

V. Ve Secretaris

RAPPORT VAN DE COMMISSIE
INZAKE STORMVLOEDEN IN
NEDERLAND.

1944.

14

Veen0038

I N H O U D

HOOFDSTUK I. Algemeene beschouwingen.

- Par.1. Opdracht en samenstelling van de Commissie.
- Par.2. Algemeene opmerkingen.
- Par.3. De factoren die de hoogte van een stormvloed bepalen.
- Par.4. Wijze van onderzoek en berekening.

HOOFDSTUK II. Berekeningen voor de benedenrivieren.

- Par. 5. De door de Staatscommissie 1916 aangehouden maximum stormvloedshoogte.
- Par. 6. Bepaling van "maximum" en "minimum" SV-hoogten voor eenige punten langs de benedenrivieren.
- Par. 7. Bepaling van de randvoorwaarden voor de berekening van de waterstanden op de benedenrivieren.
- Par. 8. Uitkomsten van de hydraulische berekeningen.
- Par. 9. Uitkomsten van het frequentie-onderzoek.
- Par.10. Bepaling van de waakhogte.
- Par.11. De juiste dijksprofielen.

HOOFDSTUK III. Beantwoording van de gestelde vragen.

- Par.12. De stormvloedsstanden waarop thans gerekend moet worden.
- Par.13. De invloed van natuurlijke factoren op toekomstige toestanden.
- Par.14. De invloed van indijkings-, rivierverbeterings-, bagger- en andere werken.
- Par.15. Met het oog op de veiligheid ongewenschte toestanden.
- Par.16. Voorgestelde veiligheidsmaatregelen.

N O T A S

I Bepaling van astronomische standen.

II Bepaling van de zeespiegelrijzing.

III Bepaling invloed opperwater.

IV Waarschijnlijkheidsbeschouwingen.

V Beschouwingen en berekeningen over de benedenrivieren.

VI Golfoploop.

(?) VII Dijkentechniek.



RAPPORT VAN DE COMMISSIE INZAKE STORMVLOEDEN
IN NEDERLAND.

HOOFDSTUK I. Algemeene beschouwingen.

Par. I. Opdracht en samenstelling van de Commissie.

- Bij beschikking van den Minister van Waterstaat van 28 April 1939 No. 426^I Dir. van den Waterstaat, later gewijzigd bij de beschikking van den Secretaris-Generaal van het Departement van Waterstaat van 8 October 1942, La S^I, Afd. N. Dir. van den Waterstaat, werd een Commissie ingesteld, aan welke werd opgedragen van voorlichting te dienen inzake de volgende vragen:
 - a. op welke stormvloedstanden langs de Nederlandsche Noordzeekust en op de met de Noordzee in open verbinding staande in Nederland gelegen wateren, thans moet worden gerekend;
 - b. in hoeverre op toekomstige wijziging in die stormvloedstanden moet gerekend worden, indien in den waterstaats-toestand niet langs kunstmatigen weg verandering wordt gebracht;
 - c. in hoeverre indijkings-, rivierversbeterings-, bagger- en andere werken op de stormvloedstanden van invloed kunnen zijn;
 - d. in hoeverre onder de tegenwoordige omstandigheden langs de Nederlandsche Noordzeekust en in de gebieden van de met de Noordzee in open verbinding staande, in Nederland gelegen wateren voor zooveel daarin stormvloeden optreden, gesproken kan worden van met het oog op de veiligheid ongewenschte toestanden;
 - e. of en zoo ja, welke veiligheidsmaatregelen in verband met punt d noodig zijn.

□ Als leden der Commissie werden aanvankelijk aangewezen:
 Ir. D.A. van Heijst, Hoofdingenieur-Directeur van den Rijkswaterstaat in de directie Zuid-Holland te 's Gravenhage, Voorzitter.
 Ir. A.E. Kempers, Hoofdingenieur-Directeur van den Rijkswater-

staat in de directie Noord-Brabant te 's Hertogenbosch.

Ir. J.W. Rulkens, Ingenieur van den Provincialen Waterstaat van Noord-Brabant te 's Hertogenbosch.

Ir. F.L. Schlingemann, Hoofdingenieur-Directeur van den Rijkswaterstaat in de directie Benedenrivieren te 's Gravenhage.

Ir. J.F. Schönfeld, Hoofdingenieur-Directeur van den Rijkswaterstaat in de directie Bovenrivieren te Arnhem.

Ir. H. Versteeg, Directeur van Gemeentewerken der Gemeente Dordrecht, te Dordrecht.

Ir. L.T. van der Wal, Hoofdingenieur van den Provincialen Waterstaat van Zuid-Holland te 's Gravenhage.

tot Secretaris:

Dr. Ir. J. van Veen, Hoofdingenieur van den Rijkswaterstaat in de directie Benedenrivieren te 's Gravenhage.

Overwegende dat het gewenscht was de aldus gevormde Commissie uit te breiden - mede in verband met het verlaten van den Rijkswaterstaatsdienst van den Hoofdingenieur-Directeur Schlingemann - werd door den Secretaris-Generaal voornoemd bij brief van 29 September 1942 La, O'Afd. P. Dir. van den Waterstaat, besloten met ingang van 1 October 1942 nog te benoemen tot leden

Ir. W.J.H. Harmsen, Hoofdingenieur-Directeur van den Rijkswaterstaat in de directie Benedenrivieren te 's Gravenhage,

Ir. J.C. Scharp, Hoofdingenieur-Directeur van den Rijkswaterstaat in de directie Algemeene Dienst te 's Gravenhage,

Prof. Ir. J.Th. Thijsse, Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium te Delft, wonende te 's Gravenhage,

Prof. J.M. Tienstra, hoogleeraar aan de Technische Hoogeschool te Delft.

Ook na het verlaten van den Rijkswaterstaatsdienst in October 1942, bleef de heer Ir. F.L. Schlingemann lid van de Commissie.

In verband met de urgentie van werken in het gebied der Benedenrivieren werd op 1 Augustus 1940 een voorloopig rapport

ingediend. De berekeningen waren toen echter nog niet gereed, zoodat de in dat rapport gegeven cijfers en conclusies niet als het definitieve oordeel der Commissie kunnen worden beschouwd. Trouwens was de Commissie, die het voorloopige rapport inzond ook van een andere samenstelling dan de huidige en waren de door haar te beantwoorden vragen ook eenigszins anders. Dit verslag moet dus op zich zelf worden beschouwd en niet als een vervolg op het voorloopige verslag.

- De aan de Commissie voorgelegde vragen bewegen zich over een belangrijk deel op hetzelfde terrein dat is onderzocht door de bij K.B. d.d. 20 Maart 1916 ingestelde Staatscommissie inzake de buitengewoon hoge waterstanden tijdens den stormvloed van 13/14 Januari 1916 voorgekomen op de in Zuid-Holland gelegen benedenrivieren, meer bepaaldelijk op den Rotterdamschen Waterweg, (Commissie Van de Sande- Bakhuizen) waarvan het rapport op 30 April 1920 is verschenen.
- De vragen zijn in het algemeen van verdere strekking, terwijl ook het gebied, waarop zij betrekking hebben thans het geheele land omvat. De Commissie heeft dus voortgebouwd op hetgeen die Staatscommissie naar voren heeft gebracht, doch thans moest het onderzoek verder worden uitgestrekt en zijn nog andere factoren in de beschouwingen betrokken. Ook meende de Commissie dat haar voorgangster zich destijds, wat betreft de mate van veiligheid waarnaar gestreefd moest worden, meer dan gewenscht is, beperkt heeft.
- Ook de Zuiderzee-Commissie van 1918 heeft zich op dit gebied zeer verdienstelijk gemaakt, speciaal voor wat betreft de Weddenzee bewesten Ameland.
- In het navolgende worden de resultaten van het huidige onderzoek gegeven. De conclusie waartoe de Commissie is gekomen, is door alle leden aanvaard. Die conclusie betreft de hoofdlijnen, welke bij het uitwerken van de maatregelen tot beveiliging zullen zijn te volgen.
- De Commissie heeft er zich van onthouden aan te geven welke

verhooging elke dijk ^{vak} ~~strake~~ zou moeten ondergaan. Hierbij zal de mate van veiligheid, die in elk bijzonder geval noodig is een belangrijke rol moeten spelen en zal er rekening gehouden moeten worden met plaatselijke toestanden.

