

6-11-52
615

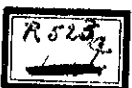
DE WATERWEG ALS BENEDENRIVIER

DOOR

dr ir J. VAN VEEN

Veen0051

Overdruk uit het Weekblad „DE INGENIEUR” no. 28, 1952. Algemeen Gedeelte 28.



R 523
a.

DE INGENIEUR

WEEKBLAD GEWIJD AAN DE TECHNIEK EN DE ECONOMIE VAN OPENBARE WERKEN EN NIJVERHEID
ORGAAN VAN HET KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS
EN VAN DE VERENIGING VAN DELFTSE INGENIEURS

COMMISSIE VAN TOEZICHT: Ir J. M. VERFF, Voorz. / Ir H. J. F. ECKENHUIJSEN SMIT, Secr. / Prof. ir C. M. VAN WIJNGAARDEN
VERANTWOORDELIJK HOOFDREDACTEUR: Ir H. SANGSTER.

REDACTIE-ADRES (Tevens voor adreswijzigingen): PRINSESSEGRACHT 23 / 's-GRAVENHAGE, TELEFOON 184542

Het K.I.v.I. en de V.v.D.I. stellen zich niet verantwoordelijk voor de denkbeelden in de onderscheiden bijdragen ontwikkeld

Abonnementen en advertenties: N.V. A. OOSTHOEK'S UITG. MIJ. DOMSTRAAT 1-3, UTRECHT, TELEFOON 19547. Giro 35973

Abonnementsprijs f 36,- p.j. / Buitenland f 39,25 Losse nrs. f 1,- Advertenties f 0,46 per mm per kolom van 1/4 der pag. breedte / Contract Speciaal Tarief.

A. ALGEMEEN GEDEELTE 28.

De Waterweg als Benedenrivier ¹⁾

door dr ir J. VAN VEEN

Summary: *The Rotterdam Waterway considered as a river mouth.*

CALAND's idea was to attract water masses that those might scour the bottom of the Waterway. These water masses were partly fresh, partly salt. Notwithstanding a great increase of discharge of fresh water since 1885, salinity crept upwards, even past Rotterdam, causing damage to horticulture and other interests.

A marked increase in salinity occurred in the period 1930—1934, when the Old Maas was dredged to be made a shipway for sea-going vessels. Still, this deepening of the Old Maas caused only small changes in the tidal currents. There seems to be little direct relation between tidal water quantities and salinity, but much between mixing and salinity. The theory of the *mixing* of fresh and salt water should be better understood. Open harbours in the brackish reaches, the „underflood” and the turbulence caused by ships and groynes cause mixing. Mathematicians of the Rijkswaterstaat try to found a theory of mixing in tidal rivers.

Since 1945 excess salination has been noticed in the open harbours along the Waterway. The cause of this is studied jointly by the Rotterdam Harbour Board and the Rijkswaterstaat. There may be some relation between the increases in salinity and siltation in those harbours.

As two of the four Rhine mouths are closed by dams now (IJsselmeer in 1932, Brielse Maas in 1950) the development may be such that the artificial one, the Waterway, may remain to be the only open Rhine mouth of the future. In this mouth the salinity and sea-silt might be pushed back to some extent with the pressure of the fresh upperwater, but it is not at all certain whether this idea shall be followed up or not.

Toen CALAND zijn idee van de doorgraving door de Hoek opperde, was de noordelijke tak der Benedenrivieren nog slechts een laatste restje van een vroeger veel machtiger zeevat. De grenzen van dat oude brede zeevat lieten wij afprikken; het ging daarbij speciaal om de ligging van de grens van het veen op 1 à 3 meter diepte (fig. 1).

Voorne-Putten vertoonde een vrijwel ongebroken veendek, het Westland bleek een grote geul te hebben bezeten die met een boog via Naaldwijk en Delft reikte tot in het hart der Zuidhollandse venen. De oude Maas was via Oud-Beyerland, Westmaas, Maasdam en 's-Gravendeel ook nog verder oostwaarts door het Dordtse eiland te volgen. Het oude Helinium was dus in Romeinse tijd of nog iets later tussen Brielle en Maassluis ongeveer 4 km breed geweest, d.w.z. een zeevat van de orde van grootte als het Haringvliet. Het Helinium was, zoals bekend, zowel de mond van de Maas als van de Waal, „Merwede”, Hollandse IJssel, Striene en Bernisse. De inham naar Delft was reeds in vóór-Romeinse tijd volgeslibd, evenals die bij Maassluis. Terloops wordt hier medegedeeld dat de tuinbouw in het Westland slechts uitgeoefend kan worden op de aanslibbingen in en van die oude geulen. De Stichting voor Bodemkartering heeft hier nog niet zo heel lang geleden prachtige kaarten van gemaakt.

Dat het Haringvliet, nog vrij laat niet bestond, volgt uit de oude benaming „Westvoorne” voor Goeree en uit de Z.N.-

¹⁾ Voordracht gehouden voor het Koninklijk Instituut van Ingenieurs op 29 Mei te Rotterdam ter gelegenheid van de Caland-herdenking.

strekking van de Bernisse, het water dat Voorne van Putten scheidt. Toen het Haringvliet bij een doorbraak der oude Voornse duinen ontstond en verbinding kreeg met de Rijn en de Maas, kon de oude Maasmond dichtslibben. De stroom-

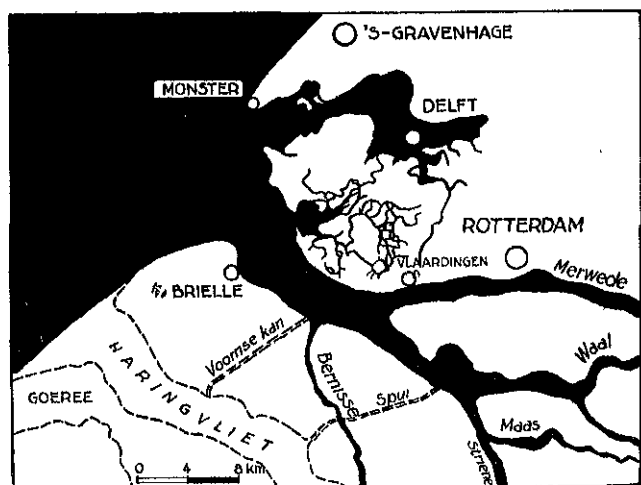


Fig. 1. De Maasmond en diens oude stroomgeulen, zoals zij in de veenlaag op 1 à 3 m diepte geconstateerd werden. De geulen naar Delft en bij Maassluis waren in voor-Romeinse tijd reeds opgeslibd.

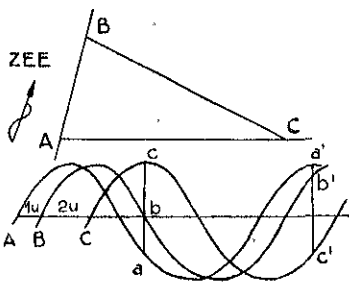


Fig. 2. Schema ter verklaring van de „linkse neiging” onzer riviermonden en zeegeten.

richting van de jonge benedenrivier het Spui ging vrijwel Oost-West, dus dwars op en door de Bernisse lopen; die Bernisse moet daarbij een wantij geworden zijn en slibde zoals bekend nagenoeg geheel vol. Later herhaalde zich ditzelfde verder landwaarts, toen de N.Z.-lopende Kil ontstond, die dwars door de oude loop van de Oude Maas ging lopen. Het jonge Haringvliet—Hollands Diep nam de rol van het Helinium allengs over en het laatste verzandde, vooral na 1421, door de vorming van de Killen bij Dordrecht-Werkendam steeds meer. Deze St Elizabethsvloed deed de balans geheel ten gunste van het Haringvliet doorslaan.

Had men de natuur haar gang laten gaan, dan was op den duur de mond bij Brielle vermoedelijk wel met een duinenrij bezegeld geworden, want het jonge Haringvliet was ook hydrologisch in het voordeel, het zuidelijker lag en de vloedgolf uit het zuiden komt. Aan de hand van een eenvoudige redenering kan men dit gemakkelijk aantonen. (fig. 2).

Zij de looptijd van de getijgolf in zee langs de kust van A (mond Haringvliet) tot B (mond bij Brielle) ongeveer 1 uur en de amplituden voor beide punten even groot. Zij voorts in het punt van samenkomst C (Dordrecht b.v.) het getij 3 uren later dan te A.

Leest men nu de vervallen af, b.v. op een verticaal in het ebgedeelte, dan volgt daaruit dat ac groter is dan bc . M.a.w.: gesteld dat de lengten AC en BC ongeveer gelijk zijn, dan is het eb-verhang op de zuidelijke tak AC aanzienlijk groter dan op de noordelijke tak. Er heersen dus naar verhouding sterkere ebstromen op de zuidelijke tak. Neemt men een verticaal in het vloedgedeelte, dan vindt men hetzelfde, nl. $a'c' > b'c'$, dus ook grotere vloednelheden op de zuidelijke tak. Hoewel dit terwille van de eenvoud erg schematisch is aangeduid, is het beginsel ervan juist en gemakkelijk voor berekening vatbaar. Tijrivieren willen stromen naar de richting van waar de vloedgolf komt. Zij willen niet alleen een vloedscheppende mond hebben, maar hebben ook de neiging hun mond in de richting te verplaatsen vanwaar de vloedgolf komt.

