

de waterkeerende dijken in de stad, die anders, na een nog hooger vloed dan in 1916, opnieuw opgehoogd zouden moeten worden om een voldoende overmaat boven den hoogsten stand te behouden. Het verhoogen van waterkeeringen als de Hoogstraat en Korte Hoogstraat, welke straten ter hoogte van ongeveer 3.65 M. + N.A.P. liggen, zou voor vele gebouwen zeer nadeelig zijn, zoodat in dit verband beschouwd elke verlaging van de zeer hooge stormvloedstanden als een voordeel is te beschouwen.

Waren het nu alleen deze voordeelen, dan zou eene uitgaaf van f 14.000.000 naar het oordeel der sub-commissie te hoog zijn te achten om daartoe over te gaan. Aan de afdamming van de Brielsche Maas is echter behalve de daarmede te bereiken verlaging, nog het niet te onderschatten voordeel verbonden, dat het vermogen van het gedeelte van den Rotterdamschen Waterweg van zee tot de Noordgeul, waar thans de diephouding de meeste moeilijkheden oplevert, onder normale omstandigheden aanzienlijk zal worden vergroot, zoodat dientengevolge in dat gedeelte, zonder profielsbeperking door verlenging of verhooging van lage dammen, eene belangrijke verdieping kan worden verkregen, welke verdieping vermoedelijk in de toekomst voor de scheepvaart toch zal worden verlangd.

De uitgaaf van f 14.000.000 moet dus voor een zeer groot deel, in de verre toekomst wellicht nagenoeg geheel, voor rekening van de ten behoeve van de scheepvaart uit te voeren verbeteringswerken worden beschouwd.

Hoewel deze zijde van het vraagstuk buiten de opdracht der Staatscommissie valt, meent de sub-commissie hierop toch de aandacht te moeten vestigen, en is volgens haar oordeel met het oog daarop de uitgaaf van f 14.000.000 voor de afdamming van de Brielsche Maas wel gerechtvaardigd te achten.

Door de afdamming van de Brielsche Maas nabij den § 7. Invloed der
mond zal de waterbeweging in de Brielsche Maas en afdamming op
Botlek, en dus ook de waterstaatkundige toestand van de de grondengele-
gen langs de
Brielsche Maas
en Botlek.
langsegelegen gronden, worden gewijzigd.

Op de Brielsche Maas, de Botlek en het Hartelsche Gat wateren ongeveer 2500 H.A. polderland uit, waarvan ongeveer 1000 H.A., gelegen op het eiland Rozenburg, tevens op het Scheur uitwateren.

De vraag rijst of de wijziging van den waterstaatkundigen toestand als een voor- of nadeel zal zijn te beschouwen, zoodat de sub-commissie het gewenscht acht, ook hieraan de aandacht te wijden.

Een voordeel is ongetwijfeld, dat de stormvloedstanden vooral nabij den mond belangrijk zullen worden verlaagd, aangezien deze dan niet meer onder den invloed van den mond der Brielsche Maas, met den zoo geprononceerden trechtervorm, zullen blijven, doch afhankelijk zullen worden van de stormvloedstanden in den Rotterdamschen Waterweg nabij de Noordgeul, welke na afsluiting der Brielsche Maas op zich zelf reeds 20 à 30 c.M. zullen worden verlaagd.

De hoogten van H.W. en L.W. onder gewone omstandigheden zullen volgens het oordeel der sub-commissie geen wijziging van groote beteekenis ondergaan.

Vermoedelijk toch zal in de Brielsche Maas het H.W. iets hooger en het L.W. iets lager worden dan in den Rotterdamschen Waterweg bij de Noordgeul. In dit opzicht zij bijv. gewezen op de waterbeweging in den doodlopenden Hollandschen IJssel en in de Ooster-Schelde. In beide riviertakken loopt aan het doodlopende einde, zoowel bij gewonen vloed als bij stormvloed, het H.W. hooger op en het L.W. lager af dan aan den mond.

Hoewel uiteraard de situatie van deze riviertakken een geheel andere is dan van een afgedamde Brielsche Maas, zoodat een zuivere vergelijking hier niet kan

worden gemaakt, ligt toch het vermoeden voor de hand dat ook bij afdamming van de Brielsche Maas in den daardoor gevormden doodlopenden riviertak de H.W. lijn vanaf de Noordgeul iets zal oploopen en de L.W. lijn iets zal afloopen. Indien dit vermoeden juist is, zullen de standen van hoog- en laagwater na de afdamming slechts weinig kunnen verschillen van de tegenwoordige, zoodat te Brielle en omgeving het H.W. slechts weinig lager en het L.W. slechts weinig hooger zal worden, in vergelijking tot den thans bestaanden toestand.

Thans toch is het gemiddeld H.W. (M.V. 1901—1910) te Brielle 0.89 M. + N.A.P. en gemiddeld L.W. (M.E. 1901—1910) 0.67 M.—N.A.P., terwijl deze standen in den Waterweg bij de Noordgeul achtereenvolgens ongeveer 0.83 M. + en 0.56 M. — N.A.P. bedragen.

Voor de afwateringsbelangen van de langs de Brielsche Maas en Botlek gelegen gronden zal dus de afdamming der Brielsche Maas geen overwegend bezwaar opleveren.

Een ander punt betreft de mogelijke verzilting van den na afdamming gevormden doodden rivierarm.

Hierover een op goede gronden berustend oordeel uit te spreken wordt niet mogelijk geacht wegens gebrek aan gegevens.

Eenige verzilting van het water is mogelijk, wanneer het zoute water, dat thans de Noordgeul niet bereikt ¹⁾, na afdamming der Brielsche Maas tengevolge van den vermeerderden aanvoer te Hoek van Holland tot voorbij de Noordgeul zal binnendringen en dan dus ook gedeeltelijk in de vloedkom, gevormd door Brielsche Maas en Botlek, zal stroomen.

In dit geval zal aanvankelijk het zoute vloedwater

¹⁾ Zie hiervoor: Nota's betreffende het zoutgehalte der Nederlandsche benedenrivieren van Rijkswegen waargenomen in 1907 en 1908, uitgegeven door het Departement van Waterstaat, bijlage 29.

slechts ten deele bij eb worden afgevoerd en zal in de vloedkom verzilting plaats hebben, totdat een evenwichtstoestand is ingetreden. Bij welk zoutgehalte deze evenwichtstoestand zal optreden, valt niet te zeggen, doch de sub-commissie is van meening, dat de verzilting voor landbouw of veeteelt der langsgelegen gronden geen overwegend bezwaar zal opleveren, aangezien vermoedelijk de bovenste waterlagen voldoende zoet zullen blijven voor den waterinlaat in de aanliggende polders.

Bovendien zal een eventueele verzilting kunnen worden beperkt door spuiing door het Kanaal door Rozenburg tijdens hoog opperwater. Genoemd kanaal zal hiervoor geschikt gemaakt moeten worden.

De visscherij, welke vanuit de langs de Brielsche Maas § 8. Visscherij
gelegen gemeenten wordt uitgeoefend, bestaat uit kust-
visscherij en gewone riviervisscherij. belangen.

De kustvisscherij op de Maasvlakte werd in 1917 uitgeoefend door 15 visschers uit Brielle, 4 visschers uit Zwartewaal en 11 visschers uit Pernis, totaal 30 visschers; de gewone riviervisscherij werd in 1917 in de Brielsche Maas uitgeoefend door 8 visschers uit Brielle, 5 uit Zwartewaal, 16 uit Nieuwesluis, 8 uit Hoogvliet, 2 uit Spijkenisse, 3 uit Pernis en 3 uit Nieuw-Beijerland, totaal 45 visschers. De meeste visschers zijn gehuwd en velen hebben kinderen. In totaal leven van deze kust- en riviervisscherij 50 gehuwde mannen of weduwnaars, 46 gehuwde vrouwen, 26 ongehuwde mannen en 110 kinderen, dus totaal 232 personen, ongeacht de handwerkslieden als scheepstimmerlieden, zeilmakers enz. en de handeldrijvenden, die geheel of gedeeltelijk hun bestaan vinden in de visscherij.

Bij afdamming der Brielsche Maas zal de kustvisscherij vermoedelijk geheel ophouden en zullen zalm, elft, houting, spiering, bot en garnalen zich niet dan bij uit-

zondering op de Brielsche Maas vertoonen; wel zal de vangst op witvisch, baars, paling en aal bij afsluiting der rivier eenigszins toenemen, doch vermoedelijk hoogstens aan 8 à 10 gezinnen een bestaan kunnen opleveren.

De zalmsteekvisserij op deze benedenrivier, waaraan thans 12 personen arbeiden en waarvoor jaarlijks f 5720,— aan pacht wordt betaald, zal na de rivierafsluiting geheel afgelopen zijn.

De afdamming der Brielsche Maas mag dus voor de visscherij wel als een nadeel worden beschouwd, doch dit is niet van groote beteekenis te achten.

§ 9. Scheepvaartbelangen.

De scheepvaart van Brielle rechtstreeks naar zee, welke door de afdamming zal worden gestremd, is van weinig beteekenis en wordt hoofdzakelijk uitgeoefend door garnalenvisschers en door zandschippers, die zand aan de platen in den riviermond ontleenen. Voorts varen jaarlijks 1 à 2 stoomschepen naar de westkust van Voorne voor onderhoudswerken van het Hoogheemraadschap en in de zomermaanden op Oostvoorne de stoombooten der maatschappij Maasnymph en enkele plezierjachten.

