek, dat bij grote snelheden een voorspandraad absoluut noodzakelijk was om zijdelings uitwijken van het voorstuk tegen te gaan. Hierbij moet er op gelet worden, dat de voorspandraad S (zie bijl. 4) zo dun mogelijk is, opdat de stroom hierop geen vat heeft.

Par.4. Onderzoek naar de zwevend transportmeter "Canter Cremers".

Uit metingen van ir. Kleinjan op de benedenrivieren is gebleken, dat voor de omstandigheden die daar optreden, de C.C en de monsternemer geheel verschillend resultaten gaven.

Dit is in tegenspraak met de mededeling uit mijn Rapport no. 3 , waarin gezegd is, dat zij beiden ongeveer een gelijk resultaat hadden. De metingen waaruit deze conclusie is getrokken, zijn nog eens nagegaan en leveren het volgende:

1°. Een meting op 0.11 m van de bodem af gaf een transportintensiteit van 625 cm^3 per m^2 per sec. gemiddeld van 4 metingen (coëff.C.C. = 1.4), de vorige dag op dezelfde plaats 440 cm^3 per m^2 per sec. (gem. van 11 metingen in 2½ uur), terwijl de monsternemer een transport van 44 cm^3 per m^2 per sec. opleverde (gem. van 56 monsters).

Een direct daaropvolgende meting op 0.32 m van de bodem leverde met de zandvanger C.C. een transportintensiteit van 66 cm^3 per m^2 per sec. (gem. van 6 metingen van 5 min.) tegen 64 cm^3 per m^2 per sec. met de monsternemer 8 28 monsters).

2°. 1,2 17 en 18 Juli 1935 werden in kmr 23.625 van de Neder-Rijn bij waterstanden van resp. 9.12, 9.21, 9.42 en 9.40 m +N.A.P. aan de peilschaal te Arnhem het zwevend transport (boven 0.05 m bodem) beurtelings met de zandvanger C.C. en de monsternemer bepaald op 27 m^3 per dag (C.C.); 35 m^3 per dag (monsternemer); 35 m^3 per dag (C.C.) en 75 m^3 per dag (monsternemer).

Opgemerkt zij, dat bij de laatste meting 2 monsters buiten beschouwing werden gelaten, die zo zeer van het gemiddelde afweken, dat bij in rekening brengen er van het gehele transport ± 20 m^3 per dag groter zou worden. Bij deze metingen ving de monsternemer gemiddeld iets grover materiaal (zie fig. 5), wat in tegenspraak zou zijn met de verwachting dat bij de C.C. het fijne materiaal uitgespoeld wordt.

Verondersteld moet dus worden, dat òf voor de

zandvanger C.C, door de opstuwing de grovere korrels wegvallen, òf dat deze zich in de monsternemer accumuleren, tenzij ze alleen in beweging komen bij het neerzetten (of) en het dichtklappen van de monsternemer.

Voor het laatste spreekt het feit, dat bij dede metingen in de zandvanger C.C. beide malen geen korrels van 3 à 4 mm voorkwamen, terwijl deze wel in de monsternemer werden gevonden.

Daar uit de vergelijking van beide instrumenten geen goede conclusie te trekken was en het in het algemeen trouwens verkeerd is een instrument te beoordelen door het met een ander ook niet geijkt apparaat te vergelijken, is volgens de idee van de hoofdingenieur Schaank op andere wijze de C.C. onderzocht.

Hierbij is de C.C. ongeveer 50 cm onder de waterspiegel opgehangen. Nadat geconstateerd is hoeveel zand op deze hoogte in 5 minuten (± 0.05 cm) wordt gevangen, wordt met behulp van een pipet een bepaalde hoeveelheid van een bepaalde zandsoort in de C.C. ingebracht. Na 5 minuten wordt ze dan opgehaald en nagegaan hoeveel zand nog is overgebleven.

Deze proef wordt steeds herhaald, waarbij het zand dan niet vrij snel, maar gedurende 5 minuten geleidelijk, gemengd met grote hoeveelheden water (evenveel als normaal ter plaatse van de pipet zou stromen) wordt ingebracht, zodat de situatie dan meer overeenkomt met de werkelijkheid. Het blijkt dat dan steeds een groter percentage verdwijnt. Deze proef is voor zand van verschillende korrelgrootten verricht bij snelheden van 50 tot 130 cm per sec. De resultaten hiervan zijn behalve in tabel I verzameld in fig.6, waar voor meerdere zandsoorten is ingetekend hoeveel procent (p) verdwijnt bij een bepaalde snelheid van het water ter plaatse van de C.C. Met behulp van deze grafiek zijn de gegegens, welke met de C.C. tot nu toe werden verkregen, om te werken door de gevangen hoeveelheid niet alleen met de hydraulische coëfficient 1.4 die voor onze C.C. geldt, maar ook met $\frac{100}{100-p}$ (p voor de betreffende zandsoort) te vermenigvuldigen.

Het schijnt dat, speciaal bij het fijnste zand, niet alleen door het weer uitstromen een fout wordt gemaakt, maar eveneens doordat een klein gedeelte in de zandvanger bij het leegmaken enz. achterblijft. (voor details zie werkstukken "zwevend transportmeter C.C. Bodegraven Aug.1937).

Bij het zeer voorzichtig in stilstaand water inbrengen werd nl. nog steeds een verlies geconstateerd. Verwacht kan worden dat in de werkelijkheid dergelijke verliezen ook optreden, zodat het aangegeven verlies bij zeer kleine snelheid als reëel moet worden beschouwd.

Par.5 Ribbelmetingen.

In verband met het onderzoek van de zandvanger te Zürich werd het nodig geoordeeld te trachten een betere indruk te verkrijgen van de vorm van de bodemribbels.

In de eerste plaats werd een meting gedaan met behulp van het echolood. Hiertoe waren de oscillatoren van het echolood in een roeiboot geplaatst, die zeer regelmatig (met een chronometer gecontroleerd) langs de op 4 ankers liggende meetboot werd bewogen. Op het boord van de meetboot waren meters aangegeven, zodat het mogelijk was de plaats van de oscillatoren t.o.v. de meetboot iedere meter vast te leggen. De snelheid waarmee de roeiboot werd bewogen was zo gekozen, dat 1 m werd afgelegd in de tijd dat het registreerpapier 1 cm voortbewoog, zodat van de geregistreerde ribbels de hoogteschaal gelijk is aan de lengteschaal.

Op deze wijze werden zeer fraaie beelden van de bodemribbels verkregen (zie fig.7). Daar het echolood echter altijd de gemiddelde diepte geeft van een klein oppervlak (tenzij de bodem een vlakke spiegel is daar dan slechts de halve oppervlakte van de oscillator weergegeven wordt) kan men uit deze metingen nooit nauwkeurig de vormdetails nagaan. Hiertoe zijn met de ribbelmeter enige metingen verricht.Deze bestaan uit een 3 mm dikke, van onderen bijgeslepen vlakke plaat van 3 m lengte. Deze werd met behulp

van twee daaraan verbonden stangen snel in de bodem gedrukt. Nadat aan een op de stangen aangebrachte schaalverdeling de waterhoogte afgelezen was om de stand van de plaat te controleren, werd ze weer omhoog gehaald. Was de plaat nu voldoende ver in het zand ingedrongen, dan kon aan de vooraf ingevette oppervlakte hiervan zeer duidelijk de bodemvorm worden waargenomen. (voor details zie werkstukken "Ribbelmetingen" opz. Hijman Maart 1937)

Getracht werd nog de echoloodpeilingen met behulp van de ribbelmeter te controleren, door de laatste telkens bv. 2 à 2.5 m meer stroomopwaarts in de grond te duwen, zodat een overlap van ± 1 m werd verkregen.

Dit is niet behoorlijk gelukt, daar de metingen ondanks nauwkeurig aflezen van de waterhoogte aan de induwstangen, absoluut niet behoorlijk aaneensloten.

Bovendien blijkt het zeer zelden te gelukken de plaat zo ver in de grond te drukken, dat de gehele bodemlijn er op komt, meestal ontbreken er de diepste punten aan. Wel kan op deze wijze worden geconstateerd, dat de achterzijde van een ribbel niet steiler is dan 1:3 (een enkele maal is 1:2 geconstateerd) en de bovenstroomse zijde dan 1:5 (zie fig.8).