Gesteld dat het proces der aanzanding van het oude Helinium zo volledig was geworden als die van de mond van de Oude Rijn bij Katwijk (die blijkens een soortgelijke afsprikking een kilometer of drie breed geweest is, zie fig. 3), dan had de kom bij Rotterdam-Krimpen, dus de Nieuwe Maas-Lek-Holl. IJssel, via de Noord-Kil en via het Spui gevuld en geleidigd moeten worden. Dit zou niet plotseling zijn gebeurd, want het gat bij Oostvoorne was zelfs in 1870, d.i. 450 jaar na de St Elizabethsvloed, nog lang niet dicht; het zou daarna misschien nog wel enige eeuwen hebben geduurd. De Maasmond zou echter vermoedelijk de Rijnmond bij Katwijk zijn gevolgd en dezelfde soort moeilijkheden, die men in de vroege middeleeuwen langs de Oude Rijn met de afwatering had ondervonden — en die eindelijk de oprichting van het Waterschap Rijnland in 1286 tengevolge hadden — zou men ook moeten verwachten bij het langzame verdwijnen van de Maasmond. De duinenrij tussen Oostvoorne en de Beer zou misschien omstreeks het jaar 2100 gesloten geweest zijn en de kust zou er dan „glad” en recht geweest zijn als te Katwijk. Het Voornse kanaal was daarbij allicht een der-hoofdafwateringen van Zuid-Holland geworden.

CALAND, hoewel de grote scheepvaartbelangen op het oog hebbend, heeft de ontwatering van Zuid-Holland voor die grote wijziging behoord door de oude Maasmond tot nieuw leven te brengen. De land- en tuinbouw voeren er wat dat betreft wel bij. Van de andere kant hadden zij er ook nadeel van, daar het zoute water verder landwaarts kwam. De bevordering der

scheepvaart was uiteraard ook van belang voor het tuinbouwgebied, daar nu een zeer goede gelegenheid werd geschapen voor het verschepen van tuinbouwproducten naar Engeland. Anders hadden de producten via Scheveningen of Hellevoetsluis of via een eigen dure haven verscheppt moeten worden. Het dagelijks L.W. kwam zelfs op de rivieren boven Maassluis lager te liggen, zodat de waterstanden in de sloten van Rijnland, IJsselmonde en in Schieland beter of goedkoper geregeld konden worden. Alles met alles had de land- en tuinbouw dus naast de nadelen van het zout nog vrij wat voordelen.

Niet alleen de noordelijke tak, doch het gehele benedenrivieren-stelsel werd door CALAND's werk sterk beïnvloed. De hoeveelheid Rijnwater, die door de mond bij Hoek van Holland tot afstroming komt, is sterk toegenomen en bedraagt thans ongeveer 42%, d.i. bijna even veel als door het Haringvliet tot afstroming geraakt ($\pm 48\%$). De rest of $\pm 10\%$ gaat via de IJssel en het IJsselmeer. De functie van de noordelijke tak der benedenrivieren als voorname afvoerweg van Rijnwater is dus gedeeltelijk hersteld. De breedte van de Waterweg kan niet worden vergeleken met die van het Haringvliet, maar desondanks gaat er veel oppervlakte door; per eenheid van breedte ongeveer 7 malen meer. Dit wil niet zeggen dat de Waterweg zoveel dieper is dan het Haringvliet, doch wel dat de Waterweg verhoudingsgewijs een gemakkelijke afvoerweg is voor het Rijnwater. Fig. 4 geeft een overzicht van de oppervlakteverdeling over de benedenrivieren onder de huidige normale omstandigheden.

Dat de Waterweg een relatief hoog aandeel heeft in de afvoer van oppervlakte, volgt ook nog uit de figuren 5a, b, c en d, die aangeven welke afstanden een deeltje Rijnwater aflegt in één dag.

Bij normale afvoeren legt zo'n deeltje Rijnwater de afstand van Krimpen a/d Lek tot de Hoek af in 3 dagen, d.i. met een snelheid van ongeveer 13 km per dag. Op het Haringvliet besteden Tien Gemeten is dit ± 6 km per dag.

Bij grote afvoeren te Lobith van 10.000 m³/sec en de Maas afvoeren navenant, is deze afstand voor de Waterweg $\pm 2,3$ km per uur, voor het Haringvliet ± 1 km per uur.

Bij de minimum afvoeren van 592 m³/sec is het voor de Waterweg nog altijd 7 km per dag, voor het Haringvliet echter slechts 0,5 km per dag.

Hieruit zou men geneigd zijn een zekere verzillingsfactor voor elke rivier te bepalen, redenerende dat b.v. bij de geringe dagelijkse voortschrijding van een zoetwaterdeeltje op het Haringvliet een grote menging van zoet- en zoutwater moet behoren. Immers wat komt er nog van de beslotenheid van een zoetwaterhoeveelheid terecht, wanneer zij 97 dagen nodig heeft om van Moerdijk tot de Zwarte Hoek van Voorne te stromen! De vloedweg is er bij lage afvoeren gemiddeld ongeveer 18.000 m per getij, de ebweg 18.500 m en het gemiddeld verschil tussen vloedweg en ebweg is naar verhouding zo gering, dat er noodzakelijk een grote menging op het Haringvliet moet plaats hebben. Ergens in een dwarsprofiel overheerst dan de vloed en ergens overheerst de eb, en dit tezamen met de turbulentie geeft de menging.

Op de Waterweg is de verhouding tussen ebweg en vloedweg veel gunstiger; bij de minimum afvoeren ongeveer 27 km : 20 km. Hoewel in een dwarsprofiel de theoretische ebweg dus vrij veel groter blijft dan de vloedweg, is ook de Waterweg niet vrij van grote menging, want hier overheerst de vloed bij de bodem. In tijden van minimum rivierafvoer en andere bijzonder slechte omstandigheden komt de zoutgrens (van 300 mg Cl/l) daardoor en ook door andere mengingsoorzaken op de noordelijke tak (Waterweg-Lek) toch nog 40 km het land in, d.i. voorbij Krimpen a/d Lek.

Op de zuidelijke tak komt die zoutgrens van 300 mg per liter in die slechte omstandigheden bij Keizersveer, ongeveer 65 km landwaarts van de mond. Dit is weliswaar 25 km verder dan op de noordelijke tak, doch de slechte verhouding tussen vloedweg en ebweg op het Haringvliet—Hollands Diep zou een groter verschil doen verwachten en men mag ook niet een factor vergeten, die voor het Zuiden van groot belang is, nl. dat het Volkerak vooral in droge tijden een zoutwater aanvoerende rivier is, die het Haringvliet als het ware in de rug aanvalt.

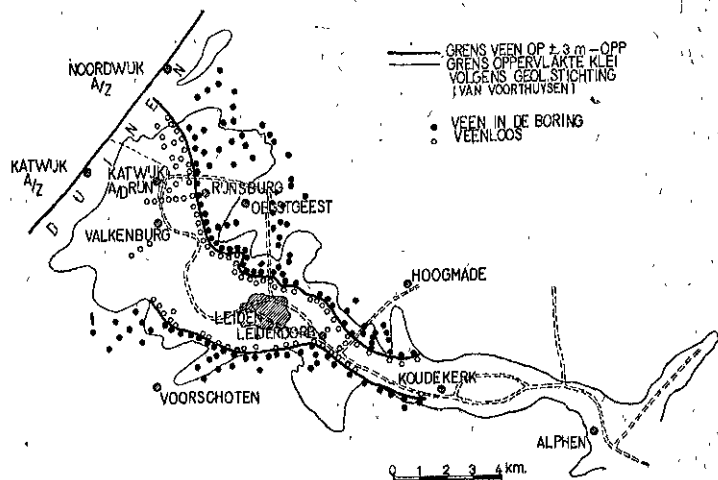


Fig. 3. De Rijnmond bij Katwijk, zoals die volgens de boringen blijkt te zijn geweest.

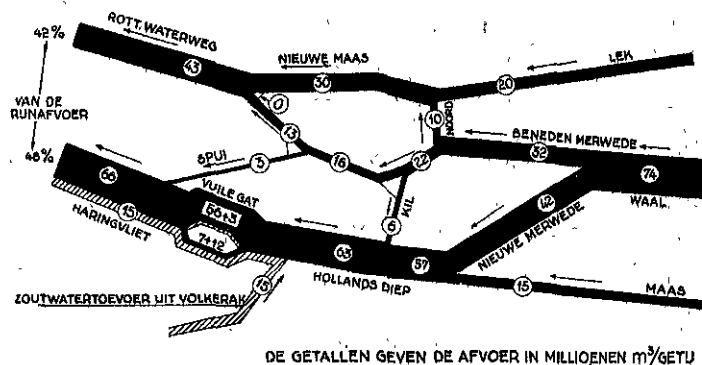


Fig. 4. De huidige oppervlakterverdeling (1952) bij gemiddelde rivierafvoeren in de verschillende takken der benedenrivieren.

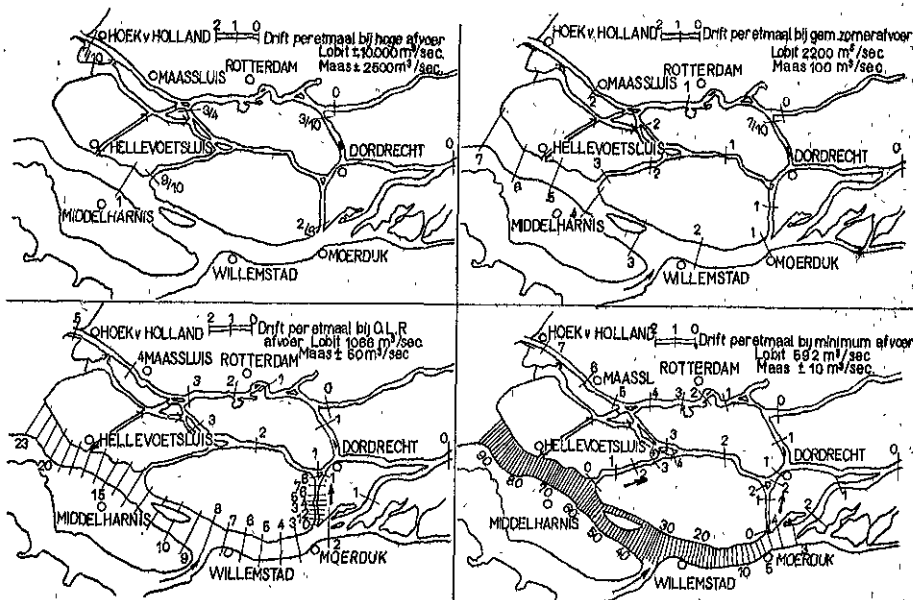


Fig. 5 a, b, c en d. De afstanden die door een denkbeeldig waterdeeltje per dag worden afgelegd bij hoge afvoeren, gemiddelde zomer-afvoeren, O.L.R.-afvoeren en minimale afvoeren van de Rijn en de Maas.