Voor het verkeer naar Oostvoorne kan aan den binnenkant van den afsluitdam een steiger worden gebouwd.

Dit neemt evenwel niet weg, dat de afdamming van de Brielsche Maas voor de scheepvaart als een nadeel is te beschouwen.

§ 10. Mogelijkheid tot vergroting der verlagings.

Hierboven zijn in het kort de voor- en nadeelen van een afdamming van de Brielsche Maas nagegaan; hiermede zou feitelijk kunnen worden volstaan, doch de sub-commissie achtte het zeer waarschijnlijk, dat de belanghebbenden, met het vooruitzicht van de mogelijkheid van een stormvloed tot een hoogte van 3.40 M. + N.A.P. te Hoek van Holland, welke na afdamming der Brielsche Maas, te Rotterdam nog een

hoogte van ongeveer $3.55 - 0.25 = 3.30$ M. + N.A.P. zou kunnen bereiken, indien de omstandigheden van windrichting en stand der bovenrivier ongeveer even ongunstig zouden zijn als op 13/14 Januari 1916, zich met de verlagings van ongeveer 25 c.M. niet voldoende beveiligd achten.

Zij heeft daarom tevens een onderzoek ingesteld of de verlagings nog zou kunnen worden vergroot.

Het zal toch reeds dadelijk bij de in de bijlagen 6 en 7 gegeven berekeningen zijn opgevallen, dat de hoogte van het voorafgaande L.W. een groote rol speelt.

Bij een hoog voorafgaand L.W., zooals op 13 Januari 1916, toen de geheele kom reeds tot 1.70 M. + N.A.P. was gevuld voordat het eigenlijke stormvloedsgetij begon, wordt de capaciteit van de door Brielsche- en Oude Maas gevormde vloedkom belangrijk verminderd, terwijl het effect ongetwijfeld veel grooter zou zijn, indien de waterstand in de kom op een laag peil kan worden gehandhaafd, totdat het eigenlijke stormvloedsgetij begint.

Eene oplossing in deze richting kan worden gevonden door de vloedkom, welke aan den mond van de Brielsche Maas watervrij is afgedamd, in de Botlek bij de Noordgeul af te sluiten met een als overlaat ingerichten dam tot een zoodanige hoogte, dat tijdens het eigenlijke stormvloedsgetij over de volle bergruimte beschikt wordt en dus bij het voorafgaande getij geen water over den overlaat stroomt.

§ 11. Afdamming aan zee en bij de Noordgeul.

Het gedeelte van de Oude Maas vanaf de Noordgeul tot bij K.M.-raai 140, dat bij de in de bijlagen 6 en 7 gegeven berekeningen bij de kom was gerekend, zou dan natuurlijk als zoodanig komen te vervallen, daar de Oude Maas ten behoeve van den Waterweg van Dordrecht naar zee in open gemeenschap met den Waterweg moet blijven.

De als overlaat ingerichte dam zou in de Botlek

ongeveer bij K.M.-raai 149 kunnen worden gelegd, terwijl daarnaast voor de scheepvaart een schutsluis zou moeten worden gebouwd.

De schutsluis te Nieuwesluis zal dan als regel buiten dienst kunnen worden gesteld, aangezien de waterstanden in het kanaal door Voorne en in de afgesloten Brielsche Maas op eenzelfde peil kunnen worden gebracht. Behalve op de enkele dagen dat, in verband met de werking van den overlaat, de sluis te Nieuwesluis gesloten moet worden, zal derhalve het aantal schuttingen van de schepen, die thans van deze sluis gebruik moeten maken, niet vermeederen. De scheepvaart op Brielle, Zwarte-waal, Nieuwesluis en alle langs de Brielsche Maas gelegen los- en laadplaatsen zal van de ontworpen afdamming met schutsluis eenig nadeel ondervinden.

Wat betreft de werking van den overlaat bij stormvloed, blijkt uit de getijlijnen van bijlage 41, dat voor den storm van 13/14 Januari 1916 bij de Noordgeul het voorafgaande H.W. een hoogte van ongeveer 2.10 M. + N.A.P. heeft bereikt, zoodat de afsluiting bij de Noordgeul minstens tot een hoogte van ruim 2 M. + N.A.P. zal moeten reiken, wil de kom niet reeds bij den voorafgaanden vloed gedeeltelijk gevuld worden.

Bij een dergelijke hoogteligging van den overlaat wordt echter de capaciteit te gering om in den tijd, dat bij het eigenlijke stormvloedsgetij het water boven 2 M. + N.A.P. stijgt, een voldoende wateronttrekking te verkrijgen.

Na bestudeering van dit vraagstuk kwam de sub-commissie tot de conclusie, dat op deze wijze geen meerdere verlaging zou zijn te bereiken, tenzij de overlaat op enkele uren vóór H.W. plotseling met *zeer* groote capaciteit zou kunnen gaan werken.

Eene oplossing in dezen geest is te vinden, door de

kruin van den overlaat niet op ruim 2 M. + N.A.P., doch belangrijk lager, ongeveer ter hoogte van 1.20 M. + N.A.P., dat is even boven gewoon hoog water, te leggen en daarop een beweegbare stuw te plaatsen. Deze stuw zou zoodanig moeten worden ingericht, dat zij bij een stand van omstreeks 2.80 à 2.90 M. + N.A.P. automatisch over de volle lengte neervalt en de geheele overlaat plotseling over de volle lengte met een groot verval gaat werken.

Uit een zuiver technisch oogpunt beschouwd, is een dergelijke automatisch neervallende stuw uitvoerbaar. Gewezen zij o.a. op zulk een stuw in de Wiese bij Steinen (Groothertogdom Baden), waarvan eene beschrijving met teekening is opgenomen in het „Handbuch der Ingenieurwissenschaften” 3e deel, 2e band, 4e uitgaaf op blz. 345, en op de verbeteringen van de stuwen van het systeem Chanoine. Voorts werden door de sub-commissie enkele proeven genomen met een zeer eenvoudig type automatisch neerklappende stuw, bestaande uit een houten klep met een onderaanslag en scharnierende ondersteuning beneden het zwaartepunt. Bij deze proeven werden geen bezwaren ondervonden, zoodat toepassing van dergelijke eenvoudige stuwkleppen mogelijk wordt geacht.

De plaats van den overlaat bij de Noordgeul, d. i. op ongeveer 18 K.M. van zee, is echter betrekkelijk ongunstig voor de boven den overlaat te bereiken verlaging.

Wordt de overlaat vlak aan zee aangebracht, dan is het effect vrijwel gelijk nul. Het eenige gevolg daarvan zal zijn eenige meerdere aanvoer door den mond en dus een plaatselijk grooter verhang, terwijl de waterstanden binnenwaarts niet meer zullen verlagen dan tengevolge van het plaatselijk grootere verhang in den mond wordt veroorzaakt.

Naar mate men den overlaat verder van zee afbrengt,

wordt het effect groter, totdat een zeker maximum wordt bereikt. Dit maximum effect zal worden verkregen wanneer de verlaging tengevolge van de werking van den overlaat niet meer gedeeltelijk wordt te niet gedaan door eene verhooging tengevolge van vermeerderden aanvoer uit zee.

Waar nu de invloed van een plotselinge verlaging zich met groote snelheid over de rivier voortplant, zal de afstand van den overlaat tot zee ook vrij groot moeten zijn en is in dit opzicht de plaats bij de Noordgeul tamelijk ongunstig.

Aannemende dat de invloed van een plotselinge verlaging zich voortplant met een snelheid van 6 à 7 M. per sec., zooals dit ook voor onregelmatigheden in de getijlijn wordt waargenomen, dan wordt de afstand van 18 K.M. in ongeveer 45 minuten afgelegd, d. w. z. dat reeds 45 minuten nadat de stuw is neergevallen en de overlaat is begonnen te werken, de invloed van den overlaat aan zee merkbaar zou worden en dus de aanvoer uit zee tengevolge van de verlaging zou gaan toenemen.

Vermoedelijk zal de voortplantingssnelheid der verlaging, op grond van de uitkomsten van enkele globale berekeningen, zelfs nog groter zijn dan 7.— M. per sec.

Vrij spoedig na het tijdstip, waarop de overlaat begint te werken, zal dan een groot deel van het vermogen van den overlaat dienen tot afvoer van den meerderen aanvoer uit zee en zal slechts een betrekkelijk gering deel van dat vermogen beschikbaar blijven tot vermeerdering der op de rivier te bereiken verlaging der H.W.-standen.

De plaats van den overlaat kan echter niet willekeurig worden gekozen, doch wordt door de situatie aangegeven. Men is hier gebonden aan de vloedkom gevormd door de Brielsche Maas, zoodat voor het verst van zee verwijderd punt voor den overlaat de oostpunt van Rozenburg is aangewezen.

Het vraagstuk om de met een overlaat te bereiken verlaging te berekenen is belangrijk ingewikkelder dan dat van de verlaging door afdamming van de Brielsche Maas nabij den mond.

De sub-commissie achtte het niet mogelijk, hiervoor zonder meerdere gegevens een voldoende betrouwbare berekening te geven.