- De beantwoording van de vraag welke onder "e" van de ministeriele beschikking is gesteld, heeft zij daarom slechts in algemeenen zin aangegeven.

Par. 2. Algemeene opmerkingen.

- De opdracht betreft het geheele Nederlandsche getijgebied, dus het noordelijke Waddengebied, de benedenrivieren, de z.g. tusschenwateren en de Schelde. Slechts in het gebied der benedenrivieren zijn groote plannen in overweging, zoodat aan dit gebied zeer bijzondere aandacht moest worden besteed. In den Biesbosch liggen 10.910 ha land buiten de eigenlijke bedijking, in Noord-Brabant liggen bezuiden de Bergsche Maas - Amer nog 8.300 ha en langs de overige benedenrivieren liggen 12.420 ha, samen 31.630 ha. Deze gronden zijn rijp voor inpoldering en gedeeltelijk bekaad. Hoewel er uiteraard een krachtigen aandrang bestaat deze terreinen, ter verhooging van de opbrengst, in te polderen, was het noodig dit in den laatsten tijd voor het gebied ten oosten van de lijn Dordrecht - Moerdijkbrug te beperken (zie K.B. van 10 Juni 1938, Stsbl. 566), omdat inpoldering of watervrije ophooging in het algemeen den stormvloedsstand in het hierboven aangegeven gebied zou verhoogen.
- Bij stormen vormen namelijk de niet-stormvloedvrij liggende terreinen van den Biesbosch en die langs het oude Maasje en de Donge een uitgestrekte vloedkom, welke in verband met de in verhouding kleine capaciteit der toevoerwegen en met den betrekkelijk korten duur der stormen tot beperkte hoogte wordt gevuld.
- Het ophoogen of inpolderen van kleine terreinen in dat gebied

moge al de stormvloedshoogte ongunstig beïnvloeden, ernstiger is echter het uitdiepen of verruimen van de benedenrivieren. Hierdoor komt meer stormvloedwater in dit "kuilgebied" en bij gelijkblijvend inundeerend oppervlak stijgt het water dus hoger.

- Een van de laagste gedeelten der bedijking langs de benedenrivieren bevindt zich te Dordrecht, alwaar de waterkeering op 3,25 +, I) ligt, doch met behulp van planken in de deurspanningen van de op den dijk gebouwde huizen tot 3,60 + N.A.P. kan worden opgezet. In 1916 waren deze planken nog niet aanwezig en kwam te Dordrecht reeds een stand van 3,43m+ voor, terwijl deze hoger geweest zou zijn, indien niet ten tijde van den hoogsten stand in de omgeving eenige doorbraken hadden plaats gehad. De doorgebroken dijken zijn sindsdien hersteld en opgehoogd. Mocht een storm als die van 1916 zich dus herhalen, dan zou te Dordrecht een hoogere stand dan 3,43m+ zijn te verwachten. Indien men voorts bedenkt, dat genoemde vloed van 1916 bij doodtij voorkwam en dat, wanneer hij zich één week eerder had voorgedaan een ongeveer 50 cm hoogere stand bereikt zou zijn, dan blijkt wel afdoende, dat de hoogte van dit dijkvak geheel onbevredigend is. Ook op vele andere plaatsen langs de benedenrivieren komen ^{de} lage dijkvakken voor, zoodat dijksverhooging dringend noodig is.

- De Commissie is bij haar onderzoek en bij het opstellen van haar rapport als volgt te werk gegaan.
- Eerst werd nagegaan, welke de verschillende factoren zijn, die de hoogte van een stormvloed bepalen en welke grootte daaraan moet worden toegekend in verband met een toestand zooals die in afzienbaren tijd kan worden verwacht. De Commissie heeft daarvoor het jaar 2000 gesteld.
- Daarbij is verondersteld, dat in het gebied der Benedenrivieren

I) In het verslag zijn de peilingen t.o.v. N.A.P. vermeld, ^{terwijl} ~~terwijl~~ een ander vergelijkingsvlak is ^{houden} ~~aangebracht~~.

het z.g. Vijf-eilandenplan tot uitvoering is gekomen, welk plan omvat de vereeniging van de eilanden Rozenburg, Voorne-Putten, IJsselmonde, Hoeksche Waard en het eiland van Dordrecht tot een afgesloten geheel. Verder is aangenomen, dat de Biesboschlanden ten noorden en ten zuiden van den Amer stormvloed^{vrij} zijn bedijkt, de Hollandsche IJssel en de Doode Maas zijn afgedamd en het Hollandsch Diep is genormaliseerd.

- Als variant werd ook berekend het z.g. Viereilandenplan, dat gelijk is aan het vorige met dit verschil, dat het eiland van Dordrecht niet binnen den geprojecteerden ringdijk valt.
- Voor de overige getijgebieden des lands werden geen ingrijpende veranderingen verondersteld.
- Behalve de voornaamste sedert 1825 voorgekomen stormvloeden werden dekansen nagegaan voor de meeste kuststations voor wat betreft de in het jaar 2000 te verwachten vloedhoogten.
- Voor het gebied der benedenrivieren was het noodig, daar hier op zulke groote veranderingen gerekend moet worden, een getijberekening op te zetten, welke uitging van bepaalde standen in zee. Deze berekening geschiedde, ter onderlinge contrôle, op twee verschillende manieren.
- Aan het slot werden de conclusies geformuleerd en de gestelde vragen beantwoord.

Par. 3. De factoren die de hoogte van een stormvloed bepalen.

- Bij het onderzoek zijn vijf verschillende factoren onderscheiden, welke voor de hoogte der stormvloeden van belang zijn. Het zijn de z.g. astronomische getijhoogten, de windstuwing, de verhooging door hoog opperwater (bij benedenrivieren), de zeespiegelrijzing (of geologische bodemdaling) en de verhoogingen welke door waterstaatswerken kunnen ontstaan.
 - De laatste twee factoren hebben niet het tijdelijke en incidenteele karakter der eerste drie.
- I. De astronomische stand. (nota I).

- Onder astronomischen stand wordt verstaan de hoogwaterstand, (HW), zooals deze volgens een bepaalde hekenwijze wordt voorspeld, door den Algemeenen Dienst van den Rijkswaterstaat.

□ De hoogwaterstanden planten zich langs onze kust van de Belgische grens tot Delfzijl voort in den tijd van ongeveer 12 uren, d.i. bijna den tijd van een volledige getijcyclus, die 12 u 25' bedraagt. Vandaar dat de kans groot is, dat op eenig punt aan onze kust de tijd van het astr. HW samenvalt met den tijd van maximum windstuwung. Voor dat punt wordt de stormvloeds-hoogte bepaald door eenvoudige optelling van de hoogte van het astr. HW en de windstuwung. Voor het gebied der beneden-rivieren kwam deze coincidentie voor, of bijna voor, bij de stormen van 1906, 1928 en 1936. In het algemeen geeft het astr. HW het punt van den top van den stormvloed weer; er zijn echter uitzonderingen.

□ Daar het astr. HW dus meestal grooten invloed heeft op de hoogte van een stormvloed is het van belang of de storm optreedt bij springtij of doodtij. De Commissie meent, dat bij de bepaling van den maatgevenden stormvloedsstand, in verband met de geringe frequentie daarvan, niet met de maximum springtij-hoogten behoeft te worden gerekend.

(de Hoek van Holland 134+)
2. De windstuwung. (nota V).