Het Volkerak is nl. geen Rijnarm meer, er komt daar geen zoetwater tot afvoer. In tegendeel, er komt zee water uit het westen via het Volkerak op het Haringvliet, vooral in droge tijden. Vandaar ook dat de zuidelijke oever van het Hollands Diep belangrijk zouter water heeft dan de noordelijke. Het Vuile Gat (benoorden Tien Gemeten) voert daarom ook zoeter water af dan het Haringvliet bezuiden Tien Gemeten.

Hetzelfde overwicht uit het zuiden valt in tijden van geringe rivierafvoeren op te merken bij de Kil en bij het Spui. Deze vallen dan de Oude Maas in de rug aan, doordat Kil zowel als Spui „omkeren”. Er is steeds een druk uit het zuiden merkbaar, die tegen de druk uit het noordoosten (opperwater) werkt. De druk uit het zuiden zou men „getijdruk” kunnen noemen, een druk min of meer gelijkend op die, welke bij golven

het water het strand op voert. Als de oppervlakterafvoer gering is, kan die getijdruk een slechte invloed uitoefenen. Het Zijpe voert ook zout water naar het noorden, vermoedelijk zelfs als de Rijn en de Maas veel afvoeren; het Volkerak bijna steeds, slechts bij de maximaal hoge Rijnstanden, die betrekkelijk kort duren, niet. De Kil en het Spui voeren niet eerder enig zout naar het noorden dan wanneer de Rijn zijn minimale stand nadert.

Liggen de redenen dat het Haringvliet—Hollands Diep gemakkelijk verzilt (onregelmatige, naar verhouding veel te ruime dwarsprofielen, Volkerak een zoutwater aanvoerende rivier) dus voor de hand, voor de Waterweg zijn de oorzaken van verzilting anders. De profielen van de Waterweg zijn weliswaar vrij regelmatig, er is geen zijdelingse injectie van veel zout water en de gemiddelde ebweg overheerst de vloedweg

VOORBEELD 1/2 REGISTRATIE 1/4 CHLOORGEHALTE

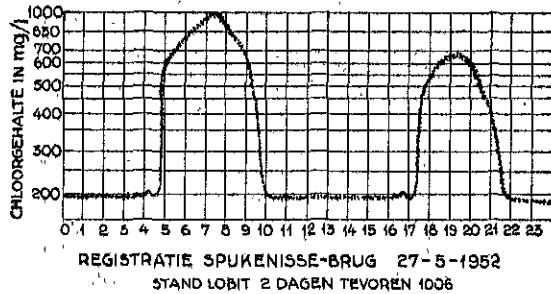
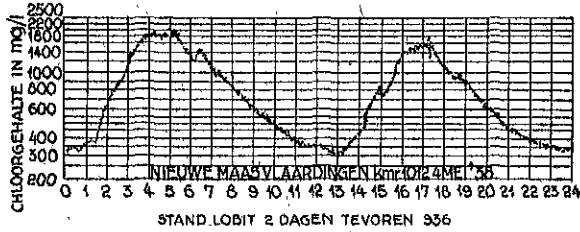
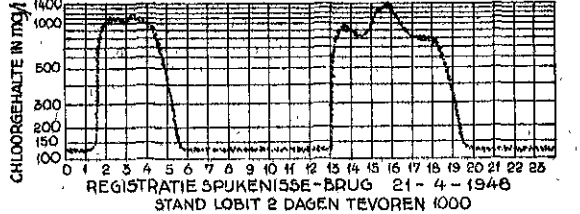


Fig. 6. Voorbeelden van Chloorgehalte-registraties in de Oude Maas (Spuikenisse) en in de Nieuwe Maas (Vlaardingen). Men lette op de scherpe overgangen tussen zoet- en brakwater op de Oude Maas. De top der zoutregistrering op de Oude Maas is na de afdamming van de Botlek rustiger geworden. Op de Nieuwe Maas zijn geen scherpe zoutgrenzen.

belangrijk, de verzilting van de Waterweg geschiedt echter vooral door oorzaken, verband houdende met de *ondervloed*, door de *open havens* en door de *scheepvaart*.

Door het strijken van het zoete, lichtere water over de zoutwig, die op de bodem van de Waterweg ligt, ontstaat door menging veel brak water. Nabij de bodem van het zeewaartse deel van de Waterweg overheerst de vloed boven de eb. Wat de open havens betreft, verdringt het brakke water het zoete water in die havens tegen het tijdstip van H.W. en nog lang

daarna. Bij L.W. en daarna stroomt dit brakke water weer uit die havens. Vervolgens komt de nieuwe vloed in de rivier dit brakke water meenemen tot bij Rotterdam.

Havens in het riviergedeelte, waar elk getij grote zoutgehalteswisselingen optreden, zijn dus oorzaak van een brakwater-vorming (of menging). De snelheden in de monden van die brakwater-havens ten gevolge van de s.g.-verschillen kunnen gemakkelijk 0,30 à 0,50 m/sec bedragen. De Oude Maas is in deze zin ook als een grote open haven te beschouwen.

Hoe sterk die brakwater-vorming op de Waterweg wel is, blijkt uit de zoutregistraties, b.v. te Vlaardingen (fig. 6). Tijdens het verloop van het getij verandert dit gehalte op de Waterweg ter plaatse van het registrerapparaat regelmatig. Geen plotselinge overgangen tussen zout en zoet water. Vergelijkt men dit met de registratie van het zout op de Oude Maas bij Spijkenisse, dan ziet men op deze rivier wel scherpe overgangen. Bij vloed veroorzaakt de zoutgrens bij passering een vrijwel verticale lijn en bij de daarna volgende eb is die passeringlijn nog altijd steil. De grenzen tussen zout en zoet verdoezelen op de Oude Maas weinig, op de Waterweg sterk. Op de Oude Maas is slechts weinig brakwater-vorming, op de Waterweg is veel brakwater-vorming. De sluiting van de Botlek in 1950 bracht enige verandering in de top der zoutkrommen zoals zij te Spijkenisse worden geregistreerd, doch de scherpe overgangen bleven.

Menging (brakwater-vorming) is de grote oorzaak van onze zoutlast. Indien er geen menging op de Waterweg was, zou bij Hoek van Holland tegen het eind van de eb de rivier aan de oppervlakte steeds zoet zijn en zou het zout aan de oppervlakte bij H.W. niet verder komen dan ongeveer bij Maassluis.

De zo nadelige menging of brakwater-vorming kan slechts weinig beïnvloed worden. Vernauwing van de Waterweg zou gunstig werken, maar hieraan kan niet worden gedacht; minder open havens in het gebied der grote zoutverschillen zou eveneens gunstig zijn, maar uiteraard kan men er niet aan denken de bestaande havens te gaan afsluiten. Een beperking van de scheepvaart is eveneens uitgesloten. Een gladmaking van de oevers, dus de kribben en kribvelden afschaffen, is ook zeer bezwaarlijk: Voorts is er nog het afvoeren van meer opperwater langs Rotterdam, waarover het volgende.

Voor CALAND en ook nog voor latere ingenieurs was stroom-schuring het doel, want dan behoefde men minder te baggeren. Meer water aantrekken was het middel tot het handhaven van een grote diepe geul, maar helaas was dat middel zout, want men trok het zeewater naar binnen. Men had aanvankelijk slechts één belang op het oog, dat der scheepvaart.

Sinds 1885 namen de gemiddelde stroomhoeveelheden juist beneden de Westgeul ongeveer als volgt toe (fig. 7):

| jaar | gemiddeld vloedmaximum | gemiddeld ebmaximum | gemiddeld opperwater per getij | gedeelte van totale Rijnafvoer |
|--------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1885 | 2100 m ³ /sec (= 100) | 1670 m ³ /sec (= 100) | 18.600.000 m ³ (= 100) | 18% |
| 1908 | 2950 " (= 140) | 2550 " (= 158) | 19.900.000 " (= 145) | 19% |
| 1916 | 3350 " (= 162) | 3440 " (= 206) | 25.000.000 " (= 188) | 24% |
| 1988 | 4800 " (= 215) | 4250 " (= 255) | 88.500.000 " (= 281) | 36% |
| 1950*) | 4440 " (= 222) | 4080 " (= 294) | 89.500.000 " (= 288) | 38% |
| 1951 | 5080 " (= 258) | 5850 " (= 320) | 44.000.000 " (= 321) | 42% |

*) vóór afdamming Brielse Maas in 1950.

