

6. Shell 2. 1.5

"Electrische nabootsing van
getijden". dr J. van Veen
Commentaar van dr J.J. Dronkers,
met naschrift van de auteur.
De Ingenieur, 3-5-1946.

INGEZONDEN.

Electrische nabootsing van getijden.

In *De Ingenieur* van 25 Januari 1940, n^o. 3, is een artikel verschenen van de hand van dr. ir. J. VAN VEEN betreffende „Electrische nabootsing van getijden”. Ten aanzien van verschillende punten blijkt een andere zienswijze mogelijk dan de schrijver aangeeft. Ze wordt in het kort in de volgende paragrafen naar voren gebracht.

§ 1.

Opmerkingen van meer principieelen aard.

1. Dr. VAN VEEN schrijft: „De overeenkomst tusschen de electrotechniek en de hydraulica is dus, zooals trouwens algemeen bekend is, groot; het voornaamste verschil is, dat de stroomsterkte in de hydraulica evenredig is met den wortel uit de spanning.

In het grootste deel der vraagstukken, die in de hydraulica behandeld worden, komt echter nog een andere kracht voor, die van groote beteekenis is, nl. de kracht van BERNOULLI. De energievergelijking van BERNOULLI, die hiermede in verband staat, is één van de belangrijkste in de hydraulica. Hiervoor bestaat geen electrisch equivalente betrekking en er is dus voor het meerendeel der hydraulische vraagstukken geen overeenkomstig vraagstuk in de electrotechniek te stellen.

Vanzelfsprekend komt ook in de theorie der getijbeweging de kracht van BERNOULLI voor. Ze wordt momenteel bij de getijberekeningen steeds in rekening gebracht (lineaire methode van MAZURE, exacte methode).

Bij de getijbeweging, zooals die op Waleheren bij de inundatie is voorgekomen, was deze kracht minstens zoo belangrijk als de weerstandskracht. Op de benedenrivieren echter is deze kracht van veel minder belang.

Het merkwaardige doet zich nu voor, dat dr. VAN VEEN, bij de electrische weergeving van het getij met lineaire weerstandswet, deze kracht van BERNOULLI loch bij benadering in rekening kan brengen. Dit komt, doordat hij bij de lineaire electrische methode uitgaat van de linearisatie van den weerstand, zooals dr. ir. MAZURE die geeft. Hierbij kon dr. MAZURE tevens den invloed van de kracht van BERNOULLI op het M_2 -getij in rekening brengen.

Het feit echter, dat in wezen voor de kracht van BERNOULLI geen electrisch equivalente kracht is aan te wijzen, heeft tot gevolg, dat dr. VAN VEEN in de bewegingsvergelijking met den quadratischen weerstandsterm, dezen term van BERNOULLI geheel moest verwaarlozen, hetgeen dus uit dat oogpunt een achteruitgang ten opzichte van de methode MAZURE beteekende. De invloed van de verwaarloozing van de kracht van BERNOULLI op de grootte der berekende stroomen bij normale getijbeweging op de benedenrivieren kan 5-10% bedragen.

Verder zijn er ook talrijke problemen, waarbij de inwendige wrijving van essentieel belang is. Ook hiervoor is geen equivalentie aan te wijzen.

2. Een tweede principieel verschil tusschen de vraagstukken van de electrotechniek en de hydraulica is het volgende:

In de electrotechniek worden de verschillende krachten geconcentreerd in bepaalde elementen (weerstand, zelf-inducties, condensatoren), terwijl ze bij de waterbeweging continu verlopen over een riviervak. Hoewel bij de beide analoge vraagstukken wel van dezelfde partieele differentiaalvergelijkingen wordt uitgegaan, is hierdoor de oplossing (integratie) van deze vergelijkingen, voor de beide vraagstukken niet dezelfde. Wordt dus de getijbeweging electrisch nagebootst, dan moeten bepaalde correcties worden aangebracht in het electrisch systeem. 1) Dank zij deze correcties wordt dan getracht om op die punten in het electrisch stelsel, welke overeenkomstig zijn aan begin-

1) Deze correcties behoeven niet ingevoerd te worden, als de vaklengten, waarin de rivieren worden verdeeld, kleiner zijn dan een nader te bepalen afstand.

en eindpunt van het riviervak, een oplossing te verkrijgen, die op de getij-beweging geïnterpreteerd, in die punten de goede oplossing geeft. In een willekeurig punt, gelegen tusschen begin- en eindpunt van een vak, behoeven echter de overeenkomstige oplossingen voor het electrische en hydraulische vraagstuk niet samen te vallen.