Uit fig.9, waar enkele metingen met het echolood zijn ingetekend met op dezelfde plaats gedane metingen met de ribbelmeter, blijkt dat van eenzelfde beeld geen sprake is. Dit is m.i. geheel te wijten aan de ribbelmeter en niet aan een miswijzing van het echolood of aan een verkeerde plaatsbepaling.

De metingen met de ribbelmeter zijn dus alleen geschikt voor het leren kennen van de detailvorm van kleine ribbels, terwijl met het echolood een veel betere indruk omtrent de algehele vorm wordt verkregen.

Par.6 Programma voor verder onderzoek van de instrumenten.

In de eerste plaats zal dus nog nader onderzocht moeten worden in hoeverre voor de oude B.T.M. de coëfficient afwijkt van die van de B.T.M. Arnhem. Hierbij zal tevens de invloed van de vulling in de rivier van beide toestellen nagegaan worden, door ook met de B.T.M. "Arnhem" beurtelings 1 en 2 min. en desnoods 3 min. te meten. Op deze wijze kan enigszins gecontroleerd worden of de werkingsgraad alleen afhangt van de vulling, zoals in het Rapport van het Wat. Lab. te Zürich wordt aangegeven.

In de tweede plaats zal getracht worden om in het nu nog ontbrekende gebied van de zèèr fijne korrels ($< 200\,\mu$) meer inzicht te verkrijgen, met behulp van een nieuw meettoestel de Z.Z.Z. (zwevendzand-zuiger).

Met dit toestel, dat in fig.10 is geschetst, wordt een hoeveelheid water opgepompt met een dusdanige snelheid, dat deze bij de intree van de in de stroomrichting staande zuigbuis nagenoeg gelijk is aan de ongestoorde stroomsnelheid ter plaatse. Deze laatste is dus van te voren te meten. Op deze wijze kan dus een behoorlijke hoeveelheid water onder geheel normale omstandigheden, dus met zijn normale hoeveelheid zand en slib worden onttrokken. Deze hoeveelheid, is zo groot te nemen, dat de na bezinking te meten hoeveelheid zand en (of) slib behoorlijk meetbaar is.

Bij slibproeven kan men de gevangen hoeveelheid waarschijnlijk het beste bepalen door het water weg te laten lopen door filtreerpapier, waar het slib dus op achter blijft en dit dan (met het filtreerpapier van bekend nat gewicht) te wegen.

De kosten van pomp en motor zullen ongeveer f. 250.- en die van de rest der installatie niet meer dan f. 100.- bedragen, zodat het gehele toestel waarschijnlijk ongeveer f. 350.- zal kosten. De regeling van de hoeveelheid op te pompen water geschiedt door de afsluitkraan min of meer te knijpen, ter-

wijl de hoeveelheid per seconde kan worden bepaald door na te gaan in hoeveel tijd de gecalibreerde bezinkbak wordt gevuld.

Par.7. De dwarspeilingen met behulp van echolood en afstandsmeter.

Dit jaar wordt voor de eerste maal de 3-jaarlijkse grote dwarspeiling met behulp van echolood en afstandsmeter verricht.

Op 31 Mei werd een begin gemaakt met de peilingen op de Neder-Rijn in het vak van km 75.500 tot km 35, die op 10 JUni gereed kwamen. Daarna werd tussen 15 Juni en 1 Juli het vak van Krimpen tot Beusichemse veer (km 130-75) en van 13 tot 16 Juli vanaf km 35 tot de Pann. kop gepeild.

Bij deze peilingen blijkt, dat het echolood nog niet van een zodanige robuste constructie is, dat het zo'n gehele peiling zonder mankeren doormaakt. Het eist dan een werkelijk zeer zorgvuldige en in het opzoeken van kleine mankementen geroutineerde kracht.

Het bepalen van de afstand met de stereoscopische afstandsmeter blijkt, mits uitgevoerd door een daartoe geschikte en geoefende opzichter, verder geen bezwaren mee te brengen.

Zelfs bij de peilingen over het bovenste vak, waar een gemiddelde van bijna 1 km per uur gepeild werd, bracht het hoge meettempo geen hinderlijke vermoeidheid mee.

Van groot belang is het, dat de ploeg die de jalons op de wal moet verzetten, goed voor haar taak is berekend en ter plaatse zèèr goed bekend is, daar vooral indien het gras reeds hoog is en de paaltjes moeilijk te vinden zijn, er soms tijd wordt verspild doordat op het plaatsen der jalons moet worden gewacht.

Dit laatste, gecombineerd met enkele minder gelukkige kuren van het echolood, is oorzaak dat over het traject van km 130-75 slechts een gemiddelde van 55/12 = 4.6 km per meetdag werd bereikt, terwijl in

de dienstkring Arnhem, waar alles, ook het echolood, vlot liep 26/4 = 6.5 km per dag werd gepeild.

De totale kosten voor de Neder-Rijn zijn geweest:

papier 19 rollen à f. 9.50	f. 180.50
sleepcontacten echolood	21.-
52 mandagen à f. 3.90	202.80
acculaden enz.	24.-
waterwaarnemers	52.-
Totaal rond	f. 480.-

dit is $\frac{480}{120 \times 8}$ = f. 0.50 per raai.

Vroeger werd hiervoor uitgegeven rond f. 1900.- dus ruim f. 2.- per raai.

Behalve bovengenoemde kosten wordt echter betaald:

Lonen op de meetboot	f. 250.-
declaratie's personeel	146.-
declaratie's opzichters	220.-
olie meetboot	50.-
	f. 660.-

De totale kosten zijn dus afgezien van het salaris van de 2 opzichters, f.1140.- geweest of wel f. 1.20 per meetraai.

Daar vroeger aan de peilingen ook 1 of 2 bakenmeesters en de kantonnier met de motorboot mee werkten, moet het bedrag van eigenlijk f. 1900.- nog met een weinig vermeerderd worden.

Stel de kosten van de Motorboot op f.50.- (in werkelijkheid was het een benzine-motor) en de declaraties op f. 1.50 per dag, dus eveneens ± f.50.-, terwijl de salarissen wegvallen tegen die der 2 opzichters, dan zijn de kosten van f. 1140.- te vergelijken met f. 2000.- vroeger.

Voor de Neder-Rijn is de besparing dus ongeveer f. 900.- of wel 45% geweest.

In de dienstkring Schoonhoven werd ter controle direct na de peiling nog op de normale wijze een enkele raai gepeild. Een en ander is nog niet uitgewerkt en kan dus nog niet worden vergeleken.

De manoeuvreerbaarheid van de meetboot en de stuurmanskunst van de kapitein blijken in alle opzichten boven alle lof verheven en waarborgen dus in ieder geval een even goed in de raai peilen als de oude methode met een dwarskabel.

De peilingen welke in 1935 voor de dienstkring Arnhem werden verricht, zijn door onze dienst in zoverre uitgewerkt, dat zij op gelijke wijze als vroeger in de peilboekjes zijn ingeschreven. Dit uitwerken bleek slechts weinig tijd te vergen, terwijl het te verkiezen is boven een direct inschrijven in de peilkaarten, omdat deze gemakkelijker zoek raken en op een intact blijven van het geregistreerde echopeilblad niet kan worden gerekend.

Intussen is ook reeds een deel van de Waal opgepeild. Hierbij wordt in zoverre afgeweken van de methode welke op de Neder-Rijn wordt gevolgd, dat niet uit de peilpaaltjes, doch uit de normaallijn gemeten wordt. Dit was ook vroeger het geval, daar de peilpaaltjes niet aan het driehoeksnet vastgelegd zijn en men dus niet weet hoe ver ze t.o.v. de normaallijn staan.

Nu werd een roeiboot met een jalon op het kruispunt van meetraai en normaallijn voor anker gelegd en vanuit deze jalon de afstanden gemeten. Is de meetboot tot op zeer korte afstand (10 m) genaderd, dan wordt de roeiboot even opgetrokken aan het ankertouw en de meetboot vaart in de raai verder het kribvak in, terwijl de afstand nu wel vanuit de meetpaaltjes met de stereoscopische afstandsmeter wordt opgenomen. Daar ook de normaallijn zelf wordt aangegeven liggen deze laatste metingen en indirect de normaallijn dus eveneens vast.