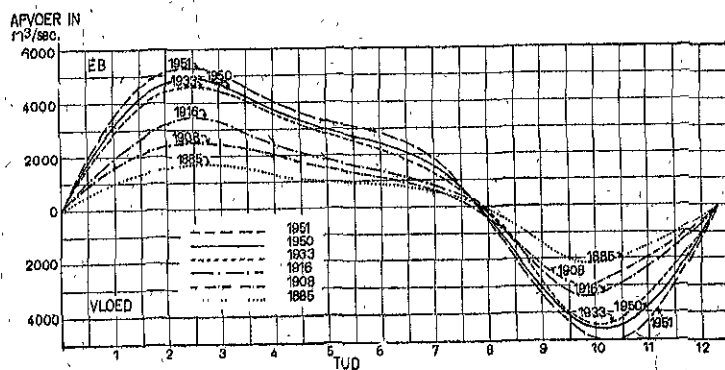


Fig. 7. De vermogens op de Waterweg namen sinds 1885 vrij regelmatig toe, zonder dat de tijdsduren van eb en vloed veel veranderden. Ook de snelheden namen toe, doch in mindere mate, daar de profielen werden vervuimd.

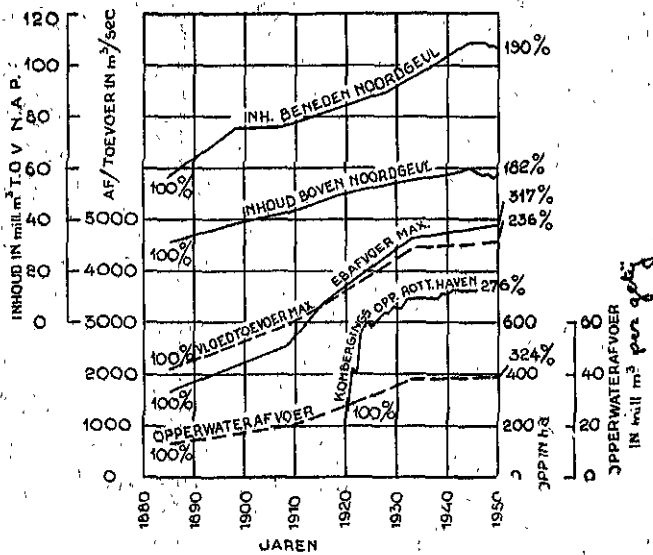


Fig. 8. Grafieken van de inhoud van de Waterweg sinds 1885, van de eb- en vloed-maxima sinds dat jaar en van de toeneming van het havenoppervlak langs de Waterweg sinds 1920.

De vloedmaxima namen dus minder toe dan de ebmaxima en de opperwaterafvoeren. Desondanks kwam het zout verder stroomopwaarts, vele kilometers stroomopwaarts zelfs. Is hiervoor een redelijke verklaring te vinden? Beschouwen wij fig. 8.

Sinds 1885 veranderden de inhoud beneden de Noordgeul in de verhouding van 100 tot 190, boven de Noordgeul in de verhouding 100 tot 182. Alles beneden N.A.P. De havenoppervlakten der Gemeente Rotterdam veranderden tussen 1920 en 1946 in de verhouding van 100 tot 276 (van 262 ha tot 722 ha). Hoewel alle op fig. 8 afgebeelde lijnen een opwaartse richting hebben, komen er weinig grote schokken in voor. Ook de grafieken van de stroomhoeveelheden die in de rivieren nabij de Oostpunt van Rozenburg tezamen komen vertonen, behalve in 1950 (afdamming Botlek), geen scherpe overgangen (zie fig. 9), Is de verzilting ook zo geleidelijk geweest?

Beschouwt men fig. 10, waarop de jaarlijkse gemiddelden der Chloorwaarnemingen bij L.W. te Maassluis (sinds 1925) zijn afgebeeld, als functie van de gemiddelde jaarlijkse Rijnafvoeren, dan vindt men een opmerkelijk verschil vóór en ná de periode 1930—'34. In de jaren 1925—'29 (vóór 1925 heeft men er geen zeer betrouwbare Chloorwaarnemingen) kwam het chloorgehalte te Maassluis bij L.W. en lage Rijnafvoeren van ongeveer 1500 m³/sec niet hoger dan ± 400 mg/l. In de periode na 1934 was dit getal bij Maassluis gestegen tot ongeveer het viervoudige.

Fig. 11, geldende voor de gemiddelde Chloorgehalten bij H.W. gedurende de zomermaanden te Vijfsluizen, toont hetzelfde beeld. Er was dus op de Waterweg wel een vrij plotselinge verandering in de Chloorgehalten, hoewel er geen plotselinge veranderingen in de stromen en de inhoud beneden NAP en in de havenoppervlakten waren.

Merkwaardig is, dat op de figuren 10 en 11 sinds 1934 geen verdere veranderingen in de gemiddelde Cl-gehalten meer zijn te bespeuren. De afdamming van de Botlek (1950) is nog te kort geleden dan dat men de invloed ervan op het Cl-gehalte uit deze grafieken zou kunnen aflezen. Ten hoogste vraagt men zich af of te Maassluis de gunstige ligging der punten voor 1950 en 1951 in de toekomst normaal zal blijken. Te Vijfsluizen liggen de gemiddelden (fig. 11) voor de zomers van 1950 en 1951 niet abnormaal.

Op de vraag welke verandering in de jaren 1930—'34 in de benedenrivieren heeft plaats gevonden, denkt men in de eerste plaats aan de Oude Maas verbetering. De gemiddelde vloedhoeveelheden namen hierdoor in de benedenmond van die rivier toe van 12 tot 14 miljoen m³, de ebhoeveelheden van 21 tot 24 miljoen m³. In verhouding tot de hoeveelheden in de

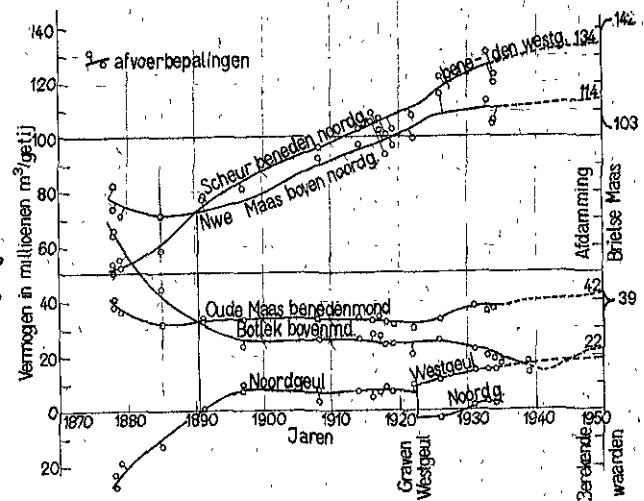


Fig. 9. Grafieken van de veranderingen der vermogens (eb- + vloed-hoeveelheden) van de rivierakken nabij de Oostpunt van Rozenburg sinds 1878.

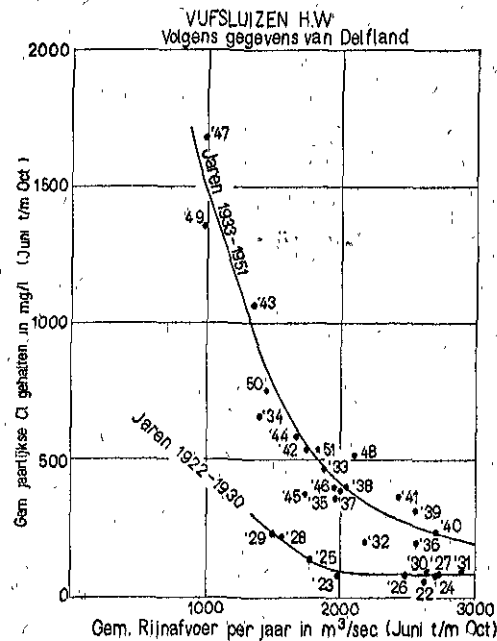


Fig. 10. De jaarlijkse gemiddelden der Chloorgehalten bij L.W. te Maassluis afgezet tegen de jaarlijkse gemiddelde afvoeren van de Rijn, schijnen te duiden op een verandering in het zoutregiem aldaar omstreeks 1930—'34. Of dit regiem na de afdamming van de Botlek (medio 1950) weer veranderd is, valt nog niet te zeggen.

Waterweg juist beneden de Westgeul (in 1934: 44 miljoen m³ vloed, 88 miljoen m³ eb) is deze toeneming natuurlijk niet groot te noemen — men zie ook de lijnen van fig. 9, waaruit geen grote veranderingen blijken — doch het kan misschien enige nadelige invloed hebben gehad op de Cl-gehalten. Het zou de druppel kunnen zijn geweest die de emmer deed overlopen, d.w.z. de betrekkelijk kleine oorzaak die de zoutgrens tot boven de Westgeul, dus tot het grote menggebied der havenbekkens, heeft gebracht. Mogelijk moet men echter in een andere richting zoeken.

Tot in finesse opgelost is deze zoutkwestie nog geenszins, noch ook de slijkwestie. Wat deze slijkwestie betreft, meent men te Rotterdam dat sinds 1945 in de havens aanzienlijk meer gebaggerd moet worden dan vroeger. De vraag is hierbij wat er omstreeks 1945 voor een verandering heeft plaats gehad die deze versterkte aanslibbing zou kunnen verklaren. Voorlopig kan men weinig anders zeggen dan dat sinds dat jaar de baggerwerken op de Waterweg sterk gereduceerd zijn; men zie de grafieken voor de inhoud op fig. 8, die sinds het jaar 1945

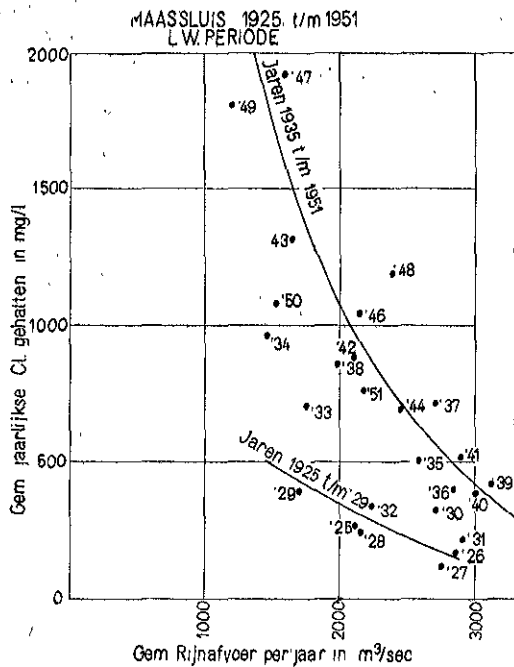


Fig. 11. De zomer-gemiddelden (sinds 1922) der Chloorgehalten bij L.W. te Vijfsluizen geven eenzelfde beeld als dat van fig. 10.