Bij een hieromtrent ingesteld onderzoek bleek echter, dat een grotere verlaging dan bij enkele afsluiting van de Brielsche Maas nabij den mond, d. w. z. een grotere verlaging dan ongeveer 25 c.M. alleen zou zijn te bereiken bij een *zeer* groote lengte van den overlaat. Een zeer globale voorloopige becijfering, welke geenszins op volledigheid aanspraak kan maken, doch meer als een schatting is te beschouwen, wees uit, dat voor eene verlaging van 40 à 50 c.M. de overlaat zeer waarschijnlijk een lengte van meer dan 500 M. zou moeten verkrijgen. Bij deze berekening werd de afvoer over den overlaat bepaald volgens de formule voor een overlaat met breede kruin :

$$Q = 0.35 L H \sqrt{2gH}$$

waarin L de lengte en H de hoogte van het buitenwater boven de kruin voorstelt.

De kosten van een afdamming met overlaat en stuw ter lengte van 500 M. met bijkomende werken, worden, volgens de eenheidsprijzen van 1914 verhoogd met 75 pct., globaal geraamd op f 6.000.000.

Bij uitvoering dezer afdamming zullen de kosten voor de vergrooting der profielsinhouden van den Waterweg tuschen de zee en de Noordgeul, in § 5, blz. 214, geraamd op f 9.000.000, belangrijk minder worden, doch daartegenover zal ook het aan die vergrooting der profielsinhouden verbonden voordeel grootendeels komen te vervallen.

Aangezien ook bij deze oplossing eerst de Brielsche Maas nabij den mond kan worden afgedamd en daarna

met juistere gegevens eene berekening van de met een overlaat te bereiken verlaging zal kunnen worden uitgevoerd dan dit thans mogelijk is, heeft de sub-commissie van verdere berekeningen hieromtrent afgezien en de aan deze oplossing verbonden voor- en nadeelen niet verder onderzocht.

§ 12. Besluit. De sub-commissie meent als resultaat van het door haar ingestelde onderzoek de volgende gevolgtrekkingen te kunnen maken:

1°. Door afdamming van de Brielsche Maas nabij den mond, gepaard met vergrooting der profielsinhouden op den Rotterdamschen Waterweg tusschen de zee en de Noordgeul, zoodanig dat de waterbeweging onder gewone omstandigheden boven de Noordgeul minstens even krachtig zal blijven als bij den bestaanden toestand, zal in het algemeen een verlaging der hooge stormvloedstanden op het binnenwaartsche deel van den Rotterdamschen Waterweg zijn te bereiken van 20 à 30 c.M.

2°. De aan de sub 1°. genoemde afdamming verbonden nadeelen voor de oeverlanden, visscherij en scheepvaart zijn daartegenover van geen overwegende beteekenis te achten.

3°. De kosten van de afdamming met bijkomende werken worden globaal geraamd op *f* 12.500.000 voor een watervrije afdamming bij K.M.-raai 164 en *f* 14.000.000 voor een watervrije afdamming bij K.M.-raai 167, met een dam bij K.M. 164 tot gewoon H.W.

4°. De te bereiken voordeelen, wat de verlaging der stormvloedstanden betreft voor de waterkeeringen langs het geheele getijgebied boven de Noordgeul in het algemeen, en meer in bijzonder voor de gemeente Rotterdam ten aanzien van de aan de waterkeeringen in de stad te

geven overhoogte boven den hoogsten stormvloed, en bovendien de met die afdamming gepaard gaande verdieping van den Rotterdamschen Waterweg tusschen de zee en de Noordgeul en de krachtiger getijbeweging, waardoor ook een grooter diepte beter in stand zal kunnen worden gehouden, zijn van dien aard, dat een uitgaaf van *f* 12.500.000 à *f* 14.000.000 wel te verdedigen is.

5°. Een grootere verlaging der stormvloeden, dan sub 1°. genoemd, is te verkrijgen door de Brielsche Maas nabij den mond af te dammen en een tweeden als overlaat ingerichten dam, met automatisch werkende stuw, in de Botlek bij de Noordgeul aan te leggen, waarbij dan echter de sub 4°. genoemde verdieping van den Rotterdamschen Waterweg tusschen de zee en de Noordgeul en de krachtiger getijbeweging grootendeels komen te vervallen.

15 Maart 1919.

De Sub-Commissie Bv,

A. C. BURGDOFFER, *Voorzitter.*

J. J. CANTER CREMERS.

A. T. DE GROOT.

C. W. LELY, *Secretaris.*

Globale Berekening

van de verlaging welke op het binnenwaartsche deel van den Rotterdamschen Waterweg is te bereiken bij afsluiting van de Brielsche Maas nabij den Mond, door C. W. Lely.

A. Bij den stormvloed van 13/14 Januari 1916.

Langs zuiver theoretischen weg is dit vraagstuk niet oplosbaar, zoodat men zich tevreden zal moeten stellen met een globale berekening waarbij van verschillende onderstellingen moet worden uitgegaan. Deze onderstellingen zullen uiteraard zoodanig moeten zijn, dat de uitkomst geen te gunstige voorstelling zal geven.

Voordat tot eene berekening der bij stormvloed te bereiken verlaging kan worden overgegaan, dient in de eerste plaats bepaald te worden, welke wijziging de profielsenhouden op het gedeelte van den Rotterdamschen Waterweg tusschen zee en de Noordgeul onder gewone omstandigheden zullen moeten ondergaan.

Wanneer toch de Brielsche Maas nabij zee wordt afgedamd, zal het den Rotterdamschen Waterweg binnekomend vloedwater zich over een veel grooter oppervlakte moeten verdeelen, daar de geheele kom gevormd door Brielsche Maas, Botlek en Oude Maas, welke thans gevuld wordt door de Brielsche Maas, den Waterweg en het Spui, dan alleen door den Waterweg en het Spui gevuld moet worden.

Worden dus de profielsenhouden van den Waterweg

tusschen de zee en de Noordgeul en die van het Spui niet vergroot, dan zal minder vloedwater worden aangevoerd, hetgeen voor de diephouding van den Rotterdamschen Waterweg en Oude Maas niet gewenscht is te achten.

Men zal derhalve bij afdamming van de Brielsche Maas tegelijkertijd de profielsenhouden van den Waterweg tusschen de zee en de Noordgeul zoodanig moeten vergrooten, dat de Waterweg onder gewone omstandigheden alléén ongeveer dezelfde hoeveelheid water zal aanvoeren als thans door Waterweg en Brielsche Maas te samen wordt aangevoerd.

Omtrent den aanvoer bij vloed door den Waterweg en de Brielsche Maas zijn in het verslag der afvoermetingen bijlage 11 gegevens verstrekt.

De aanvoer te Hoek van Holland is in den loop der jaren meerdere malen gemeten, die door de Brielsche Maas was echter nog nimmer bepaald en werd voor het eerst door de commissie op 31 Mei 1917 gemeten.

Uit de in verschillende jaren verrichte metingen te Hoek van Holland werd voor den aanvoer te Hoek van Holland de globale empirische formule afgeleid (zie nota 3 April 1918, bijlage 23)

$$Q = 0.4 + 0.0026 Y w \sqrt{H} - 0.046 (A - 900)$$

waarin :

Q = aanvoer bij vloed te Hoek van Holland in miljoen M³.

Y = tijverschil te Hoek van Holland in M.

w = gemiddelde profielsenhoud bij H. W. in de Doorgraving (K.M. 168—172) in M².

H = gemiddelde diepte in de Doorgraving, waarvoor gesteld werd $H = \frac{w}{600}$

A = rivierstand te Arnhem één dag te voren in c.M. + N.A.P.

Indien ook voor de Brielsche Maas in de toekomst meerdere metingen worden verricht, zal ook voor deze rivier een empirische formule voor den aanvoer bij vloed kunnen worden bepaald, waarna het mogelijk zal zijn een juiste voorstelling van de verhouding der aanvoeren van den Waterweg en de Brielsche Maas onder gelijke omstandigheden te verkrijgen. Waar echter thans slechts over één meting in de Brielsche Maas kan worden beschikt, zal voorloopig genoegen genomen moeten worden met de bij die enkele meting, welke gelijktijdig met een meting te Hoek van Holland werd uitgevoerd, gevonden verhouding der aanvoeren van Brielsche Maas en Waterweg.

Blijkens staat V van het verslag der afvoermetingen, bijlage 11, bedroeg op 31 Mei 1917 de aanvoer van de Brielsche Maas 32 pct. van den aanvoer van den Waterweg.

Daar deze meting plaats had bij een stand der bovenrivier te Arnhem op den voorafgaanden dag van 937 c.M. + N.A.P., d.i. ongeveer een halve M. boven den middelbaren rivierstand en de invloed van de bovenrivier, n.l. eene vermindering van den aanvoer bij hoogen stand van de bovenrivier, zich in den Waterweg sterker doet gevoelen dan in de Brielsche Maas, zal voor de verhouding van den aanvoer van Brielsche Maas tot Waterweg onder gewone omstandigheden, d.w.z. bij normaal tijverschil in zee en een gemiddelden stand der bovenrivier, worden aangenomen rond 30 pct.

Zal dus de Waterweg na afdamming van de Brielsche Maas dezelfde hoeveelheid moeten aanvoeren als thans door beide zeemonden wordt aangevoerd, dan moet de aanvoer te Hoek van Holland met 30 pct. toenemen.