De raaipaaltjes bevonden zich, dank zij de goede zorgen van de technisch-ambtenaar, in uitstekende staat, terwijl ook alle voorpalen aanwezig waren, zodat de raaien steeds vanuit één oever uitgezet konden worden. Het bleek nodig om over twee uitzetploegen te kunnen beschikken (een ploeg bestaat uit 2 man in de roeiboot en 1 man die de jalons op de wal uitzet), zodat bij het meten 6 losse werklieden no-

dig waren (anders 18).

Ondanks een zèèr drukke scheepvaart bleek het meten op de Waal dank zij deze methode, dan ook zeer vlot te verlopen, zodat het traject van km 64-94 in 5½ dag werd gepeild, wat een gemiddelde is van ±5½ km per dag.

De kosten waren hier:

Papier 5 rollen à f.9.50	f. 47.50
Sleepcontacten	2.10
36 mandagen à f.3.25	117.-
Waterwaarnemers	20.-
Acculaden	10.-
2 lampen voor echolood	25.-
	f. 221.60

De niet direct op de peiling te verhalen kosten waren:

Lonen op de meetboot	f. 58.56
Declaraties meetboot	66.-
Declaraties opzichters	71.-
Olie meetboot	20.-
	f. 215.56

in totaal zegge f.440.- d.i. f.1.80 per raai.

In 1934 werd voor de Boven-Rijn en de Waal (km 0 6 94) f.2250.- uitgegeven, terwijl toen wegens de aanzienlijk verminderde scheepvaart de peiling zeer goedkoop was te schten (normaal ongeveer f.3000)

Worden de kosten voor de oude methode, waarbij ook steeds een bakenmeestersboot (stoomboot) medewerkte, ook verhoogd met declarariekosten (2 bakenmeesters, kantonnier en opzichter of techn.ambtr.) à f.100.- en de kosten voor de meetboot welke voor een goede vergelijking gelijk te nemen zijn aan die voor een moderne diesselmotorboot, dus f.50.-,dan kostte deze peiling per raai $\frac{2400}{94 \times 8}$ = f.3.20

Dit is nu f.440.- in het duurste traject (hoge declaraties) geweest $\frac{f.440.-}{30 \times 8}$ = f.1.80 per raai,zodat een besparing van f.1.40 per raai verkregen is.

In totaal zal dus de besparing op Neder-Rijn Lek, Boven-Rijn en Waal ten minste f.1.- x (120 + 94) x 8 = f.1700.-, gemiddeld wellicht f. 2000.- per peiling zijn.

HOOFDSTUK II. DE AFVOERMETINGEN.

Par. 8. De drijvermetingen.

In 1936 werden 8 drijvermetingen gehouden op de verschillende Rijntakken, waarbij zeer lage en zeer hoge standen niet voorkwamen. De hoogste stand te Lobith was 14.73 m + N.A.P., en de laagste 9.90 m + N.A.P. (M.R. 1921-1930 = 10.95), terwijl er 2 afvoermetingen bij standen hoger dan 14 m + N.A.P. (waarvan één bij staand water) en één bij een stand van 10 m + N.A.P.(en staand water) werd verricht. De onvereffende metingen werden in een afvoerkromme ingetekend (fig.11).

Bij de metingen van 1936 werden voor de diepten kleiner dan 4.5 m steeds stokdrijvers gebruikt, bij grotere diepten werden de kettingdrijvers in verband met hun betere hanteerbaarheid toegepast. De lengte van de laatsten werd steeds zeer nauw aan de grens genomen, omdat: 1°. slepen bij grote lengte toch haast geen invloed heeft (zie Rapport No.2)en 2°. de kettingdrijver krom staat, dus altijd korter is dan zijn gestrekte lengte.

Gedurende de gewone drijving en bij het ijken van een molen is nog een speciale proef genomen met het gebruik van drijvers met een lengte van 7.50 m en van 8.00 m bij een minst gepeilde diepte van 8.00 m. Het gemiddelde verschil in drijftijd was zeer klein, niet meer dan uit het snelheidsverloop over de verticaal zou volgen, terwijl een enkele maal de drijftijd van de lange drijvers zelfs kleiner was.

Windinvloed.

Het is gebleken dat bij sterke wind de invloed hiervan op dr drijvers niet te verwaarlozen is. Zo geeft de meting van 27 Oct.1936 bij een waterstand omstreeks M.R. '21/30 voor:

rivieren	gemeten afvoer.	gemiddelde snelheid.	afvoer bij deze stand volgens vereff. kr.	gem. snelheid (vereff.afv. en gemeten profiel)
Boven-Rijn	1955 m/s	1.04½ m/s	2196 m/s	1.17½ m/s
Waal	1442	1.05½	1559	1.13½
Pann. kan.	620	1.07	637	1.10
Ned. Rijn	368	1.06	393	1.13
IJssel	242	1.04	244	1.05

Windkracht 5. [illegible] richting West.

Hieruit blijkt, dat vooral de Boven-Rijn, Waal en Neder-Rijn aanzienlijk onder normaal zijn wat niet aan meet- of uitwerkingsfouten, maar geheel aan de windinvloed geweten moet worden. De stroom indde meetvakken in de drie genoemde rivieren is dan ook in het algemeen richting Oost-West, terwijl die in het meetvak van het Pann. kanaal en de IJssel meer Noord.Zuid gericht is.

Dat het de invloed van de wind op de drijvers, en niet de invloed op de gehele rivier is geweest, wordt waarschijnlijk gemaakt door het feit dat de afvoer van Pann. kanaal en IJssel aanzienlijk kleinere afwijkingen vertonen. Bovendien waren de vervallen op die dag volkomen normaal, zoals uit onderstaande tabel moge blijken.

Waterstand	Lobith	Hulhuizen	Pannerden	Westervoort(Pley)	Arnhem
27 Oct.					
12 u.stand	11.01	10.24	10.15	9.18	8.63
betrek.lijn	11.01	10.27	10.17	9.19	8.63

Lobith 26-27-28-Oct. resp. 11.04, 11.00, 11.05 m +N.A.P.

Mogelijk blijkt nog dat, bij het normale verval een relatief te hoge waterstand optrad voor de afvoer maar dit is onwaarschijnlijk daar dan de waterstanden met het opsteken van de storm meer hadden moeten stijgen, wat niet merkbaar was (juist op de dag van de hardste wind was de waterstand het laagst).

Van een opwaaiing op de rivier is dus nog niets met zekerheid geconstateerd. Uitsluitsel in deze kan alleen een molenmeting geven, daar hierbij de meting

zelf niet door de wind beinvloed.

Toevalligerwijze is er echter nog geen sterke wind gedurende molenmetingen geweest, zodat dit ter zijner tijd nog eens nader bekeken zal worden.

Par.9. De molenmetingen.

De molenmetingen, waarvan de resultaten in bijlage 12 (vereffende afvoerkrommen) zijn ingetekend, werden voornamelijk aan de bruggen te Nijmegen, Arnhem en Westervoort verricht (ieder 4 metingen), terwijl vanaf de meetboot tweemaal in de meetraaien in het Pann.kanaal en de Boven-Rijn werd gemeten.

Vergelijkt men de molenmetingen met de afvoerkrommen zoals die uit de drijvermetingen volgen, dan blijkt hieruit dat, voor zover de molenmetingen afwijkende waarden geven, deze (op één na) alle kleiner zijn dan de drijvermetingen.

Gemiddeld is de afwijking 5.3%, wat ongeveer overeenkomt met de normale afwijking welke ontstaat doordat de drijvers te kort zijn, dus een te grote snelheid aangeven.

Het vreemde is echter dat deze afwijking voornamelijk veroorzaakt wordt door de metingen in Neder-Rijn en IJssel (zie tabel II) welke met de verschillende molens worden gemeten, terwijl de molen waarmede de IJssel werd gemeten ook dienst deed op het Pann.kanaal waarbij de molenmetingen nauwkeurig met de afvoerkromme overeenkwamen. (Voor details zie werkstukken "De afvoermetingen in 1936" Bruggeman Mrt 1937).