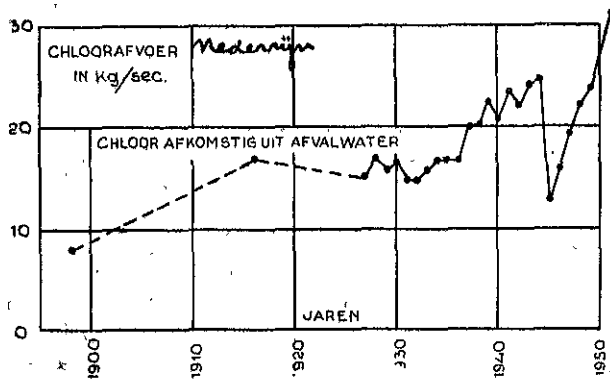


Fig. 12. De toeneming van de Chloorhoeveelheden, die met het afvalwater op de Rijn worden gebracht, is zorgwekkend.

een vrijwel horizontaal verloop hebben. Een verband tussen het niet baggeren op de Waterweg en het veel baggeren in de havens lijkt problematisch. Eerder zou men een verband willen zoeken tussen veel slib en veel zout. De vraag of er verband bestaat tussen het Cl-gehalte op de rivier en de aanslibbingen in de havens langs de Waterweg is nog in studie. Oppervlakkig beschouwd zou men, indien er een dergelijk verband aanwezig was, de vermeerde aanslibbing reeds sinds 1934 moeten hebben gemerkt.

De Waterweg heeft dus nog geheimen en wij zouden deze feitelijk moeten kennen, voordat men de volgende grote werken in dit gebied gaat maken. Vandaar dat getracht wordt kleine veranderingen in het Chloorregiem, als de afdamming van de Botlek heeft gebracht, thans met grote nauwkeurigheid op te sporen en dat onze wiskundigen bezig zijn de zoutmenging met behulp van ingewikkelde formules te benaderen.

Een niet prettige omstandigheid is dat het Rijnwater zelf erg verzout (fig. 12) ten gevolge van het afvalwater uit Duitsland en Frankrijk. Sinds 1898 vermeerde de afvoer van Chloor op de Rijn van ongeveer 8 kg tot ongeveer 32 kg per seconde. Vooral na 1945 neemt deze verzilting toe, doch zij heeft nog niet de bekende grens van 300 mg Cl/liter overschreden. Mocht

er echter weer een droge zomer komen zoals die van 1947 of 1949, dan zal een overschrijding van die grens vermoedelijk wel plaats hebben. Zorgelijk is ook het toenemen van het aantal bacteriën in het Rijnwater en het verdwijnen van vissoorten als zalm en fint. Vooral de Waterweg is zeer vervuild. Niet onmogelijk is het dat door de nieuwe Amerikaanse vinding, waarbij met behulp van een electrisch membraan het zout wordt afgescheiden, het Rijnwater toch nog bruikbaar voor onze vele doeleinden gemaakt kan worden.

Dat een dergelijke grote ingrijping als de vorming van de Waterweg een zich aanpassen betekende, ligt voor de hand. Sinds 1880 gaat het proces van het steeds meer overheersen van het Haringvliet weer in een andere richting; de Maasmond is bezig zijn concurrent het Haringvliet voorbij te sterven. Hoe de ontwikkeling zich verder zal doen gelden is niet te zeggen, o.a. omdat vele niet-hydraulische belangen een rol spelen. CALAND dacht nog vrijwel uitsluitend aan de scheepvaart en de hydraulica. Wij moeten alle belangen zien, socio-economische zowel als technische en niet alleen de waterbeweging, maar ook de zout-, zand- en slibbewegingen.

Alle grote belangen in het deltagebied behoeven a priori niet tegenstrijdig te worden geacht, doch het vereist veel studie ze te coördineren op zodanige wijze dat iedereen, voor zover mogelijk, tevreden is gesteld.

Twee algemene richtlijnen schijnen wel vrij zeker om in de toekomst op te kunnen bouwen:

1e. De in Nederland beschikbare zoetwater-hoeveelheid is in droge tijden onvoldoende, m.a.w. er vloeit te veel zoetwater ongebruikt in zee.

2e. Het hebben van een 14-tal zeegaten, waarvan 4 Rijnmonden (brak) en 10 volledig zoute, zoals wij die voor kort hadden, was een overdaad, die wij ons niet meer konden veroorloven.

Van de 4 Rijnmonden hebben wij er nu twee beteugeld: de Gelderse IJssel in 1932 (Zuiderzee) en de Brielse Maas in 1950. De Waterweg moet open blijven ter wille van de scheepvaart. Het ligt misschien in de lijn van onze ontwikkeling, dat deze kunstmatige opening in de toekomst de enige open Rijnmond zal worden. CALAND zou dan in zijn vuistje lachen, want zijn idee was om veel water door zijn nieuwe mond te voeren, om meer uitschuring te verkrijgen.

Hoe de verdere loop ook zal zijn van hetgeen Caland met zijn Waterweg aan het rollen heeft gebracht, onoverkomelijke problemen als gevolg van zijn daad kunnen wij voor de naaste toekomst toch niet zien.

Uittreksel

Hier wordt de huidige stand van het zout- en slibvraagstuk van de Waterweg behandeld. Niettegenstaande een sterke toeneming van de zoetwaterafvoer door de Waterweg van 1885 tot 1945, namen de zoutgehalten op die rivier toe en kwam de zoutgrens vooral in de droge jaren 1947 en 1949 tot boven Rotterdam. Daarna schijnt de toestand niet slechter te worden. Of de versterkte aanslibbing in de Rotterdamse havens, die vooral sinds de laatste oorlog te bemerken is, verband houdt met de toeneming van het zoutgehalte van 20 jaar geleden, maakt nog een punt van onderzoek uit.

Niet zozeer de met het getij heen en weer stromende waterhoeveelheden schijnen van belang dan wel de menging. Het mengingsvraagstuk en ook het daarmee verwante probleem der aanslibbingen in de Rotterdamse havens worden thans door de Rijkswaterstaatsdienst in samenwerking met de Gemeente Rotterdam nader bestudeerd.

De wiskundigen van de Waterstaat ontwikkelden formules voor de menging van zout en zoet water tengevolge van turbulente stroming.

De opperwaterafvoer heeft zeker invloed op de ligging van de zoutgrens op de Waterweg, indien althans de toestanden hier niet door baggeren e.d. gewijzigd worden. Sinds 1945 nemen de inhouden van de Waterweg niet toe, omdat er minder in wordt gebaggerd.

DE INGENIEUR

B. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE 15.

627.16(282.243.17) : 628.113.1(492.617)627.221(492.617)

Het gebruik van Rijnwater ten behoeve van Rotterdam

door dr ir V. J. P. DE BLOCQ VAN KUFFELER

Summary: Rhinewater at Rotterdam's disposal.

The enlarging of the cross section of the „Waterway” has caused the mud transporting seawater to come higher up the river and the precipitate of mud in the Rotterdam harbours increased accordingly. Assuming that a relationship exists between the precipitate of mud and the mudtransporting seawater, there is the danger that a decrease of fresh water coming down the river and pushing back the seawater, would enlarge the deposit of mud in the harbours. Pushing back the seawater totally by sufficient supply of fresh riverwater would of course solve the matter entirely. Meanwhile the accumulation of mud not only depends on the presences of mud in the water but also on its precipitation. If it was at all possible to limit the precipitation to a minimum, the demand for fresh water would lose its pressing character but even so it is still doubtful whether the general interest would permit the discharge of large quantities of Rhine water through the „Waterway” for the benefit of Rotterdam.

Examples of large deposits of mud where salt- and fresh water have come together are exhibited in the article and the explanation of this phenomenon is that under these conditions coagulation of mud-particles is taking place, thereby quickening precipitation. When the fresh water flowing down and the seawater coming up the „Waterway” meet, it will cause a large area of brackish water fit for the formation of quickly precipitating mud. Once this has entered into the harbours it is very likely that this mud will play a large part in forming deposits. This question must of course be studied very carefully, because if this assumption is correct, it would be desirable for the water around the harbours to be either salt or fresh, but not brackish. It remains to be seen, whether the decrease of fresh water would increase the precipitate of mud or not.

During dry periods all our „polderlands” from Schelde to Eems are in need of fresh water, which can only be supplied by the Rhine. In future an increased supply of fresh water will be indispensable to maintain and to develop an important branch of our economic life, agriculture, which greatly contributes to our export. In order to protect the province of Zeeland against a decline, which might affect the whole nation, it will be necessary to obtain further radical supplies of fresh water. The supply of Rhine water to the IJssellake, through the river IJssel, providing half our costal lands with fresh water, is at present inadequate. In dry periods canalisation of the Neder-Rijn and the Lekriver will provide the necessary fresh water for the IJssellake. In this case less fresh water would pass through Rotterdam. Again referring to the problem of mud deposits in the Rotterdam harbours, the question now remains: would it not be better to stop freshwatersupplies to Rotterdam completely thereby making the zone of brackish water disappear. As soon as the Rhine does supply again large quantities of fresh water, the normal situation could be restored. In this way Rotterdam harbours would have alternative periods of fresh and salt water.