Onder normale omstandigheden, dus bij een stand der bovenrivier van ongeveer 900 c.M. + N.A.P., zal dus bij een zelfde tijverschil in zee en voor een zelfde breedte

van den Waterweg, de profielsinhoud zoodanig moeten worden vergroot, dat ongeveer

$$w_2 \sqrt{H_2} = 1.3 w_1 \sqrt{H_1}$$

als w_1 en H_1 respectievelijk de bestaande profielsinhoud en gemiddelde diepte en w_2 en H_2 de profielsinhoud en gemiddelde diepte na afdamming der Brielsche Maas voorstellen.

Bij behoud van dezelfde breedte kan voor de gemiddelde diepte gezet worden $\frac{w}{\text{breedte}}$, zoodat dus de vergelijking wordt

$$w_2 \sqrt{w_2} = 1.3 w_1 \sqrt{w_1}$$

Hieruit volgt $w_2 = 1.19 w_1$ of m.a.w. dat de profielsinhouden met ongeveer 19 pct. zullen moeten worden vergroot.

Volgens den bestaanden toestand is de gemiddelde profielsinhoud van Hoek van Holland tot aan de Noordgeul, bij een gemiddelde breedte van 560 M., te stellen op rond 4200 M². bij H.W. (zie hiervoor de gegevens voorkomende in het verslag van sub-commissie B_{II III} blz. 170).

Na afdamming van de Brielsche Maas zal dus bij een zelfde gemiddelde breedte van 560 M. de profielsinhoud bij H.W. moeten worden vergroot met ongeveer $\frac{19}{100} \times 4200$ M². = rond 800 M². en dus op 5000 M². moeten worden gebracht, wil men bij normale getijbeweging dezelfde verhangen behouden, die thans in den Waterweg worden aangetroffen.

Is hiermede op globale wijze de wenschelijke verandering der profielsinhouden van zee tot de Noordgeul bij afdamming der Brielsche Maas bepaald, dan kan nu worden overgegaan tot de beschouwing van den toestand zooals die bij den stormvloed van 13/14 Januari 1916 zou zijn geweest, indien toen de Brielsche Maas reeds was afgedamd en dus de profielsinhouden van den

Waterweg van zee tot de Noordgeul reeds met 800 M². waren vergroot.

De eerste moeilijkheid welke zich hierbij voordoet is de bepaling van den aanvoer te Hoek van Holland, zooals die bij den stormvloed van Januari 1916 werkelijk is geweest. Uit de waterstanden op de geheele rivier is de aanvoer alleen dan te bepalen, indien op elk oogenblik bekend is welk gedeelte door de Noordgeul en door de Noord is aan- en afgevoerd en de hoeveelheid welke door de bovenrivier is aangevoerd.

Daar behalve de aanvoer der bovenrivier, deze gegevens niet bekend zijn, is het onmogelijk, den aanvoer op deze wijze anders dan schattenderwijze te benaderen door bijv. aan te nemen, dat de aanvoer heeft plaats gehad tijdens de rijzing van het water aan zee.

Volgens een globale berekening werd op deze wijze gevonden in de periode van rijzing, welke ongeveer 6 uur heeft geduurd, een totale berging van ongeveer 73 miljoen M³., waarvan 18 miljoen M³. door de bovenrivier is aangevoerd, zoodat de aanvoer uit zee 55 miljoen M³. zou hebben bedragen.

Een tweede benadering van den aanvoer te Hoek van Holland kan worden afgeleid door de empirische formule van bijlage 23, welke voor den aanvoer onder gewone omstandigheden geldt, toe te passen op den toestand bij den stormvloed.

Voor het tijverschil Y zal dan genomen moeten worden de rijzing vanaf het 2e L.W. tot aan H.W. te Hoek van Holland of ongeveer van 1.45 tot 3.— M. + N.A.P., zoodat dus voor $Y = 1.55$ M. is te nemen.

Een volledige getijlijn van den stormvloed op 13/14 Januari 1916 voor de peilschalen te Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen, Rotterdam en Spijkenisse, is gegeven op bijlage 41; waaruit valt te zien dat te Hoek van Holland tijdens het L.W. de waterspiegel aan groote

schommelingen onderhevig was, zoodat het eenigszins onzeker is welk punt als L.W. moet worden aangemerkt.

Het doorstromingsprofiel in de Doorgraving was bij H.W. over een breedte van 600 M. ongeveer 5640 M²., zoodat voor w is te nemen 5640, en $H = \frac{w}{600} = 9.4$ M., terwijl de rivierstand te Arnhem één dag te voren bedroeg 1062 c.M. + N.A.P. Volgens de formule wordt dan voor den aanvoer te Hoek van Holland gevonden 62.7 miljoen M³.

Op grond van deze beide zeer globale benaderingen, welke respectievelijk voor den aanvoer te Hoek van Holland geven 55 en 62.7 miljoen M³., is hiervoor in ronde cijfers aangenomen 60 miljoen M³.

Uitdrukkelijk zij er hierbij op gewezen, dat dit cijfer niet anders dan als een globale benadering mag worden beschouwd.

Wanneer nu de Brielsche Maas aan zee reeds op 13/14 Januari 1916 was afgedamd en de profielsinhouden van den Waterweg van zee tot aan de Noordgeul met 800 M². waren vergroot, dan zou ook een belangrijk grooter hoeveelheid water te Hoek van Holland zijn aangevoerd, daar de Waterweg dan de geheele Brielsche Maas en Botlek en een gedeelte van de Oude Maas moet vullen. Bij de Noordgeul heeft dus een groote zijdelingsche afvoer plaats, waardoor gedurende de geheele periode der rijzing de waterstanden op den Rotterdamschen Waterweg boven de Noordgeul lager zullen blijven en dus ook het hoogwater op het binnenwaartsche deel van den Waterweg zal worden verlaagd. Deze verlaging zal van af de Noordgeul tot nabij Krimpen ongeveer gelijk blijven en vandaar verder bovenwaarts geleidelijk tot 0 afnemen op een punt, waar de invloed niet meer merkbaar is.

Tengevolge van de verlaging bij de Noordgeul wordt, daar de zeestand dezelfde blijft, het verhang van zee

tot de Noordgeul grooter, dus grooter stroomsnelheid, dus meerderen aanvoer.

Men kan dus den meerderen aanvoer te Hoek van Holland beschouwen als te bestaan uit twee gedeelten n.l.:

1°. eene vermeerdering tengevolge van de vergrooting der profielsinhouden van zee tot de Noordgeul, zonder verlaging bij de Noordgeul en

2°. eene vermeerdering tengevolge van de verlaging. Voorts zal tengevolge van de verlaging bij de Noordgeul de aanvoer tijdens den vloed op de rivier boven de Noordgeul verminderen en dus eene hoeveelheid water daar ter plaatse aan de rivier worden onttrokken.

Het vraagstuk komt er dus op neer dien evenwichtstoestand te bepalen, waarbij de totale vermeerdering van den aanvoer te Hoek van Holland vermeerderd met de hoeveelheid die aan de rivier boven de Noordgeul wordt onttrokken, juist gelijk is aan de hoeveelheid die kan geborgen worden in de kom gevormd door Brielsche- en Oude Maas.

Als meest gewenschte plaats voor de afdamming van de Brielsche Maas werd in verband met de diepte en breedte der rivier voorloopig aangenomen eene lijn van bandijk tot bandijk bij de Steenenbaak, nabij K.M.-raai 164.

Mogelijk kan de dam nog een weinig meer zeewaarts bij K.M.-raai 167 worden gelegd, waardoor de oppervlakte der kom nog grooter wordt. Zekerheidshalve zal bij de berekening eerstgenoemde plaats worden aangehouden.

Voorts is gerekend, dat van de Oude Maas het gedeelte vanaf de Noordgeul tot K.M.-raai 140, dat is tegenover de separatie van Spui en Berengat, vanuit den Waterweg zal moeten worden gevuld, terwijl verder de vulling van de Oude Maas boven K.M.-raai 140 geheel door Spui en Mallegat zal geschieden. Vermoedelijk zal ook

nog een gedeelte van de Oude Maas boven K.M.-raai 140 van uit den Waterweg worden gevuld, doch zekerheidshalve is, om geen te gunstige voorstelling te krijgen, hiermede geen rekening gehouden. Hiertegenover is echter ook de vermindering van den aanvoer in de Oude Maas boven K.M.-raai 140 buiten beschouwing gelaten.

Voorts is aangenomen, dat de geheele kom van Brielsche en Oude Maas bij het begin van den aanvoer tot een hoogte van 1.70 M. + N.A.P. was gevuld.

Deze hoogte is afgeleid uit de op bijlage 41 gegeven getijlijnen, waaruit valt te zien, dat op 13 Januari 1916 omstreeks 4 uur n.m., het tijdstip van begin der rijzing, de gemiddelde hoogte van 1.70 M. + N.A.P. voor Maassluis, Vlaardingen en Spijkenisse nog niet was bereikt, zoodat ook in dit opzicht geen te gunstige onderstelling zal zijn gemaakt.

Voor den duur van den aanvoer is, zooals reeds te voren gezegd, genomen de duur der rijzing, dat is ongeveer 6 uur, in welke 6 uur het water in de kom in het geheel van 1.70 M. tot ongeveer 3.10 M. + N.A.P. zou zijn gestegen.

