

voortplanting van het getij op den Rotterdamschen Waterweg en de Brielsche en Oude Maas, zijn in 1916 en 1917 enkele kenteringwaarnemingen verricht. De uitkomsten dezer waarnemingen zijn in bijlage 12 opgegeven.

Met het oog op een zuiver theoretische behandeling van het vraagstuk betreffende den invloed van eb en vloed op benedenrivieren, werd het van belang geacht omtrent duur en aard van het verschijnsel van den zoogenaamden ondervloed, waarbij het zoute zeewater langs den bodem der rivier naar binnendringt, terwijl langs de oppervlakte nog ebstroom gaat, eenige gegevens te verzamelen. Te dien einde werden op eenige punten in de rivier waarnemingen verricht met den in § 15 beschreven luchtbelstroommeter van JACOBSEN. Een verslag van deze metingen gaat als bijlage 13 hierbij.

Op 31 Mei 1917 werden bovendien door den Directeur F. LIEBERT en het personeel van het Rijksinstituut voor Hydrographisch Visscherijonderzoek enkele waarnemingen verricht van temperatuur en zoutgehalte over de volle diepte der rivier. Bijlage 14 bevat een uittreksel uit het verslag van genoemden Directeur.

§ 19. Gegevens omtrent waterberging.

De Commissie achtte het voor het uitvoeren van verschillende berekeningen noodzakelijk, omtrent de gelegenheid tot waterberging bij verschillende waterstanden op den Rotterdamschen Waterweg, van de zee tot aan Rotterdam, de Brielsche Maas, de Botlek en een gedeelte van de Oude Maas van de Noordgeul tot nabij Goid-schalxoord, gegevens te verzamelen.

Hiertoe werden van K.M.-raai tot K.M.-raai de oppervlakten berekend, welke door genoemde rivieren worden ingenomen bij standen van N.A.P., 1, 2 en 3 M. + N.A.P.

De uitkomsten zijn in bijlage 15 opgenomen, terwijl bijlage 33 een situatie bevat met aanduiding der kilometerraaien.

§ 20. Opgaven omtrent stormvloeden in vroeger tijden.

Door het lid A. C. BURGENDORFFER werden betreffende stormvloeden in vroeger jaren, toen nog geen geregelde waarnemingen van rijkswege werden verricht, gegevens verzameld uit het gemeente-archief van Rotterdam en uit het archief van Schieland. Deze gegevens gaven aanleiding tot de nota, welke als bijlage 28 is opgenomen.

Voorts werd onder leiding van het lid BURGENDORFFER uit verschillende geschiedkundige werken een zeer omvangrijk overzicht samengesteld van stormvloeden in vroeger tijden.

De Commissie zal, nadat een nadere schifting van deze gegevens heeft plaats gehad, deze als afzonderlijke bijlage van het verslag overleggen.

HOOFDSTUK IV.

Empirisch onderzoek der factoren, welke invloed hebben op de hoogwaterstanden op den Rotterdamschen Waterweg.

§ 21. Inleiding.

Ter beantwoording van de vraag:

„bestaan er gegronde redenen om verband aan te nemen tusschen de bij den stormvloed van 13/14 Januari 1916 op het binnenwaartsche deel van den Rotterdamschen Waterweg voorgekomen hoogere waterstanden dan daar vroeger zijn waargenomen en de ten behoeve der verbetering van die rivier „uitgevoerde werken”,

is het wenschelijk te bepalen, hoe die hoogwaterstanden, buiten den invloed van den wind, afhangen van den stand van de zee en van de bovenrivier en deze afhankelijkheid door eene formule uit te drukken. In de volgende paragraaf is beschreven hoe deze formule volgens de in de bijlagen 16 en 18 nader beschreven onderzoekingen is afgeleid uit de hoogwaterstanden onder normale omstandigheden. In § 23 wordt de toepassing op stormvloeden behandeld en uit de verschillen tusschen de berekende en de waargenomen hoogten de windinvloed afgeleid. In § 24 zijn in het kort twee onderzoekingen beschreven, alleen betrekking hebbende op stormvloeden, terwijl § 25 het op grond van de verrichte onderzoekingen op de eerste vraag te geven antwoord weergeeft.

§ 22. Onderzoek der factoren welke invloed hebben op de hoogwaterstanden onder normale omstandigheden.

Uit het door het lid C. W. LELY ingestelde onderzoek van de waterstanden, waargenomen aan de peilschalen te Hoek van Holland, Maassluis, Vlaardingen, Rotterdam en Krimpen, vervat in de nota, bijlage 16, blijkt, dat zoowel de verschillen in de tijverschillen als die in de hoogten van halftij, en dus ook in de hoogwaterstanden op die plaatsen, buiten den windinvloed, bijna geheel kunnen worden voorgesteld door de som van drie termen, één evenredig met het voorafgaand tijverschil te Hoek van Holland, één evenredig met den waterstand 1 dag vroeger te Arnhem waargenomen en één standvastig getal. Ten einde met kleine grootheden te werken, kunnen in plaats van dat voorafgaande tijverschil Y en dien waterstand te Arnhem A , de afwijkingen worden ingevoerd van hun gemiddelde waarden, waarvoor 165 c.M. en 900 c.M. + N.A.P. kan worden aangenomen.

De formule ter bepaling van het H.W. op een plaats aan den Rotterdamschen Waterweg (bijv. Rotterdam) ten opzichte van het H.W. in zee (Hoek van Holland) wordt dus:

$$\text{H.W. (Rott.)} - \text{H.W. (Hoek v. Holl.)} = a(Y - 165) + b(A - 900) + c.$$

waarin a , b en c constanten zijn, die op de volgende wijze bepaald kunnen worden.

Indien men voor het hoogwater op een zekeren datum, voor welken het eerste lid van de vergelijking bekend is, in de formule de bekende waarden van Y en A invoert, verkrijgt men eene vergelijking met 3 onbekenden a , b en c , die alleen afhangen van den waterstaatkundigen toestand van den Waterweg en van de boven-

rivier. Daar de veranderingen van den waterstaatkundigen toestand door de uitvoering van verbeteringswerken op den geheelen Waterweg, zoowel beneden als boven Rotterdam, waaronder ook is te verstaan de vergrooting van het waterbergend vermogen door aanleg van nieuwe havens, geleidelijk in perioden van meerdere jaren heeft plaats gehad, kunnen deze onbekenden onder gewone omstandigheden langen tijd als standvastig worden beschouwd; het blijkt dat zij in den loop van een jaar niet noemenswaard veranderen.

Ter bepaling van deze onbekenden voor een bepaald jaar kan men dus beschikken over ruim 700 vergelijkingen, en de eerste vraag welke zich voordoet is, of men bij de berekening van *a*, *b* en *c* alle vergelijkingen zal gebruiken, of alleen die, waarbij de windinvloed gering is. Men wenscht toch ten slotte eene formule op te maken, waaruit H.W. (Rotterdam) — H.W. (Hoek van Holland) voor een bepaalden datum zooveel mogelijk vrij van den windinvloed kan worden berekend. Er is dus wel eenige grond om de vergelijkingen, bij welke de windinvloed merkbaar is, buiten aanmerking te laten. Toch is dit niet geschied en wel om de volgende redenen.

De bepaling der grenzen, buiten welke men de vergelijkingen zal uitsluiten, is altijd eenigszins willekeurig, en het aantal stormvloeden met een zeer duidelijken windinvloed (gemiddeld ongeveer 4 à 5 per jaar) is ten opzichte van de ruim 700 vergelijkingen voor een geheel jaar gering. Daarenboven zal de invloed van den wind — die nu eens uit de eene, dan weder uit de andere richting waait — in het gemiddelde van een groot aantal waarnemingen grootendeels worden opgeheven. Men mag dus aannemen, dat in die gemiddelden, en vooral in verschillen van gemiddelden over reeksen van jaren, de windinvloed niet merkbaar zal zijn.

De windinvloed zal in het algemeen van samengestelden aard zijn; de wind op de Noordzee en in den Atlantischen Oceaan wijzigt den gemiddelden zeestand ook tusschen de oogenblikken van eb en vloed en doet daardoor het tijverschil afwijken van de normale waarde; bovendien zal de locale wind aan den Hoek van Holland den vorm van de vloedkromme verder kunnen veranderen en eene opwaaiing op den Waterweg zelven kunnen veroorzaken.

Met het oog hierop is de tweede vraag welke beantwoord moet worden: of het waargenomen tijverschil wel altijd de meest geschikte grootheid is om bij het zoeken van het verband tusschen den veranderlijken zeestand en de hoogwaterstanden op den Waterweg als uitgangspunt te dienen, en of het niet beter is om uit te gaan van het theoretisch tijverschil, zooals dit voorkomt in de getijtafels, sedert 1898 jaarlijks door het Departement van Waterstaat uitgegeven.