De correcties, waarvan hierboven sprake is, worden aangebracht door middel van de π - of T-schakeling, waarover ook dr. VAN VEEN spreekt en waarop in het vervolg nog nader wordt teruggekomen.

§ 2.

Electrische nabootsing met inachtneming van de lineaire weerstandswet.

1. Hierbij werd dus uitgegaan van vergelijkingen, zooals ze door MAZURE voor de voortplanting van het M_2 -getij zijn afgeleid. 2) Daarbij werden de kracht van BERNOULLI en de invloed van de verandering der diepte mede in rekening gebracht.

Betreffende de voortplanting van het M_2 -getij, leiden de berekeningen van MAZURE tot juiste uitkomsten.

Door van een kleine benadering gebruik te maken, die echter niet van praktisch belang is, kon voor dit geval een electrisch analogo vraagstuk worden opgesteld, waarvan de uitkomsten zeer bevestigend waren, in vergelijking met die van de methode MAZURE.

Zooals reeds in § 1, punt 2 is gezegd, moest dan van een zgn. π - of T-schakeling gebruik gemaakt worden om op de vakgrenzen juiste uitkomsten te vinden. Voor tusschengelegen punten komt de oplossing dan niet met die bij de getijbeweging overeen.

2. Om deze electrische proef uit te kunnen voeren, is het ook noodig om rekenwerk te verrichten voor de bepaling der vakconstanten en de noodige controle. Dit bedraagt $\pm 50\%$ van het rekenwerk, dat bij de methode MAZURE moet worden uitgevoerd. Bij dit werk komt dan de uitvoering van de proef zelf. Aangenomen kan dus worden, dat de totale hoeveelheid werk, die bij deze electrische methode moet worden verricht, meer dan de helft bedraagt van die bij de methode MAZURE.

3. Het werkelijk voorkomende getij is samengesteld door het M_2 -getij, dat MAZURE beschouwt. Naast het M_2 -getij moeten bij nauwkeuriger analyse het M_1 - en S_2 -getij in rekening gebracht worden. Indien men dit wil doen op analoge wijze als het M_2 -getij, is het noodzakelijk om de methode MAZURE uit te breiden op getijden met andere frequentie, waarbij dan de wederzijdsche beïnvloeding, speciaal van het M_2 -getij, moet worden beschouwd. Dan neemt het noodige rekenwerk ook voor de electrische analogie zeer sterk toe en wordt de oplossing veel gecompliceerder.

Nog gecompliceerder wordt dit vraagstuk bij een stormvloed, terwijl dr. VAN VEEN dit als een eenvoudige zaak voorstelt. De afwijking, die door een stormvloed wordt veroorzaakt in den normalen loop der getijbeweging, kan men door een reeks Fouriertermen voorstellen. Dan zal men ook alle termen uit de bewegingsvergelijking hierbij aan moeten sluiten, hetgeen zeer ingewikkeld wordt. Dr. MAZURE heeft getracht om dit probleem op te lossen met behulp van e-machten. Deze weg kan bij de electrische weergave niet gevolgd worden. De voorgaande moeilijkheid geldt niet, als van de zeer grove veronderstelling wordt uitgegaan, dat de stormvloed door een vergroot M_2 -getij, dat steeds periodiek weerkeert, kan worden vervangen.

Het is wel mogelijk om bij benadering het M_2 - en S_2 -getij samen te beschouwen, door nl. de frequenties van het M_2 - en S_2 -getij, die weinig verschillen, aan elkaar gelijk te stellen. Zoo kan men bij benadering springtij en doortij beschouwen.