Bij een naijking bleek alleen de molen no.5406 enige afwijking van zijn ijkkromme (± 3 à 5%) te vertonen. Deze is op de Waal gebruikt, zodat de afvoeren misschien 3 à 5% kleiner moeten zijn, waardoor hier ook een afwijking van gemiddeld 6% ontstaat en het gemiddelde van alle molenmetingen ongeveer ruim 6% kleiner is dan dat der drijvermetingen.

In par.11 en 12 zal hier nog nader op worden teruggekomen.

Par 10. De vereffening der afvoermetingen.

Tot nu toe zijn steeds de metingen, die op één dag gehouden werden, vereffend met behulp van de methode der kleinste kwadraten, waarbij aan de metingen in de verschillende rivieren een gewicht wordt toegekend dat in verhouding staat tot hun afvoeren, nl. 9 : 6 : 3 : 2 : 1.

Met behulp van de op deze wijze vereffende metingen werd daarna de afvoerkromme voor iedere rivier bepaald, ten opzichte waarvan de vereffende metingen dan nog een zeer behoorlijke spreiding vertoonden (middelb.afv.1936 in die enkele vereff. waarnemingen = 2.95%).

Aan deze wijze van werken kleven verscheidene nadelen, nl.:

1°. met grote was of val wordt geen rekening gehouden;

2°. aan iedere meting wordt dezelfde waarde (afgezien van het gewicht) toegekend. Meermalen komt het echter voor dat een fout geconstateerd kan worden die in de andere metingen niet voor komt (bv. achtergebleven storing in het echolood, veel scheepvaart in bepaald drijfvak, opstekende wind, enz.);

3°. men kan slechts geheel volledige metingen vereffenen, zodat meting van een enkele tak waardeloos is;

4°. Bij later gebruiken van metingen van één jaar is het speciaal voor niet direct in deze dienst ingewerkte personen soms moeilijk door de dan nog sterk gespreid liggende vereffende metingen een behoorlijke kromme te tekenen, terwijl dan omtrent de bijzondere invloeden enz. meestal niets meer bekend is.

Al deze nadelen zijn op te heffen door:

A. door de onvereffende metingen een afvoerkromme te tekenen, waarbij voor iedere rivier bij het beoordelen van de waarde van iedere meting voor het tekenen van de kromme rekening is gehouden met de bijzondere omstandigheden ten tijde van de drijving (corrigeren van de metingen);

B. de op deze wijze onvereffende afvoerkromme via de gecorrigeerde metingen te vereffenen met behulp van voor het onderhavige jaar geldende betrekkingslijnen (middelb.afv.v.gecorr.metingen 2.96%);
C. als vereffende afvoeren op te geven de afvoeren die volgens de nu vereffende afvoerkrommen behoort bij de met de waargenomen waterstand te Lobith overeenkomende standen aan de verschillende peilschalen, zoals die volgen uit de gebruikte betrekkingslijnen.

De dan in het verslag van de Openbare Werken voorkomende vereffende (gecorrigeerde) afvoeren bij de vereffende waterstanden zullen dan dus altijd precies op de door onze dienst, als de meest tot oordelen bevoegde, aangegeven afvoerkromme liggen.

Tenslotte zij erop gewezen, dat alleen op deze wijze ook de molenmetingen, die nooit alle op één dag kunnen geschieden, voor het bepalen van de vereffende afvoerkromme kunnen worden gebruikt, waarbij dan natuurlijk extra rekening is te houden met de correctie voor het verschil tussen molen- en drijvermetingen (zie par.9 en 12).

Daar in 1936 de genoemde nadelen nogal sterk optraden (tweemaal snelle val, 1 x storm uit het Westen en één meting waarbij waarschijnlijk wegens de koude het echolood in de aanvang niet op toeren was) is de hierboven uireengezette methode toegepast.

Fig 11 geeft dus de afvoerkrommen door de onvereffende metingen, waaruit bv. voor de afvoerkromme van de Boven-Rijn blijkt, dat weinig rekening is gehouden met de meting bij 11.01 m +N.A.P. welke bij sterke W.storm plaats vond, terwijl de afvoer van het Pann. kanaal en de IJssel zeer goed op de krommen komen (3e meting v. onder).

Fig.12 geeft de vereffende afvoerkrommen waarop bovendien de op normale wijze vereffende metingen zijn ingetekend (deze werden nog aan de Alg. Dienst gegeven). Vooral uit de kromme voor de Neder-Rijn, waar de metingen sterk gespreid zijn, spreekt het voordeel van door ons bepalen van deze kromme wel zeer duidelijk.

Tot slot zijn de metingen in fig.13 vergeleken met de kromme van 1936 en van 1928-1933, waarbij nog steeds een algemeen zakkend tendenz is waar te nemen. Alleen de IJssel schijnt bij de lagere standen sinds 1935 iets omhoog gekomen te zijn, wat echter ook wel in meetfouten zijn oorzaak kan vinden. Alle metingen zijn verzameld in tabel II.

Par. 11. De snelheidsverdeling in de verticaal.

Nu langzamerhand een groot aantal snelheidsmetingen met de molen van Ott beschikbaar komen, is het mogelijk eens iets nauwkeuriger het algemeen beeld van het verloop van de snelheid in een verticaal na te gaan.

In verband met de interesse die meerdere schrijvers[x)] koesteren voor het probleem van het in formule brengen van de snelheidskromme is nader nagegaan:
1e. de richting van de raaklijn aan de snelheidskromme in de oppervlakte.

Terwijl de meeste schrijvers een helling van deze raaklijn aannemen:
Jasmund - Logarithmische kromme $y = A + B \log.(x+c)$
Lippke - deel ellips + schuine raaklijn en bodemsnelheid u
van Veen - parabool van hogere orde (bodemsnelheid=o)
neemt v. Rinsum een kwart ellips met een bodemsnelheid aan. Bij deze laatste aanname behoort dus een verticale raaklijn. In onze rivieren blijkt dit niet het geval.

Voor $\sim$20 verticalen werd na het tekenen van de snelheidskromme grafisch zo nauwkeurig mogelijk deze raaklijn bepaald. Hierbij is een gemiddelde

---

x) Dr. ir. v. Veen Mededeling v/d R.W. no. 29.
Jasmund. Die Einwerkung der Sohle auf die Geschwindigkeit der Wassers. Zeitschr. f. Bauwesen 1893, 1916.
Lippke. Untersuchungen über die Verteilung der Wassergeschwindigkeit in den Querschnitten der natürliche Ströme. Zeitschr. f. Gewasserk.
A. v. Rinsum. Der Abflusz in offenen Natürlichen Wasserläufen.

stroomafwaarts helling van 1 : 83 (0.012) geconstateerd. De middelbare afwijking was 0.016 terwijl de middelb. fout in het eindresultaat 0.003 is.

Wel werd meerdere malen een tegen de stroom in gerichte helling geconstateerd, zonder aanwijsbare oorzaak, doch hier tegenover staan eveneens waarnemingen met een zeer sterke helling, wat alleen aan toevallige afwijkingen kan worden geweten.

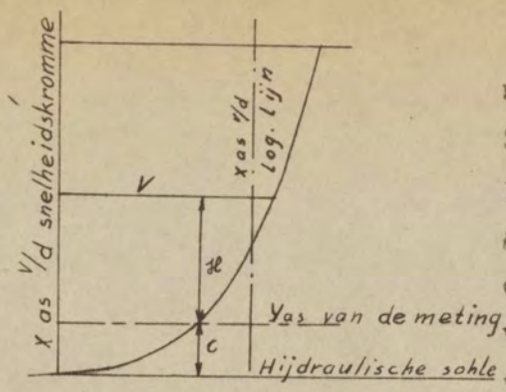
Hierbij werden nl. de verticalen waarvan verondersteld kon worden dat zij op bijzondere wijze (door oevers, pijlers enz.) waren beïnvloed uitgeschakeld.

2e. De snelheid aan de bodem.