Een antwoord op die vraag is gezocht in de berekening der waterhoogten bij de stormvloeden, gedurende welke de verschillen tusschen de theoretische en waargenomen tijverschillen gewoonlijk veel grooter zijn dan in de normale omstandigheden en die dus het meest geschikte materiaal voor de beantwoording der vraag opleveren.

Hierbij werden de volgende uitkomsten verkregen.

Indien men de hoogwaterstanden tijdens de stormvloeden berekent met behulp van de formule, afgeleid uit de waargenomen tijverschillen, blijkt het, dat in de verschillen tusschen de berekende en de waargenomen hoogwaters een systematisch gedeelte voorkomt, dat evenredig is met het verschil: waargenomen — theoretisch tijverschil, en zoo men aan de gebruikte formule een term toevoegt om dit systematisch deel in de afwijking op te heffen, verkrijgt men juist de formule voor de

hoogwaterstanden, waarin de waargenomen door de theoretische tijverschillen zijn vervangen. Het is dus zaak dadelijk van deze formule uit te gaan.

Volgens de bovenstaande beschouwingen kan dan voor de berekening van a , b en c voor een gegeven jaar beschikt worden over ruim 700 vergelijkingen, waarvan het eerste lid en de waarde $A=900$ door de waarneming en de waarde $Y=165$ door de getijtafels zijn gegeven.

Het gemakkelijkst geschiedt de oplossing van a , b en c uit al die vergelijkingen, door deze te verdeelen in 9 groepen, naarmate Y en A eene kleine, gemiddelde of groote waarde hebben en de vergelijkingen van elke groep te sommeeren. Uit deze 9 vergelijkingen kan men dan eenvoudig, ook zonder toepassing van de methode der kleinste vierkanten, de waarschijnlijke waarden van a , b en c bepalen.

Op deze wijze zijn voor de jaren 1915 en 1906 de onbekenden a , b en c opgelost, niet alleen voor Rotterdam, waarvan in bijlage 19 een voorbeeld is gegeven voor het jaar 1915, maar ook voor Maassluis, Vlaardingen en Krimpen. Daarenboven zijn de ruim 700 vergelijkingen voor elk jaar voor de contrôle in twee deelen verdeeld, het eene deel omvattende de wintermaanden Januari, Februari, Maart, October, November en December, het andere de zomermaanden April—September, en zijn voor elk van die deelen afzonderlijk de onbekenden berekend. De vergelijking hunner waarden geeft eene maat voor hunne betrouwbaarheid.

De verkregen uitkomsten zijn de volgende:

1915.

	Maassluis.	Vlaardingen.	Rotterdam.	Krimpen.
<i>a.</i>				
Wintermaanden . . .	− 0.159	− 0.224	− 0.249	− 0.208
Zomermaanden . . .	− 0.191	− 0.231	− 0.238	− 0.229
Geheele jaar . . .	− 0.176	− 0.227	− 0.243	− 0.217
<i>b.</i>				
Wintermaanden . . .	+ 0.014	+ 0.020	+ 0.038	+ 0.073
Zomermaanden . . .	+ 0.024	+ 0.040	+ 0.057	+ 0.108
Geheele jaar . . .	+ 0.017	+ 0.026	+ 0.042	+ 0.083
<i>c.</i>				
Wintermaanden . . .	− 6.4	− 1.8	+ 7.4	+ 18.0
Zomermaanden . . .	− 5.4	− 1.5	+ 6.9	+ 19.9
Geheele jaar . . .	− 5.5	− 1.7	+ 7.1	+ 18.9

1906.

	Maassluis.	Vlaardingen.	Rotterdam.	Krimpen.
<i>a.</i>				
Wintermaanden . . .	− 0.171	− 0.239	− 0.269	− 0.259
Zomermaanden . . .	− 0.140	− 0.208	− 0.232	− 0.229
Geheele jaar . . .	− 0.154	− 0.222	− 0.248	− 0.243
<i>b.</i>				
Wintermaanden . . .	+ 0.022	+ 0.036	+ 0.063	+ 0.096
Zomermaanden . . .	+ 0.020	+ 0.032	+ 0.054	+ 0.097
Geheele jaar . . .	+ 0.021	+ 0.034	+ 0.060	+ 0.096
<i>c.</i>				
Wintermaanden . . .	− 3.4	+ 1.3	+ 8.8	+ 23.1
Zomermaanden . . .	− 5.3	− 1.2	+ 6.0	+ 22.3
Geheele jaar . . .	− 4.5	− 0.1	+ 7.3	+ 22.7

De nauwkeurigheid, waarmede de hoogwaterstanden in 1915 en 1906 door de voor die jaren berekende formules worden voorgesteld, blijkt, als men in de gemiddelde vergelijkingen van elk der 9 genoemde groepen de gevonden waarden voor a , b en c invoert en de verschillen waarneming — berekening opmaakt.

Men verkrijgt dan voor die verschillen de volgende waarden:

1915.

Groep.	Aantal waarnemingen.	Maas-sluis.	Vlaar-dingen.	Rotterdam.	Krimpen.
1e	56	+ 0.3c.M.	+ 0.9c.M.	+ 2.2 c.M.	+ 2.2c.M
2e	71	+ 1.0 „	+ 0.4 „	- 0.4 „	+ 1.1 „
3e	48	- 1.3 „	- 0.6 „	- 0.1 „	- 2.5 „
4e	97	+ 0.1 „	+ 0.3 „	+ 0.8 „	- 0.7 „
5e	169	- 0.7 „	- 1.1 „	- 2.1 „	- 1.0 „
6e	112	+ 0.5 „	+ 0.7 „	+ 1.4 „	+ 0.8 „
7e	29	- 0.9 „	- 0.2 „	+ 0.2 „	- 0.8 „
8e	85	+ 0.5 „	+ 0.5 „	- 0.1 „	+ 0.8 „
9e	36	+ 0.4 „	+ 0.6 „	+ 2.1 „	+ 1.0 „

1906.

Groep.	Aantal waarnemingen.	Maas-sluis.	Vlaar-dingen.	Rotterdam.	Krimpen.
1e	59	+ 0.4c M.	+ 0.8c.M.	+ 1.7 c.M.	+ 2.2c.M.
2e	73	+ 0.3 „	- 0.1 „	- 0.4 „	- 0.4 „
3e	42	+ 0.5 „	+ 1.1 „	+ 1.5 „	- 0.4 „
4e	105	+ 0.1 „	- 1.0 „	- 0.2 „	- 0.7 „
5e	138	+ 0.2 „	+ 0.3 „	- 0.1 „	+ 0.1 „
6e	99	- 0.8 „	- 1.2 „	- 1.9 „	- 1.1 „
7e	57	- 0.5 „	- 0.9 „	- 0.9 „	- 1.9 „
8e	76	+ 0.4 „	+ 0.8 „	+ 0.6 „	+ 1.3 „
9e	55	+ 1.0 „	+ 1.5 „	+ 2.6 „	+ 1.8 „

De overeenstemming van waarneming en berekening is bevredigend.

Vóór dat het besluit was genomen, om de berekening met behulp van het tijverschil uit de getijtafels te verrichten, waren de waarden van *a*, *b* en *c* reeds voor een

aantal jaren in het tijdvak 1876—1915 berekend, door voor *Y* het waargenomen tijverschil te gebruiken, en het was nu de vraag of het noodig was, voor de jaren nà 1898, de berekening met de tafelwaarden van *Y* te herhalen. Voor de jaren vóór 1898 is dit niet mogelijk, daar de tafels vóór dat jaar nog niet werden uitgegeven. Waar het tijverschil, afgezien van dagen van stormvloeden, door den wind nu eens wordt vergroot, dan weder verkleind, is er geen reden om, hetzij de vergrooting, hetzij de verkleining als meer waarschijnlijk aan te nemen, zoodat er dus wel grond is voor het vermoeden, dat de waarden van *a*, *b* en *c* niet veel zullen verschillen of men de eene dan wel de andere waarde van *Y* invoert, althans wanneer het aantal waarnemingen, waaruit de waarden worden berekend, niet te klein is. Eene vergelijking der langs beide wegen verkregen uitkomsten kan hieromtrent zekerheid geven.

In de volgende tabel zijn nu onder I vermeld de waarden van *a*, *b* en *c*, berekend met behulp der waargenomen tijverschillen en onder II die, berekend met behulp van de tijverschillen uit de tafels, daarachter zijn toegevoegd de verschillen II—I.

Geheele jaar 1915.