□ Onder windstuwung wordt verstaan het verschil in hoogte tusschen de op een bepaalden tijd en op een bepaalde plaats werkelijk voorgekomen waterstand en de voor dat tijdstip en die plaats geldende "astron.-stand". Het kan volgens deze definitie dus voorkomen, dat de "windstuwung" bij windstilte voorkomt, bv. tengevolge van tevoren plaats gehad hebbende atmosferische storingen. Men ^{kan} ~~zal~~ in dat geval echter beter spreken van "stuwung".

□ Onder "opwaaiung" wordt verstaan het verschil in hoogte tusschen twee verschillende punten, indien deze door den wind wordt veroorzaakt. □ Onder de "windstuwung" zijn dus ook begrepen de afwijkingen die de "astronomische" standen aankleven, hetzij in de HW standen, hetzij in de kappagetallen (tijden, voortplantingstijden). De definitie houdt voorts in dat gerekend wordt

met een "stuwingsgolf" en met een daarop gesuperponeerde "astronomische" getijbeweging.

- Er kan nog verschil gemaakt worden tusschen "HW-stuwung" en "gewone-windstuwung". Onder het eerste wordt verstaan de windstuwung ten tijde van het voorspelde HW; onder het tweede het meer algemeene begrip, dat bij elke fase van het getijkan voorkomen.
- Voor de bepaling der HW - stuwungen werd uitgegaan van de in de "getijtafels" voorspelde HW-standen en de in de "jaarboeken van de waterstanden" gegeven werkelijke stormvloedshoogten. Voor de bepaling van de gewone stuwungen werd uitgegaan van de harmonische analyse.
- De grootste tot nog toe bekende windstuwung te Hoek van Holland bedroeg 2.82m en kwam voor tijdens de stormen van 25 December 1894 en 13/14 Januari 1916.
- Te Willemstad is in 1928 een windstuwung van 3.30m voorgekomen, welk hoog getal wel verklaard kan worden, daar dit station achter een ondiep bankengebied ligt. Bij het beschouwen van deze cijfers moet worden bedacht, dat een betrekkelijk kort tijdsverloop als van 1880 tot heden, waarover wij de stuwungen met een redelijke nauwkeurigheid kunnen nagaan, dus ongeveer 60 jaren, te kort is om de uiterst mogelijke stuwungen te leeren kennen.
- De grootste stuwungen waren betrekkelijk kort van duur. Het zijn toppen die vaak grillig buiten het algemeene verloop der stuwingskommen uitsteken, zulks als gevolg van de meestal bij storm optredende buigolven met een periode van 10 à 20 minuten. Trekt men een gemiddelde, vloeiend verloopende kromme, dan kan men besluiten tot de volgende windstuwungen, die gedurende een tijdsbestek van ongeveer 2 uren ^E worden overschreden.

| PLAATS | STORM VAN 1894. | STORM VAN 1916. | STORM VAN 1928. |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Hoek v. Holland | 268 om | 262 om | 213 om |
| IJmuiden | 263 om | 257 om | 200 om |
| Willemstad | 252 om | 316 om | 246 om |

□ Men moet er echter van uit gaan, dat groote stuwingen zullen kunnen voorkomen.

3. Invloed opperwater op het HW. (nota III).

□ Deze is blijkens ingesteld onderzoek voor Hoek van Holland niet, doch voor plaatsen als Willemstad, Dordrecht en Rotterdam wel merkbaar. Het kan voorkomen, dat de invloed van hoog opperwater gedurende meer dan 14 dagen op de benedenrivieren merkbaar is, zoodat dus twee springtijden kunnen samenvallen met dezen rivierfloed. Daar voorts zoowel de rivierfloeden als de stormen het veelvuldigst in de wintermaanden voorkomen, schijnt oppervlakkig de mogelijkheid van het samenvallen van storm, hoog opperwater en springtij tamelijk groot. De waarschijnlijkheidsleer toont echter aan, dat deze kans niet zeer groot is. (zie nota IV)

4. De zeespiegelrijzing of geologische bodemdaling. (nota II)

□ Hoewel omtrent dit verschijnsel nog geen gevestigde meening mogelijk is, wijzen de peilschaalwaarnemingen, verzameld door den Algemeenen Dienst van den Rijkswaterstaat, toch wel in een richting, dat men moet besluiten tot het relatief zakken van deze peilschalen, o.g. vaste werken waarnaar zij worden gecorrigeerd, t.o.v. den gemiddelden zeespiegel, althans gedurende een reeks van ongeveer 60 à 80 jaren. In het midden latend of dit een uitsluitend geologische oorzaak heeft, dan wel hoofdzakelijk te wijten is aan gewone klink of zakking van kunstwerken of gebouwen, meent de Commissie dat gerekend moet worden met een doorgaande zakking. Daar uit de peilschaalgegevens een gemiddeld cijfer van 16 cm/eeuw volgt, zouden de omstreeks 1950 eventueel te bouwen kunstwerken en dijken om in het jaar 2000 te voldoen aan de gestelde eischen, 8 cm hooger moeten worden dan wanneer niet met dezen factor gerekend wordt.

Gezien onze betrekkelijke onbekendheid met het verschijn-
 del, hetwelk zich trouwens niet gelijkmatig voordoet, heeft
 de Commissie gemeend in de berekeningen een rond cijfer en
 wel 20 cm/eeuw te moeten aanhouden: zoodat op een bedrag
 van ongeveer 10 cm tot het jaar 2000 moet worden gerekend.

5. De invloed van waterstaatswerken. (nota V).

- Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tusschen rivierver-
 beteringen en inpolderingen. Indien, hetzij in de HW-hoogten,
 hetzij in de stormvloedshoogten "kuilen" aanwezig zijn in
 den zin als in par.2 werd besproken, hebben rivierverbete-
 ringen meestal het gevolg dat de HW-standen en de SV-standen
 in deze kuilgebieden hooger worden, nl. doordat de vloed ge-
 makkelijker kan toetreden dan voorheen. Indien geen "kuilen"
 aanwezig zijn, hebben rivierverbeteringen daarentegen weinig
 of geen en soms zelfs een verlagenden invloed op de hoogten
 der HW- en SV-standen.
- Inpolderingen in "kuilgebieden" hebben een verhooging van de
 SV-standen tengevolge. Inpolderingen op plaatsen waar geen
 "kuil" voorkomt, behoeven geen SV - verhoogingen tot gevolg
 te hebben en kunnen zelfs verlagings veroorzaken.
- Daar in het gebied der benedenrivieren gerekend moest worden
 op groote inpolderingen vóór het jaar 2000, moest een uitge-
 breide reeks berekeningen worden gemaakt. Gerekend werd daar-
 bij op inpoldering van totaal 31.630 ha. Dit is misschien
 iets meer dan in genoemd jaar zal ingepolderd zijn, doch door
 met de volledige oppervlakte van mogelijke inpolderingen re-
 kening te houden, wordt de veilige weg bewandeld. In elkege-
 val moest toch op eene inpoldering van den Biesbosch en de
 landen bezuiden Amer - Bergsche Maas gerekend worden en deze
 invloed is reeds zoodanig, dat de "kuil" daardoor reeds nage-
 noeg geheel zal verdwijnen.
- Waar geen waterstaatswerken worden uitgevoerd veranderen de

HW's, behalve door de veronderstelde bodemdaling weinig door de langzaam van nature veranderende hydrografische omstandigheden. Waar groote werken werden uitgevoerd, als bv. in de Zuiderzee, veranderde het HW zelfs aan zee met een opmerkelijk bedrag, omdat hier vroeger eveneens een "kuil" aanwezig was.

Par. 4. Wijze van onderzoek en berekening.