4. Ook de verdeling van den oppervlaktewater over het rivierenstelsel werd door dr. MAZURE berekend. Hierbij

2) De vergelijkingen van LORENTZ, die werden toegepast bij de berekening der getijbeweging voor de afsluiting der Zuiderzee, zijn hiervan een bijzonder geval.

werd de beïnvloeding door het M_2 -getij in rekening gebracht, hetgeen de belangrijkste correctie vormt. Het is echter niet mogelijk om den opperwaterafvoer als gelijkstroom in het elektrische model in te voeren, daar de weerstandcoëfficiënten voor gelijkstroom ongelijk zijn aan die van den wisselstroom en doordat in de hoofdketen condensatoren geplaatst moesten worden. Deze beletten het doordringen van den gelijkstroom. Dit resultaat is zeker merkwaardig. De opperwaterverdeling moet steeds apart worden berekend en de wederzijdsche invloed op het M_2 -getij wordt tevoren verdisconleerd in de coëfficiënten van de diff. verg., die bij het elektrische model optreden. Wordt een andere opperwaterafvoer beschouwd, bij overigens gelijk blijvend M_2 -verticaal getij aan den mond, dan moeten toch alle vakcoëfficiënten opnieuw berekend worden en de proef met andere weerstanden, zelfinducties en capaciteiten worden overgedaan met de bijbehorende berekeningen.

5. Wordt een verandering in het rivierenstelsel aangebracht, dan moet electrisch toch de geheele proef opnieuw worden berekend en opgesteld en kan niet worden volstaan met alleen het veranderen van de gogevoens van die rivervakken, waar de verandering in de profielsgrootheden optreden, hetzij dat één rivervak of meerdere, geheel afgesloten of er aan toegevoegd worden.

6. Bij de nabootsing met inachtneming van de lineaire weerstandswet wordt, behalve het niet beschouwen van het M_1 - en S_2 -getij, nog een belangrijke vereenvoudiging ingevoerd, door aan te nemen, dat de kombergingsbreedte gedurende de getijbeweging constant is. Dit is in werkelijkheid niet het geval; slechts in weinig gevallen kan een constante kombergingsbreedte aangenomen worden. Vooral in zecarmen, als Haringvliet, Ooster- en Wester-Schelde is de verandering van de kombergingsbreedte sterk sprekend. Het is duidelijk, dat de stroomen, die bij de getijbeweging ontstaan, volgens de continuïteitsvergelijking in zeer belangrijke mate door deze veranderlijke kombergingsbreedte B worden beheerscht.

Bij normale getijbeweging kan de kombergingsbreedte B vaak constant worden beschouwd, maar niet bij stormvloed. Wordt de waarde van B bij LW gedeeld door die bij HW, dan varieert dit quotiënt bij gemiddeld getij van 0,8 tot 1 (behalve Brielsche Maas) en bij stormvloed van 0,5 tot 1. Op de zecarmen is deze verhouding nog meer gevarieerd (Wester-Schelde gem. getij van 0,4 tot 1).

7. Wanneer dus dr. VAN VEEN voorstelt om met behulp van de lineaire elektrische methode een net der benedenrivieren, van de Scheldegeulen, enz. op te bouwen, moet men daarbij in aanmerking nemen, dat de bereikte resultaten in belangrijke mate van de werkelijkheid kunnen afwijken.

§ 3.

Nabootsing met inachtneming van de quadratische weerstandswet.

1. Hiervoor gaf drs. HELLINGMAN het denkbeeld aan om eproxoellen te gebruiken. Hiermede staat de reciproke transformatie in verband, zooals ir. VAN ZOEST aangaf. Het onderzoek met behulp van deze eproxoellen moet nog een aanvang nemen.

Het voordeel van deze methode is, dat uitgegaan wordt van de goede weerstandswet, terwijl aan den mond van de rivier een willekeurige getijkromme genomen kan worden en dus niet alleen het M_2 -getij beschouwd behoeft te worden.

Het rekenwerk is in hoofdzaak overgegaan in electrotechnisch werk; de berekening der vakconstanten is nu veel beknopter.

Het is echter nog niet mogelijk om vaststaande conclusies te trekken betreffende de resultaten, die met deze methode verkregen kunnen worden. De conclusie van dr. VAN VEEN: „Het is dus wel zeker, dat een getijstroom tot een zeer hoogen graad van nauwkeurigheid electrisch kan worden nabootst“ moet voor een methode, die overal toegepast kan worden, voorbarig genoemd worden.