Coëfficiënt.	Maassluis.			Vlaardingen.			Rotterdam.			Krimpen.		
	I.	II.	II-I.	I.	II.	II-I.	I.	II.	II-I.	I.	II.	II-I.
a	-0.163	-0.176	-0.013	-0.203	-0.227	-0.024	-0.210	-0.243	-0.033	-0.193	-0.217	-0.024
b	+0.019	+0.017	-0.002	+0.026	+0.026	0	+0.043	+0.042	-0.001	+0.084	+0.083	-0.001
c	-5.2	-5.5	-0.3	-1.3	-1.7	-0.4	+7.5	+7.1	-0.4	+19.4	+18.9	-0.5

Geheele jaar 1906.

a	-0.132	-0.154	-0.022	-0.187	-0.222	-0.035	-0.205	-0.248	-0.043	-0.197	-0.243	-0.046
b	+0.023	+0.021	-0.002	+0.037	+0.034	-0.003	+0.067	+0.060	-0.007	+0.099	+0.096	-0.003
c	-4.5	-4.5	0	0.0	-0.1	-0.1	+7.7	+7.3	-0.4	+22.7	+22.7	0

De overeenstemming der waarden I en II is vrij groot, maar hun verschillen zijn toch niet geheel zonder beteekenis. In beide jaren zijn echter de verschillen in dezelfde richting en ongeveer even groot, er is dus grond om aan te nemen, dat de verschillen van de coëfficiënten *a*, *b* en *c* voor groepen van jaren, waarom het vooral te doen is, bij de berekening I ongeveer even groot zullen uitvallen als bij de berekening II. Men kan dus zonder bezwaar de coëfficiënten *a*, *b* en *c*, van af 1876 met behulp van de waargenomen tijverschillen berekend, beschouwen als of zij berekend waren met de theoretische tijverschillen uit de tafels.

De perioden waarvoor de waarden van *a*, *b* en *c* zijn berekend en welke gekozen zijn zooveel mogelijk vóór en nà uitvoering van belangrijke verbeteringswerken, zijn de volgende :

1876—1878	1896—1897
1881—1883	1906—1907
1888—1889	1913—1915

Verder dan 1876 kon niet worden teruggegaan, daar van vóór 1876 geen voldoende gegevens van hoog- en laagwaterstanden beschikbaar waren. Voor de jaren 1876, 1877, 1878, 1881, 1882 en 1883 moest genoegen genomen worden met de uiteraard minder nauwkeurig waargenomen waterstanden, afgelezen aan de gewone peilschaal te Hoek van Holland, daar de registreerende peilschaal eerst op 1 Augustus 1887 in dienst werd gesteld.

Daar aan de gewone peilschaal alleen dagwaarnemingen werden verricht, was het aantal waarnemingen voor die jaren ook tot de helft beperkt; de splitsing in winter- en zomermaanden is voor die jaren achterwege gelaten om ongeveer een zelfde aantal waarnemingen in de groepen te behouden.

In onderstaande tabel zijn voor elke periode de gemiddelden der berekende waarden van *a*, *b* en *c* voor Maassluis, Vlaardingen, Rotterdam en Krimpen opgegeven.

Periode.	<i>a.</i>				<i>b.</i>				<i>c.</i>			
	Maassluis.	Vlaardingen.	Rotterdam.	Krimpen.	Maassluis.	Vlaardingen.	Rotterdam.	Krimpen.	Maassluis.	Vlaardingen.	Rotterdam.	Krimpen.
1876—1878	— 0.103	— 0.163	— 0.185	— 0.187	0.030	0.055	0.103	0.141	— 0.8	— 4.4	2.2	— 3.0
1881—1883	— 0.056	— 0.150	— 0.234	— 0.193	0.026	0.054	0.105	0.153	— 1.9	— 5.2	0.5	4.9
1888—1889	— 0.086	— 0.161	— 0.205	— 0.200	0.028	0.040	0.075	0.116	0.9	— 2.7	3.2	15.4
1896—1897	— 0.089	— 0.164	— 0.207	— 0.195	0.015	0.034	0.068	0.110	4.9	4.8	8.9	21.3
1906—1907	— 0.143	— 0.206	— 0.230	— 0.221	0.021	0.031	0.057	0.096	— 5.0	— 0.4	6.9	22.1
1913—1915	— 0.146	— 0.178	— 0.189	— 0.176	0.021	0.031	0.055	0.089	— 4.0	0.0	7.8	20.1

Uit de verandering der waarden van *a*, *b* en *c* in den loop der jaren volgen de veranderingen, welke de uitgevoerde verbeteringswerken hebben teweeg gebracht, zoowel in de hoogwaterstanden onder gemiddelde omstandigheden, als in den invloed dien het tijverschil in zee en de waterstand op de bovenrivier op die hoogwaterstanden uitoefenen.

De waarde van *c* geeft aan het verschil tusschen H.W. op een der plaatsen op den Rotterdamschen Waterweg en H.W. te Hoek van Holland bij een gemiddeld tijverschil in zee $Y = 165$ c.M. en een gemiddelden rivierstand te Arnhem $A = 900$ c.M. + N.A.P.

Uit de boven gegeven waarden voor *c* blijkt, dat in dat gemiddelde geval over het algemeen het hoogwater op den Rotterdamschen Waterweg van 1876 tot 1897 is gestegen en daarna van 1897 tot 1915 weer iets is gedaald.

De verandering nà 1897 zal met vrij groote zekerheid kunnen worden toegeschreven aan de van 1897 tot 1907 uitgevoerde werken, n.l. de beperking van het groot-scheepsvaarwater door verhooging en aanleg van lage dammen op het benedenste gedeelte van den Waterweg, gepaard met een verruiming van het profiel boven Vlaardingen, twee omstandigheden welke beide een verlaging van het hoogwater rivieropwaarts kunnen hebben veroorzaakt.

Over het geheele tijdvak 1876—1915, zijn de hoogwaterstanden voor $Y = 165$ en $A = 900$.

te Maassluis	gedaald met ongeveer	3	c.M.
„ Vlaardingen gestegen	„	4	„
„ Rotterdam	„	5	„
„ Krimpen	„	23	„

Voor Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam is deze verandering dus van weinig beteekenis geweest, alleen bij Krimpen is de hoogwaterstand, voornamelijk van 1876 tot 1896, niet onbelangrijk gestegen.

De waarden van a geven den invloed van het tijverschil in zee op de hoogwaterstanden aan. Deze waarden zijn in den loop der jaren slechts weinig veranderd, nu eens een weinig vergroot, dan weder een weinig verkleind; een bepaalde gang is daarin niet waar te nemen.

Over het geheele tijdvak 1876—1915 is de absolute waarde van a :

voor Maassluis	toegenomen met	0.043
„ Vlaardingen	„ „	0.015
„ Rotterdam	„ „	0.004
„ Krimpen	afgenomen „	0.011

Daar de grootste afwijking van het gemiddelde tijverschil $Y = 165$ c.M., zonder windinvloed, op ongeveer 65 c.M. kan worden gesteld, heeft de verandering van de waarde van a in het geheele tijdvak, voor Vlaardingen, Rotterdam en Krimpen nagenoeg geen invloed op de hoogwaterstanden, terwijl voor Maassluis de grootste verandering

$$65 \times 0.043 = 2.8 \text{ c.M. bedraagt,}$$

d.w.z. eene verhooging van den hoogwaterstand met ongeveer 3 c.M. bij een kleinste tijverschil en een zelfde verlaging van den hoogwaterstand bij een grootste tijverschil.

In de nota, bijlage 16, is nader onderzocht de invloed van tijverschil en halftijstand. Bij dat onderzoek is gebleken, dat een verhooging van de hoogwaterstanden tengevolge van de vergroting der tijverschillen weder wordt opgeheven door de gelijktijdige verlaging van de halftijstanden.

Uit de cijfers blijkt dus wel, dat de invloed van het tijverschil op de hoogwaterstanden op den Rotterdamschen Waterweg in den loop der jaren niet noemenswaard is gewijzigd.

Anders is het gesteld met den invloed van de bovenrivier, welke invloed wordt weergegeven door de waarden van b .

Voor al de 4 plaatsen is de waarde van b in den loop der jaren vrij geleidelijk afgenomen, hetgeen wil zeggen, dat de invloed van de bovenrivier op de hoogwaterstanden op den Rotterdamschen Waterweg is verminderd en dus een hooger stand der bovenrivier thans een geringere verhooging van den hoogwaterstand tengevolge heeft dan vroeger.

Als hoogste stand bij open rivier werd te Arnhem waargenomen in Januari 1883 een stand van 1306 c.M. + N.A.P. Met een dergelijken stand, welke slechts gedurende één korte periode van enkele dagen in de laatste 60 jaren is voorgekomen, behoeft uiteraard praktisch geen rekening te worden gehouden en voor eene beschouwing van de verandering van de hoogwaterstanden kan als hoogste rivierstand, waarmede men te rekenen heeft, worden aangenomen een stand van omstreeks 1200 c.M. + N.A.P., welke stand sedert de geregelde waarnemingen van 1861 tot 1915 gemiddeld ongeveer 3 à 4 dagen per jaar werd overschreden.