Het bepalen van den evenwichtstoestand als boven bedoeld zal nu tastenderwijze moeten geschieden door een maat voor de verlaging aan te nemen en dan uit te rekenen of aan de vereischte voorwaarden wordt voldaan.

In de eerste plaats werd bij de Noordgeul aangenomen eene verlaging van 10 c.M., zoodat de kom van Brielsche en Oude Maas tot $3.10 - 0.10 = 3$ M. + N.A.P. zou zijn gevuld in 6 uur tijd.

Tusschen de hoogten van 1.70 en 3 M. + N.A.P. kan geborgen worden in de Brielsche Maas en Botlek van K.M.-raai 148 tot K.M.-raai 164 21.5 miljoen M³, en in de Oude Maas van K.M.-raai

140—148	8.5	„	„	of
totaal in de heele kom	30.—	„	„	

Ter verkrijging van eene verlaging van 10 c.M., welke vanaf de Noordgeul over de volle hoogte zal worden aangenomen tot even voorbij Krimpen bij K.M.-raai 130 en vandaar geleidelijk te niet loopend tot ongeveer bij K.M.-raai 87, tusschen Vreeswijk en Culemborg, zal in de rivier boven de Noordgeul minder moeten worden aangevoerd ongeveer $3\frac{1}{2}$ miljoen M^3 , zooals blijkt uit de volgende berekening.

De totale oppervlakte der waterberging bij een stand op het binnenwaartsche deel van den Waterweg en op de Lek overeenkomende met een stand van omstreeks 3 M. + N.A.P. bij de Noordgeul bedraagt n.l. vanaf de Noordgeul tot K.M.-raai 130, waarbij gerekend alle havens, de geheele Hollandsche IJssel en ongeveer de helft van de Noord 26 miljoen M^2 .
en op de Lek vanaf K.M.-raai 130 tot K.M.-raai 87, 20 „ „

Onttrokken wordt dus bij een verlaging van 10 c.M. bij de Noordgeul in het geheel:

0.10×26 miljoen + $\frac{1}{2} \times 0.10 \times 20$ miljoen = 3.6 miljoen M^3 . of rond $3\frac{1}{2}$ miljoen M^3 .

Thans dient de vermeerdering van den aanvoer te Hoek van Holland berekend te worden, welke zooals boven gezegd in twee gedeelten dient te worden bepaald n.l.:

1°. de vermeerdering van den aanvoer zonder verlaging in aanmerking te nemen, alleen ten gevolge van de vergroting van de doorstromingsprofielen van zee tot de Noordgeul met 800 M^2 , en

2°. de vermeerdering door de vergroting der stroomsnelheden tengevolge van de verlaging van 10 c.M. bij de Noordgeul.

De sub 1°. genoemde vermeerdering kan berekend worden uit den aanvoer zonder afsluiting van de Brielsche Maas, waarvoor gevonden werd 60 miljoen M^3 .

Zonder verlaging, dus bij eenzelfde verhang, is de aanvoer, bij eenzelfde breedte der rivier, ongeveer evenredig met de $\frac{3}{2}$ ° macht van de gemiddelde diepte.

De gemiddelde breedte van het doorstromingsprofiel tusschen de zee en de Noordgeul is ongeveer gelijk aan die bij gewoon H.W. of ongeveer 560 M. Bij eene stijging van 1.70 tot 3 M. + N.A.P., is het gemiddeld doorstromingsprofiel volgens den bestaanden toestand te stellen op 5050 M^2 , zoodat in dit geval de gemiddelde diepte bedraagt $\frac{5050}{560} = 9. — M.$

Na afdamming der Brielsche Maas wordt het doorstromingsprofiel met 800 M^2 . vergroot en dus bij eene rijzing van 1.70 tot 3. — M. + N.A.P. op gemiddeld $5050 + 800 = 5850 M^2$. gebracht.

De gemiddelde diepte wordt dan $\frac{5850}{560} = 10.40 M.$

Zonder verlaging zou dus de aanvoer te Hoek van Holland na afdamming der Brielsche Maas bij den stormvloed hebben bedragen

60 miljoen $\times \left(\frac{10.4}{9}\right)^{\frac{3}{2}} = 60 \times 1.24 = 74\frac{1}{2}$ miljoen M^3 . zoodat, alleen door de vergroting der doorstromingsprofielen de aanvoer te Hoek van Holland met $14\frac{1}{2}$ miljoen M^3 . zou toenemen.

Thans dient berekend te worden hoeveel deze hoeveelheid zal vermeederen door eene verlaging van 10 c.M. bij de Noordgeul, waarbij zal worden aangenomen dat de verlaging gedurende de geheele periode van de rijzing aanwezig is en dus reeds dadelijk eene vermeerdering der stroomsnelheid over de geheele lengte van zee tot de Noordgeul zal optreden.

De vermeerdering van stroomsnelheid kan niet anders dan globaal bepaald worden. De meest eenvoudige onderstelling, waarvan kan worden uitgegaan, is dat de beweging gemiddeld als permanent wordt beschouwd en dat in de vergelijking der niet permanente beweging:

$$I = \frac{\alpha}{w} b U^2 + \frac{\alpha}{g} U \frac{dU}{dx} + \frac{\beta}{g} \frac{dU}{dt}$$

de beide laatste termen, welke klein zijn ten opzichte van de eerste, verwaarloosd worden.

Voor $\frac{\alpha}{w}$ kan worden genomen de gemiddelde diepte, hier dus 10.40 M.

Bij een dergelijke diepte kan voor $\frac{\alpha}{w} b$ ongeveer aangenomen worden 0.00003. Dit zou overeenkomen bij eenparige beweging met een waarde van den snelheidscoëfficiënt c van ongeveer 55 à 60.

Is nu U_0 de gemiddelde snelheid zonder de verlaging en u de gemiddelde snelheidsvermeerdering door die verlaging, dan krijgen wij dus bij eene verlaging van 0.10 M. en een afstand van zee tot de Noordgeul van 18000 M., dus eene vermeerdering van het gemiddeld verhang van $\frac{0.10}{18000}$:

voor het 1e geval $I = 0.00003 U_0^2$ en voor het

$$2e \text{ geval } I + \frac{0.10}{18000} = 0.00003 (U_0 + u)^2$$

$$\text{of } \frac{0.10}{18000} = 0.00003 \{ (U_0 + u)^2 - U_0^2 \}$$

$$\text{of } u^2 + 2 u U_0 - 0.185 = 0.$$

waaruit de gemiddelde snelheidsvermeerdering u is te bepalen als U_0 bekend is.

De gemiddelde snelheid U_0 zonder de verlaging is bij een aanvoer van $74\frac{1}{2}$ miljoen M^3 in 6 uur of 6×3600 sec. en bij een gemiddelden profielsinhoud van $5850 M^2$:

$$U_0 = \frac{74\frac{1}{2} \text{ miljoen}}{6 \times 3600 \times 5850} = 0.59 \text{ M/sec.}$$

Men vindt dan $u = 0.14 \text{ M/sec.}$

De vermeerdering van den aanvoer tengevolge van een gemiddelde snelheidsvermeerdering met 0.14 M/sec. wordt dan in 6 uur

$$6 \times 3600 \times 5850 \times 0.14 = 17\frac{1}{2} \text{ miljoen } M^3.$$

Hierbij is de geringe vermindering van de profiels-

inhouden tengevolge van de verlaging welke gemiddeld nog niet 1% bedraagt, verwaarloosd.

In de kom van Brielsche en Oude Maas moet dus geborgen kunnen worden:

1 ^o . voor onttrekking boven de Noordgeul	3 $\frac{1}{2}$ miljoen M^3 .
2 ^o . voor vermeerderden aanvoer zonder verlaging.	14 $\frac{1}{2}$ " "
3 ^o . voor vermeerderden aanvoer tengevolge van de verlaging.	17 $\frac{1}{2}$ " "
Totaal	35 $\frac{1}{2}$ miljoen M^3 .

In de kom kan, zooals hierboven uitgerekend, bij eene verlaging van 10 c.M., geborgen worden 30 miljoen M^3 , dus $5\frac{1}{2}$ minder dan wordt aangevoerd, zoodat dus de op 10 c.M. aangenomen verlaging niet kan worden bereikt.

Geheel dezelfde berekening is thans herhaald voor een aangenomen verlaging van 5 c.M. De kom van Brielsche en Oude Maas kan dan met 5 c.M. meer gevuld worden dan bij de vorige berekening, zoodat, bij een oppervlak der kom bij een waterstand van ongeveer 3 M. + N.A.P. van 26 miljoen M^2 . daarin meer geborgen kan worden $26 \text{ miljoen} \times 0.05 = 1.3 \text{ miljoen } M^3$. Totaal kan bij een verlaging van 5 c.M. dus geborgen worden 31.3 miljoen M^3 .

Voorts wordt dan gevonden:

1 ^o . voor onttrekking boven de Noordgeul	1.8 miljoen M^3 .
2 ^o . voor vermeerderden aanvoer zonder verlaging.	14.5 " "
3 ^o . voor vermeerderden aanvoer tengevolge van de verlaging.	9.5 " "
Totaal	25.8 miljoen M^3 .

Bij eene verlaging van 5 c.M. raakt de kom dus lang niet gevuld en zou nog $31.3 - 25.8 = 5\frac{1}{2}$ miljoen M^3 . meer geborgen kunnen worden.