Voorzovermen het vraagstuk theoretisch kan overzien,

zijn er moeilijkheden aanwezig, die nog niet in voldoende mate zijn opgelost, terwijl nog geen experimenteel onderzoek kon plaats vinden.

Enkele van deze moeilijkheden wil ik in het volgende noemen, waarbij een indruk verkregen kan worden van de mogelijkheden.

2a. In de eerste plaats is het niet zonder meer mogelijk om de kracht van BERNOULLI in rekening te brengen (zie § 1, punt 1).

b. Er zijn moeilijkheden om den invloed van de diepte-verandering gedurende de getijbeweging aan te geven. De invloed hiervan is over het algemeen zeer belangrijk (h^2). Stelt men bij normaal HW den weerstandcoëfficiënt op 1, dan is haar orde van grootte bij LW over het algemeen 1,5.

Bij een stormvloed zijn deze verschillen nog veel grooter.

3. Nu is het in principe wel mogelijk om de veranderlijke kombergingsbreedte en den invloed der diepteverandering bij de quadratische weerstandswet in rekening te brengen met behulp van radiolampen. Het is echter nog niet geheel duidelijk, hoe deze in het systeem moeten worden opgenomen.

Het electrisch systeem, dat aldus ontstaat, is zeer ingewikkeld en bewerkelijk en ook weinig overzichtelijk.

De kombergingsbreedte heeft vaak een veranderlijk verloop. Om deze in de stroom-spannings-karakteristiek tot uitdrukking te brengen, moeten voor alle riviertakken speciale lampen worden geconstrueerd. Verder zijn deze krommen, zoowel voor de kombergingsbreedte als voor de verandering der diepte, alleen bekend, indien men de voortplanting van het getij reeds kent. Maar het verloop hiervan is juist in de vraagstukken onbekend. Men moet dus ook hier trapsgewijze te werk gaan. Eerst moet een voorloopige oplossing bekend zijn, dan moeten, aan de hand daarvan, voorloopige radiolampen worden geconstrueerd. Daarna moet nagegaan worden of deze radiolampen aan de oplossing beantwoorden, waarna zoo noodig dan weer andere moeten worden geconstrueerd, indien de nieuwe oplossing te veel van de aanvankelijk aangenomene verschilt.

Zoo verder werkend, wordt trapsgewijze de oplossing verkregen.

4. Zooals in § 1, punt 2 is gezegd, zijn de oplossingen nog niet geheel analoog als de differentiaalvergelijkingen in het hydraulische en electrische probleem dezelfde zijn.

Dit geldt ook voor de nabootsing der quadratische weerstandswet. Bij de lineaire weerstandswet werd hiëraan tegemoet gekomen, door de invoering van het zgn. π -equivalent (zie § 2, punt 1).

Het blijkt nu, dat het reciproke π -equivalent — het T -equivalent, dat nu zou moeten worden ingevoerd (zie punt 0), niet zonder meer overgenomen kan worden van het analoge geval bij de lineaire weerstandswet. Het laat zich aanzien, dat de oplossing niet zoo gemakkelijk verkregen kan worden. Bij de bepaling van het π -equivalent bij het lineaire probleem werd n.l. gebruik gemaakt van de gesloten oplossing van de bijbehorende diff. verg.; deze kent men echter niet bij de quadratische weerstandswet.

Tóch is het van belang om dit probleem op te lossen. Bij de lineaire oplossing werd n.l. na de invoering van het π -equivalent een verbetering van 10% in de berekende stroomen verkregen. Bij de quadratische weerstandswet zal deze invloed van niet minder belang zijn. (Zie ook 1).

5. Van een nauwkeurige oplossing mag men eischen, dat de stroomen met een nauwkeurigheid van iets minder dan 10% bepaald kunnen worden. Om dit doel te bereiken, is het noodig om de punten onder 2a, b en 3 volledig en exact op te lossen. De electrische oplossing is dan zeer ingewikkeld geworden en weinig overzichtelijk, ook door de reciproke transformatie.