Voor dezen rivierstand $A = 1200$, of 300 c.M. boven den gemiddelden rivierstand, heeft de verhooging van het hoogwater op den Rotterdamschen Waterweg ten opzichte van den gemiddelden stand, thans en vroeger, de hieronder aangegeven waarden.

Verhooging hoogwater Rotterdamschen Waterweg tengevolge van een verhooging van den rivierstand te Arnhem met 300 c.M.

Plaats.	In 1876—1878.	In 1913—1915.	Minder in 1913—1915 dan in 1876—1878.
Maassluis	9.0 c.M.	6.3 c.M.	2.7 c.M.
Vlaardingen . . .	16.5 „	9.3 „	7.2 „
Rotterdam	30.9 „	16.5 „	14.4 „
Krimpen	42.3 „	26.7 „	15.6 „

Uit deze cijfers blijkt, dat de invloed van de bovenrivier door de uitgevoerde verbeteringswerken, vooral voor de hoogwaterstanden te Rotterdam en Krimpen, belangrijk is verminderd.

Waar, blijkens het bovenvermelde, de invloed van het tijverschil in den loop der jaren zoo weinig is veranderd, wordt de verandering van de hoogwaterstanden in hoofdzaak beheerscht door de veranderingen van *b* en *c* te zamen beschouwd.

Ten einde van deze gezamenlijke veranderingen een duidelijk overzicht te verkrijgen, zijn in onderstaande tabel opgegeven de verschillen van H.W. op de 4 plaatsen Maassluis enz. met H.W. te Hoek van Holland (dus H.W. Maassluis—H.W. Hoek van Holland enz.), voor de perioden 1876—'78 en 1913—'15 bij een lagen bovenrivierstand $A = 700$ c.M. + N.A.P. ¹⁾, bij een gemiddelden stand der bovenrivier $A = 900$ c.M. + N.A.P. en bij een hoogen bovenrivierstand $A = 1200$ c.M. + N.A.P., alles bij een gemiddeld tijverschil in zee $Y = 165$ c.M.

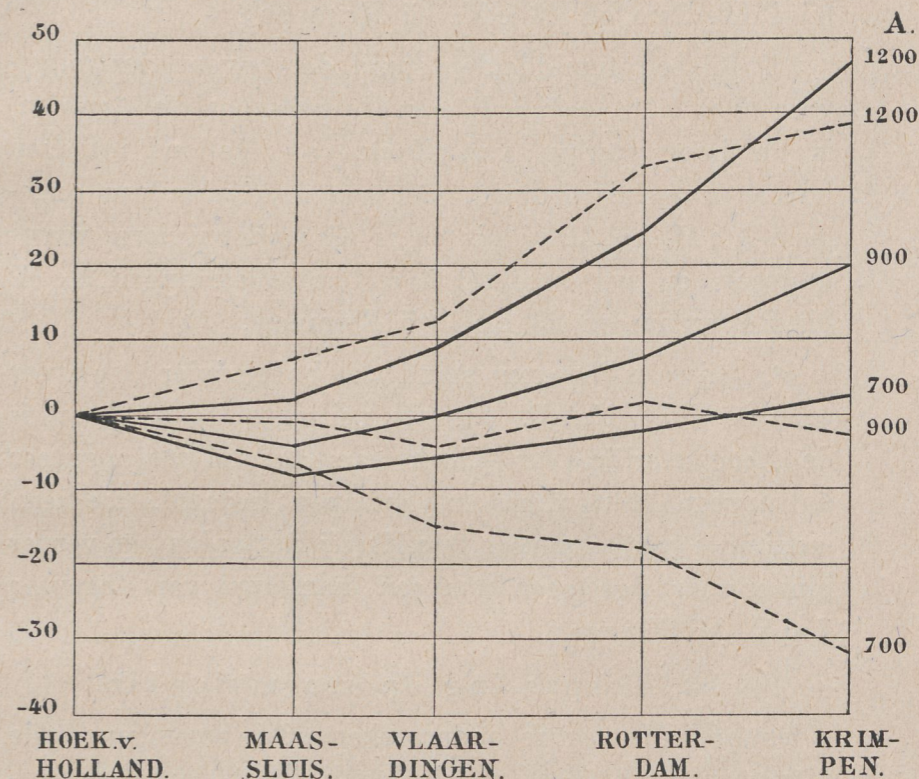
Rivierstand te Arnhem.	Periode.	Verschil met H.W. te Hoek van Holland van H.W. te:			
		Maassluis.	Vlaardingen.	Rotterdam.	Krimpen.
		c.M.	c.M.	c.M.	c.M.
$A = 700$ c.M. + N.A.P.	1876—1878	-6.8	-15.4	-18.4	-31.2
	1913—1915	-8.2	-6.2	-3.2	+2.3
$A = 900$ c.M. + N.A.P.	1876—1878	-0.8	-4.4	+2.2	-3.0
	1913—1915	-4.0	0.0	+7.8	+20.1
$A = 1200$ c.M. + N.A.P.	1876—1878	+8.2	+12.1	+33.1	+39.3
	1913—1915	+2.3	+9.3	+24.3	+46.8

¹⁾ De laagste rivierstand te Arnhem, bij open rivier waargenomen bedraagt 685 c.M. + N.A.P.

Ter verduidelijking zijn in onderstaande figuur de hoogwaterlijnen volgens de hierboven opgegeven getallen geteekend. De lijnen voor de periode 1913—'15 zijn getrokken, die voor de periode 1876—'78 geblokt.

HOOGWATERLIJNEN ROTTERDAMSCHEN WATERWEG TEN OPZICHTE VAN H.W. TE HOEK VAN HOLLAND.

c.M. +
H.W. HOEK v. HOLL.



— 1913-15. Schaal { lengte $1/400,000$
- - - 1876-78. { hoogte $1/10$

Uit bovenstaande figuur blijkt, dat als gezamenlijk resultaat van al de van 1876 tot 1915 op den geheelen Rotterdamschen Waterweg uitgevoerde verbeteringswerken, waardoor de minste diepte in de doorgaande vaargeul van Zee tot Rotterdam is toegenomen:

van ongeveer 4.80 M. onder H.W. in 1876
tot " 10.— M. " " " 1915

het volgende kan worden aangenomen:

1°. Bij een lagen stand der bovenrivier (ongeveer 700 c.M. + N.A.P. aan de peilschaal te Arnhem) is de hoogwaterlijn van Hoek van Holland tot even boven Maassluis een weinig gedaald, met een maximum van ruim 1 c.M. bij Maassluis en is zij verder rivieropwaarts gestegen, en wel ongeveer 9 c.M. bij Vlaardingen, 15 c.M. bij Rotterdam en 33 c.M. bij Krimpen;

2°. Bij een gemiddelden stand der bovenrivier (ongeveer 900 c.M. + N.A.P. aan de peilschaal te Arnhem) is de hoogwaterlijn van Hoek van Holland tot even boven Maassluis gedaald, met een maximum van ongeveer 3 c.M. bij Maassluis en is zij verder rivieropwaarts gestegen, en wel ongeveer 4 c.M. bij Vlaardingen, 5 c.M. bij Rotterdam en 23 c.M. bij Krimpen;

3°. Bij een hoogen stand der bovenrivier (ongeveer 1200 c.M. + N.A.P. aan de peilschaal te Arnhem) is de hoogwaterlijn van Hoek van Holland tot ongeveer halverwege Rotterdam en Krimpen gedaald, met een maximum van ongeveer 9 c.M. bij Rotterdam, en verder binnenwaarts gestegen met een maximum van ongeveer 7 c.M. bij Krimpen.

§ 23. Toepassing op stormvloeden.

Thans blijft nog te onderzoeken of de bovengenoemde uitkomsten, in hoofdzaak verkregen uit de hoogwaterstanden onder normale omstandigheden, ook in voldoende mate geldig blijven bij stormvloeden, waarbij de windvloed sterk afwijkende waarden van het tijverschil veroorzaakt, het doorstromingsprofiel van de rivier belangrijk wordt vergroot en ten slotte nog opwaaiing op de rivier zelve kan optreden.

Te dien einde zijn uit 131 waarnemingen tijdens de stormvloeden van 1887 tot en met Jan. 1916, bij welke de hoogwaterstanden te Hoek van Holland minstens een

hoogte van 180 c.M. + N.A.P. bereikten, de waarden der coëfficiënten a , b en c in de formule voor de waterhoogten te Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam berekend op volkomen gelijke wijze als vroeger uit al de waterhoogten gedurende de verschillende jaren is geschied.