Hoewel de meting, welke het dichtste bij de bodem ligt, daar nog altijd ± 15 cm van verwijderd is, kan hieromtrent toch wel enige conclusie getrokken worden. Het blijkt nl. dat het vele metingen niet verantwoord is de snelheidskromme nabij de bodem zodanig te tekenen dat hier een snelheid gelijk aan 0 bereikt wordt (zie fig. 13). Verder is mij bij de waarnemingen in de goot te Zürich gebleken, dat het zand rollend op de bodem beweegt, zodat hier zeker een, zij het kleine, snelheid moet hebben geheerst. Tenslotte is het bij onze geribbelde bodem eigenlijk uiterst moeilijk de bodemhoogte nauwkeurig vast te leggen.

De uitspraak van dr. ir. v.Veen, dat het raakpunt aan de bodem daarom in het nulpunt van de figuur (snelheidskromme) moet vallen, schijnt voor de rivier met bodemtransport dan ook enigszins voorbarig. M.i. schijnt het aannemelijk om evenals v. Rinsum een bodemsnelheid aan te nemen. Deze laat hier echter een kwart ellips op aansluiten, waartegen weer de helling van de raaklijn aan de snelheidskromme in de oppervlakte pleit.

De oudste theorie van Jasmund (1893) is misschien nog het meest in overeenstemming met onze metingen. Deze neemt nl. een logarithmische kromme, welke de bodem snijdt en waarvan het theoretische



nulpunt op de zg. "Hydraulische Sohle" zou op onze rivieren een physische betekenis kunnen krijgen, indien de diepte hiervan overeenkwam met het diepste punt van de zandbeweging (laagste punt van de diepste ribbel?)

De formule luidt dan $y = A + B \log (x + c)$

zodat $\frac{dy}{dx} = \frac{B}{(x + c)}$ dus voor x = de diepte $\frac{B}{H+c}$

geeft de helling van de raaklijn in de oppervlakte, terwijl de opp.snelheid gelijk is aan $A + B \log(H + C)$

De gemiddelde snelheid is

$$\int_0^H \frac{y\,dx}{H} = \int_0^H \frac{\left(A + B \log (x + c)\right) dx}{H} =$$

$$\frac{Ax \int_0^H + B\left\{(x + c) \log (x + c) \int_0^H - x \int_0^H + K\right\}}{H} =$$

$$\frac{AH - Bc \log c + B(H + c) \log (H + c) - BH + BK}{H}$$

K moet zo zijn dat bij H is 0 de inhoud van de snelheidsfiguur ook 0 is dus $K = Bc \log.c$ zodat de gem. snelheid

$$V_{gem} = A - B + B \log (H + c) + \frac{Bc}{H} \log (H + c)$$

Daar de oppervlakte snelheid gelijk is aan $A + B \log (H + C)$ is de volheidscoëfficient

$$\gamma = \frac{A + B \log (H + c)}{A + B \log (H + c)} + \frac{B \frac{c}{H} \log (H + c) - B}{A + B \log (H + c)}$$

$$\gamma = 1 - \frac{- B - B \frac{c}{H} \log (H + c)}{A + B \log (H + c)}$$

nu is $B \frac{c}{H} \log (H + c)$ zeer klein t.o.v. B ($\pm$ 1%)

zodat te stellen is $\gamma = 1 - \frac{B}{A + B \log (H + c)}$

daar $A + B \log (H + c)$ de oppervl. snelheid is en γ voor onze rivieren nagenoeg constant is, zou dus H ook ongeveer evenredig met de opp.snelheid moeten verlopen dus ongeveer $0.13 \times V_{opp.}$ dus van 0.13 tot 0.26.

De helling van de raaklijn zou dus ook ongeveer $\frac{B}{H} = 0.13 \times \frac{V_{opp}}{H}$ dus $0.11 \times \frac{V_{gem}}{H}$ moeten zijn.

In fig.14 is voor meerdere metingen de helling van de raaklijn t.o.v. het quotient van V_{gem} en de diepte uitgezet. Hieruit blijkt dat de spreiding uitzonderlijk groot is, maar dat nog niet a priori te zeggen is dat de formule van Jasmund gemiddeld een verkeerde waarde geeft.
Wel blijkt hieruit, dat de aanname van v.Rinsum (een verticale raaklijn (helling 0) waarschijnlijk een even groote afwijking t.o.v. onze waarnemingen geeft.

De door ir.Maris (de Ingenieur no.24/1937) en dr.ir.v.Veen (zie rapp.en Meded.R.W.no.29) weer naar voren gebrachte hoogere graadsparabool, welke door Jasmund reeds onderzocht was, geeft weliswaar geen zeer nauwkeurig beeld van de snelheidsverdeeling, maar biedt het voordeel van slechts één coëfficient, nl. de graad.

Bij de formule $V=V_1-X^{1/n}$ is de inhoud van de snelheidsfiguur bij een diepte t

$$\int_0^H v\,dx = V_1\int_0^H X^{1/n}\,dx = \frac{V_1 X^{1+1/n}}{1+1/n}\Big|_0^H$$

dus de gemiddelde snelheid $\frac{V_1 H^{1/n}}{1+1/n}$

De oppervlakte-snelheid is $V_1 H^{1/n}$ zoodat de volheidscoëfficient gelijk is aan $\frac{n}{1+n}$.

Voor onze rivieren is deze volgens de metingen in 1936 gemiddeld (zie tabel III) $\gamma = 0.86\,(0.875)$ dus n = 6.15 (7.0), met een middelbare fout in de enkele waarneming van de volheidscoëfficient van 0. , dus in n van terwijl ir.Maris voor V tusschen 0.3 m tot 3 m diepte de formule $v = v_1\, h^{1/12}$ dus een 12e graad parabool aangeeft.

De helling van de raaklijn aan de snelheidskromme in de oppervlakte is

$$\frac{dv}{dh} = v_1 h^{1/7} dh = 1/7\, v_1 h^{-6/7} = \frac{V_1}{7h^{6/7}}$$

De gemiddelde snelheid is $\int_0^H \frac{v_1 h^{1/7} dh}{H} = \frac{7/8\, v_1 h^{8/7}}{H}\Big|_0^H = 7/8\, v_1 H^{1/7} = V_{gem}$

dus $\frac{dv}{dh} = \frac{V_1}{7H^{6/7}} = \frac{8}{49}\frac{V_{gem}}{H}$

terwijl dit voor de 12e graadsparabool $\frac{13}{144} \times \frac{V_{gem.}}{H}$ wordt

Uit de reeds eerder genoemde fig.15 blijkt zeer duidelijk, dat bij aanname van een 6e of 7e graadsparabool van een nauwkeurige overeenkomst tusschen de formule en de werkelijkheid geen sprake is.

De conclusie van ir.Maris, nl. de 12e graad parabool, die echter niet geldt voor de onderste 30 maal cm, klopt voorzoover de groote spreiding zulks toelaat, beter met de werkelijkheid.

Hoewel de hoogere graadsparabool dus waarschijnlijk voor wat de vorm betreft van de snelheidsverdeeling voor onze rivieren minder juist is (de andere krommen heb ik niet nader hierop onderzocht) is zij voor de praktijk bruikbaar om het algemeen stroombeeld vast te leggen indien men slechts over een enkele meting beschikt.

Onderzocht dient nog te worden in hoeverre met één meting op een bepaalden afstand van den bodem zou kunnen worden volstaan om de snelheden over de geheele hoogte te weten. Dit zou nl. van groot gemak zijn bij de zandtransportmetingen, daar hierdoor het altijd vrij tijdroovende snelheidsmeten zeer wordt vereenvoudigd.

Het feit dat de volheidscoëfficienten een kleine middelbare afwijking vertoonen zegt hiervoor niets, daar deze niets met den parabolischen vorm te maken hebben. De graad der parabool is nl. afgeleid uit de volheidscoëfficient na de aanname dat de snelheidsverdeeling inderdaad door een parabool zeer goed benaderd wordt.

Uit par.12 zal bovendien nog blijken, dat het niet eens zeker is of de 6e of 7e graadsparabool de snelheden in den ondersten meter wel behoorlijk weergeeft, daar de uit de met den molen gemeten snelheidskrommen, voor de drijvermetingen bepaalde correctiefactoren meer overeenkomen met die zooals die uit de 5e graadsparabool zouden volgen.