Some of the expectation and explanation mentioned may be open to criticism by those, who made serious studies in view of our futur river-management and freshwater household. On the other hand additional theories may give a different outlook as to the quantities of Rhine water to be made available to the „Waterway”. At this stage it seems premature to demand quantities of Rhine water for this purpose, which perhaps will not be available.

In zijn artikel „De Waterweg als Benedenrivier”, opgenomen in *De Ingenieur* van 11 Juli j.l., vermeldt dr ir J. VAN VEEN, dat men te Rotterdam meent, dat sinds 1945 in de havens aanzienlijk meer moet worden gebaggerd dan vroeger, m.a.w. dat de opslibbing is versterkt. Aangezien in die periode in het regime van de rivier geen opmerkelijke veranderingen in vergelijking met vroeger zijn waar te nemen en het dus voor de hand ligt, aan te nemen dat ook de slibaanvoer niet is gewijzigd, lijkt het verschijnsel aanvankelijk moeilijk verklaarbaar.

Intussen is de opslibbing niet alleen afhankelijk van de aanvoer, maar daarnaast van de bezinking van het slib en dit laatste vindt in rustig water veel gemakkelijker plaats dan in bewogen water. Nu was na 1945 de havenbeweging veel geringer dan vroeger en het water bij gevolg veel minder in beroering en hierin ligt misschien een verklaring voor de sterke opslibbing in de jongste tijd. Zou deze verklaring juist zijn, dan zou men geleidelijk vermindering van het euvel moeten waarnemen en misschien had men dan goedkoper enige veel turbulentie veroorzakende boten door de havens kunnen laten varen, dan het bezonken slib laten wegbaggeren.

Afgezien van de incidentele vermeerdering van het slibbezwaar na 1945 is dit in de loop der jaren toegenomen toen het zeewater steeds verder in de rivier opdrong. Het ligt voor de hand dit slibbezwaar in verband te brengen met de toename van het zoute water, dat slib uit zee met zich aanvoert. In zoveel mogelijk met zoet Rijnwater terugdringen van het zoute water moet dan wel een remedie worden gezien. In dit verband is het zeer verklaarbaar, dat men in Rotterdam b.v. ernstig bezwaar ziet in de voorgenomen kanalisatie van de Lek, waardoor de zoetwaterafvoer van deze rivier langs die stad zou verminderen en dat men vraagt om in dat geval van elders de verloren hoeveelheid zoet water, en bij voorkeur meer, langs de Waterweg af te voeren.

Ook dr ir VAN VEEN schrijft in zijn artikel, dat hij wil trachten verband te vinden tussen het Cl-gehalte op de rivier en de aanslibbingen in de havens en aan het slot van zijn artikel opent hij het perspectief, dat nog eenmaal de Waterweg de enige open Rijnmond zal zijn. Volgens fig. 3 van het artikel vloeit thans $42\% + 48\% = 90\%$ van het Rijnwater door open monden in zee; ook al zou hieraan nog iets worden onttrokken, dan zou volgens deze gedachte wel een zeer grote

vermeerdering van de zoetwaterafvoer langs de Waterweg plaats vinden, waarmede de zo gewenste terugdringing van het zoute water zou worden nagestreefd.

De schrijver weet echter, dat er ook nog andere gegadigden voor het Rijnwater zijn; hij geeft toch als eerste richtlijn voor het beheer hiervan, dat er veel te veel zoet water ongebruikt in zee vloeit; het zoete water, dat door de Waterweg wordt afgevoerd, blijft verder ongebruikt.

Men mag zeker aannemen, dat de primaire oorzaak van het grootste deel van het slibbezwaar in de Rotterdamse havens is gelegen in de aanvoer van slib door het zeewater en het volledig terugdringen van het zeewater zou hier afdoende zijn. Echter niet in de aanwezigheid van het slib, maar in het bezinken daarvan ligt het kwaad en daarvan uitgaande krijgt het probleem ook nog een ander facet. Mocht het mogelijk blijken het bezinken aanzienlijk te beperken, dan zou het verlangen naar ruimere afvloeiing van zoet water zijn dringend karakter verliezen. Het is ook een vraag of het algemeen belang zal toelaten het offer van een zeer grote afvloeiing van het Rijnwater door de Waterweg ten behoeve van Rotterdam te brengen. In dit opzicht is er sedert de tijd van CALAND heel wat veranderd in de inzichten over de zoetwaterhuishouding van ons land.

Ik moge thans enige opmerkingen maken in verband met het bezinken van slib. Eertijds maakte ik kennis met een geducht opslibbingsproces in de haven van Delfzijl, waar het bij vloed instromende zilte Eemswater werd vermengd met het door de vier sluisen afgevoerde zoete water. Later leerde ik, dat bij de menging van zout en zoet water de slibdeeltjes coaguleren en daardoor gemakkelijker bezinken, waarmede de sterke opslibbing in de haven van Delfzijl werd verklaard. Op Goeree en Overflakkee is de aanslibbing aan de Noordzijde, gelegen langs het Haringvliet, veel sterker dan aan de Zuidzijde, gelegen langs het Brouwershavensche Gat; volgens de plaatselijke mening is dit een gevolg van het rivierslib, dat in het Haringvliet tot afvoer komt en in het Brouwershavensche Gat ontbreekt. Het Noorder-Sloe, gelegen aan de Ooster-Schelde, die geen rivierwater afvoert, slibt veel minder snel op dan het Zuider-Sloe, gelegen aan de Westerschelde, die wel rivierwater afvoert. Men mag aannemen, dat het slibgehalte van het zeewater in beide gevallen ten Noorden en ten Zuiden van het eiland gelijk is en dan zal dus de menging met het zoete water de oorzaak zijn, dat het slib op de ene plaats gemakkelijker bezinkt dan op de andere. Het zal dan ook wel niet zo zeer het met rivierwater aangevoerde slib, als wel het zoete water zelf zijn, dat de opslibbing aan de Noordzijde van Goeree en Overflakkee zo zeer bevordert.

Op de Waterweg dringt bij vloed het zware zeewater naar binnen en het lichtere afstromende rivierwater schiet daar overheen, zodat het zeewater met een lange tong langs de bodem vooruitschiet. Hierdoor ontstaat, mede dank zij de door de scheepvaart veroorzaakte turbulentie, een omvangrijke brakwaterzone, waar het fijne zeeslib in gemakkelijker bezinkbare vorm wordt gebracht. Dit brakke water, eenmaal in de buiten de stromingen op de rivier gelegen havens binnen gedrongen, moet daar wel een belangrijke factor bij de opslibbing vormen. Analyses van in de haven bezonken slib zullen misschien een aanwijzing kunnen geven in hoeverre de opslibbing te danken is aan het bezinken der fijne slibdeeltjes uit het zeewater of aan bezinking der grovere deeltjes uit de brakwaterzone. Aangezien bij de tegenwoordige toestand de brakwaterzone frequent langs de havens trekt, lijkt het mij niet onwaarschijnlijk, dat hierin voor een belangrijk deel de oorzaak ligt van de sterke opslibbing der havens.

Is dit inderdaad het geval, dan zou men er met het oog op het slibbezwaar naar moeten streven de brakwaterzone buiten het havengebied te houden en het zou dan een voordeel opleveren, wanneer het rivierwater ter plaatse hetzij zoet, hetzij zout zou zijn. Uiteraard zou volledig zoet water het meest verkieslijk zijn, omdat dan tevens de aanvoer van zeeslib weg zou vallen. Men bedenke echter, dat thans bij Krimpen volgens fig. 3 van de voordracht 30% van het Rijnwater in

de Nieuwe Maas vloeit en dat bij lage rivierafvoeren de zoutgrens 40 km de rivier op komt, d.w.z. tot Krimpen. Om de havens zoutvrij te maken zou deze grens ongeveer 20 km teruggebracht moeten worden, terwijl op dit traject de als vloedkom werkende havens zijn gelegen. De vraag rijst dan ook of dil in droge tijden zelfs met de volledige Rijnafvoer wel te bereiken zou zijn. In elk geval is het zeker, dat daarvoor een zeer groot percentage van het Rijnwater vereist zou zijn en juist dan komt naar voren de vraag of, gelet op het algemeen belang, dit offer aan Rotterdam zou mogen worden gebracht.

Beperking van de afvoer van opperwater door de Nieuwe Maas tengevolge van de kanalisatie van Neder-Rijn en Lek zou verhoging van het zoutgehalte van die rivier tot gevolg hebben en daarvoor is men in Rotterdam vooral beducht. Is echter de mengzone de hoofdoorzaak van het slibbezwaar, dan staat het m.i. nog niet a priori vast, dat dit bezwaar ernstiger zou worden bij vermindering van de afvoer van opperwater in droge perioden.

Zou een zoute rivier voor de havens het slibbezwaar inderdaad belangrijk beperken, dan zou, zolang de rivierafvoer niet groot genoeg is om het zout voldoende terug te dringen, een volledige stopzetting van de afvoer van bovenwater daartegen in aanmerking komen.

Hoe staat men nu tegenwoordig tegenover het gebruik van Rijnwater elders?

In ons langs de kust gelegen polderland van de Schelde tot de Eems is in droge tijden behoefte aan zoet water voor het op peil houden van boezem- en slootwater en voor het wegspuien van binnengedrongen zout. De afsluiting van de Zuiderzee werd als waterstaatswerk op zichzelf economisch verantwoord geacht door de daarmede gepaard gaande voordelen, waarvan de zoetwatervoorziening der omliggende landen verreweg het belangrijkste was. In de IJsselmeerpolders is men begonnen met het in droge perioden infiltreren van zoet water in lichte gronden en wel met een zodanig succes, dat verwacht moet worden, dat dit voorbeeld op ruime schaal navolging zal vinden en daarmede zullen grote hoeveelheden zoet water gemoed zijn, vooral wanneer men dit stelsel ook op hoger gelegen gronden zou gaan toepassen. Aan bedijking van grote oppervlakten in de Waddenzee en de Zeeuwse stromen valt slechts te denken, wanneer beschikt kan worden over ruime hoeveelheden zoet infiltratiewater. Voor de ontwikkeling en de instandhouding van de ook voor onze export zo belangrijke tak van volksbestaan — de landbouw — is de beschikbaarheid van grote hoeveelheden zoet water in droge tijden thans een onafwijsbare eis geworden.