De uitkomsten van die berekeningen zijn bijeengevat in de volgende tabel, waarin ter vergelijking ook zijn opgenomen de gemiddelde waarden van a , b en c uit al de waterhoogten in het tijdvak van 1887 tot 1915 verkregen.

	Maassluis.			Vlaardingen.			Rotterdam.		
	a .	b .	c .	a .	b .	c .	a .	b .	c .
Uit stormvloed- hoogten	-0.105	+0.013	+2.5	-0.149	+0.013	+3.6	-0.184	+0.029	+9.6
Uit al de waarne- mingen	-0.116	+0.021	-0.7	-0.177	+0.034	+0.1	-0.208	+0.064	+7.2

Uit de vergelijking der beide waarden van den zelfden coëfficiënt blijkt, dat de formules voor de hoogwaterstanden in de drie plaatsen ten opzichte van hoogwater te Hoek van Holland tijdens de stormvloeden geheel denzelfden vorm hebben als bij de gewone vloeden en alleen de grootte der coëfficiënten een weinig verschillend is.

In procenten uitgedrukt zijn de verschillen van a , hoewel alle in dezelfde richting, echter zoo gering dat praktisch de invloed van het tijverschil (uit de tafels) bij stormvloeden en gewone vloeden als gelijk kan beschouwd worden.

De verschillen van b in procenten zijn grooter en wijzen er op, dat de hoogere bovenrivierstanden op de benedenrivier te Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam een geringere verhooging te weeg brengen bij stormvloeden dan bij gewone vloeden, hetgeen trouwens te verwachten was.

De waarden van c , die doen kennen hoeveel het water

te Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam hooger staat dan te Hoek van Holland, wanneer het tijverschil en de rivierstand te Arnhem hun gemiddelde waarden hebben, zijn, zooals eveneens te verwachten was, ten gevolge van opwaaiing, tijdens de stormvloeden grooter dan onder gewone omstandigheden en hun verschil bedraagt 2 à 3 c.M.

Op de waarde van c , afgeleid uit al de waarnemingen gedurende een jaar, zal de wind slechts een geringen invloed hebben, daar hij in den loop van het jaar allerlei waarden verkrijgt, die c zullen verkleinen (oostelijke winden) en c zullen vergrooten (westelijke winden); daar deze laatste echter overheerschend zijn zal c uit alle waarnemingen berekend, een weinig grooter zijn dan c zooals deze onder gemiddelde omstandigheden op volkomen windstille dagen zou worden waargenomen. Hoe groot evenwel c bij volkomen windstilte zou zijn, is niet met nauwkeurigheid te bepalen, maar uit verschillende gegevens mag worden afgeleid, dat hare waarde voor Rotterdam ongeveer 6 c.M. zal bedragen.

Nu ook voor de stormvloeden bepaald is, hoe de hoogwaterstanden afhangen van het tijverschil en den stand van de bovenrivier, is het mogelijk den invloed van den wind op deze hoogwaterstanden te bepalen. Met behulp van de termen $a (Y - 165) + b (A - 900)$ kunnen namelijk die hoogwaterstanden herleid worden tot de gemiddelde waarden $Y = 165$ c.M. en $A = 900$ c.M. + N.A.P. en zoo men deze herleide waarden vermindert met het verschil c dat onder gemiddelde omstandigheden op windstille dagen tusschen den hoogwaterstand op de waarnemingsplaats en te Hoek van Holland wordt waargenomen (voor Rotterdam + 6 c.M.), mag men de overblijvende waarde als de directe of indirecte invloed van den wind beschouwen. Uit deze gegevens kan dan de afhankelijkheid van den windinvloed van de windkracht

en windrichting worden afgeleid, indien bepaald is welke windkracht en windrichting bij elk der hoogwaterstanden moet worden aangenomen.

Het is natuurlijk niet mogelijk streng rekening te houden met al de veranderlijke waarden van richting en kracht van den wind, welke vóór het hoogwater heeft geheerscht; als vrij betrouwbare waarden van hun gemiddelden kunnen worden aangenomen de windkracht en windrichting in bijlage 29 opgegeven voor het hoogwater te Hoek van Holland, die afgeleid zijn uit de aldaar waargenomen waarden gedurende het tijdvak van het voorafgaande laagwater tot het hoogwater.

Indien men de afwijkingen Δ rangschikt naar de richting en kracht van den wind, blijkt het, dat voor de hoogwaters te Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam de betrekkingen tusschen de Δ en de windkracht onderling slechts weinig verschillen, doch dat voor Krimpen genoemde betrekking veel afwijkt van die welke voor de andere drie plaatsen geldt; het is trouwens duidelijk, dat, zoo men hooger op de rivier komt, de windinvloed door de riviervertakkingen van samengestelden aard wordt.

Het onderzoek is daarom beperkt tot Rotterdam en voor die plaats de verhooging bepaald, welke bij een bepaalde kracht en richting van den wind gemiddeld wordt te weeg gebracht. De afleiding van de verhooging der waterstanden tengevolge van den wind te Hoek van Holland bij een bepaalde kracht en richting, opge maakt door den Voorzitter, is gegeven in bijlage 20. Zoo men de verhooging door den wind, welke in die bijlage is vermeld, als verbetering aan de waargenomen hoogten aanbrengt, worden voor Rotterdam hunne afwijkingen van de berekende hoogten gemiddeld met 4 c.M. verminderd.

Bij de beoordeeling van de cijfers, waaruit de windinvloed is berekend, houde men in het oog, dat is uit-

gegaan van den gemiddelden wind te Hoek van Holland gedurende het tijdvak van laagwater tot hoogwater, zoodat met veranderingen van den wind gedurende genoemd tijdvak of in het tijdvak tusschen H.W. te Hoek van Holland en H.W. te Rotterdam geen rekening is gehouden. Bij een voorloopig onderzoek omtrent deze veranderingen bleek, dat de groote afwijkingen tusschen waargenomen en berekende waterhoogten daaruit ten deele verklaard kunnen worden. Voor het onderhavige onderzoek werd het evenwel niet noodig geoordeeld hierop verder in te gaan.

Ten einde na te gaan of de gemiddelde afwijking van waargenomen en berekende waterhoogten bij stormvloed in den loop der jaren is veranderd, zijn die gemiddelden Δ gevormd voor 3 groepen van jaren 1887—1896, 1897—1906 en 1907—1916. Zij zijn hieronder opgegeven met hunne middelbare fouten, ter kenschetsing van hun betrouwbaarheid; het aantal waarnemingen is tusschen twee haakjes bijgevoegd.

$$\Delta = +0.5 \text{ c.M. } \pm 1.6 (33) \quad \Delta = -1.1 \text{ c.M. } \pm 1.5 (52) \quad \Delta = +1.7 \text{ c.M. } \pm 1.7 (46)$$

Deze cijfers wijzen erop, dat in den loop van 20 jaren de hoogwaterstanden bij stormvloed, in vergelijking tot de normale hoogwaterstanden, slechts een uiterst geringe stijging hebben ondergaan, een stijging, welke met het oog op de middelbare fouten der uitkomsten, op niet meer dan 1 à 2 c.M. gesteld kan worden.

Uit de voorafgaande beschouwingen blijkt dus, dat bij overigens gelijke omstandigheden, de verandering der verschillen tusschen de hoogwaterstanden bij stormvloed te Rotterdam en Hoek van Holland in den loop der jaren zoo gering is, dat er praktisch niet van een bepaald verband tusschen een verhooging der stormvloedstanden op den Rotterdamschen Waterweg en de aan die rivier uitgevoerde verbeteringswerken kan worden gesproken.

Ten einde een antwoord te kunnen geven op de eerste vraag welke aan de Commissie ter beantwoording was voorgelegd:

„of er gegronde redenen bestaan om verband aan te nemen tusschen de bij den stormvloed van 13/14 Januari 1916 op het binnenwaartsche deel van den Rotterdamschen Waterweg voorgekomen hogere waterstanden, dan daar vroeger zijn waargenomen en de ten behoeve der verbetering van die rivier uitgevoerde werken”

dient nog te worden onderzocht, of de hierboven afgeleide formule op den stormvloed van 13/14 Januari 1916 toepasselijk is. De mogelijkheid bestaat toch, dat de op 13/14 Januari waargenomen hoogwaterstanden in sterke mate van de gebruikte formule zouden afwijken.

Om dit na te gaan, zijn voor dien datum de hoogwaterstanden te Rotterdam berekend en met de waargenomen hoogten vergeleken; men verkrijgt dan:

	Waargenomen H.W.	Berekend H.W.	Δ waarn. — berek.
	c.M. + N.A.P.	c.M. + N.A.P.	c.M.
1e hoogwater	225	225	0
2e hoogwater	331	317	14
	gemiddeld		7

Met het oog op de mogelijke fouten der waarnemingen mag zeker worden aangenomen, dat de bij den stormvloed van 13/14 Januari 1916 gevonden afwijking blijft binnen de grens der te bereiken nauwkeurigheid, zoodat men gerechtigd is om het uit de formule afgeleide resultaat als werkelijk voor dien stormvloed geldend te beschouwen.