Een en ander is nog nader te onderzoeken,

zoodat de voorgaande pagina's slechts als een eerste aansnijding van het probleem opgevat moeten worden.

Par.12. Vergelijking van de drijvermetingen met de molenmetingen.

Zooals gezegd, zou voor de praktijk aangehouden kunnen worden, dat de snelheidsverdeeling in een verticaal den vorm heeft van een 6e of 7e graadsparabool.

Nu blijkt uit fig.16 dat de drijvers, waarmede onze afvoermetingen worden verricht, gemiddeld 0.7 m te kort worden genomen. De hiermede bepaalde gemiddelde snelheid zal dus grooter zijn dan die, welke met behulp van molenmetingen is bepaald.

Uitgaande van de 6e of 7e graads parabool krijgt men dan voor de verhouding x van de werkelijke gemiddelde snelheid tot de bij de lengte van de drijvers behoorende gemiddelde snelheid (zie voor afleiding rapp. R.W.S. no.29).

gepeilde diepte in m	q = 5	Correctiefactor V = a h q = 6	x volgens q = 7	x volgens molenmetingen (zie fig.16).
3	0.925	0.9356	0.9435	0.935
4	0.938	0.9463	0.9527	0.940
5	0.947	0.9543	0.9598	0.945
6	0.954	0.9600	0.9647	0.950
7	0.961	0.9640	0.9683	0.955
8	0.963	0.9670	0.9710	0.960
9	0.965	0.9598	0.9735	0.965
10	0.969	0.9724	0.9758	0.970

0,75 m genomen voor stok < diepte

kolom!

In de aan deze tabel toegevoegde kolen is de verhouding aangegeven zooals die bepaald is uit de molenmetingen (zie fig.14 en 16 en tabel III). Hieruit blijkt dat de overeenstemming, hoewel de spreiding groot is, gemiddeld vrij goed is, (vooral met 5e graads parabool) zoodat ze voldoende geacht kan worden voor de gevallen waarin geen molenmetingen ter beschikking zouden zijn.

Voor onze normale drijvermetingen zouden echter de correctie's aan te houden zijn zooals die uit de molenmetingen ter plaatse zijn bepaald

Het beste ware alle drijvers afzonderlijk te corrigeeren, dus direct den op deze wijze gecorrigeerden afvoer als "gemeten gecorrigeerden" afvoer op te geven.

Het in par.9 geconstateerde verschil van ongeveer 6% tusschen de resultaten van molen- en drijvermetingen is, gezien bovenstaande tabel, dan ook als iets te groot te beschouwen, zoodat dit waarschijnlijk ook nog aan andere oorzaken moet worden geweten (profiel, uitgooien der kribben, enz.).

HOOFDSTUK II B. DE ZANDAFVOER.

par.13. Berekening van den zandafvoer uit de meetcijfers.

a) Bepaling van het transport tusschen 5 en 10 cm van den bodem.

Nu wij beschikken over metingen met den B. T.M. is, nadat de coëfficient hiervan vaststaat, de zandafvoer over de onderste 5 cm goed bekend. Het eerstvolgende meetpunt bevindt zich echter op 11 cm van den bodem (meting met CC). Daar metingen echter zeer sterk uiteenloopen, is de moeilijkheid een behoorlijk verloop hiertusschen vast te stellen.

Dit is van belang omdat verwacht kan worden, dat tusschen 5 en 10 cm van den bodem nog een behoorlijke hoeveelheid zand wordt getranspor-

teerd. Bij beschouwing van de grafisch vastgelegde metingen welke te Zürich in de meet-goot op 5 resp. 10 cm van den bodem werden verricht, blijkt dat het transport tusschen 5 en 10 cm van den bodem ongeveer 15% van het "bodemtransport" (tusschen 0 en 5 cm) kan zijn.

Bij gebrek aan beter zou men tusschen de meting op 11 cm en den bodem een verloop van de zandtransportintensiteit kunnen aannemen, dat oovereenkomt met een hoogere graadskromme (soort hyperbool)
(A is dus de intensiteit aan den bodem).

Stelt men de zandtransportintensiteit (Z) op de hoogte x boven den bodem door $Z=A(x+d)^{-n}$

Dan is het zandtransport over de onderste 5cm, $\int_0^5 A(x+d)^{-n}\,dx = \frac{A}{-n+1}(d+5)^{-n+1} - \frac{A}{-n+1}d^{-n+1}$

en $Z_{11} = A(d+11)^{-n}$

Neemt men daarin den coëfficient n ongeveer 2^5 en 3 dan krijgt men, doordat A en d(2 tot 5 cm) daarna door de meting op 11 cm (Z_{11}) en de bodemtransportmeting (Z_0- 5) zijn bepaald, een niet onwaarschijnlijke waarde voor de zandtransportintensiteit oneindig dicht bij den bodem ($Z_0 = A\,d^{-n}$) en een vrij behoorlijke aanpassing aan de metingen op 22 cm van den bodem.

Berekend kan nu worden dat de zandafvoer tusschen 0 en 10 cm van den bodem dan, afhankelijk van de te nemen coëfficienten, ongeveer 1.10 en 1.20 maal de tusschen 0 en 5 cm getransporteerde hoeveelheid zou zijn.

Eenvoudigheidshalve is bij de uitwerking van de zandtransportmetingen nu aangenomen dat het totale "bodemtransport" (tusschen 0 en 10 cm) gelijk is aan 1.15 x het transport tusschen 0 en 5 cm.

Mogelijk acht ik 50% fout, wat dus een fout van 12.1% in het bodemtransport tengevolge zou hebben, waarbij op te merken is, dat deze factor van 15% waarschijnlijk aan den hoogen kant is, zodat op deze wijze eerder 6 à 10% te veel dan te weinig transport verkregen wordt.

Om in bovenbe-schouwde vraag een beter inzicht te verkrijgen, is het gewenscht metingen te verrichten met den B.T.M. "Arnhem" waarbij, op dezelfde wijze als in Zürich geschiedt, aan vanglichaam een ondersteuning is te geven zoodat de onderkant 5 resp.10 cm van den bodem blijft.

b) De bewerking van de meetcijfers.

Bij het uitwerken van de zandtransportmetingen werd voorlopig nog het transport zooals het ter plaatse werd gemeten in teekening gebracht, waarbij voor het bodemtransport geen coëfficient en voor het zwevend transport de coëfficient 1.4 werd toegepast.

Voor de bepaling van het totale transport echter werd voor het bodemtransport een coëfficient toegepast welke overeenkomst met de gemiddelde vulling (zie fig.3), terwijl dit in het vervolg voor ieder punt afzonderlijk zal gebeuren.

Bij de zwevend transportmetingen werden de punten van de sommatiekromme herleid met behulp van de coëfficienten van fig.6 (verliesfactor van den C.C.) waarbij werd uitgegaan van de korrelgrootte van het gevangen zwevende zand (voorzoover die was bepaald) en de snelheden op verschillende hoogte.

De inhoud van de sommatiekromme (tot 10 cm van den bodem) gelijk is genomen aan 1.15 x het transport, zooals dit met den B.T.M. werd gemeten nadat dit met behulp van de voor de verschillende gemiddelde vullingen geldende coëfficienten was herleid.

Par. 14. De zandafvoerkromme van den Neder-Rijn.

Voor den Neder-Rijn zijn, dank zij de sterk wisselende waterstanden, voldoende metingen beschikbaar om hieruit een zandafvoerkromme samen te stellen.

De laagste waterstand aan de peilschaal te

Arnhem waarbij werd gemeten was 8.22 m + N.A.P., terwijl bij waterstanden tusschen 9 en 10.50 m + N.A.P. vrij veel metingen worden verricht.

Tenslotte was uit de metingen aan de kabelsleuf in 1935 bekend,
dat de zandafvoer bij een waterstand van omstreeks 8.00 m + N.A.P. ten minste 200 en waarschijnlijk omstreeks 300 m3/etmaal bedroeg, terwijl uit de vrij primitieve metingen welke in 1934 nabij km 20.625 en vergelijking hiervan met de metingen aan de kabelsleuf te Nijmegen, volgde dat het transport bij de zeer lage waterstanden (6.80 m + N.A.P.) in 1934 nog ten minste een 10 m3/dag moet hebben bedragen.