- Om te beginnen werden de peilschaalwaarnemingen van een groot aantal stations in het Nederlandsche getijdgebied onderzocht. Vooral aan die stations, welke de randvoorwaarden der berekeningen van het toekomstige net der benedenrivieren zouden moeten leveren, t.w. Hoek van Holland, Hellevoetsluis, Katwijk en Scheveningen werd veel aandacht besteed. Betreurd wordt daarbij, dat de peilschaal te Hoek van Holland nog nimmer een permanent karakter heeft, dat de waarnemingen aan de peilschaal te Katwijk en Scheveningen sedert 1927 niet meer gepubliceerd worden en dat eenige registreerende peilschalen als bv. die van de Moerdijk weinig betrouwbare waarden geven. In overweging wordt gegeven op de voornaamste punten onzer kust maximum-peilschalen te plaatsen, welke van eenvoudige constructie kunnen zijn en geacht kunnen worden de maximale standen zuiver te kunnen aangeven.
- Het onderzoek bewoog zich op drieërlei gebied, nl. op dat der empirie, op dat der kansberekening, en op dat der z.g. exacte berekening. Deze drie gebieden van onderzoek zijn in de praktijk echter niet geheel te scheiden.
- Met behulp van de empirie en eenige voor de hand liggende schattingen konden aanvaardbare gevolgtrekkingen worden gemaakt o.a. over de hoogten van de zyg. minimum-SV-standen, waarmede men zeker wél, en z.g. maximum-SV-standen, waarmede men zeker niet zal hebben te rekenen. Voort toetsingen en voor een helder inzicht in het vraagstuk, zoomede voor de bepaling der randvoorwaarden voor de wiskundige berekeningen is deze "Ingenieursmethode" bepaald noodig.
- Ook de kansberekening is onmisbaar. De frequenties der HW-

en SV-standen werden op half-logarithmisch papier grafisch voorgesteld en het bleek daarbij dat, wanneer men de frequenties der wintermaanden, d.w.z. van een bepaalde klimaatperiode, nam, deze tamelijk goed door een rechte lijn konden worden benaderd. De jaarfrequentie-kromme sluit zich hier nauw bij aan. Deze zuiver empirische, nier nader theoretisch te verklaren eigenschap van het nagenoeg rechtlijnig verloop op log^{aridmisch} papier, werd gebruikt voor eene extrapolatie ter bepaling van de SV-standen met zeer geringe frequenties. De Commissie ontveinst zich niet, dat tegen deze extrapolatie ingebracht kan worden, dat zij speculatief is en dat zij een theoretisch juist grondslag mist. Ook andere extrapolatiesystemen werden gevolgd, doch zij lijden alle aan dezelfde euvels. Bij onderzoek bleek zelfs dat de gebruikelijke formules (Gauss, Pearson en Gumbel) nu eens hogere dan weer lagere waarden gaven en dat de xy g. rechtlijnige extrapolatie daar vrijwel juist midden tusschen in lag. Hoe aanvechtbaar de ^{Kozen}gevoeren extrapolatiemethode dus op zich zelf beschouwd, zijn mag, met de heden ten dienste staande middelen is geen betere te vinden en als benadering is zij aanvaardbaar.

□ Voor die plaatsen waar groote werken in het voornemen liggen te worden uitgevoerd, geeft bovengenoemde methode ter bepaling van te verwachten hooge stormvloed en uitkomst, omdat de loop der frequenties ^{lijnen} in de toekomst door deze werken zal veranderen. Hiervoor is de wiskundige methode op haar plaats. Deze kan geacht worden genoegzaam betrouwbaar de voorgekomen standen te kunnen verklaren en toekomstige standen in een nog te vervormen geulenstelsel te kunnen voorspellen, mits daarbij uitgegaan wordt van vooraf juist aangenomen randvoorwaarden. Deze methode werd voor het gebied der benedenrivieren toegepast, waarbij na vaststelling dezer randvoorwaarden en der toekomstige profielen voor s'k binnengaats gelegen punt bepaalde SV-oijfers werden gevonden. Voor de overige Nederlandsche tiggelieden behoefde deze methode niet te worden toegepast, daar hier geen veranderingen vóór het jaar 2000 worden voorzien.

- Ter verkrijging van meer zekerheid werden twee verschillen-
de berekeningmethodes gebruikt, waarbij slechts geringe ver-
schillen in de uitkomsten werden gevonden. De eene berekening-
methode berustte op eene lineaire verhouding tusschen stroom-
sterkte en bodenweerstand, terwijl slechts zuiver sinusoidale
getijlijnen werden beschouwd; de tweede berustte op eene
quadratische verhouding, waarbij tevens de werkelijk voorko-
mende getijlijnen konden worden gebruikt. Daar ook de qua-
dratische weerstandswet meer met de natuur overeenkomt, moet
men aannemen, dat de laatste, of $z \propto g$. exacte methode, nauw-
keuriger uitkomsten kan geven dan de eerste.
- Uiteraard zijn beide methodes niet volledig exact. De profie-
len der rivieren moeten worden voorgesteld als bakvormen, de
constante van Eytelwein, welke in de formule bepaald moest
worden uit stroommetingen en peilschaalkrommen, is ook niet
nauwkeuriger dan deze metingen en geregisteerde krommen,
terwijl ten slotte de methodes zelf ook niet alle factoren
omvatten. De $z \propto g$. exacte- of niet sinusoidale methode kan,
doordat zij gebruik maakt van reeksontwikkeling niet de vol-
ledige nauwkeurigheid bereiken, doch moet om praktische rede-
nen bij de tweede of derde term der reeks eindigen. De sinusoi-
dale methode, hoewel dit bezwaar niet hebbende, heeft de reeds
genoemde andere bezwaren. Niettemin geven beide benaderingen,
die toch wel voldoende nauwkeurig geacht kunnen worden.
- Alvorens de berekeningen voor het jaar 2000 uit te voeren,
werden twee voorgekomen vloeden (1916 en 1928) nagerekend.
Hierdoor konden de methodes nauwkeurig worden getoetst en kon
tevens de windstuwning op de rivieren zelf worden nagegaan.
Het bleek daarbij dat deze laatste, behalve op den Waterweg
en op het Haringvliet - Hollandsch Diep, op de $z \propto g$. smalle be-
nedenrivieren van ondergeschikte beteekenis was. De storm van
1916 gaf moeilijkheden daar door de doorbraken de stroomhoe-
velheden niet goed vastgesteld konden worden.
- Daarna werd met de niet sinusoidale methode een denkbeeldige
stormvloed berekend, welke te ^{Hoek} van ^{Holland} een stand van ^{het ronde cijfer} 4.00+
N.A.P. bereikte. Alleen de Brielsche Maas werd daarbij afge-
sloten gedacht, terwijl verondersteld werd, dat de dijken overal

hoog genoeg waren om doorbraken te voorkomen.

□ Vervolgens werden een aantal berekeningen verricht voor den toestand in het jaar 2000 (voor het "Vier-eilandenplan" zoo-wel als voor het "Vijf-eilandenplan"), waarbij uitgaande van een denkbeeldigen vloed die te Hoek van Holland 4.00+ bereikte voor een reeks verschillende oppervlakerafvoeren de SV-standen op de benedenrivieren werden berekend.

□ De gevonden einduitkomsten werden ten slotte getoetst aan de factoren astr. stand, winstuwing, bodemdaling enz., waarna de Commissie tot een besluit meende te kunnen komen aangaande de te verwachten SV-standen op de benedenrivieren. In verband met de opdracht moest tevens aandacht worden geschonken aan den golfloop. Hiervoor diende men op de hoogte te zijn van de aanwezige dijktafstanden, dijkhoogten, voorland, strijklengte, richting van den dijk, enz. en van de voorgekomen golflopen. Van alle zeedijken werden dijkprofielen verzameld, terwijl ook zooveel mogelijk ~~veer~~ ^{and} waarnemingen werden bijeengebracht. Voorts kon worden geprofileerd van de ervaring, welke bij de Zuiderzeewerken en in het Waterbouwkundig Laboratorium is opgedaan. Het bleek echter, dat de grootte van den de dijkshoogte bepalenden golfloop, slechts na grondige detailstudie van elk dijkvak afzonderlijk kan worden aangenomen.