§ 24. Uitkomsten van twee empirische onderzoeken, alleen betrekking hebbende op stormvloed en.

Wegens het groote belang dat de tijdens stormvloed verkregen waarnemingen voor de beantwoording der aan de Commissie gestelde vragen hebben, worden hier ook medegedeeld de uitkomsten van twee onderzoeken, waarvan de eerste op alle stormvloed in de periode 1887—1916, de tweede alleen op de hoogste van deze stormvloed betrekking heeft.

Het eerste onderzoek, in bijlage 21 vervat, kan als volgt worden samengevat.

Noemen wij het verschil H.W. (Rotterdam) — H.W. (Hoek van Holland) D , dan kunnen wij de grootheden D voor alle 136 stormvloed ¹⁾ rangschikken naar de windrichting, gemiddeld tusschen H.W. en het voorafgaande L.W. te Hoek van Holland waargenomen, bijlage 29, en voor iedere windrichting de gemiddelde D_m en de gemiddelde windkracht W_m bepalen. Men vindt dan een grootste waarde $D_m : W_m$ bij Westenwind; naar het Z.W. en N.W. toe vrij regelmatig afnemende waarden, welke ten slotte negatief worden. Corrigeert men nu als eerste benadering elke D met een bedrag $-W \times (D_m : W_m)$, passende bij de bijbehoorende windrichting, dan mogen de overblijvende waarden D' beschouwd worden als in hoofdzaak van windinvloed bevrijd.

Eene rangschikking van de waarden D' naar de hoogere en lagere standen der rivier bij Arnhem levert de gegevens om op dergelijke wijze waarden D'' te berekenen, welke grootendeels van den invloed der bovenrivier zijn bevrijd.

Omdat de waargenomen tijverschillen mede van den wind blijken af te hangen, geeft de rangschikking der

¹⁾ Bij dit onderzoek zijn 5 stormvloed, voorgekomen na Januari 1916, meer gebruikt dan in het onderzoek beschreven in § 23.

grootheden D'' weinig aanleiding om ook voor tijverschil correctie aan te brengen.

De middelwaarde van D'' blijkt nu te bedragen in de perioden:

1887—1896	1897—1906	1907—1916
—2.0	—1.2	+2.2 c.M.

Ook hier vindt men dus een geringe stijging van het H.W. te Rotterdam, welke in den loop van 20 jaren een bedrag van 4.2 c.M. bereikt, vrijwel dezelfde waarde dus als uit het vorig onderzoek volgde, dat in de berekende waarde voor Rotterdam onder normale omstandigheden een stijging van ongeveer 5 c.M. over 37 jaar gaf voor $Y = 165$ en $A = 900$ en bovendien in de afwijking van de berekening voor stormvloed Δ , nog een aanduiding van een stijging van hoogstens 2 c.M. in de laatste 20 jaar. Voor de stijging over het geheele tijdvak 1887—1916 bij stormvloed met een hoogwaterstand aan den Hoek van Holland boven $205 + \text{N.A.P.}$ werd 5.2, voor de stijging bij stormvloed met een halftijstand boven $150 + \text{N.A.P.}$ werd slechts 1.5 c.M. gevonden — vrijwel dezelfde of geringere waarden dus voor de stijging bij de hoogste vloed. Ook de vermindering in de verhooging van de vloedstanden te Rotterdam door hoge standen der bovenrivier, werd door de rangschikking der waarden D' aangetoond.

Deze uitkomsten zijn dus geheel in overeenstemming met de uitkomsten van het in de vorige paragrafen beschreven onderzoek.

Een laatste onderzoek, vervat in bijlage 22, beschouwde alleen die stormvloed tusschen 1887 en 1917 voorgekomen, waarbij te Hoek van Holland een stand werd bereikt van $225 \text{ c.M.} + \text{N.A.P.}$ of hooger.

Indien men den zeer buitengewonen stormvloed van 23 Januari 1895 buiten beschouwing laat, dan blijkt tusschen 9 Februari 1889 en 3 December 1917 een der-

gelijke stand 26 maal te zijn voorgekomen en wel 13 maal in het tijdvak 1889—1903 en 13 maal van 1904 tot 1917.

Voor al deze gevallen werd het astronomisch getij zoo nauwkeurig mogelijk berekend, zoowel voor Hoek van Holland als voor Rotterdam, en het verschil met den waargenomen waterstand — na correctie voor den invloed van de bovenrivier — als „windeffect” opgevat.

Het bleek dat in het eerste tijdvak het windeffect te Rotterdam 9 maal een grooter bedrag bereikte dan te Hoek van Holland, in het tweede tijdvak 8 maal.

In het eerste tijdvak lag het grootste verschil windeffect Rotterdam—windeffect Hoek van Holland 2 maal tusschen 24 en 28 c.M., in het laatste tijdvak 3 maal.

Dit groote verschil in windeffect komt overeen met het grootste windeffect op de rivier, volgens de beide hier vooraf behandelde onderzoekingen te wachten.

Een grootste negatieve afwijking van 25 c.M. komt in beide tijdvakken éénmaal voor. Het gemiddeld verschil in het windeffect te Rotterdam en te Hoek van Holland bedraagt in het eerste tijdvak 6.3, in het tweede 5.5 c.M.

Ten slotte is nog, voor zoover zulks met de beschikbare gegevens mogelijk was, een onderzoek ingesteld naar het grootste windeffect, te Hoek van Holland in de laatste 100 jaar voorgekomen. Hierbij is gebleken, dat dit grootste windeffect tweemaal een bedrag heeft bereikt van ongeveer 280 c.M., n.l. in 1825 en in 1916, en dat alleen na een langdurige periode van buig en stormachtig weder uit het zuidwesten tot noordwesten in den Atlantischen Oceaen, gevolgd door een zeer krachtigen aanhoudenden westnoordwestelijken storm een dergelijk windeffect te wachten is.

Noch bij de uitkomsten der berekening van het windeffect te Hoek van Holland, noch bij die van het verschil in windeffect te Hoek van Holland en Rotterdam, is het mogelijk met zekerheid eenige toename met den tijd aan

te toonen, zoodat het windeffect onafhankelijk of slechts in uiterst geringe mate afhankelijk blijkt te zijn van de ten behoeve der verbetering van de rivier uitgevoerde werken.

§ 25. Besluit.

Op grond van de verrichte onderzoekingen kan het antwoord op de eerste vraag luiden :

dat er geen gegronde redenen bestaan om een verband aan te nemen tusschen de op 13/14 Januari 1916 op het binnenwaartsche deel van den Rotterdamschen Waterweg voorgekomen hoogere waterstanden dan daar vroeger zijn waargenomen en de ten behoeve der verbetering van die rivier uitgevoerde werken, behalve wat betreft de gevonden geringe verhooging van slechts enkele c.M., welke van geen praktische beteekenis is te achten.

HOOFDSTUK V.

Beschouwingen over de andere in Zuidholland gelegen benedenrivieren.

§ 26. Oude Maas, Haringvliet, Hollandsch Diep en Merweden.

Aan de Commissie is de opdracht verstrekt om een onderzoek in te stellen omtrent de oorzaken van de buitengewoon hoge waterstanden, tijdens den stormvloed van 13/14 Januari 1916 voorgekomen op de in Zuidholland gelegen benedenrivieren, meer bepaaldelijk op den Rotterdamschen Waterweg.

De voorafgaande hoofdstukken hebben in hoofdzaak betrekking op de waarnemingen en onderzoekingen omtrent den Rotterdamschen Waterweg, terwijl de overige in Zuidholland gelegen benedenrivieren slechts voor zoover zij in direct verband met den Rotterdamschen Waterweg staan, ter sprake zijn gebracht.

Daar de overige benedenrivieren in den loop der jaren in vergelijking tot de veranderingen aan den Rotterdamschen Waterweg aangebracht, slechts weinig wijziging hebben ondergaan en bij het in hoofdstuk IV beschreven onderzoek van den Rotterdamschen Waterweg is gebleken, dat de aan die rivier uitgevoerde zoo omvangrijke verbeteringswerken slechts een zeer geringen invloed hebben gehad op de verhooging der stormvloedstanden, achtte de Commissie het niet noodig ook voor de overige benedenrivieren een even uitgebreid onderzoek in te stellen. Zij meende op voldoende wijze aan de haar verstrekte opdracht te kunnen voldoen, door uit eene vergelijking der stormvloedstanden

aan enkele punten langs de overige in Zuidholland gelegen benedenrivieren waargenomen, met die te Hoek van Holland of Hellevoetsluis, zoowel in vroeger tijden als bij den tegenwoordigen toestand, af te leiden in hoeverre zich wijzigingen van eenig belang hebben voorgedaan.