Zooals uit fig.17 blijkt, is het zeer goed mogelijk met de beschikbare gegevens een kromme samen te stellen, welke voor verschillende waterstanden aan de peilschaal te Arnhem den zandafvoer van den Neder-Rijn in km 23.E geeft.

Bij de ingeteekende punten is dus ten volle rekening gehouden met de in de vorige paragrafen genoemde correcties voor de verschillende instrumenten.

Blijkbaar vertoonen de metingen geen groote toevallige fouten, daar de maximale afwijking van de punten uit de kromme slechts 10% is.

Verder is het opmerkelijk, dat de enkele meting nabij Wijk bij Duurstede slechts een zeer kleine afwijking vertoont. Of hier toeval in het spel is valt nog niet te beoordelen, maar is, gezien het regelmatig verloop van de metingen van ir.Maris, niet zeer waarschijnlijk.

Uit de frequentiekromme voor de waterstanden te Arnhem is nu, evenaals ir.Maris dit in zijn "Zand- en Waterbeweging op de Lek bij Wijk bij Duurstede" (de Ingenieur 1937, no.24) doet, de totale zandafvoer per jaar te bepalen.

In fig.18 is dit gedaan voor het gemiddelde van de jaren Nov.'24 tot Nov.134 (normaal) en voor de jaren Juli '35 - Juli'37 (nat). Het zandtransport blijkt, volgens de metingen in 1936, dus + 200.000 m3 in een normaal resp. 280.000 m3 in

een nat jaar te bedragen.

Gezien de goede ligging van de meetpunten om de transportkromme en de nauwkeurigheid waarmede de verschillende invloeden in de voor de instrumenten geldende factoren zijn verwerkt (coëff.B.T.M. coëff.C.C.verliesfactor C.C. aanname dat zandafvoer tusschen 5 en 10 cm 0.15 van de afvoer tusschen o en 5 cm), kan worden aangenomen dat in het hier gegeven cijfer een fout van maximaal 20% kan schuilen.

Hierbij is op te merken, dat dan uiterst fijn zand ((150 U) buiten beschouwing is gebleven, daar wij nog niet over instrumenten beschikken om dit behoorlijk nauwkeurig te bepalen.

Par. 15. De metingen op andere plaatsen.

Behalve in den Neder-Rijn nabij km 23 E werden nog zandtransportmetingen verricht nabij Wijk bij Duurstede waar over ongeveer de geheele rivierbreedte een verdieping gebaggerd was. Hier werd een meting verricht juist boven het uitgebaggerde gebied (km 70.500) en één in het uitgebaggerde gebied (km 71).

Het verschil in zandtransport zooals dit uit beide metingen volgt (± 600 m3/dag) zou overeenmoeten komen met de aanzanding van het gebaggerde gebied.

Op den IJssel werden metingen verricht in km 21 en km 141.500, de laatste in verband met de eventueele afsluiting van het Ganzendiep. Opmerkelijk is dat hier eerst een behoorlijk transport optreedt bij waterafvoeren die overeenkomen met een stand op de bovenrivier van ten minste 1½m + M.R. Het transport is dan ook veel kleiner dan in km 21.

Tenslotte werd een enkele meting op Pann. kanaal, Waal en Boven-Rijn verricht.

Daar deze metingen, hoewel alle uitgewerkt en in tabellen verzameld, nog niet met de nieuwe

correctiefactoren zijn bewerkt, is deze tabel niet in dit verslag opgenomen.

Hoofdstuk IV. Diversen.

Par.16. De metingen bij den IJsselkop en den Pannerdenschen kop.

Van km 20 tot km 21 op Neder-Rijn en IJssel werd een speciale serie metingen verricht, met het doel de zand- en waterbeweging bij de splitsing beter te leeren kennen.

In fig.18 is één serie van deze meting (tot nu toe zijn er 2 uitgevoerd) vastgelefd, waarbij te bedenken valt, dat hier nog geen rekening is gehouden met den verleisfactor van den zandvanger "C.C".

Opmerkelijk is hierbij dat, zooals reeds bekend, weer blijkt dat de IJssel relatief veel bodemtransport en veel grover materiaal ontvangt dan de Neder-Rijn.

De oorzaak hiervan blijkt duidelijk uit fig. 19, waarin de resultaten van een snelheidsmeting met de "Jacobson" zijn aangegeven. Ziet dat er een duidelijke afwijking is tusschen den bodemstroom, oppervlaktestroom, waarvan de eerste vlak boven den IJsselkop over 2/3 van de breedte in de richting van den IJssel is afgebogen. Bovendien ziet men uit de ingeteekende korrelgrootte (60%) van het bodemmonster dat, waarschijnlijk tengevolge van de zwakke bocht boven den kop, het grovere materiaal zich geheel aan de buitenbocht dus aan de IJsselzijde bevindt.

Uit fig.18 blijkt dan ook dat het zwevend transport gemiddeld meer naar den linkeroever toe plaats vindt.

Het is dus, gezien den onderstroom naar den IJssel toe en het zich aan die zijde bevindende grovere materiaal met weinig zwevend transport, volkomen verklaarbaar dat de IJssel in den bovenmond zeer weinig zwevend transport heeft.

In km 21 waar vele metingen werden verricht is dit nog het geval, terwijl nog niet bekend is waar dit verschijnsel door het gaan zweven van

het fijnere materiaal uit den bodem ophoudt.

Eenzelfde verschijnsel doet zich, hoewel waarschijnlijk niet in die mate, voor bij den Pannerdenschen kop.

Aangezien er nog geen gelegenheid is geweest hier uitgebreide metingen te verrichten, wordt deze conclusie voornamelijk op de bodemmonsters getrokken, welke gemiddeld aan de Pannerdensche zijde grover waren dan aan de Waalzijde. Hoewel hier enkele metingen zijn verricht, zijn deze echter nog niet voldoende uitgewerkt om ze op de wijze als fig.17 en 18 weer te geven.

Par. 17. Bepaling van de stroomsnelheden op de Waal tusschen Nijmegen (km 30) en Tiel (km 55).

In verband met een vraag daaromtrent werd een onderzoek ingesteld naar de snelheden in de vaargeul op de Waal tusschen Nijmegen en Tiel, bij verschillende waterstanden te Lobith. Uitgegaan werd van de afvoerkromme te Hulhuizen, zooals die na de afvoermetingen van 1936 is bepaald. Verder werden met behulp van permanenties de met de verschillende waterstanden te Lobith overeenkomende peilschaalstanden te Hulhuizen, Nijmegen, Dodewaard en Tiel bepaald.

Uit de peilingen van 1934 is nu het gemiddelde profiel berekend dat bij deze waterstanden voor den waterafvoer beschikbaar kan worden geacht FO.L.R. = 950 m2).

Zoo werd bij een stand van 15m + N.A.P. te Lobith alleen het bed binnen de zomerkaden in rekening gebracht hoewel deze hier en daar reeds onderstonden.

In verband met de buitengewoon moeilijke beoordeeling van de winterbedwerking werd voor een stand van 16 m + N.A.P. te Lobith geen stroomsnelheid meer vastgesteld.

Door den afvoer, zooals die in Hulhuizen is gemeten, te deelen door het gemiddelde profiel

wordt dus de gemiddelde stroomsnelheid verkregen. Deze wordt nu vermenigvuldigd met een met de waterstanden veranderde coëfficient om de snelheid in de vaargeul te verkrijgen.

Deze coëfficient is bepaald aan de hand van de onvereffende afvoermetingen op Waal, Boven-Rijn en Pann.kanaal. Daar zij nog al sterk varieerde met de verschillende rivieren (situaties ?) zijn coëfficienten aangehouden welke behalve bij lage standen, daar dan de invloed van de bocht op deze coëff. sterk is, het meest met die van de Waal bij km 10 overeenkomen. De aldus verkregen snelheden in de vaargeul zijn zòò vereffend, dat zij met de toenemende diepte bij de verschillende waterstanden toenemen met den factor $\sqrt{d.I}$. of, daar I nagenoeg constant is, met $\sqrt{d}$ (zie tabel IV).