HOOFDSTUK II. Berekeningen voor de benedenrivieren.

Par. 5. De door de Staatscommissie 1916 aangehouden maximum stormvloedshoogte.

□ Op bladz. 126 van het Verslag der Staatscommissie 1916 wordt tot de gevolgtrekking gekomen, dat voor Hoek van

Holland rekening moet worden gehouden met de mogelijkheid van een stand van 3.40+. De Staatscommissie heeft echter geen rekening gehouden met den factor ~~en~~ der zeespiegelrijzing. Bovendien moet thans de invloed der aanhangige waterstaatswerken in de berekening worden opgenomen.

- In het jaar 1894 kwam te Hoek van Holland de stand van 3.28+ voor. Rekening houdend met de zeespiegelrijzing van 20 cm/eeuw, zou deze stand in 1916 gelijkwaardig zijn met 3.32+ in 1916, hetgeen slechts 8 cm lager is dan het door de Staatscommissie genoemde cijfer. Uitgaande van den stand van 1894 komt men, door bijtelling van de zeespiegelrijzing, tot 3.49+ in het jaar 2000.
- Had men een vermoedelijk cijfer van 1825 als uitgangspunt gekozen, dan zou men te Hoek van Holland voor het jaar 2000 zelfs tot 3.89 m+ komen. Een bedrag voor den invloed der waterstaatswerken is hierbij, evenals bij het vorige, dan nog niet inbegrepen.
- De opmerking kan voorts worden gemaakt, dat het berekenen van kansen voor één jaar, zooals door de Staatscommissie is geschied, tot lage SV-hoogten moeten leiden. Voor bandijken moet zeker met ~~de~~ eeuw-maxima worden gerekend.

Par. 6. Bepaling van "maximum" en minimum SV-hoogten" voor eenige punten langs de benedenrivieren.

- Door eenvoudige beschouwingen kunnen grenzen gevonden worden binnen welke men zijn keuze van het SV-peil, waarop moet worden gerekend zal hebben te bepalen. Als voorbeeld wordt hieronder de peilschaal van Hoek van Holland genomen.
- Uitgaande van den hoogsten waargenomen stand, nl. 3.28+ in 1894 en daarbij tellend de zeespiegelrijzing (21cm), den invloed van waterstaatswerken (in par.7 bepaald op 20 cm) komt men voor het jaar 2000 tot een cijfer van 3.69 m+. Deze stand is dus in laatstgenoemd jaar ongeveer gelijk-

waardig met den stand van 3.28+ in 1894; daar beneden kan men in geen geval gaan. Dit peil is dus te beschouwen als de minimum SV-stand. \square Telt men alle maximum waarden, welke de factoren bij Hoek van Holland kunnen aannemen bij elkaar op, dan ontstaat de denkbare maximale SV-hoogte, boven welke men in geen geval zal behoeven te gaan. Men vindt dan voor Hoek van Holland voor het jaar 2000

| | |
|------------------------------------|----------------------------|
| max. astr. stand | 1.34 + |
| max. windstuwung | 3.00 (voorgekomen 2.82m) |
| zeespiegelrijzing (1950 - 2000) | 0.10 |
| waterstaatswerken (par.7) | <u>0.20</u> |
| maximum SV-stand | <u>4.64m+</u> ===== |

\square Dit voor andere stations eveneens doende komt men tot de volgende cijfers:

| | Min. SV-standen | Max. SV-stand. |
|------------------|-----------------|----------------|
| Hoek van Holland | 3.69+ | 4.64 |
| Hellevoetsluis | | |
| Willemsstad | 3.95+ | 5.40 |
| Rotterdam | 3.68+ | |
| Krimpen a/d Lek | 3.77+ | |
| Dordrecht | 3.70+ | 5.67 |
| Moerdijk | 4.20+ | |

Par.7. Bepaling van de randvoorwaarden voor de berekening van den waterstand op de benedenrivieren.

\square Ter berekening van den toekomstigen toestand bij storm in het net der benedenrivieren zijn de volgende randvoorwaar-

den noodig:

1. De getijlijn te Hoek van Holland (peilschaal).
2. De getijlijn te Hellevoetsluis (peilschaal).
3. De getijlijn te Willemstad (peilschaal).
4. De opperwaterafvoer van Waal, Lek en Maas.
5. De grootte der rivierprofielen in de komberging *soppannelanden*.

□ Hoewel Willemstad niet geheel vrij is van den invloed van verbeteringen in de benedenrivieren, van de inpoldering van den Biesbosch, enz. en deze ^{vooral} ~~ook nog~~ op een hooge, SV-stand een merkbaaren invloed zal uitoefenen en wel van ongeveer een decimeter, is dit station toch als randvoorwaarde aangehouden, daar anders de zeer bezwaarlijk juist uit te voeren berekeningen voor het Volkerak, Krammer, Zijpe en Haringvliet mede verricht zouden moeten worden. Men kan dezen invloed beter schatten dan berekenen, daar hij slechts klein is in verhouding tot den grootere afwijkingen welke mogelijk zijn ingevolge de onderstellingen, waarvan men bij eene berekening van de genoemde breede stroomen moet uitgaan.

□ Ook voor het station Hoek van Holland geldt, dat het niet vrij is van den invloed van waterstaatwerken. Door afzuiging bij vloedstroom, dus ook bij HW, ontstaat hier een kuil, welke bij de peilschaal bij normale getijden ongeveer 20 cm diepte zal bezitten t.o.v. den HW-stand op ongeveer 3 km buiten de hoofden. ^{Dit} ~~Vermeedelijk~~ zal ~~dit~~ behalve aan afzuiging in den Waterweg voornamelijk moeten worden geweten aan de centrifugaalkracht van den bij HW naar binnen trekkenden sterk gekromden vloedstroom. Bij zeer hooge stormvloed en de kuildiepte, zooals uit vergelijking met de dan voorkomende standen te Scheveningen blijkt, grooter, nl. ongeveer het dubbele.

□ Als vergelijking kan het station Den Helder dienen, waar vóór de afsluiting van de Zuiderzee het HW belangrijk lager lag dan vóór het Marsdiep in zee. Na die afsluiting vervlakte deze kuil met ongeveer 75%, of vele decimeters.

- Wanneer de voorgenomen belangrijke werken in het gebied der benedenrivieren tot stand gekomen zullen zijn en tevens zooals ondersteld wordt, de Maasvlakte nabij den mond van den Waterweg gedeeltelijk zal zijn weggebaggerd, zal, naar het oordeel der Commissie, bij de peilschaal te Hoek van Holland bij den vloed waarop gerekend moet worden, een kuilvervlakking optreden van naar schatting 20 cm.. Een volkomen juist bedrag is hiervoor niet te geven, o.a. omdat niet bekend is welke hoeveelheden zand uit den mond, uit den Waterweg en uit de Maasvlakte zullen worden gebaggerd. Gemeend wordt echter, dat de mond een betere toestrooming voor het vloedwater zal vormen dan thans het geval is.
- Voor Hellevoetsluis is de invloed van de toekomstige waterstaatswerken op 5 om gesteld; in verband met de verlandingsmogelijkheden langs het Haringvliet en te Willemstad kan daarvoor 10 om worden gesteld.
- Als randvoorwaarde voor H.v.H., ^{Holland} Hellevoetsluis en Willemstad heeft de Commissie na ampele overwegingen gemeend getijlijnen te moeten aanhouden waarvan de toppen hoogten bereikten van resp. 4.00+, 4.35+ en 4.70+.
- Dit komt ongeveer overeen met de vloedhoogte, die in het jaar 2000 zou voorkomen, indien zich in dat jaar voordoet:
- a. een meteorologische omstandigheid als vermoedelijk in 1825 is voorgekomen,
 - b. een stormvloed als die van 1894, doch dan één week eerder t.o.v. de maanvolus,
 - c. een stormvloed, waarbij het astronomisch getij, dat de vijf wintermaanden gemiddeld 50 malen wordt overschreden, samenvalt met een meer dan eens waargenomen stuwung, die gedurende ongeveer vijf achtereenvolgende uren wordt overschreden,
 - d. een stormvloed die in een eeuw met een kans van 30% wordt overschreden. Er is in die eeuw dan ongeveer twee maal zooveel kans dat die vloedshoogte niet, dan dat hij wel wordt overschreden.

