

Voorstel betreffen de de wenschelijkheid
eener bepaling van toekomstige
tijden langs elektrische weg

Dr. Fr. J. van Veen

DELTADIENST
WATERLOOPK. AFD.

Veen0050

R.207



Nr 237

VOORSTEL

BETREFFENDE DE WENSCHIELIJKHEID EENER BEPALING VAN TOEKOMSTIGE
GETIJDEN LANGS ELECTRISSCHEN WEG.

11207.

I. Tot heden bestaan twee verschillende methoden om de als gevolg van rivierwerken optredende veranderingen van getijden te voorspellen :

1e. Die der waterloopkundige laboratoria.

2e. Die der berekening.

De eerste werd 1938 toegepast te Antwerpen en te Berlijn. Te Antwerpen besloeg de Scheldenabootsing een vloer van naar schatting $40 \times 20 \text{ m}^2$, te Berlijn was voor de Jümme o.a. een openlucht-laboratorium ingericht van nog grootere afmetingen.

De verteekening van de situatie en van de profielen was daarbij enorm. Ter besparing van ruimte werden de rivieren opgevouwen voorgesteld, dus telkens met bochten van 180° . Voorts was de vervorming der profielen zoodanig, dat bv. een rivier van $100 \times 4 \text{ m}$ voorgesteld werd door een greppel van 30 cm bovenbreedte en 40 cm diepte. Ter verkrijging van den juiststen weerstand waren vuistgrootte steenen in den bodem en in de zijkanten aangebracht, die in werkelijkheid dus de grootte van huizen zouden hebben. Op deze wijze gelukte het wel de getijlijnen van de verschillende stations vrij goed met de werkelijkheid te doen overeenstemmen, doch de waarde van de voorspellingen van veranderingen kan daarbij niet anders dan gering zijn. Het openluchtlaboratorium te Berlijn had niettegenstaande het in een boschrijke omgeving lag, veel last van op- en afwaaiing. Men moest het afdekken met rietmatten. Ten onzent werden deze laboratoria-methoden dan ook niet toegepast voor groote riviernetveranderingen en wordt sinds jarenlang aan de berekening de voorkeur gegeven.

Toch heeft de berekeningsmethode vele nadeelen. Er bestaan 4 berekeningsmethoden, die in de volgorde van hun ontstaan hieronder genoemd worden :

- a. de methode Lorentz (1920);
- b. de electricische methode (Van Veen 1931);
- c. de zg. exacte methode (Lorentz-Dronkers 1934);
- d. de sinusoidale methode (Lorentz-Mazure 1938).

Principieel verschillen deze methoden geen van alle. Zij gaan uit van de twee grondvergelijkingen, t.w. de bewegingsvergelijking en de continuïteitsvergelijking, doch de een neemt daarbij een iets anderen weg dan de ander.

Handwritten notes:
De berekening
van de getijden
is zeer nauwkeurig
en kan de werkelijkheid
vrij goed weergegeven
worden. Het openlucht-
laboratorium te Berlijn
had niettegenstaande
het in een boschrijke
omgeving lag, veel last
van op- en afwaaiing.
Men moest het afdekken
met rietmatten.

ad b. De eenvoudigste is die van Van Veen, die aantoonde, dat de wetten van Ohm en Kirchhoff de getijstroomingswetten niet alleen nauwkeurig benaderen, doch er vrijwel identiek aan zijn, en dat zij gerekend moeten worden tot de meest exacte formules der hydraulica. De analogie tusschen electriciteit en water bleek daarbij de volgende te zijn :

<u>w a t e r</u>	=	<u>e l e c t r i c i t e i t</u>
Bovenrivier	=	gelijkstroom
getijstroom	=	wisselstroom
verval	=	potentiaal
motorisch-opp.	=	electr.mot.kracht
bedweerstand	=	draadweerstand
levende kracht (cos. φ)	=	zelfinductie (cos. φ)
komberging	=	capaciteit

Evenals bij de electriche stroomen wordt de wet van Ohm dus voor getijstroomen voorgesteld door de formule $e = ir \cos. \varphi$ en kan men een wisselstroom en een gelijkstroom superponeeren. De formule geldt voor benedenrivieren/^{zoowel} als voor getijgeulen, waar geen opperwater door vloeit en gaat voor bovenrivieren over in $e = ir$.