Verreweg de belangrijkste bron van zoet water is in dergelijke perioden de Rijn en het is een gelukkige omstandigheid, dat deze tengevolge van de deltaformatie zijn water in verschillende richtingen stuurt. Van het Rijnwater stroomt ongeveer $\frac{1}{5}$ langs de IJssel naar het Noorden, $\frac{2}{5}$ langs de Neder-Rijn en de Lek naar het Westen en $\frac{2}{5}$ langs de Waal en later verenigd met Maaswater in wat Zuidelijker richting. Het is jammer, dat ons land geen gelegenheid biedt om belangrijke hoeveelheden water tijdelijk te bergen; wij zijn derhalve in droge tijden vrijwel geheel aangewezen op het Rijnwater, dat dan tot afvloeiing komt.

Het IJsselwater stroomt in het IJsselmeer; de sluisen in de afsluitdijk fungeren als een kraan, die naar believen geopend en gesloten kan zijn. Hier vloeit dus in droge tijden inderdaad geen zoet water, dat elders vereist wordt, ongebruikt naar zee. Vanuit het IJsselmeer moet het gebied van het Noordzeekanaal tot de Eems, of ongeveer de helft van ons kustgebied, van zoet water worden voorzien. In de toekomst is hier zeker een grotere behoefte aan zoet water te verwachten en reeds nu is in droge tijden de IJsselafvoer onvoldoende voor de behoefte aan zoet water. De helft van het gebied, dat moet worden voorzien, krijgt maar ongeveer $\frac{1}{5}$ van het Rijnwater ter beschikking. Billijkheidshalve kunnen deze gebieden aanspraak maken op een ruimere toewijzing van Rijnwater, die kan worden verkregen door meer Rijnwater langs

de IJssel te voeren en met behulp van kanalisatie de afvoer langs Neder-Rijn en Lek te beperken. Laatstgenoemde riviertak is de bron van zoet water voor de middensector tussen het Noordzeekanaal en de Waterweg. Vroeger kon het Zuidelijk deel van deze sector zijn water nog aan de Waterweg onttelen, maar door de naar boven kruipende verzouting is dit onmogelijk geworden en thans moet het water worden onttrokken aan de Hollandsche IJssel, waarvan reeds nu het water bij de mond niet altijd betrouwbaar is. Komt de afsluiting van de mond van deze rivier, die in overweging is, tot stand, dan zal een zoetwatertoevoer uit een wat hoger gelegen en voor verzilting nog veilig punt van de Lek gemaakt moeten worden. Voor het Noordelijk deel van de middensector zou ook het Rijnkanaal voor aanvoer van water kunnen worden gebruikt. Wellicht niet in zo sterke mate als in de noordelijke sector, zal men ook hier in de toekomst wel op vermeerderde waterbehoefte moeten rekenen.

Gevolg van de kanalisatie van Neder-Rijn en Lek zou zijn, dat in droge tijden veel minder zoet Lekwater langs Rotterdam zou afstromen. Zou, zoals hiervoor werd aangeduid, in droge tijden stopzetting van de afvoer van bovenwater langs Rotterdam aanvaardbaar en van nut zijn, dan zou men al het water van het Pannerdensch Kanaal door de Noordelijke en de middensector kunnen leiden en het overtollige water door de sluisen in de afsluitdijk en te IJmuiden lozen, waardoor een zomerperiode zou ontstaan, waarin geen Lekwater meer door de Waterweg zou afvloeien. Uiteraard zou dan de Lek boven de Hollandsche IJssel bij de mond van de Noord door een sluis en een stuw moeten worden afgesloten, omdat op dat punt zoet water beschikbaar moet blijven. De prise d'eau van de Rotterdamse waterleiding zou onbruikbaar worden, maar verplaatsing daarvan naar een punt hoger op de rivier zal wellicht op den duur toch niet uitblijven.

Zodra de periode van droogte en lage rivierafvoeren voorbij is, zou de oorspronkelijke toestand hersteld kunnen worden en zou de krachtige zoetwaterafvoer wellicht het menggebied weer voorbij de havens terug dringen. Aldus zou gestreefd worden naar het opwekken van twee verschillende perioden; in de ene zou het water voor Rotterdam zoveel mogelijk zout, in het andere zoveel mogelijk zoet zijn. De mogelijkheid dat deze toestand voor de slibafzetting in de havens gunstig zou zijn, werd hiervoor geopperd.

Er blijven echter nog twee bronnen van zoet water bestaan n.l. de Noord en de Oude Maas, die volgens fig. 3 van de voordracht respectievelijk 10% en 18% van het Rijnwater naar de Waterweg voeren. Afsluiting met stuwen en sluisen van beide rivieren zou afdoende zijn om in droge tijden zoet water op de Waterweg te werpen. Met het oog op de scheepvaart zou dit voor de Noord een groot bezwaar opleveren. Afsluiting van de Lek zal een versterkte getijbeweging bij de mond van de Noord veroorzaken en misschien zal hierdoor en door het uitvoeren van passende rivierwerken de afvoer van zoet water praktisch voldoende beperkt kunnen worden.

Het zoete water van de Oude Maas zal vooral nadelig zijn voor de in de buurt van haar mond langs de Waterweg gelegen en aan te leggen havens. Ook hier zal eventuele afsluiting een bezwaar opleveren, maar de scheepvaart is hier veel minder belangrijk dan op de Noord en de zekerheid zou worden verkregen dat de inlaat van zoet water uit de Oude Maas in de afgedamde Brielse Maas in droge tijden altijd verzekerd zou zijn. Er zou dan tussen Rozenburg en IJsselmonde aan de Noordzijde en Voorne, Putten en Beierland aan de Zuidzijde in droge tijden een betrouwbare zoetwater-ader aanwezig zijn, waaraan in droge tijden het nodige water veilig onttrokken zou kunnen worden.

De mogelijkheid bestaat, dat tengevolge van het vervallen van de lage bovenafvoeren wat meer baggerwerk in de Waterweg nodig zal blijken, maar nationaal-economisch gezien, zal

dit aanvaard kunnen worden, omdat het water elders een productieve functie zal vervullen.

Thans blijft nog over de Zuidelijke sector van ons kustgebied, de eilanden waar men nog verstoken is van zijn aandeel in het zoete Rijn- en Maaswater, omdat dit, zo ver niet elders heengevoerd, gemengd met zeewater door het Haringvliet naar zee vloeit. De algemene toestand van Zeeland is weinig bevredigend. Het is een in hoofdzaak agrarisch gewest, waar het accres van de landelijke bevolking geen plaats in de landbouw vindt. De jonge, meest vitale krachten moeten naar elders trekken, met het gevolg, dat de bevolking verouderd en kwalitatief achteruit gaat, terwijl het geboortecijfer daalt. De gebieden, die met werkloosheid te kampen hebben, liggen geïsoleerd en de vele brede wateren vormen een hinderpaal voor het verkeer. Het gewest is daardoor weinig aantrekkelijk voor de vestiging van industrieën, die het bevolkingsaccres zouden kunnen opnemen. Zo wordt de provincie met achteruitgang bedreigd tot schade van onze nationale economie. Hier bestaat een gevaar, dat niet als uitsluitend van lokale aard mag worden beschouwd, zodat het Rijk er niet afzijdig tegenover mag staan. Landaanwinning zal in de eerste plaats werkgelegenheid kunnen brengen voor het agrarische bevolkingsaccres, dat dan niet meer zal behoeven af te vloeien, waardoor aan de veroudering en de kwalitatieve achteruitgang der bevolking een halt zal worden toegeroepen. Maar landaanwinning zal ook verbetering voor het verkeer brengen, waardoor bepaalde gebieden uit hun isolement worden verlost en zekere punten voor vestiging van industrie aantrekkelijk kunnen worden. Wil men dit doel bereiken, dan is landaanwinning op grote schaal nodig en zullen ook lichte cunnen, drooggelegd moeten worden, die voor efficiënt gebruik zoet water behoeven, dat de gemeenschap hen niet mag onthouden.

Hiermede is een probleem aangesneden, dat zeker nog bij lange na niet is opgelost, maar ik geloof toch, dat men thans te ver gaat met voor de toekomst voor open afvoer van het Rijnwater alleen de Waterweg te bestemmen, waarbij Zeeland voor goed van toewijzing van zijn deel van dit zoete water zou worden uitgesloten. Zou het denkbeeld om rivierwater via het Hollandsch Diep en de tussenwateren af te voeren naar de Ooster-Schelde onder afsluiting van de beide Noordelijker gelegen stromen eenmaal verwezenlijking kunnen vinden, dan zou voor Zeeland het uitzicht worden geopend om zijn deel in het rivierwater te bemachtigen.