Uit de berekeningen blijkt dus, dat bij een aangenomen verlaging van 5 c.M. in de kom $5\frac{1}{2}$ miljoen M^3 . te weinig en bij een aangenomen verlaging van 10 c.M. $5\frac{1}{2}$ miljoen M^3 . te veel zou worden geborgen.

Bij een derde berekening met een aangenomen verlaging van 7 c.M. werd gevonden, dat in de kom nog 1.2 miljoen M^3 . meer kan worden geborgen, waaruit volgt dat de juiste evenwichtstoestand zou zijn bereikt bij een verlaging van $7\frac{1}{2}$ c.M.

Daar de verschillende onderstellingen steeds zoodanig zijn aangenomen, dat geen te gunstige voorstelling zou worden verkregen, kan op grond van bovenstaande cijfers wel met groote zekerheid worden vastgesteld, dat de bij den stormvloed van 13/14 Januari 1916 op het binnenwaartsche deel van den Rotterdamschen Waterweg bereikte verlaging indien toen de Brielsche Maas reeds was afgesloten, minstens **8 c.M.** zou hebben bedragen.

B. Bij den stormvloed van 12 Maart 1906.

Een zelfde berekening als voor den stormvloed van 13/14 Januari 1916 werd uitgevoerd is eveneens geschied voor den stormvloed van 12 Maart 1906, toen te Hoek van Holland ongeveer eenzelfde H.W. werd bereikt als in 1916, doch het voorafgaande L.W. belangrijk lager was. De stijging van het water was in 1906 veel grooter dan in 1916 en duurde bovendien korter, hetgeen een belangrijke invloed heeft op de te bereiken verlaging.

Uit de voorafgaande berekeningen toch kan blijken, hetgeen ook niet anders te verwachten is, dat de verlaging in groote mate afhankelijk is van de snelheid van stijging van het water in zee.

Op bijlage 40 zijn de getijlijnen voor den stormvloed van 12 Maart 1906 geteekend.

Hieruit kan worden afgeleid, dat het voorafgaande

L.W. in de kom van Brielsche en Oude Maas op ongeveer 0.60 M. + N.A.P. kan worden gesteld en het water in ongeveer 5 uur is gestegen tot 2.90 M. + N.A.P.

Voor 12 Maart 1906 werd nu gevonden voor den aanvoer bij vloed, globaal berekend uit de komberging 106 miljoen M^3 . en volgens de uit de afvoermetingen in bijlage 23 afgeleide formule 118 miljoen M^3 ., zoodat is aangenomen rond 110 miljoen M^3 .

Zonder verlaging zou de aanvoer te Hoek van Holland na afdamming worden

$$110 \text{ miljoen} \times \left(\frac{9.8}{8.4}\right)^{3/2} = 110 \times 1.26 = 138\frac{1}{2} \text{ miljoen } M^3.$$

zoodat de vermeerdering van den aanvoer alleen door de vergroting van de doorstromingsprofielen met $800 M^2$., waardoor de gemiddelde diepte met 1.40 M. van 8.40 tot 9.80 M. bij dezen stormvloed zou toenemen, zou hebben bedragen $28\frac{1}{2}$ miljoen M^3 .

Neemt men nu voor 1^e berekening aan eene verlaging van 20 c.M., dan wordt onttrokken aan de rivier boven de Noordgeul het dubbele van de voor 1916 voor eene verlaging van 10 c.M. berekende hoeveelheid of 7 miljoen M^3 .

De gemiddelde profielsinhoud tijdens den aanvoer is, na afdamming Brielsche Maas, voor een rijzing van 0.60 tot 2.70 M. + N.A.P. te stellen op $5500 M^2$., zoodat dus bij een vulling in 5 uur de gemiddelde snelheid zou zijn geweest,

$$U_0 = \frac{138\frac{1}{2} \text{ miljoen}}{5 \times 3600 \times 5500} = 1.40 \text{ M/sec.}$$

De snelheidsvermeerdering u tengevolge van een verlaging van 20 c.M. wordt dan gevonden uit

$$\frac{0.20}{18000} = 0.00003 \left\{ (1.40 + u)^2 - 1.40^2 \right\}$$

$$\text{of } u^2 + 2.8 u - 0.37 = 0,$$

$$\text{waaruit } u = 0.13 \text{ M/sec.}$$

De vermeerdering van den aanvoer tengevolge van

een gemiddelde snelheidsvermeerdering met 0.13 M/sec., wordt dan in 5 uur :

$$5 \times 3600 \times 5500 \times 0.13 = 13 \text{ miljoen M}^3.$$

In de kom van Brielsche en Oude Maas moet dus geborgen kunnen worden :

1°. voor onttrekking boven de Noordgeul	7	millioen M ³ .
2°. voor vermeerderden aanvoer zonder verlaging	28 ¹ / ₂	„ „
3°. voor vermeerderden aanvoer tengevolge van de verlaging	13	„ „
Totaal	48 ¹ / ₂	millioen M ³ .

Voor de berekening is uitgegaan van eene verlaging van 20 c.M., zoodat dus de kom in 5 uur tijd van 0.60 M. + tot 2.70 M. + N.A.P. zou zijn gevuld. In de kom kan dan totaal geborgen worden 46 miljoen M³.

Dit is dus slechts 2¹/₂ miljoen M³. of 5 pct. minder dan in de kom moet geborgen worden, zoodat, waar zooals onder A reeds gezegd, de onderstellingen steeds aan den ongunstigen kant zijn aangenomen, in rond cijfer voor de bij den stormvloed van 12 Maart 1906 bereikte verlaging, indien toen de Brielsche Maas was afgedamd, het cijfer van 20 c.M. als voldoende juiste benadering is te beschouwen.

C. Bij een te verwachten stormvloed met H.W. van 3.40 M. + N.A.P. te Hoek van Holland.

Volgens de onderzoekingen, medegedeeld in het verslag der afdeling A, zal voor Hoek van Holland rekening dienen te worden gehouden met de mogelijkheid van een stormvloedstand van 3.40 M. + N.A.P. en voor Rotterdam van 3.55 M. + N.A.P. (Zie blz. 126.)

Deze stormvloedstand wordt berekend uit de kans van samentreffen van een hoog windeffect met een springtij.

De kans dat bij een dergelijk samentreffen ook het voorafgaand L.W. zoo hoog als op 13 Januari 1916 zou zijn geweest, mag dus wel als uitgesloten worden geacht aangezien dit niet met een springtij zou overeenkomen.

Wanneer men dus eene berekening wil uitvoeren van de te bereiken verlaging bij een te verwachten stormvloed van 3.40 M. + N.A.P. te Hoek van Holland, zal zeker niet te gunstig worden gerekend, wanneer het voorafgaand L.W. evenveel lager als het H.W. hooger wordt aangenomen dan bij den vloed van 13/14 Januari 1916 is voorgekomen.

Voor 1916 werd uitgegaan voor de kom van Brielsche en Oude Maas van een stijging in 6 uur tijd van 1.70 + N.A.P. tot 3.10 M. + N.A.P.

Bij den te verwachten hoogsten stormvloed zal men dus kunnen uitgaan van een vulling van de kom van 1.30 M. + N.A.P. tot 3.50 M. + N.A.P., dan is dus het voorafgaand L.W. in de kom nog 0.60 M. hooger dan op 12 Maart 1906. Voor den tijd van rijzing zal genomen worden het gemiddelde van 1906 en 1916, dus 5¹/₂ uur.

De aanvoer bij vloed kan nu niet uit eenig werkelijk gegeven van komberging worden bepaald, doch wel worden afgeleid uit de berekende aanvoeren voor 1906 en 1916, door den aanvoer evenredig met het tijverschil in zee te stellen, hetgeen bij overigens gelijke omstandigheden van doorstromingsprofiel en stand der bovenrivier een vrij betrouwbare benadering zal geven.

Voor 1916 was voor de berekening het tijverschil te Hoek van Holland, van 2e L.W. tot H.W. 1.55 M. en in 1906 ongeveer 2.90 M.

Voor den te verwachten stormvloed zal het L.W. 0.40 M. lager en het H.W. 0.40 M. hooger dan in 1916, dus het tijverschil 1.55 + 0.80 = 2.35 M. zijn te nemen.

De aanvoer bij vloed bij den te verwachten stormvloed zou dus worden zonder afdamming Brielsche Maas:

$$1^{\circ} \text{ afgeleid uit 1916 } \frac{2.35}{1.55} \times 60 \text{ miljoen} = 90.6 \text{ miljoen M}^3.$$

$$2^{\circ} \text{ afgeleid uit 1906 } \frac{2.35}{2.90} \times 110 \text{ miljoen} = 89.1 \text{ miljoen M}^3.$$

zoodat als rond cijfer hiervoor 90 miljoen M³. zal kunnen worden gesteld.

Zonder verlaging zou de aanvoer te Hoek van Holland na afdamming Brielsche Maas ongeveer in dezelfde verhouding als in 1916 toenemen, dus worden 90 miljoen $\times 1.24 = 111 \frac{1}{2}$ miljoen M³., zoodat dus de vermeerdering van den aanvoer alleen door de vergrooting der doorstromingsprofielen met 800 M². zou hebben bedragen $21 \frac{1}{2}$ miljoen M³.

Nemen wij weer voor 1^e berekening eene verlaging van 20 c.M. aan, dan wordt onttrokken aan de rivier boven de Noordgeul evenals in 1906 7 miljoen M³.