De "bewegingsvergelijking" is in wezen identiek met de wet van Ohm. De "continuïteitsvergelijking" wordt bij deze methode de kombergingsvergelijking $B = A + 2K$, daar gerekend wordt met geheele perioden. Door dit te doen is de methode niet meer geschikt voor het bepalen van het verticaal getij; zij wordt dus slechts gebruikt voor die gevallen, waarbij het verticaal getij niet verandert, m.a.w. voor rivierverbeteringen buiten een zg. kuilgebied en voor voorloopige benaderingen.

ad a en d.

De door Lorentz ontwikkelde formule voor de Zuiderzeeafdamming is een combinatie van de bewegings- en de continuïteitsvergelijking; zij komt in wezen overeen met de zg. telegraafvergelijking, d.i. een vergelijking, geldend voor een deel van een geleider, die zelf capaciteit heeft.

De vergelijking van Ohm geldt slechts voor een doorsnede. Door het gebruiken van deze telegraafvergelijking moest worden afgezien van de kwadratische weerstandswet, welke voor waterstroomen geldt. Een formule, waarbij de kwadratische weerstand in acht genomen zou zijn, zou niet meer integreerbaar zijn. Door

het nemen van een aparte constante loste Lorentz deze moeilijkheid op.

ad c. De door Lorentz ontwikkelde zg. exacte formules houden vast aan de kwadratische weerstandswet en aan niet sinusoidale getijlijnen. Integreeren is dan niet meer mogelijk, doch reeksontwikkeling kan de oplossing benaderen, zij het met meer moeite en al zoekende.

De berekeningsmethode b is voor de practijk voldoende gemakkelijk uitvoerbaar, doch is niet voor de groote wijzigingen geschikt, noch voor de bepaling van het verticaal getij. De overige berekeningen vorderen buitengewoon veel tijd. Met een enkele berekening kan men ook niet volstaan. Men moet beginnen met een toetsingsberekening t.a.v. de bestaande toestanden, daarna volgt eene berekening voor normaalgetij en normaal opperwater, vervolgens een voor een stormtij en normaal opperwater, voorts een stormtij met meer dan normaal opperwater, een normaal tij met zeer weinig opperwater, een stormtij met zeer weinig opperwater, en niet te vergeten de verdeeling van het opperwater bij varieerende rivierafmetingen, opperwaterafvoeren en getijden, enz., enz.

Daar elk dezer berekeningen met de vlugste methode, die bruikbaar is (nl. d) toch nog voor een gebied als dat der benedenrivieren met 10 personen een maand duurt en daarna nog de exacte berekeningen moeten volgen, waarbij elke berekening met 10 personen ongeveer een half jaar duurt, is het duidelijk, dat het zéér gewenscht is naar een methode om te zien, die meer op de practijk is afgestemd. Zelfs met eene bezetting van 50 rekenaars zou men niet aan de behoeften der practijk kunnen beantwoorden, want het zijn nog niet alleen deze berekeningen, die gevraagd worden, doch ook de toekomstige frekwenties voor overschrijding en onderschrijding van de HW's en LW's. Het is thans wel afdoende gebleken, dat men in de 4 à 5 jaren, dat deze methoden voortdurend gebruikt worden, nog slechts weinig is opgeschoten. Slechts een gering deel van de noodige berekeningen voor het Vijf-eilandenplan kon gereed komen.