Aan ons rivierbeheer en onze zoetwaterhuishouding worden tegenwoordig ernstige studies en onderzoeken gewijd, die richtlijnen zullen verschaffen voor het in de toekomst te voeren beleid. Ik ben mij zeer wel bewust, uitgaande van een bepaald probleem, in het voorgaande slechts enige gedachten en verwachtingen te hebben uitgesproken, die wellicht de kritiek van het degelijke aan de gang zijnde onderzoek niet in alle opzichten zullen doorstaan. Anderzijds meen ik toch wel te hebben gewezen op verschijnselen, die, nader bestudeerd, aanleiding kunnen geven tot een bepaalde zienswijze omtrent de voor de Waterweg beschikbaar te stellen hoeveelheid Rijnwater. Ik acht het dan ook voorbarig reeds thans dienaangaande bepaalde eisen te stellen, aangezien m.i. een voldoende technische basis voor deze eisen ontbreekt, zolang geen duidelijker inzicht in de opslibbing der havens zal zijn verkregen. In dit verband is het zeker verheugend, aan het slot van het artikel van dr ir VAN VEEN te lezen, dat de Rijkswaterstaatsdienst en de Gemeente Rotterdam samenwerken bij de oplossing van de problemen, die nog bestaan.

Bij de toewijzing van Rijnwater ten behoeve van Rotterdam en de Waterweg zal mede terdege rekening moeten worden gehouden met de in droge tijden onmiskenbare behoeften aan dit water elders in ons land.

Flood damage and flood control activities in Asia and the Far East. Flood control series no. 1. Samen-gesteld door „Bureau of flood control” van de Economic Commission for Asia and the Far East” (E.C.A.F.E.) van de *United Nations*.

Deze publicatie is de eerste van een serie, die de bedoeling heeft geleidelijk de resultaten van de door het bureau van de E.C.A.F.E. gemaakte studies bekendheid te geven.

Het 2e nummer zal behandelen „Methods and problems of flood control in Asia and the Far East”.

Het rapport is samengesteld aan de hand van de antwoorden van technische organisaties van landen, die lid zijn van de E.C.A.F.E. op een desbetreffende enquête, en van technische documenten, die deze antwoorden aanvullen.

In het beschouwde gebied liggen: Pakistan, India, Ceylon, Burma, Thailand, Federation of Malaya, Indonesië, Cambodja, Vietnam, China en de Philippijnen.

De besproken rivieren zijn de Brahmaputra, Brantas, Chao Phya, Damodar, Ganges, Hai, Huai, Indus, Irawaddy, Kelani, Kosi, Mahanadi, Mekong, Pampang en Agno, Pearl, Rode, Solo, Yantze en Gele rivier.

De indeling is in drie hoofdstukken.

Hfdst. I geeft een overzicht van de hydrologie van het gebied.

Hfdst. II behandelt de ontwikkeling van werken tot bestrijding van de nadelen van watervloeden in het beschouwde gebied en Hfdst. III bevat gegevens van de rivieren afzonderlijk.

Hoofdstuk I begint, na enige algemene opmerkingen, met grafieken en tabellen betreffende temperatuur, luchtdruk, wind, de regenval, afvoercoëfficiënt en hun onderlinge samenhang.

De afvoercoëfficiënt $\left(\frac{\text{jaar-afvoer}}{\text{jaar-regenval}} \right)$ van een 13-tal rivieren wisselt van 12,8% tot 78%.

Ook wordt vermeld de verhouding van max. afvoer (m^3 per sec per km^2) tot min. afvoer van deze rivieren. Dit cijfer varieert van 22,1 (voor de Yangtze) tot 1080 voor de Mahanadi. Het is jammer dat deze cijfers te veel afhankelijk zijn van de waarnemingsduur. Want dat zogenaamde maximum is een grootheid, die naarmate de waarnemingsduur langer wordt, aangroeit en het minimum wordt met de toename van de waarnemingsduur kleiner¹⁾. Een duurlijn van alle waargenomen debieten over een niet al te korte tijdsduur geeft een veel beter inzicht, maar voor berekenen en construeren hiervan zal wel de tijd ontbroken hebben.

Fig. 7 van het rapport geeft de „hydrograph” (debietverlooplijn) voor een bepaald jaar van enige van de belangrijkste rivieren, waaruit de invloed van gletschers en sneeuw o.a. duidelijk blijkt.

De uitspraak „the silt content of the flow of rivers varies directly with the discharge of river flow” is niet geheel juist. Bij rivieren zoals op Java is de erosie in 't begin van de regentijd (westmoesson) belangrijk groter dan later in die tijd.

Het verloop van de regenval gedurende vrij lange tijd vóór het tijdstip van een beschouwde regenval heeft grote invloed op de erosie tengevolge van deze regenval.

De metingen in Zwitserland van de regenval en de rivierafvoer in twee naast elkaar liggende stroomgebieden, Sperbelgraben (veel bos) en Rappengraben (weinig bos) die in 1900 zijn begonnen en die tot nu toe voortduren geven hierover belangrijke en duidelijke gegevens (zie BURGER, „Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer”, Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen XIII Band I Heft 1948).

Voor de Gele Rivier wordt als „silt run-off” per jaar gegeven 1800 miljoen ton, voor de Yangtze 967 miljoen ton. De Kosi rivier heeft van de beschouwde rivieren de grootste slibafvoer per km^2 , n.l. 2820 tons. Voor het löss-gedeelte van de Gele rivier is de jaarlijkse erosie een laag gemiddeld van $4\frac{1}{2}$ mm.

¹⁾ Zie CREAGER, JUSTIN en HINDS, *Engineering for dams* deel I blz. 189, fig. 5.

Van het transport van zwaardere stoffen langs het rivierbed (Geschiebe) waren geen gegevens beschikbaar.

Hoofdstuk II geeft een overzicht van rivier-alluvium in de onderwerpelijke gebieden; invloed van de toename van de bevolking op het tot stand komen van werken tot bestrijding van de nadelige gevolgen van watervloeden; invloed van de terreingesteldheid op ontwerp en constructie van beschermingswerken tegen overstromingen en de ontwikkeling van methoden voor de bescherming tegen watervloeden.

Dit alluvium is meestal zeer vruchtbaar, landbouw is er hoofdzaak. In Thailand is 89% van de bevolking bij de landbouw betrokken, in India 87%. Het voornaamste zijn de uitgestrekte alluviale vlakten langs de zeekust, waar de grote rivieren in zee uitmonden.

Deze vlakten zijn veelal blootgesteld aan veelvuldige overstroming. 5500 v. C. zou de kustlijn bij de uitmonding van de Gele rivier 500 km dieper landwaarts gelegen hebben dan tegenwoordig. Er is een reusachtige neerslag-kegel ontstaan, met de top bij de uitstroming uit de kloof boven Mengtsin.

Aanleg van dijken kan deze natuurlijke vorming verstoren.

De bevolkingsdichtheid heeft grote invloed gehad op de wijze van bestrijding van de gevolgen van overstromingen. In hoofdzaak zijn er 8 bestrijdingsmethoden:

a. Aanpassing van de gewassen aan de omstandigheden met betrekking tot overstromingen.

b. Het planten van gewassen in de tijd dat er geen overstromingen voorkomen.

c. Bescherming door dijken, aanleg van vergaarkommen. In Indonesië zijn op de dun bevolkte eilanden, zoals Borneo, weinig werken tegen overstroming aangelegd. Op het dichtbevolkte Java daarentegen zijn vele rivieren bedijkt, zoals b.v. de Solorivier en de Brantas. Merkwaardig is de aanpassing van de landbouw aan het rivierregime (inbegrepen de overstromingen) in Thailand, b.v. in het gebied van de Chao Phya rivier.

In de z.g. „Centrale vlakte” waar deze rivier doorheen loopt, worden 15700 km^2 overstromd. De waterdiepte in de overstromde gebieden gaat tot 3 à 4 m.

Het gedeelte dat niet meer dan 1,5 m onder water komt levert gemiddeld eens in 2 jaar één goede oogst. Deze heeft meer van gebrek aan water dan van overmaat te lijden.

In het dieper gelegen gedeelte wordt een speciale variëteit „diep-water-rijst” of „drijvende rijst” geplant, over een oppervlakte van 1900 km^2 . De groei houdt gelijke tred met 't stijgen van het water, mits dit niet sneller dan 6 à 10 cm per dag geschiedt. Opbrengst van deze rijst is nog $1\frac{1}{2}$ tot 2 ton padi per hectare.

Ook de bevolking heeft haar woningen geheel aangepast aan de overstroming, door ze op hoge palen te bouwen, dan wel op vloten. (Hier en daar op Java komt ook „drijfrijst” voor)

In deze *dun* bevolkte gebieden kan veelal rijst geëxporteerd worden, terwijl de dicht bevolkte gebieden, niettegenstaande vergaande bescherming tegen watervloeden, waardoor soms 2 oogsten per jaar mogelijk zijn, meestal een rijst-tekort hebben.

Bij vergelijking van kaarten waarop de bevolkingsdichtheid, is aangeduid, met kaarten waarop rivierbedijkingen zijn aangegeven, komt dit verband duidelijk uit.

Een merkwaardige uitzondering hierop is de Ganges-vlakte. Deze is zeer dicht bevolkt, toch komen er weinig dijken voor. De verklaring hiervoor is, dat de vlakte gevormd is door erosie van de hellingen van de Himalaja langs de linkeroever en van de gebergtereeksen langs de rechteroever; de overstromingen zijn daardoor veel beperkter dan in andere gebieden.

Het volgende staaltje (overgenomen van blz. 14 van het rapport) geeft enige cijfers betreffende bevolking en oogsten in enkele stroomgebieden.

Dijken werden in 't verre verleden al toegepast. Voor de Gele rivier waren ze omstreeks 8 v. C. op 2,5 km afstand van elkaar aangelegd. In die tijd kwam er een voorstel om de dichtbevolkte uiterwaarden te ontgruimen, om zo ruim baan te geven voor de hoge rivierafvoeren (denkbeeld van de Solovallei-commissie van 1898 om de gehele Bengawandjaro, het diepste gedeelte van de depressie langs de rechter beneden Solo rivier, geheel te ontgruimen, en door natuurlijke aanslibbing te ver-