Wanneer dr. VAN VEEN zegt: „Het is dus wel zeker, dat een getijstroom tot een zeer hoogen graad van nauwkeurigheid electrisch kan worden nabootst“ blijkt uit het voorgaande wel, dat deze conclusie zeker voorbarig is.

6. Als gevolg van de reciproke transformatie is de analogie tusschen getijbeweging en electrisch model als

volgt geworden: In plaats van de stroom bij de getijtheorie, moet het spanningsverschil in het electrisch model genomen worden en omgekeerd voor het drukverschil de stroom. De fysieke voorstelling is dan practisch zoek geraakt. Treden bij de getijbeweging als randvoorwaarden op: de verticale getijlijn aan den mond van de rivier en de oppervlakterafvoer, dan worden de randvoorwaarden bij het electrische model, wat betreft den wisselstroom, de stroom aan het begin van het systeem; voor den gelijkstroom, de spanning.

§ 4.

Getijberekening.

1. Voordat, betreffende de practische zijde, een vergelijking tusschen-electrische methode en de methode der getijberekeningen getrokken wordt, wordt eerst iets medegedeeld over de getijberekeningen zelf. Wat de exacte methode betreft het volgende: Zij neemt, wat het rekenwerk aangaat, veel tijd in beslag. Het resultaat van de aannamen en verwaarloozingen, die gemaakt worden, is steeds nauwkeurig na te gaan. Alle detailkwesies kunnen zoo nauwkeurig mogelijk onderzocht worden. De nauwkeurigheid kan opgevoerd worden tot aan de grens der nauwkeurigheid der beschikbare metingen.

Verder rekent men steeds met de werkelijk voorkomende krachten, in reële grootheden uitgedrukt. Hierdoor leert men de krachten kennen, die de getijbeweging beheerschen en onderscheiden, welke invloed belangrijk is en welke niet. Bovendien wordt het inzicht in de waterbeweging verdiept. Door de verschillende variatie-berekeningen, die toegepast worden, treden ook variaties op in de grootte van de verschillende krachten en neemt ook het inzicht toe.

2. De kennis, die bij de eerste getijberekening voor een bepaald plan verkregen is, kan dan ook dienstbaar worden gemaakt bij de getijberekening voor alle verdere variaties, die in het hoofdplan worden aangebracht. Deze zg. variatieberekeningen verlopen veel vlugger dan bij de eerste hoofdberekening het geval is.

Deze eerste hoofdberekening neemt dan ook naar verhouding den meesten tijd in beslag; alle verdere variatieberekeningen duren dan veel korter. Door de ervaring, die bij de berekening verkregen is, kan dan vaak in enkele dagen tijds in voldoende mate de invloed van kleine wijzigingen in het plan worden opgegeven.

Wanneer dr. VAN VEEN beweert: „Elk rivierenplan van eenige beteekenis vereischt niet één, doch tientallen getijberekeningen en elke „berekening duurde met een man of 10 toch spoedig een aantal maanden,” dan kan hierop geantwoord worden, dat dit slechts voor één berekening kan gelden. De volgende gaan veel vlugger.

Naar aanleiding van deze opmerking nog het volgende: De duur van een getijberekening volgens de exacte methode is vanzelfsprekend afhankelijk van de grootte van het rivierenstelsel, dat beschouwd moet worden en den aard van de gestelde vragen. Hierdoor loopt de duur der berekeningen zeer uiteen.

Een berekening voor de Schelde, ook met inachtneming van de verschillende geulen, zoo noodig met variabele komberging en stroombreedte, is veel minder bewerkelijk dan een getijberekening voor het uitgebreide benedenrivierenstelsel met 3 bovenrivieren en 5 à 6 splitsingspunten. Verder is het niet mogelijk om met 10 man tegelijk aan één getijberekening te werken; 4 mensen is wel het maximum aantal, dat tegelijk samenwerkt. Het overige personeel kan dan andere plannen berekenen.

3. Betreffende den duur van een stelsel getijberekeningen, wordt het volgende voorbeeld genoemd. Dit betrof de berekening van zeer hooge nooit voorgekomen stormvloedstanden voor het geheele stelsel der benedenrivieren met Lek, Waal en Maas, bij verschillende plannen. Deze berekeningen behooren tot de moeilijkste en bewerkelijkste, die kunnen voorkomen, daar het dan zeer moeilijk is om op de eene of andere wijze beginaannamen te verkrijgen.