De gemiddelde profielsinhoud is ongeveer dezelfde als in 1916, daar het H.W. evenveel hooger als het L.W. lager is aangenomen, dus 5850 M².

De gemiddelde snelheid U_0 wordt dan bij een aanvoer in $5 \frac{1}{2}$ uur:

$$U_0 = \frac{111 \frac{1}{2} \text{ miljoen}}{5 \frac{1}{2} \times 3600 \times 5850} = 0.96 \text{ M/sec.}$$

De snelheidsvermeerdering u tengevolge van een verlaging van 20 c.M. wordt gevonden uit

$$\frac{0.20}{18000} = 0.00003 \left\{ (0.96 + u)^2 - 0.96^2 \right\} \text{ of uit}$$

$$u^2 + 1.92 u - 0.37 = 0 \text{ waaruit } u = 0.18 \text{ M/sec.}$$

De vermeerdering van den aanvoer tengevolge van een gemiddelde snelheidsvermeerdering met 0.18 M/sec., wordt in $5 \frac{1}{2}$ uur:

$$5 \frac{1}{2} \times 3600 \times 5850 \times 0.18 = 21 \text{ miljoen M}^3.$$

In de kom moet dus geborgen kunnen worden:

$$1^{\circ} \text{ voor onttrekking boven de Noordgeul. } 7 \text{ miljoen M}^3.$$

$$2^{\circ} \text{ voor vermeerderden aanvoer zonder verlaging } 21 \frac{1}{2} \text{ " "}$$

$$3^{\circ} \text{ voor vermeerderden aanvoer tengevolge van de verlaging . . . } 21 \text{ " "}$$

$$\text{Totaal . . . } 49 \frac{1}{2} \text{ miljoen M}^3.$$

Voor de berekening is uitgegaan van een verlaging van 20 c.M., zoodat dus de kom in $5 \frac{1}{2}$ uur tijd van 1.30 M. + N.A.P. tot 3.30 M. + N.A.P. zou zijn gevuld.

In de kom kan dan totaal geborgen worden 44 miljoen M³.

In de kom kan dus $5 \frac{1}{2}$ miljoen M³. minder geborgen worden, zoodat dus volgens deze berekening, de aangenomen verlaging van 20 c.M. nog niet zou worden bereikt.

Wanneer men hierbij echter in aanmerking neemt, dat de verlaging ongeveer evenredig is met de $\frac{3}{2}$ macht van de snelheid van stijging van het water en deze voor een zoo hoogen stormvloed bij springtij zeer zeker nog klein is aangenomen, dan mag aan de hand van bovenstaande berekening wel met voldoende zekerheid worden ondersteld, dat bij het te verwachten stormvloedsgetij van 3.40 M. + N.A.P. te Hoek van Holland en 3.55 M. + N.A.P. te Rotterdam, na afdamming van de Brielsche Maas, op het binnenwaartsche deel van den Waterweg een verlaging van minstens 20 c.M. zal worden bereikt.

De te verwachten hoogste stand Rotterdam zou dus na afdamming van de Brielsche Maas op hoogstens $3.55 - 0.20 = 3.35 \text{ M.} + \text{N.A.P.}$ kunnen worden aangenomen; dit is enkele c.M. hooger dan in 1916 zonder afdamming van de Brielsche Maas werd bereikt.

Den Haag, December 1918.

C. W. LELY.

Globale Berekening

van de verlaging welke op het binnenwaartsche deel
van den Rotterdamschen Waterweg is te bereiken bij
afsluiting van de Brielsche Maas nabij den Mond,
door J. J. Canter Cremers.

§1. Inleiding. De invloed op de te bereiken H.W.-standen van een vloedkom, waarvoor de verhouding tusschen het oppervlak bij de hooge bij stormvloed voorkomende waterstanden en het oppervlak bij normale waterstanden belangrijk grooter is dan de verhouding tusschen de profielsinhouden van de rivier, waardoor die vloedkom gevuld wordt, bij hooge en bij normale waterstanden, is tweeledig.

In de eerste plaats voert de invloed van de vloedkom bij hooge waterstanden tot vertraging der voortplantingssnelheid van het getij, zoodat de H.W.-standen langs den bovenloop der rivier samenvallen met lagere waterstanden in den mond der rivier.

In de tweede plaats zijn de stroomsnelheden grooter, terwijl de oogenblikken van kentering ten opzichte van het oogenblik van H.W. in verschillende profielen in den benedenloop der rivier door den invloed van den vloedkom vertraagd zullen worden.

De aanwezigheid van een vloedkom, als in het voorafgaande bedoeld, zal dus ook van invloed zijn op de verhanglijnen.

De H.W.-stand in een bepaald profiel wordt, behalve

door den gelijktijdigen waterstand in den mond, mede bepaald door de verhanglijn tusschen den mond en het beschouwde profiel op dat oogenblik.

Een vloedkom, als in het voorafgaande bedoeld is voor den Waterweg te vormen door afsluiting van de Brielsche Maas nabij den mond.

Deze vloedkom zou dan door de Noordgeul uit den Waterweg gevuld moeten worden.

Om den invloed van deze vloedkom op de H.W.-standen in den Waterweg ter hoogte van de Noordgeul en daarboven te kunnen nagaan, moet dus bekend zijn de voortplantingssnelheid van het getij bij den tegenwoordigen toestand en na afsluiting van de Brielsche Maas, alsmede het verschil in verval, tusschen Hoek van Holland en de Noordgeul, ten tijde van H.W. ter hoogte van de Noordgeul, bij den bestaanden toestand en na afsluiting van de Brielsche Maas.

In de nota van 2 Mei 1918, bijlage 25, is aangetoond, dat voor het buigpunt van eene sinusoidale golf de volgende betrekking moet bestaan:

§ 2. Bepaling van de voortplantingssnelheid.

$$(1) \text{ Verhang} = \text{coëfficiënt} \times \frac{\text{amplitude}}{\text{periode} \times \text{voortplantingssnelheid}}$$

Voor een dergelijke golf valt het buigpunt samen met halftij. Als regel vindt men in de getijlijnen van benedenrivieren in de omgeving van halftij in plaats van een buigpunt een nagenoeg recht gedeelte.

In eene benedenrivier als de Waterweg, zal het verhang bij halftij niet veel afwijken van het verhang, dat bij permanente beweging zou optreden, indien de snelheid gelijk ware aan de bij getijbeweging optredende maximumsnelheid.

Op het oogenblik van maximum-snelheid bestaat deze gelijkheid inderdaad. Halftij gaat aan dit oogenblik vooraf, terwijl het verhang in de periode, die aan het

oogenblik van maximum-snelheid vooraf gaat, zeer weinig verandert.

Het verhang kan dus in formule (1) worden uitgedrukt in de formule:

Verhang = coëfficiënt × het vierkant van de maximum snelheid.

Onderstellende, dat de verhouding tusschen maximum-snelheid en gemiddelde snelheid, zelfs bij stormvloeden, tusschen vrij nauwe grenzen schommelt, welke onderstelling waarschijnlijk verkrijgt, wanneer men let op de betrekkelijk geringe afwijkingen van de gemiddelde waarde van de uit waarnemingen afgeleide waarden van coëff. C in tabel II (blz. 251), kan deze formule ook zijn:

Verhang = coëfficiënt × vierkant gemiddelde snelheid (2).

De formules (1) en (2) kunnen dan als volgt gecombineerd worden:

$$\text{Voortplantingssnelheid} = \text{coëfficiënt} \times \frac{\text{amplitude}}{\text{periode} \times \text{vierkant gemiddelde snelheid}} \quad (3).$$

In hoeverre deze formule bruikbaar is, werd onderzocht door de coëfficiënt te bepalen voor de twaalf hoogste stormvloeden in de periode 1894—1916.

Deze stormvloeden zijn op de navolgende data waargenomen:

I. 23 December 1894.	VII. 7 Januari 1905.
II. 23 Januari 1895.	VIII. 12 Maart 1906.
III. 7 December 1895.	IX. 23 November 1908.
IV. 19 Juni 1897.	X. 30 September 1911.
V. 29 November 1897.	XI. 11 November 1912.
VI. 30 December 1904.	XII. 13 Januari 1916.

In het volgende zullen de stormvloeden worden aangegeven met het voor den datum geplaatste romeinsche cijfer.

In de eerste plaats is de gemiddelde snelheid in de vloedperiode als volgt bepaald.

Aangenomen is, dat de komberging gelijk is aan de komberging bij een normaal getij, vermenigvuldigd met het product van amplitude en gemiddeld komoppervlak bij den beschouwd stormvloed en gedeeld door het product van deze waarden bij een normaal getij.

Voor het komoppervlak is genomen het oppervlak beneden de Maasbruggen te Rotterdam, volgens de cijfers van bijlage 15.

Alsdan wordt verondersteld dat het komoppervlak van het geheele tijgebied met den waterstand in dezelfde verhouding verandert, als het komoppervlak beneden de Maasbruggen.

De komberging bij normaal getij is berekend uit de uitkomsten van een viertal stroomdrijvingen in de Doorgraving, waaruit blijkt, dat bij een getijverschil van rond 1.50 M. en met inbegrip van den aanvoer uit de bovenrivier in den geheelen vloedkom rond 55 000 000 M³. wordt opgenomen, bij een komoppervlak beneden de Maasbruggen van rond 20 000 000 M².