Deze keuze wordt hieronder nog voor het station H.v.H. ^{Hoek} ^{Holland} nader op vier manieren beschouwd.

I. Uitgaande van den vermoedlijken stand, ^{van 3.45+} die te H.v.H. ^{Hoek} ^{Holland} zou zijn voorgekomen in 1825, indien in dat jaar ^{het} ^{ver-}schil in SV-hoogte met Katwijk hetzelfde zou zijn geweest als tegenwoordig, ~~nl. 3.54+~~, zou voor het jaar 2000 moeten worden gerekend op:

| | |
|---------------------------------------|-------|
| vermoedelijke stand in 1825 te H.v.H. | 3.54+ |
| zeespiegelrijzing over 1825-2000 | 0.35 |
| invloed waterstaatswerken | 0.20 |
| H.v.H. (in 2000) | 4.05+ |
| | ===== |

2. Uitgaande van den vloed van 1894 vindt men, stellend dat deze niet bij doodtij doch bij een normaal springtij was voorgekomen een ongeveer 0.35m hooger bedrag (vooral "normaal springtij" wordt aangenomen een HW, dat in 10% van alle voorspelde gevallen wordt overschreden. Dergelijke springtijden kwamen b.v. voor tijdens de vloed van 1906, 1928 en 1936).

| | |
|--|-------|
| voorgekomen stand in 1894 te H.v.H. | 3,28+ |
| verschil tusschen doodtij en springtij | 0.35 |
| zeespiegelrijzing over 1894-2000 | 0.21 |
| invloed waterstaatswerken | 0.20 |
| H.v.H. (in 2000) | 4.04+ |
| | ===== |

3. Gesteld dat te H.v.H. ^{Hoek} ^{Holland} in 1894 de maximum voorgekomen opstuwung tezamen met het bovengenoemde springtij was voorgekomen, dan geldt de volgende becijfering:

| | |
|--|-------|
| springtij dat nog in 10% der gevallen wordt overschreden | 1.10+ |
| max. opstuwung (2 x voorgekomen) | 2.82 |
| zeespiegelrijzing over 1894-2000 | 0.21 |
| invloed waterstaatswerken | 0.20 |
| H.v.H. (in 2000) | 4.33+ |
| | ===== |

4. Uitgaande van den stormvloed, waarbij het astron.HW nog in 50 gevallen per vijf wintermaanden wordt overschreden en samenvalt met de opstuwing, welke gedurende ongeveer 5 achtereenvolgende uren meer dan 2.49m is geweest (zooals in 1894) vindt men:

| | |
|----------------------------------|-------|
| HW te H.v.H. | 1.10+ |
| opstuwing | 2.49 |
| zeespiegelrijzing over 1894-2000 | 0.21 |
| waterstaatswerken | 0.20 |
| | <hr/> |
| | 4.00+ |
| | <hr/> |

□ De keuze van den SV-stand te H.^{oek}v.H.^{olland} waarmede gerekend moest worden heeft de Commssie gemeend te moeten bepalen op het ronde getal 4.00+.

□ Blijkens de frequentiekromme van het jaar 2000 zou een stormvloed als deze in een eeuw met een kans van ongeveer 1 tegen 2 (30%) worden overschreden en wel gemiddeld met een aanzienlijk bedrag.

□ Dit cijfer als basis aannemend kan men aan de hand van de voorgekomen SV-verschillen met H.^{oek}v.H.^{olland} nemen

| | |
|---------------------|-------|
| voor Hellevoetsluis | 4.70+ |
| voor Willemstad | 4.35+ |

□ Als randvoorwaarde voor de opperwaterafvoeren heeft de Commissie, gelet op de uitkomsten der waarschijnlijkheidsberekeningen, gemeend slechts te moeten rekenen op een gemiddelden afvoer. De hogere rivierstanden komen betrekkelijk zoo zelden voor, dat rekenen op de combinatie ervan met een hoog stormvloed een te zware eisch zou zijn.

□ De met de z.g. exacte methode berekende standen, uitgaande van de bovenvermelde randvoorwaarden meent de Commssie als "maatgevend" voor de eigenlijke benedenrivieren te mogen aanbevelen doch niet voor het z/g. overgangsgebied tusschen

de beneden- en bovenrivieren. Hier worden de hoge standen met kleine frequenties niet uitsluitend bepaald door de stormen, doch *vooral* door de hoge opperwaterafvoeren. Voor dat overgangsgebied werden deze frequenties dus weer bepaald met behulp van de extrapolatie der frequentiegrafieken. Dit kon met voldoende graad van nauwkeurigheid geschieden, omdat de voorgenomen waterstaatswerken op de Lek, de Waal en de Maas boven Heusden geen groote veranderingen zullen veroorzaken. Evenwel mochten de frequentiegrafieken van de HW's bij deze stations niet als recht worden beschouwd. Zij vertoonen alle een duidelijke buiging naar beneden. Dit maakt het schatten van hoge standen gemakkelijker, omdat de frequenties der hoge standen snel kleiner worden en deze laatste vrijwel tot een ^{limiet} ~~teniet~~ schijnen te naderen.

- limiet*
- Overigens werden wiskundige berekeningen uitgevoerd voor de drie genoemde rivieren met verschillend opperwaterafvoeren, zoodat men zich een oordeel kon vormen omtrent den invloed van den opperwaterafvoer in dit overgangsgebied.

Par. 8. De uitkomsten van de hydraulische berekeningen.

Uitgaande van de in de vorige par. genoemde wandvoorwaarden werden de in de kolommen D, E en F van onderstaanden staat voor het jaar 2000 geldende SV-hoogten berekend volgens de niet-sinusoidale methode. De in de kolommen B en C genoemde cijfers hebben betrekking op bestaande riviertoe-standen, zij zijn afgeleid uit frequentiekrommen.

- Ter toelichting van die kolommen kan het volgende worden opgemerkt:

De standen zijn alle + N.A.P.

Kolom A geeft de hoogst bekende standen sedert 1893, doch met het oog op de bodemdaling herleid tot 1940.

Kolom B geeft de SV-standen voor den bestaanden toestand (1940) volgende uit een rechtlijnige extrapolatie der frequentiekromme tot frequ. 0.003.

Kolom C geeft hetzelfde, doch voor het jaar 2000; de cijfers van kolom A zijn dus met de "bodemdaling" van 60 jaar, of 12 cm verhoogd.

Kolom D geeft voor het jaar 2000 de SV-standen voor het geval alleen de landen benoorden en bezuiden de Bergsche Maas - Amer zijn ingepolderd.

Kolom E geeft voor het jaar 2000 de SV-standen voor het geval tevens het Vier-eilandenplan is uitgevoerd en de Holl. IJssel is afgedamd.

Kolom F geeft voor het jaar 2000 de SV-standen voor het geval het Vijf-eilandenplan, inclusief Biesbaschinpoldering, Holl. IJssel afdamming, Holl. Diep verbetering, enz. tot voltooiing is geraakt.