De zeer groote achterstand, die de rekenafdeeling van den Studiedienst thans heeft, zal in de naaste toekomst niet ingehaald kunnen worden. Niet alleen zijn daarvoor de vraagstukken op de Benedenrivieren, de Wadden, de Eems en de Schelde veel te uitgebreid, doch er ontbreekt ook het noodige kernpersoneel, dat

de vele nieuwe rekenaars, gesteld dat men die zou willen aanschaffen, moet opvoeden in deze speciale en moeilijke bak van wetenschap en hen moet controleeren. Het tekort aan kernpersoneel is ook niet snel aan te vullen, daar deze zelf over jarenlange ervaring moet beschikken. Een bezwaar, aan de berekeningsmethoden verbonden, is voorts de saaiheid van het werk. Het met animo verwerken van vele millioenen cijfers is niet velen gegeven en ook voor het kernpersoneel is het bezwaarlijk, dat de problemen zoodanig veelvuldig zijn in verhouding tot wat men redelijkerwijze in verband met den tijd kan oplossen, dat men het geheel nauwelijks kan overzien. Vooral de zg. exacte methode met haar op zoekende wijze te vinden oplossingen vordert niet alleen een groote concentratie, maar ook een zeer groote volharding.

Reeds jaren lang won de overtuiging dan ook veld, dat er iets anders op gevonden moet worden, omdat het zoo niet langer gaat. Er werd daarbij gewerkt in twee richtingen : t.w. die van eenvoudige voorloopige berekeningen op de wijze als die van methode b, waarmee de variaties en mogelijkheden nagegaan kunnen worden voordat de ingewikkelde methodes c of d ervoor worden toegepast, en die van het electrisch experiment.

Bij de laatste zweefde daarbij voor oogen een groote wandruimte met voor elk riviervak LCR elementen, t.w. koperdraden, solenoïden, weerstanden, capaciteiten, zelfinductie, enz., bv. de benedenrivieren of de Schelde voorstellend. Aan den zeekant zou een wisselstroom in dit net geleid moeten worden, aan den landkant een gelijkstroom en met behulp van de zeer ontwikkelde en nauwkeurige electrische meetinstrumenten zouden de stroomen, fasen en potentialen gemeten kunnen worden. Gesteld, dat men den invloed zou willen weten van eene afdamming van den Hollandschen IJssel op het getij en de opperwaterverdeeling, dan zou men de LCR combinatie, die deze rivier voorstelde, kunnen wegnemen en velerlei proeven kunnen nemen met varieerend getij en varieerend opperwater. Het zou niet noodig zijn met sinusoidale getijgolven te werken, daar men den wisselstroom elke willekeurige vorm kan laten aannemen. In plaats van uiterst moeilijke, moeizame en spaarzame berekeningen zouden dan als het ware spelenderwijze grafieken verkregen worden, bv. aangevende het verband tusschen de diepte van de Noord en de opperwaterafvoerverdeeling bij verschillende standen van Keulen, of wel het verband tusschen stormvloedshoogte en opperwater te Werkendam of elders, de frekwentie der IW 's voor den een of anderen nieuwen toestand, enz.

De techniek schijnt thans, o.a. door de ontwikkeling gedurende dezen oorlog, zoover gevorderd, dat dit ideaal verwezenlijkt kan worden. De poging tot het vinden van eenvoudige praktijkformules moet als niet geslaagd worden beschouwd. Daarentegen bieden de moderne hulpmiddelen der electriciteit, radiotechniek en accoustische-techniek mogelijkheden, welke vermoedelijk met vrucht toegepast kunnen worden. Vooral de kathodestraalbuis heeft een omwenteling gebracht in de meettechniek van trillingen. Men kan de trilling (elke trilling, electricisch of mechanisch) daarbij op groote schaal visueel voorstellen, meten en fotografeeren, zoodat volgens de deskundigen de fouten binnen 1% zouden liggen. Het moet dus als mogelijk worden beschouwd, dat de getijlijnen op de kathodestraalbuis voor elk punt van een geulennet zichtbaar en meetbaar gemaakt kunnen worden tot binnen 1 á 2 cm voor het HW, dat hun juiste phase vastgelegd kan worden en dat ook de stroomkrommen nagenoeg geheel juist grafisch aan den dag treden. De toestellen, die men thans ook gedurende dezen oorlog nog in den handel kan koopen, zijn zeer verfijnd en hebben de trillingstechniek tot een vrijwel volmaakte hoogte opgevoerd.