Bij het onderzoek, beschreven in hoofdstuk IV, is gebleken, dat de in Januari 1916 op den Rotterdamschen Waterweg voorgekomen hoogere waterstanden dan daar vroeger zijn waargenomen, voor slechts zulk een gering deel het gevolg zijn van de uitgevoerde verbeteringswerken, dat dit niet van praktische beteekenis kan worden geacht.

Uit het door de afdeling A ingestelde onderzoek, waarvan de uitkomsten in het verslag dier afdeling zijn weergegeven, is voorts gebleken dat de hoge waterstanden van 13/14 Januari 1916 op den Rotterdamschen Waterweg zijn veroorzaakt door een samenloop van ongunstige omstandigheden, n.l. een langdurige periode van buiig en stormachtig weder uit het zuidwesten tot noordwesten in den Atlantischen Oceaan, waardoor het Noordzeepil tusschen 1 en 12 Januari 1916 gemiddeld ongeveer 50 c.M. boven het normale peil werd opgezet, gevolgd door een zeer krachtigen westnoordwestelijken tot noordwestelijken storm, welke langer dan één getij heeft aangehouden, waardoor de plaatselijke windinvloed zich ten volle kon ontwikkelen. Een en ander ging gepaard met een tamelijk hoogen stand der bovenrivier, zoodat gedurende geruimen tijd belangrijke aanvoeren van bovenwater en van stormvloedwater tegen elkander inwerkten.

Deze voor den Rotterdamschen Waterweg vastgestelde conclusie maakt op zichzelf reeds een uitgebreid onderzoek voor de andere benedenrivieren overbodig, omgekeerd zal echter een bevestiging van deze conclusie kunnen worden gevonden, omdat toch ongeveer dezelfde omstandigheden als zich voor den Rotterdamschen Water-

weg hebben voorgedaan, al is het in andere mate, ook voor de andere benedenrivieren zullen moeten gelden.

Bij het onderzoek voor den Rotterdamschen Waterweg is gebleken, dat van de stormvloeden welke in de laatste 30 jaren zijn voorgekomen, de stormvloeden van 23 December 1894, 12/13 Maart 1906 en 13/14 Januari 1916 de belangrijkste waren, zoodat het aangewezen is voor deze drie stormvloeden in de eerste plaats de op verschillende punten waargenomen waterhoogten aan een vergelijkend onderzoek te onderwerpen. Te dien einde zijn in den aan het slot van dit Hoofdstuk op de blz. 107 en 108 afgedrukten staat, voor een groot aantal waarnemingspunten langs de Noordzeekust, de in Zuidholland gelegen benedenrivieren en de Zeeuwsche stroomen, de stormvloedstanden voor de 3 genoemde stormvloeden opgegeven. Op de kaart bijlage 31 zijn al de in dien staat genoemde waarnemingspunten aangeduid.

Voor elke plaats is de hoogste der drie standen vet gedrukt, terwijl, indien deze hoogste stand tevens den ter plaatse hoogstbekenden waterstand aangeeft, de stand is onderstreept. ¹⁾

Wanneer men de cijfers gadeslaat, dan blijkt bij eerste beschouwing, hetgeen trouwens ook wel bekend mag worden ondersteld, dat de stormvloed van 1906 het hoogtepunt heeft bereikt in vrijwel geheel Zeeland. Aan bijna alle waarnemingspunten langs Oosterschelde en Westerschelde en gedeeltelijk langs Brouwershavensche Gat, Krammer en Volkerak, was de stand van 1906 tevens de hoogstbekende stand.

Langs de in Zuidholland gelegen benedenrivieren werd in 1906 nergens de hoogste stormvloedstand bereikt. Vergelijkt men de standen van 1894 en 1906, dan blijkt, dat in 1906 aan den mond der Zuidhollandsche beneden-

¹⁾ De hoogstbekende standen gelden voor het meerendeel der plaatsen sedert 1825.

rivieren de stand ongeveer 20 à 30 c.M. lager bleef dan in 1894, terwijl meer binnenwaarts de stand in 1906 hooger was dan in 1894, hetgeen voor een deel aan den invloed der bovenrivier is toe te schrijven. In 1894 toch was op den vorigen dag de stand te Arnhem 816 c.M. + N.A.P. d.i. 62 c.M. onder M.R. 1901—1910, terwijl in 1906 op den vorigen dag de rivierstand te Arnhem bedroeg 1106 c.M. + N.A.P. of 228 c.M. boven M.R. 1901—1910, een verschil dus van bijna 300 c.M.

Het feit dat hetzelfde verschijnsel van lager stand aan zee en hooger stand meer binnenwaarts zich op alle drie de benedenrivieren: Rotterdamsche Waterweg, Oude-Maas en Hollandsch-Diep, heeft voorgedaan, terwijl aan den Rotterdamschen Waterweg in het tijdvak 1894—1906 belangrijke verbeteringswerken zijn uitgevoerd en dit bij de andere benedenrivieren niet het geval is geweest, wijst er reeds op, dat de invloed van die verbeteringswerken, zoo die mocht hebben gegolden, toch zeker gering zal zijn geweest.

Een nog duidelijker beeld wordt verkregen, wanneer men de beide stormvloeden van 1894 en 1916 aan een vergelijking onderwerpt.

Bij beschouwing van de vetgedrukte cijfers van den staat op blz. 107 en 108 valt het in het oog, dat in 1894 de hoogst bekende standen werden bereikt langs de Noordzeekust van Terschelling tot aan de Zuidhollandsche benedenrivieren, terwijl daarentegen langs die benedenrivieren de hoogst bekende standen niet in 1894 doch in 1916 werden bereikt. Men vindt dus in 1916, evenals in 1906, doch nu in sterker mate hetzelfde verschijnsel n.l. lager stand aan zee en hooger stand meer binnenwaarts.

Ten einde een duidelijk overzicht van dit verschijnsel te verkrijgen, zijn in de laatste kolom van den staat opgegeven de verschillen der standen van 1916 en 1894. In deze kolom ziet men overal langs de Noordzeekust

tot Hoek van Holland een negatief verschil d.w.z. 1894 hooger dan 1916. Bij de Zuidhollandsche benedenrivieren ziet men overal aan zee en over korten afstand binnen den mond, n.l. Hoek van Holland, Rozenburg (Scheurzijde), Maassluis en Vlaardingen voor den Waterweg, Rozenburg (Br. N. Maas) voor de Oude Maas en Goedereede, Hellevoetsluis en Middelharnis voor 't Haringvliet, negatieve verschillen dus 1894 hooger dan 1916, terwijl daarna de verschillen verder rivieropwaarts positief worden en toenemen met den afstand van zee. Dit verschijnsel, dat meer binnenwaarts de stand in 1916 hooger was dan in 1894, terwijl aan de zee het omgekeerde voorkwam, heeft zich dus niet alleen bij den Rotterdamschen Waterweg voorgedaan, hetgeen men aan een invloed van de uitgevoerde verbeteringswerken zou kunnen toeschrijven, doch heeft zich eveneens op gelijke wijze, zij het ook in iets mindere mate, op de andere benedenrivieren voorgedaan, zelfs ook nog in het Brouwershavensche Gat, Krammer en Volkerak.

Daar nu aan den Rotterdamschen Waterweg van 1894 tot 1916 zeer belangrijke verbeteringswerken zijn uitgevoerd, terwijl dit bij de overige benedenrivieren niet het geval is geweest, integendeel zelfs op sommige plaatsen achteruitgang in plaats van verbetering valt waar te nemen, zal het geen nader betoog behoeven om aan te toonen, dat zoo er al eenige invloed van de verbeteringswerken bestaat, deze toch zeker zoo gering moet zijn, dat zij bij deze vergelijking in 't geheel niet tot uiting komt.

Dezelfde samenloop van ongunstige omstandigheden, welke reeds voor den Rotterdamschen Waterweg is ter sprake gebracht, heeft ook voor de overige benedenrivieren gegolden.

De Rotterdamsche Waterweg maakt geenszins een uitzondering ondanks de belangrijke verbeteringswerken.

Het hier geconstateerde feit past dus geheel bij de uitspraak van het meer uitgebreide onderzoek omtrent

den Rotterdamschen Waterweg, terwijl aan den anderen kant het reeds in hoofdstuk IV met betrekking tot den Rotterdamschen Waterweg op de eerste der aan de Commissie gestelde vragen gegeven antwoord, ook op de overige in Zuidholland gelegen benedenrivieren van toepassing kan worden verklaard.

Hoewel feitelijk met het bovenstaande wat betreft de overige benedenrivieren zou kunnen worden volstaan, heeft de Commissie gemeend toch nog een grooter aantal stormvloeden te moeten onderzoeken.