Er werden zeven verschillende berekeningen voor de be-

paling der stormvloedstanden gemaakt bij verschillende plannen. Daarnaast werden nog acht verschillende berekeningen voor stormvloedstanden speciaal voor Lek, Waal en Maas uitgevoerd. Deze rivieren werden ook beschouwd bij de groote berekeningen.

Met 6 man werden deze berekeningen in bijna twee jaar uitgevoerd, dus totaal ongeveer 24.000 man-uur. Bij deze opgave is ook inbegrepen al het voorbereidende werk, als bepaling der profielsgrootheden (stroombreedte, diepte, veranderlijke kombergingsbreedte, enz.), hetgeen nog al wat tijd kost.

De eerste hoofdberekening nam ook hierbij naar verhouding den meesten tijd in beslag. De genoemde tijdsduur van twee jaar is vanzelf lang te noemen.

Betreffende de getijberekening, die optrad bij de inundatie van Walcheren, werd ook gewerkt met een methode, die met de exacte methode te vergelijken is. Na een maand tijd konden maatgevende conclusies getrokken worden.

Uit het voorgaande blijkt wel, dat dit soort berekeningen tot de practische mogelijkheden behoort.

Men moet niet vergeten, dat uitvoerige plannen zeer kostbaar zijn en het gewenscht is om alle problemen nauwkeurig te bestudeeren. De Staatscommissie Zuiderzee heeft acht jaar noodig gehad ter verkrijging van haar definitieve conclusies.

4. Voor de praktijk is het vaak noodig om de gegevens zoo snel mogelijk te verstrekken. Hieraan kan dan tegemoet gekomen worden doordat uit de resultaten van voorloopige berekeningen vaak reeds conclusies getrokken kunnen worden, die aanvankelijk voldoende zijn.

De voorloopige uitkomsten worden dan door nauwkeuriger berekeningen, die vaak nog veel werk kosten, en die den toetssteen der kritiek kunnen doorstaan, nader geverifieerd.

5. Wat andere berekeningswijzen betreft, behoeft alleen de methode MAZURE beschouwd te worden. Haar nauwkeurigheid is geringer dan de exacte, en kan ook bij voorloopige berekeningen reeds waardevolle diensten bewijzen, daar ze minder tijd vergt dan de voornoemde methode.

§ 5.

Conclusies betreffende vergelijking electrische methode en getijberekening.

1. Betreffende de electrische methode kan geconcludeerd worden, dat deze bij een lineaire weerstandswet uitkomsten geeft, die gelijkwaardig zijn aan die van de overeenkomstige berekeningsmethode MAZURE. Ze geeft inderdaad besparing in tijd, ofschoon het niet zoo is, als dr. VAN VEEN voorstelt, wanneer hij zegt, dat men bij rivierveranderingen of andere randvoorwaarden de optredende veranderingen direct kan aflezen (zie § 2, punt 2 5).

2. Betreffende de quadratische weerstandswet kan worden gezegd, dat om een voldoende mate van nauwkeurigheid te bereiken, de equivalente electrische methode in ieder geval electrotechnisch ingewikkeld en bewerkelijk wordt, terwijl de problemen, die hiermede samenhangen, nog niet in voldoende mate opgelost zijn (zie § 3, punt 2 en 3).

Het zal dan, in verband met de benaderingen, moeilijk vallen om een nauwkeurigheid in den stroom van 10 à 20 % te bereiken volgens een algemeen geldende methode en om een inzicht in de getijbeweging te verkrijgen door de ingewikkeldheid van het systeem.