~~Zie voor het overzicht het volgende blad.~~

| | A | B | C | D | E | F |
|----------------------|-------------------|------|--------------------|--------|--------|--------|
| Hoek van Holland | 3.38 ⁵ | 3.70 | 3.82 53 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| Vlaardingen | 3.27 | 3.75 | 3.87 | 4.11 | 4.27 | 4.24 |
| Rotterdam | 3.35 | 3.79 | 3.91 | 4.25 | 4.37 | 4.33 |
| Krimpen a/d Lek | 3.39 | 3.99 | 4.11 | 4.40 | 4.45 | 4.42 |
| Streefkerk | 3.44 | 3.97 | 4.09 | 4.36 | 4.39 | 4.37 |
| Schoonhoven | 3.50 | 3.97 | 4.09 | 4.30 | 4.35 | 4.32 |
| Jaarsveld | 4.92 | 4.07 | 4.19 | 4.32 | 4.34 | 4.32 |
| Vreeswijk | 5.81 | 4.46 | 4.58 | 4.45 | 4.42 | 4.44 |
| Oud Beyerland | 3.39 | 3.78 | 3.90 | 4.32 | -- | -- |
| Dordrecht | 3.47 | 4.06 | 4.18 | 4.60 | 4.62 | 4.61 |
| Sliedrecht | 3.52 | 4.06 | 4.18 | 4.67 | 4.74 | 4.64 |
| Hellevoetsluis | 3.53 | 4.18 | 4.30 | 4.35 | 4.35 | 4.35 |
| Willemstad | 3.69 | 4.48 | 4.60 | 4.70 | 4.70 | 4.70 |
| Willemsdorp-Moerdijk | 3.54 | 4.35 | 4.47 | 4.80 | 4.80 | 4.80 |
| Werkendam | 3.62 | 4.06 | 4.18 | 4.70 | 4.80 | 4.80 |
| Gorinchem | 4.67 | 4.55 | 4.67 | 4.78(I | 4.84(I | 4.83(I |
| Herwijnen | 6.01 | 4.90 | 5.02 | 4.94(I | 4.96(I | 4.94(I |
| Zaltbommel | 7.54 | 5.18 | 5.30 | 5.11(I | 5.11(I | 5.03(I |
| Jacominaplaats | -- | -- | -- | 4.80 | 4.80 | 4.80 |
| Dongewaard | 3.14 | 3.20 | 3.32 | 4.80 | 4.80 | 4.80 |
| Keizersveer | 3.18 | -- | -- | 4.72 | 4.72 | 4.72 |
| Heusden | 4.66 | -- | -- | 4.52(I | 4.52(I | 4.52(I |
| Hedel | 5.76 | -- | -- | 4.62(I | 4.62(I | 4.62(I |
| St. Andries | 7.26 | -- | -- | 4.82(I | 4.82(I | 4.82(I |
| Lith | 7.77 | -- | -- | 4.87(I | 4.87(I | 4.87(I |

(I. Hier zijn de riviervloeden maatgevend.

Alleen voor de Bergsche Maas - Amer werd een iets hooger en dan normalen afvoer genomen namelijk $250 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Door vergelijking van C met F vindt men dus de "verhoging door wa-

terstaatswerken" indien het "Vijf-eilandenplan wordt uitgevoerd; door vergelijking van C met D die, indien alleen de Biesbosch wordt ingepolderd. Het blijkt dat tusschen de cijfers van de kolommen D, E en F weinig verschil bestaat, d.w.z. de Biesboschinpoldering heeft den grootsten invloed op de SV-verhoogingen. Vergelijking van A met B geeft de SV-verschillen die veroorzaakt worden door de frequentieverschillen van ongeveer 0.02 en 0.003 per jaar.

De invloed van den opperwaterafvoer op de SV-hoogten vindt men voor verschillende riviervakken in onderstaanden staat, geldende voor het Vier-eilandenplan (in m + N.A.P.).

| | Gemiddelde opperwaterafvoer in m ³ per sec. | | |
|----------------------|--|----------------------|-----------------------|
| | Lek 200 Waal 1000 | Lek 450 Waal 1500 | Lek 1000 Waal 3000 |
| Hoek van Holland | | 4.00 | 4.00 |
| Vlaardingen | | 4.27 | 4.32 |
| Rotterdam | | 4.37 | 4.54 |
| Krimpen a/d Lek | 4.40 | 4.45 | 4.66 |
| Streefkerk | 4.31 | 4.39 | 4.66 |
| Schoonhoven | 4.27 | 4.35 | 4.72 |
| Jaarsveld | 4.22 | 4.34 | 4.86 |
| Vreeswijk | 4.23 | 4.42 | 5.04 |
| Oud Beyerland | | -- | -- |
| Dordrecht | | 4.62 | 4.80 |
| Slidrecht | | 4.74 | 4.88 |
| Hellevoetsluis | | 4.40 | 4.40 |
| Willemstad | | 4.75 | 4.75 |
| Willemsdorp-Moerdijk | | 4.80 | 4.80 |
| Werken dam | 4.75 | 4.80 | 4.94 |
| Gorinchem | 4.74 | 4.84 | 5.06 |
| Herwijnen | 4.78 | 4.96 | 5.24 |
| Zaltbommel | 4.94 | 5.11 | 5.67 |

Op Amer - Bergsche Maas:

Gemiddelde opperwaterafvoer van de Maas in m³/sec

| | 250 | 1000 | 1500 |
|---------------|------|------|------|
| Jacominaplaat | 4.80 | 4.80 | 4.50 |
| Dongemond | 4.80 | 4.86 | 4.90 |
| Keizersveer | 4.72 | 4.84 | 4.91 |
| Heusden | 4.52 | 4.87 | 5.00 |
| Hedel | 4.62 | 5.00 | 5.16 |
| St. Andries | 4.82 | 5.21 | 5.50 |
| Lith | 4.87 | 5.36 | 5.83 |

Deze invloeden zijn ^{in het overganggebied} ~~op de Lek en op de Waal~~ dus vrij groot, op de overige benedenrivieren minder.

Ter vergelijking van de uitkomsten van de sinusoidale en van de z.g. exacte methode kunnen de volgende cijfers strekken. Zij werden gevonden voor het z.g. Vier-eilandenplan, terwijl voor beide berekeningen dezelfde randvoorwaarden en profielen werden genomen.

| | Exacte methode | Sinusoidale methode |
|----------------------|----------------|---------------------|
| Hoek van Holland | 4.00+ | 4.00+ |
| Willemsdorp-Moerdijk | 4.80 | 4.80 |
| Krimpen | 4.40 | 4.47 |
| Dordrecht | 4.60 | 4.58 |
| Werkendam | 4.70 | 4.73 |

Deze verschillen zijn derhalve niet groot.

Par. 9. Uitkomsten van het frequentie-onderzoek.

Het frequentie-onderzoek geschiedde voor alle hieronder genoemde peilschaalstations op dezelfde wijze, zoodat de uit-

De komsten onderling vergeleken kunnen worden. ~~Alle~~ peil-
 schaalgegevens van de laatste 40 jaren werden voor zoo-
 ver aanwezig, met inachtneming van een zeespiegelrijzing
 van 20 om/eeuw herleid tot het jaar 2000, terwijl daaruit
 de eeuw ^{Kans} ~~kon~~krommen werden afgeleid. Voor de stations waar-
 van verondersteld wordt dat deze niet beïnvloed zullen
 worden door waterstaatswerken, benevens voor de stations
 Hoek van Holland, Willemstad en Hellevoetsluis, waar deze
 invloed op resp. 20, 10 en 5 om is gesteld, geldt de vol-
 gende staat.