Het zou dus zeer gewenscht zijn een proef te nemen om te zien in hoeverre deze methoden voor ons van nut kunnen zijn. De deskundigen op dat gebied, die ik hierover polste, waren allen dienaangaande optimistisch. Slechts rees de vraag in hoeverre de kwadratische weerstandswet kan worden bereikt. Iemand opperde het gebruik van Wolframdraad, wier weerstand afhankelijk is van de temperatuur, een ander het gebruik van radiolampjes met een parabolisch spiegelvlak.

Intusschen is deze kwestie, hoewel belangrijk, toch niet van zoodanig gewicht, dat het succes daarmede geheel staat of valt. Lorentz gebruikte de lineaire weerstandswet met inachtneming van een aparte constante en hetzelfde doet de methode d voor benedenrivieren. Blijkt het, dat men gedwongen zal zijn de lineaire weerstandswet toe te passen, dan kan men dus geen nauwkeuriger uitkomsten krijgen dan die van de methoden a of d en zal het daarom naderhand noodig zijn de rekenkundige methode c toe te passen. De electricische meetmethode dient dan vooral als een (reeds nauwkeurige) benadering. Zonder zulk eene benadering is de methode c ook niet te gebruiken.

II. Het is gewenscht nog een tweede proef te nemen, nl. ten aanzien van het volgende.

Men groot hiaat in onze kennis bestaat nog wat betreft de stroom-

ming in bochten en in riviermonden (bij Hoek van Holland bv.). De gebruikelijke hydraulische formules gaan alle uit van de bewegingsvergelijkingen van Euler met x,y en z-assen. Daarna worden de y- en z-termen verwaarloosd, hetgeen wil zeggen, dat de formules gelden voor rechtlijnige beweging en niet voor eene beweging in bochten.

De potentiaaltheorie van Böss en Wittmann (1938) gaat op dit probleem iets verder in, doch moet daarbij de weerstand verwaarloosd hetgeen in wezen zeer onjuist is. De proef zou dus moeten bestaan in het meten van getijlijnen, fasen en stroomen van een koperplaat (of andere plaat), den mond van den Waterweg voorstellende. Vooral voor de bepaling van de dijkshoogten langs de benedenrivieren is deze proef thans van direct nut, daar bij storm hier een kuil wordt gevormd van + 40 cm, die vermoedelijk bij verbetering van den mond met ongeveer de helft vermindert.

III. Een derde proef, welke te nemen zou zijn, is de volgende. Sinds eenigen tijd is het gelukt afstanden te meten met behulp van radiogolven. Vliegtuigen worden daar thans bv. mee uitgerust, waarbij weder met behulp van een kathodestraalbuis de tijd gemeten wordt, die een radiogolf noodig heeft om een zekere afstand te doorloopen. Deze afstandsbeplating schijnt thans zeer nauwkeurig te zijn.

Hoewel in 1935 begonnen is met het peilen met een echolood, is de afstandsbeplating het zwakke punt gebleven. Het hoeken-schieten vordorde veel moeite en tijd en ook het bepalen van afstanden met een afstandsmeter (kijker) was niet ideaal. Reeds in 1937 werden door ons proeven genomen om de afstanden tot den oever langs radiografischen weg te meten, en deze slaagden ook volkomen tot afstanden van een paar duizend meter (de afstandsopteekening geschiedde grafisch), doch de Engelsche admiraliteit weigerde toen, op grond van staatsgeheim, daarbij haar medewerking te verlenen. Thans is dit instrumentarium naar het schijnt gemeengoed geworden, zoodat de proeven zouden kunnen worden voortgezet.

Met het oog op den genoemden achterstand in onze berekeningen en ook met het oog op het vele werk, dat de Studiedienst na den oorlog zonder twijfel wacht, is het gewenscht deze proeven spoedig te doen aanvangen. De kosten ervan zullen vermoedelijk zeer gering blijven, daar begonnen kan worden met te leenen materiaal en meetwerktuigen.

's-Gravenhage, 12 November 1943.

De Hoofdingenieur,

J. van der