Voor de twaalf beschouwde stormvloeden zijn de volgende komoppervlakten als gemiddelden aangenomen:

I. 23 000 000 M ² .	VII. 22 700 900 M ² .
II. 22 500 000 "	VIII. 23 200 000 "
III. 23 800 000 "	IX. 23 500 000 "
IV. 22 800 000 "	X. 22 700 000 "
V. 24 700 000 "	XI. 23 300 000 "
VI. 23 000 000 "	XII. 25 000 000 "

In tabel I zijn gegevens verzameld, die noodig zijn voor de berekening van de komberging en van de gemiddelde snelheid.

Betreffende deze gegevens valt het volgende op te merken.

Wanneer een tweede L.W. is waar te nemen, is van

dit tweede L.W. uitgegaan voor berekening van getijverschil en van periode, ook al was het eerste L.W. lager.

Mag echter ondersteld worden, dat de invloed van het tweede L.W. betrekkelijk gering geweest is, dan zijn ten opzichte van beide L.W.-standen getijverschil en periode bepaald.

Tabel I.

Stormvloed.	Getijverschil.		Periode der rijzing.		Koberging in M ³ .	Aanvoer- bovenrivier in periode van rijzing in M ³ .	Aanvoer uit zee in M ³ .
	1e. L.W.	2e. L.W.	1e. L.W.	2e. L.W.			
I	3.60	—	10 u.	—	150 000 000	19 000 000	131 000 000
II	—	3.10	—	7 u.	130 000 000	13 300 000	116 700 000
III	—	3.20	—	7 u. 30	130 000 000	22 500 000	107 500 000
IV	—	1.60	—	5 u.	70 000 000	6 250 000	63 750 000
V	—	2.85	—	5 u. 30	120 000 000	12 100 000	107 900 000
VI	—	1.50	—	4 u.	68 000 000	2 800 000	65 200 000
VII	3.—	—	8 u.	—	126 000 000	6 000 000	120 000 000
VIII	—	2.30	—	5 u.	97 000 000	3 750 000	93 250 000
IX	—	2.50	—	6 u.	104 000 000	4 500 000	99 500 000
X	—	2.90	—	5 u.	124 000 000	17 500 000	106 500 000
XI	—	2.—	—	6 u.	86 000 000	3 000 000	83 000 000
XII	2.90	—	8 u.	—	121 000 000	4 000 000	117 000 000
	—	2.30	—	6 u.	96 000 000	3 000 000	93 000 000
	—	2.30	—	6 u.	98 000 000	12 000 000	86 000 000
	—	1.60	—	6 u.	73 000 000	18 000 000	55 000 000

Bij deze becijfering is ondersteld, dat de duur van den vloed gelijk is aan den duur der rijzing. Voor de waarde der uitkomsten van de uit te voeren berekeningen, komt deze onderstelling voldoende overeen met hetgeen zich in werkelijkheid voordoet.

Vervolgens is uit de getijlijnen de voortplantingssnelheid van het getij afgeleid uit de voortplantingssnelheid van H.W. tusschen Hoek van Holland en Vlaardingen, waarbij echter voor bepaling van den tijd van H.W. is aangenomen de tijd van H.W. voor een regelmatige getijlijn, getrokken door de gewoonlijk grillig gevormde

getijlijn, zooals die bij stormvloeden op de bladen van de peilschalen is aangeteekend.

In tabel II zijn aangegeven de berekende gemiddelde snelheid in het benedeneinde der Doorgraving, de waargenomen voortplantingssnelheid, de vergelijking waaruit de coëfficiënt van formule (3) is af te leiden en de voor die coëfficiënt gevonden waarde voor elken stormvloed.

De gemiddelde snelheid per 1'' is berekend door de aanvoer uit zee te deelen door het aantal secunden, dat de rijzing geduurd heeft, in de onderstelling, dat de duur van den vloed in den benedenloop der rivier, gelijk is aan de periode van rijzing.

Tabel II.

Stormvloed.	Gemiddelde snelheid per 1''.	Waargenomen voort- plantings- snelheid.	Formule 3.	Berekende waarde van coëfficiënt C.
I	0.70 0.90	?	—	—
II	0.80	6.50	$6.50 = C \frac{3.20}{7.50} \frac{1}{0.64}$	9.80
III	0.65	5.—	$5.— = C \frac{1.60}{5} \frac{1}{0.42}$	6.60
IV	1.10	3.40	$3.40 = C \frac{2.85}{5.50} \frac{1}{1.21}$	7.95
V	0.85	4.40	$4.40 = C \frac{1.50}{4} \frac{1}{0.72}$	8.45
VI	0.80	4.40	$4.40 = C \frac{3}{8} \frac{1}{0.64}$	7.50
	1.—	4.40	$4.40 = C \frac{2.30}{5} \frac{1}{1}$	9.50
VII	0.95	3.10	$3.10 = C \frac{2.50}{6} \frac{1}{0.9}$	6.70
VIII	1.15	3.—	$3.— = C \frac{2.90}{5} \frac{1}{1.32}$	6.85
XI	0.75	4.10	$4.10 = C \frac{2}{6} \frac{1}{0.56}$	6.90
	0.85	4.40	$4.40 = C \frac{2.90}{8} \frac{1}{0.72}$	8.75
X	0.90	4.40	$4.40 = C \frac{2.30}{6} \frac{1}{0.81}$	9.30
XI	0.85	?	—	—
XII	0.45	7.25	$7.25 = C \frac{1.60}{6} \frac{1}{0.20}$	5.45
Gemiddelde waarde van C = $= \frac{93.75}{12} = 7.80$				93.75

Bij de getijden I en XI heeft de peilschaal te Hoek van Holland ten tijde van H.W. niet gewerkt.

De gemiddelde waarde van de coëfficiënt C is dus 7.80.

Aangezien bij de vaststelling van de voor berekening van de coëfficiënt te bezigen grootheden verschillende niet van willekeurigheid vrij te pleiten onderstellingen zijn gemaakt, terwijl voorts de waargenomen voortplantingssnelheid van H.W. slechts bij ruwe benadering te bepalen is, zijn de afwijkingen van de gemiddelde waarde der berekende coëfficiënten over het algemeen bevredigend klein.

De middelbare fout in ééne waarneming is 1.38 of $\pm 18\%$ van de gemiddelde waarde van de coëfficiënt, de middelbare waarde van de fout in de einduitkomst $M = 0.4$.

Waar de bereikte uitkomst voldoende nauwkeurig is, werd niet onderzocht, of in de uitkomsten der formule een systematische fout is aan te toonen.

Het verhang is bij benadering als volgt te bepalen.

De vereenvoudigde formule voor het verhang bij veranderlijke beweging is

$$J = \frac{b}{R} U^2 + \alpha \frac{\partial}{\partial x} \times \frac{U^2}{2g} + \beta \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t}$$

Waar in den Waterweg de profielsinhouden beneden de Noordgeul niet aan groote schommelingen onderhevig zijn, terwijl de stroomsnelheid per eenheid van lengte weinig verandert, kan de tweede term van het tweede lid zonder bezwaar verwaarloosd worden.

De vergelijking wordt dan:

$$J = \frac{b}{R} U^2 + \frac{\rho}{g} \frac{\partial U}{\partial t} = J_0 + J_3$$

Neemt men vervolgens aan, dat de snelheidskromme in de vloedperiode een sinusoïde is, dan kan de verhangkromme geteekend worden, wanneer de maximumsnelheid en de periode van den vloed bekend zijn.

§ 3. Het verhang.

Zijn ook de oogenblikken van kentering bekend, wat noodig is om de snelheidskromme te kunnen vastleggen aan de getijlijn, dan is het verhang voor elk oogenblik tusschen de kentering van eb op vloed en die van vloed op eb te bepalen.

De waarde van $\frac{b}{R}$ is bepaald op 0.00003, overeenkomstig de waarde van de coëfficiënt van Bazin voor eene gemiddelde diepte van ± 9 .— M. Voor β is de waarde 1.1 aangenomen.

In werkelijkheid moet eene correctie worden toegepast voor het windeffect om het juiste verhang te kennen.

Voor de berekening der verlaging van de H.W.-standen, veroorzaakt door den invloed van de vloedkom van Brielsche Maas en Oude Maas, is echter alleen het verschil van belang tusschen de verhangen bij den bestaanden toestand en na afsluiting van de Brielsche Maas.

Waar de veronderstelling gewettigd is, dat het windeffect, niet of in geringe mate afhankelijk is van de stroomsnelheden, valt de waarde daarvan weg bij de berekening van het verschil tusschen de verhangen ten tijde van H.W. ter hoogte van de Noordgeul bij den bestaanden toestand en onder den invloed der afsluiting van de Brielsche Maas.

Het is dus geoorloofd om den invloed van het windeffect op het verhang te verwaarloozen, bij de berekening der verlaging, die de H.W.-standen ondergaan, als gevolg van uitbreiding van de vloedkom door afsluiting van de Brielsche Maas.

De bepaling van de vermeerdering van het vermogen van den Waterweg, als gevolg van de afsluiting van de Brielsche Maas, brengt eenige moeilijkheden met zich.

§ 4. Vermogen van Brielsche Maas en Oude Maas.

In de voor het vermogen van den Waterweg, zooals deze thans is, gevonden waarden, zit vermoedelijk reeds een gedeelte van den waterafvoer naar het Oude Maas