Als contrôle werden op 10 Aug. 1937 nog drijvingen in de vaargeul uitgevoerd en wel met 2 kettingdrijvers (lengte 3 m) van km 55-56, km 50-51, km 45-46, km 40-41, km 35-36 en km 30-31. De hierbij gevonden snelheden waren resp. 1.145 m/sec., 1.125, 1.074, 1.066, 1.141, 1.095 m/sec. dus gemiddeld 1.11m/sec.

Daar de rivier viel en er een voortdurende wind (kracht2) tegen de drijfrichting in stond, is een normale snelheid van 1.15 à 1.20 m/sec. wel waarschijnlijk te achten. De waterstand was te Nijmegen 7.95, te Tiel 4.25 m en te Lobith 10.33 m + N.A.P., zoodat deze meting zeer goed in de gevonden waarde past,

Daar het in bedoelde vraag er om ging met welke snelheid bij op- en afvaart rekening moet worden gehouden, is nog nagegaan in hoeverre de snelheid die in de bovenste 3 m optreedt (dieper komt een schip nooit) afwijkt van de gemiddelde snelheid in de vaargeul.

Hiertoe is uitgegaan van een verloop van de snelheidsverticaal volgens een 7e graads parabool,

dus $V_h = V_1 h^{1/7}$ $V_{gem.} = \int_0^H \frac{V_1 h^{1/7} dh}{H} = 7/8 \frac{V_1 H^{8/7}}{H} = 7/8 H^{1/7} V_1$

terwijl de gemiddelde snelheid over de bovenste 3m (V_3) gelijk is aan $V_3 = \int_{H-3}^{H} \frac{V_1 h^{1/7} dh}{3} = \frac{7/8 V_1}{3} \left\{ H^{8/7} - (H-3)^{8/7} \right\}$

zoodat $\frac{V_3}{V_{gem.}} = \frac{3H^{1/7}}{H^{8/7} - (H-3)^{8/7}}$

Voor verschillende waarden van H volgt hieruit een waarde van $\frac{V_3}{V_{gem}}$ zooals die in fig. 20 grafisch is weergegeven. Hieruit blijkt tevens dat de snelheden, zooals die door onze drijvers, welke gem.0.7 m te kort zijn worden bepaald, reeds ongeveer 5% grooter zijn dan de werkelijke gemiddelde snelheid over de verticaal. Hiermede moet dus bij het bepalen van de snelheid in de bovenste 3 m rekening worden gehouden, zoodat bv. bij een diepte van 7 m de gevonden snelheid in de vaargeul niet met ruim 10% maar slechts met 5% vermeerderd moet worden, om de snelheid in de bovenste 3 m te verkrijgen.

De aldus gevonden gegevens zijn tenslotte in fig. 20 t.o.v. den waterstand te Lobith uitgezet en in tabel IV vermeld.

Op een nadere vraag, welke snelheid we voor de opvaart, die zooveel mogelijk den minsten stroom zoekt, moet worden aangehouden werd geantwoord, dat m.i. de normale gemiddelde stroom in aanmerking komt.

Tenslotte zijn in fig. 20 eveneens de snelheden in het meetvak van de Waal aangegeven. Hieruit blijkt, dat deze nooit als gemiddelden voor een langer traject genomen mogen worden, wat ook te begrijpen is als men bedenkt, dat voor dit meetvak speciaal een plaats gekozen wordt met een zoo klein mogelijk winterbed en korte kribben.

Par. 18. Zakking van den waterstand te Eefde en bepaling van de overdiepte op den sluisdrempel.

In verband met de vragen van den Hoofdingenieur Heyning voor de hoogteligging van de sluisdrempels bij Wijk bij Duurstede en Tiel, werd ook

eens de situatie te Eefde onder de loupe genomen.

In de eerste plaats is nagegaan hoeveel overdiepte nu nog in de sluis (drempel en vloer liggen beide op N.A.P.) beschikbaar is. Hierbij is als waterstand (km 73.300) bepaald door rechtlijnige interpolatie tusschen de peilschaal te Zutphen (km 69.960) en Deventer (km 70.030).

Waargenomen werd in 1934/1935:

Datum	Waterstand t.o.v. N.A.P. te Zutfen.	Deventer	Waterstand bij de sluis	minst gepeilde diepte (km 80.700)	Overdiepte in de sluis.
1934					
9 Juni	2.45 +	1.44 +	2.26 m	1.80 m	0.46
11 "	2.40	1.41	2.21	1.85	0.36
14 "	2.44	1.40	2.23	1.90	0.33
	2.30	1.29	2.10	1.75	0.35
	2.23	1.28	2.03	1.70	0.33
25 "	2.23	1.23	2.03	1.75	0.28
	3.02	1.90	2.80	2.45	0.35
11 Oct.	2.69	1.68	2.50	2.10	0.40
	2.73	1.73	2.54	2.20	0.34
29 Nov.	2,58	1.63	2.39	2.10	0.29
1935					
30 Sept.	2.90	1.86	2.70	2.10	0.60
16 Aug.	2.86	1.80	2.65	1.90	0.75

Het verschil tusschen de minimum diepte in de sluis te Eefde en in de rivier beneden de Twenthekanalen is dus slechts 28 cm, terwijl een verschil van 35 cm in een droog jaar (de ondiepten zijn afgeschuurd) vrij veel voorkomt.

Indien bij eenzelfden afvoer de waterstanden te Zutphen dus nog 35 cm(te Deventer ± 30 cm) zakken, zal dus volkomen zeker de sluisvloer te Eefde dikwijls (± bij alle afvoeren onder den O.L.R. afvoer) het maatgevende punt zijn.

Dit te meer daar bij deze lage standen nà het zakken van het peil het verhang naar het IJsselmeer toe iets kleiner, dus een ruimer profiel noodig zal zijn, zoodat de diepte (de breedte wordt steeds minder bij zakkend peil) in de rivier grooter zal zijn dan nu bij denzelfden afvoer.

Bovendien zakt bij een sluislediging normaal de waterstand tijdelijk 5à 10 cm te ver af, zoodat dit den toestand eveneens ongunstiger maakt.

Beschouwing van de grafieken (fig.21 en 22) waarop de waterstanden te Zutphen en Deventer bij een afvoer te Westervoort van 110 m3/sec. (O.L.R. afvoer) en 121 m3/sec. (20 dagen onderschrijding Nov.'24 - Nov.'34) zijn weergegeven, leert het volgende :

1°. In droge jaren (1921,1934) zakken de waterstanden tijdelijk verder weg.

2°. De gemiddelde zakking te Zutphen is zoodanig dat, indien dit doorgaat, in 1955 een 35 cm lagere waterstand zal optreden dan thans bij denzelfden afvoer.

Dan kan dus verwacht worden, dat in een droog jaar, de diepte in de schutsluis te Eefde maatgevend wordt voor het verkeer van Twente naar het IJsselmeer. De waterstanden (en de drempelhoogte in de rivier t.o.v. N.A.P. nog meer) zullen dan nl. ongeveer 35 cm onder den stand van 1934 komen, daar er geen reden is om aan te nemen dat de afwijkingen uit den gemiddelden stand der rivier kleiner zullen zijn dan

in 1921 of 1934.

Alvorens in ieder jaar (waarin de zanddrempels gewoonlijk hooger liggen dan in een droog jaar - zie 1935) de sluis bij Eefde maatgevend wordt, zal, gezien de grafiek, waarschijnlijk tot 1965 duren. Indien men de de iets snellers zakking van 1921 tot 1934 als maatgevend aanhoudt (wat gezien de ontwikkeling van het baggeren misschien niet onlogisch is), dan blijkt reeds in 1950 de waterstand 35 cm gedaald te zijn.

Men kan aus aannemen dat het bij een droog jaar omstreeks 1950 een enkele maal zal voorkomen dat de sluisdrempel te Eefde maatgevend zal zijn, dit te meer daar het kleinste verschil in 1934 slechts 28 cm inplaats van 35 cm was en bovendien tegen het einde van de schutting de waterspiegel in de sluiskelk 5 à 10 cm lager is dan de normale buitenwaterstand.

==========

w.g.G.Slotboom