3. Het is noodig om verder na te gaan in hoeverre de electrische methode met nabootsing van de quadratische weerstandswet aan de te stellen eischen voldoet. In verband met de opmerkingen, die in § 3 gemaakt zijn, zou dan het doel moeten zijn, om deze methode zoo eenvoudig mogelijk te houden. Uit de gegevens, die uit de meer eenvoudige methoden verkregen worden, kunnen bij benadering weer betere gegevens worden afgeleid, die dienstbaar kunnen zijn bij de toepassing der exacte methode. In verband echter met het inzicht, dat de exacte methode geeft en de nauwkeurigheid van haar uiteindelijke uitkomsten

zal het steeds gewenscht zijn om ook deze toe te passen. Over de wijze van toepassen hoop ik in de toekomst nader een en ander te publiceeren.

J. J. DRONKERS.

dat de rekenmethode, ter verkrijging van de uiterste nauwkeurigheid, achterna gebruikt zal moeten worden. Als fundament is zij zelfs onmisbaar.

J. VAN VEEN.

Naschrift.

Door de oorlogsomstandigheden, en ook nog daarna, was dr. DRONKERS niet in de gelegenheid de ontwikkeling van de electrische methode bij de Directie Benedenrivieren mede te maken. Wel heeft hij inzage gehad van niet gepubliceerde rapporten, en hij is, de „keuken” gezien hebbend, misschien wat voorbarig geweest met het doen van voorspellingen. Ik acht het thans, nu het materiaal voorloopig ontbreekt, prematuur dieper op deze methode in te gaan dan ik reeds gedaan heb.

De hoofdzaak, dat het getij voorgesteld kan worden als een wisselstroom, wordt niet ontkend. De Zuiderzeeberekening, die met de lineaire methode werd verricht, had dus electrisch kunnen geschieden. De electrische nabootsing is niet meer dan een rekenmachine, die de formules oplost. De afwijkingen ten opzichte van de werkelijkheid liggen daarbij niet aan de langs electrischen weg verkregen oplossing, maar aan de formules. Trouwens valt het met die afwijkingen nogal mee, zooals bij de Zuiderzeeberekening is gebleken.

Wat wij noodig hebben is een snellere oplossing om rivierveranderingen te kunnen ontwerpen. Men verdrinkt in het doode rekenwerk. De Dienst der Telegrafie, die dezelfde formules gebruikt als wij, denkt er ook niet aan de wiskundige rekenmethode te volgen, doch bootst haar telegraafkabels eenvoudig na.

Wat de nabootsing met inachtneming van den kwadratischen weerstand betreft, meen ik dat het thans reeds duidelijk is dat een getijstroom tot een hoogen graad van nauwkeurigheid electrisch kan worden voorgesteld. Het onderzoek dienaangaande is sinds lang aan den gang, doch ik erken dat het materiaal nog in onvoldoende mate beschikbaar is. De kracht van BERNOULLI kan wel in rekening worden gebracht en ook alle andere moeilijkheden, die dr. DRONKERS voorziet, kunnen theoretisch wel opgelost worden. De practijk moet de methode echter eerst doen rijpen. Wij kunnen ook wel, evenals dr. DRONKERS, een schatting maken van den tijd, die voor een bewerking noodig is, maar ik wil liever nog niet meer zeggen dan ik reeds gezegd heb, nl. dat er slechts heel weinig van het aanvankelijke rekenwerk zal overblijven; alleen het interessantste deel. Het doode rekenwerk doet de machine.

Vast staat sinds jaren dat de rekenmethoden te ingewikkeld zijn. Dr. DRONKERS kan het wel voorstellen alsof het rekenwerk wat meevalt, maar het is om van te rillen.

Op het geschrift van dr. DRONKERS past slechts een antwoord en hij is het daarmee geloof ik eens: „Wait and see”. Voorts „Give me the tools”. Ik verzoek hem dus geduld te hebben, zooals ik reeds 10 jaren geduld heb gehad met de rekenmethoden, wier becijferingen maar nooit klaar komen en reeds te dikwijls herziene, telkens verschillende uitkomsten gaven. Wanneer eenmaal voldoende electrisch materiaal beschikbaar is, hoop ik na de noodige experimenten de ervaring van een paar practijkjaren te publiceeren. Onze ervaring is thans reeds zoodanig dat wij nog al reden tot optimisme meenen te hebben. Dit optimisme is door het lezen van dr. DRONKERS' opmerkingen eerder toe dan afgenomen. Laten wij de ervaring een kans geven; het is goed mogelijk, zooals ik schreef,