Al kan na bovenstaande beschouwingen wel worden vastgesteld, dat zich op alle in Zuidholland gelegen benedenrivieren ongeveer dezelfde verschijnselen hebben voorgedaan, zoo zou de mogelijkheid niet geheel zijn uitgesloten, dat juist op de andere benedenrivieren invloeden hebben gewerkt, welke door toeval bij een vergelijking van slechts 3 stormvloeden niet voldoende te voorschijn zijn gekomen, zoodat aan een uitspraak, gegrond op slechts 3 stormvloeden, zonder meer niet voldoende waarde mag worden gehecht.

Ten einde nu een betrouwbaar gegeven te verkrijgen omtrent mogelijke andere invloeden, waardoor de stormvloedstanden op de andere in Zuidholland gelegen benedenrivieren kunnen zijn gewijzigd, is voor de plaatsen Willemstad, Moerdijk, Kop van 't Land en Dordrecht een grooter aantal stormvloedstanden onderzocht en wel alle stormvloeden van 1887 tot 1917 voorgekomen, waarbij te Hoek van Holland een stand van 1.80 M. + N.A.P. of hooger werd bereikt.

Voor al die stormvloeden is voor genoemde plaatsen het verschil in stand bepaald met den stand te Hellevoetsluis, omdat Willemstad, Moerdijk en Kop van 't Land vrijwel in hoofdzaak en Dordrecht voor een groot deel onder invloed staan van de waterbeweging in Haringvliet en Hollandsch Diep.

De verschillen met Hellevoetsluis zijn daarna volgens de jaren in 4 groepen ingedeeld en van elke groep is het gemiddelde bepaald.

De uitkomsten zijn in onderstaanden staat opgegeven.

Periode:	Aantal waar- nemingen.	Gemiddeld verschil bij stormvloed met Hellevoetsluis voor:			
		Willem- stad.	Moer- dijk.	Kop v. 't Land.	Dor- drecht.
		c.M.	c.M.	c.M.	c.M.
1887—1896	32	22.1	21.4	12.2	2.4
1897—1904	36	25.7	25.6	10.4	0.7
1905—1910	31	24.9	24.5	14.5	3.9
1911—1917	43	21.0	22.3	16.4	5.9

Uit bovenstaande cijfers blijkt duidelijk, dat de schommelingen zich slechts tot enkele c.M. bepalen, zoodat er van eenige bepaalde wijziging niets valt te bespeuren.

Vergelijkt men alleen de eerste en laatste groep, dan blijkt voor Willemstad en Moerdijk het verschil met Hellevoetsluis vrijwel geheel gelijk gebleven, terwijl voor Kop van 't Land en Dordrecht een stijging van ongeveer 4 c.M. valt waar te nemen.

De aandacht zij nog gevestigd op de cijfers voor Kop van 't Land en Dordrecht, waarvan de eerste plaats, aan de Nieuwe Merwede gelegen, in hoofdzaak onder den invloed van de waterbeweging in het Hollandsch Diep staat, terwijl Dordrecht niet alleen door middel van de Dortsche Kil onder den invloed van het Hollandsch Diep, maar ook rechtstreeks onder den invloed van de Oude Maas en Noord staat.

Vergelijkt men nu de beide groepen van cijfers dan blijkt, dat deze geheel parallel loopen en de gemiddelde verschillen tusschen Dordrecht en Kop van 't Land bedragen:

voor 1887—1896	9.8 c.M.
„ 1897—1904	9.7 „
„ 1905—1910	10.6 „
„ 1911—1917	10.5 „

Onder verschillende invloeden is dus het onderlinge verschil der stormvloedstanden aan deze beide plaatsen in den loop der jaren niet veranderd.

Ook uit dit onderzoek kan dus volgen, dat de in 1916 voorgekomen hoogere waterstanden dan daar vroeger zijn waargenomen, niet aan eenigen merkbaren invloed van verandering van den waterstaatkundigen toestand zijn toe te schrijven.

Opgemerkt zij nog, dat voor een ander onderzoek dan het onderhavige, door het lid W. F. STOEL het verband tusschen den hoogwaterstand te Kop van 't Land, den hoogwaterstand te Hellevoetsluis en den rivierstand te Tiel, voor hoogwaterstanden te Hellevoetsluis tusschen 1 en 2 M. + N.A.P. en rivierstanden te Tiel boven 5 M. + N.A.P. werd nagegaan.

Hoewel tusschen deze grenzen een voldoende betrouwbaar verband kon worden vastgesteld, bleek het niet mogelijk, zonder een meer uitgebreid onderzoek in den geest als in hoofdstuk IV voor den Rotterdamschen Waterweg is beschreven, een meer algemeen geldende formule vast te stellen, terwijl bovendien de waterstanden te Kop van 't Land, behalve van den stand in 't Haringvliet, ook van den stand in 't Volkerak afhankelijk zijn.

Omdat uit het voorafgaande onderzoek met voldoende zekerheid kan worden aangenomen, dat de verschillende invloeden geen wijzigingen van beteekenis hebben ondergaan, meende de Commissie een dergelijk uitgebreid onderzoek achterwege te kunnen laten.

§ 27. Hollandsche IJssel.

Hoewel de Hollandsche IJssel feitelijk niet meer tot de rivieren kan worden gerekend, omdat deze zijtak bij Gouda is afgesloten, meende de Commissie toch ook voor de peilschaal te Gouda naar eventueele wijzigingen der stormvloedstanden een onderzoek te moeten instellen.

Daar de Hollandsche IJssel op vrij korten afstand van ongeveer 4 K.M. boven Rotterdam in de Nieuwe Maas uitmondt, valt het wel te verwachten, dat de stormvloedstanden in den Hollandschen IJssel in den loop der jaren ongeveer gelijke wijziging zullen hebben ondergaan als voor Rotterdam in het in hoofdstuk IV beschreven onderzoek werd gevonden, n.l. eenige stijging bij lage bovenrivierstanden en eenige daling bij hooge bovenrivierstanden, zoodat per slot gemiddeld een stijging van enkele c.M. valt vast te stellen.

Door een vergelijking te maken tusschen de stormvloedstanden, te Rotterdam en te Gouda waargenomen, zoowel thans als in vroeger jaren, is het mogelijk zonder uitvoerig onderzoek na te gaan, in hoeverre de stormvloedstanden te Gouda op gelijke wijze als die te Rotterdam al of niet gewijzigd zijn.

Te dien einde zijn voor het tijdvak 1887—1917 voor alle stormvloeden waarvoor de gegevens beschikbaar waren, de verschillen Gouda—Rotterdam berekend. Daar de registreerende peilschaal te Gouda (Haastrecht) eerst op 1 September 1911 in werking werd gesteld, moest voor vroeger jaren gebruik gemaakt worden van de aan de gewone peilschaal te Gouda afgelezen hoogwaterstanden, waardoor het aantal eenigszins geringer werd dan bij andere onderzoekingen.

De verschillen Gouda—Rotterdam werden in vier groepen volgens de jaren verdeeld en voor elke groep werd het gemiddelde bepaald. De uitkomsten zijn in onderstaanden staat opgegeven.

PERIODE:	Aantal waarnemingen.	Gemiddeld verschil hoogwater Gouda—Rotterdam bij stormvloed.
		c.M.
1887—1896	26	11.4
1897—1904	20	9.9
1905—1910	16	11.1
1911—1917	43	10.0
1887—1917	105	10.5

Uit bovenstaande cijfers blijkt duidelijk, dat er van eenige wijziging in het verschil van stormvloedstand te Gouda en Rotterdam in den loop der laatste 30 jaar niets valt waar te nemen, zoodat voor de veranderingen der stormvloedhoogten te Gouda geheel hetzelfde kan worden aangenomen als voor Rotterdam is gevonden in hoofdstuk IV, n.l. gemiddeld een zeer geringe stijging welke praktisch gesproken van geen beteekenis is te achten.

Opgemerkt zij nog, dat evenals op den Rotterdamschen Waterweg, ook op den Hollandschen IJssel de getijbeweging zich in den loop der jaren sterk heeft ontwikkeld, zoodat de tijverschillen belangrijk zijn vergroot. De vergrooting van de tijverschillen is echter niet veroorzaakt door een belangrijke verhooging der hoogwaterstanden, doch door een aanmerkelijke daling der laagwaterstanden.

Ten einde hiervan een indruk te verkrijgen zijn in onderstaanden staat vanaf de geregelde waterwaarnemingen in 1866 tot aan 1917, voor de tijdvakken 1866—1870, 1911—1917 en voor 4 daartusschenliggende 10 jarige perioden, de gemiddelden der dagwaarnemingen van hoog- en laagwater en het daaruit volgende tijverschil opgegeven.