| gebruikte pe- riode van aarneming | S t a t i o n s | SV-standen met in het jaar 2000 een overschrijdingskans per e e u w van | | | |
|---|-------------------|--|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | 9 tegen 1 of 90%. | 2 tegen 1 67%. | 1. Ong. 1.2. of 30 %. | 2. I tegen 9 of 10%. |
| 901-1940 | Nw. Statenzijsl | 5.14+ | 5.48+ | <u>5.93+</u> | 6.47+ |
| 901-1940 | Delfzijsl | 4.63+ | 4.92+ | <u>5.34+</u> | 5.80+ |
| 901-1940) | Noordpolderzijsl | 4.50+ | 4.78+ | <u>5.18+</u> | 5.62+ |
| 901-1940) | | | | | |
| 930-1940 | Zoutkamp | 4.11+ | 4.27+ | <u>4.74+</u> | 5.16+ |
| 933-1942 | Oostmahorn | 4.11+ | 4.27+ | <u>4.74+</u> | 5.16+ |
| 933-1942 | Roptazijsl | | | | |
| 933-1942 | Harlingen | 4.08+ | 4.34+ | <u>4.72+</u> | 5.17+ |
| 933-1942 | Kornwederzand | 4.00+ | 4.28+ | <u>4.66+</u> | 5.12+ |
| 933-1942 | Den Oever | 3.74+ | 3.99+ | <u>4.36+</u> | 4.80+ |
| 933-1942 | Westerland | 3.57+ | 3.82 | <u>4.18</u> | 4.58+ |
| 931-1940 | West Terschelling | 3.54+ | 3.77+ | <u>4.08+</u> | 4.47+ |
| 933-1942 | Den Helder | 3.12+ | 3.36+ | <u>3.66+</u> | 4.00+ |
| 901-1940 | IJmuiden | 3.42+ | 3.65+ | <u>3.94+</u> | 4.29+ |
| 901-1940 | Katwijk | 3.60+ | 3.81+ | <u>4.12+</u> | 4.49+ |
| 901-1940 | Soheveningen | 3.63+ | 3.84+ | <u>4.13+</u> | 4.50+ |
| 901-1940 | Hoek van Holland | 3.50+ | 3.72+ | <u>4.00+</u> | 4.36+ |
| 901-1940 | Hellevoetsluis | 3.71+ | 4.00+ | <u>4.35+</u> | 4.75+ |
| 901-1940 | Willemstad | 4.12+ | 4.35+ | <u>4.70+</u> | 5.04+ |
| 888-1937 | Brouwershaven | 3.66+ | 3.86+ | <u>4.16+</u> | 4.50+ |
| 901-1940 | Zierikzee | 3.85+ | 4.07+ | <u>4.35+</u> | 4.68+ |
| 901-1940 | Bruinisse | 4.09+ | 4.30+ | <u>4.58+</u> | 4.92+ |
| 901-1940 | Wemeldinge | 4.27+ | 4.48+ | <u>4.77+</u> | 5.13+ |
| 888-1937 | Bergen op Zoom | 4.92+ | 5.22+ | <u>5.64+</u> | 6.10+ |
| 901-1940 | Vlissingen | 4.01+ | 4.18+ | <u>4.38+</u> | 4.65+ |
| 901-1940 | Veere | 3.85+ | 4.03+ | <u>4.27+</u> | 4.60+ |
| 901-1940 | Terneuzen | 4.30+ | 4.47+ | <u>4.68+</u> | 4.95+ |
| 901-1940 | Bat | 4.80+ | 4.99+ | <u>5.24+</u> | 5.54+ |
| 901-1940. | Hansweert | 4.40+ | 4.58+ | <u>4.83+</u> | 5.11+ |

Er blijkt uit, dat de in de kolom voor 30% overschrijdingskans genoemde hoogtecijfers betreffende de stations Hoek van Holland, Hellevoetsluis en Willemstad ten naastebij overeenstemmen met de als randvoorwaarden genoemde hoogtecijfers van par. 7.

De overige in deze kolom genoemde cijfers kunnen als hiermede gelijkwaardig worden beschouwd.

Er dient omtrent deze cijfers nog te worden opgemerkt, dat de gegevens van Noordpolder^zijk en Roptax^lijk uit een tekort tijdvak zijn getrokken. Ook de uitkomsten van Den Helder, den Oever, Westerland, Kornwederzand, Harlingen en Terschelling zullen na verkoop van eenige jaren nog wel heter te bepalen zijn, daar sinds de afsluiting van de Zuiderzee nog slechts luttel jaren kon worden waargenomen.

De Commissie meent, dat met deze cijfers voor een overschrijdingskans van 30% per eeuw ^{rekenend} ~~geen~~ naar het jaar 2000 voor de hoogtebepaling van "primaire" dijken rekening gehouden moet worden. Dat wil zeggen, dat de kans, dat dit peil in een eeuw niet wordt overschreden, bijna dubbel zoo groot is, als de kans, dat dit wel het geval zal zijn.

Par. 10. Bepaling van de waakhogte.

De Commissie meent, dat de kruins-hogte van de te maken, de te verbeteren of de bestaande dijken een zoodanige waakhogte boven den maatgevenden SV-stand moeten bezitten, dat bij dezen stand een volledige veiligheid tegen overslag wordt verkregen. Veel hangt hierbij af van de richting van den dijk t.o.v. de stormstreek, van het talud en van de hoogte der golven, die tegen dit talud oplopen, zoodat voor ieder dijkvak afzonderlijk nagegaan zal moeten worden, welken invloed deze factoren op de bepaling van deze waakhogte hebben. Dikwijls zal de waakhogte

niet bepaald moeten worden uit den in Par. 9 genoemden maatgevenden SV-stand, doch uit een lageren. Dit zal b.v. het geval zijn, indien een dijk op het ZW ligt en de maatgevende SV-stand gemiddeld bij NW-storm bereikt wordt. Er dient dan nagegaan te worden, welke combinatie van hoogen vloed en grooten golfloop de ongunstigste is (zie nota VI).

□ Voor de bepaling van den golfloop zou men de volgende formule kunnen gebruiken, welke ~~ex~~ hierop zij met nadruk gewezen - slechts een grove benadering van de werkelijkheid is.

$$z = 20 s^{\frac{2}{3}} d^{\frac{2}{3}} \operatorname{tg} \varphi \frac{(1 + \sin \alpha)}{2}$$

□ Hierin is z: de golfloop in m boven het rustvlak der golven.

s: de ^{ind.} steundruk in m op 6m boven maaiveld. x)

d: de maatgevende diepte voor den dijk in m.

φ : de ~~helling~~ helling van het talud.

α : hoek van den wind met den as van den dijk

□ Bij aanwezigheid van een buitenberm, ^Egrindbepaling of ruw taludoppervlak kan de golfloop nog gereduceerd worden (zie nota VI).

□ Als minimum waakhoogte adviseert de Commissie een maat van 50 om, zulks b.v. voor op het oosten liggende waterkeerende dijken met vóórland. Voor dijken op het NW langs niet te smalle wateren liggende, zal de waakhoogte spoedig 1m of meer moeten bedragen; voor ongunstig gelegen dijken in Zeeland en langs de Wadden zelfs 2 à 4 m.

Par. II. De juiste dijksprofielen.

□ Wat betreft den vorm van de dijksprofielen meent de Commissie

x) Opmerking van den Secretaris: kan de ingewikkeld te berekenen factor s niet vervangen worden door de stormsnelheid?

sie dat het onjuist zou zijn een algemeen geldend profiel voor te schrijven. De omstandigheden zijn zoo verschillend, dat het noodig is daarvan voor elk dijkvak afzonderlijk studie te maken. Toch acht de Commissie het gewenscht, dat bij voorgenomen dijksverbeteringen of dijksaanleg dezelfde richtlijnen worden aangehouden voor het geheele land. (zie nota VII). Zij meent evenwel, dat het opstellen van de richtlijnen eerst doeltreffend zal zijn, wanneer de provinciale besturen over dit onderwerp hun gevoelens hebben doen kennen.

HOOFDSTUK III. Beantwoording der gestelde vragen.

Par. 12. De stormvloedsstanden waarop thans gerekend moet worden.

- De Commissie is van meening dat thans gerekend moet worden op vloeden, zooals die vóór het jaar 2000 verwacht kunnen worden.
- Er is voor elk getijstation wel een hoogte te noemen, waarboven de vloed tot het jaar 2000 naar alle waarschijnlijkheid nimmer zal rijzen, doch deze is te hoog om als uitgangspunt voor de bepaling van de dijkshoogten te dienen, zelfs voor de meest belangrijke te beschermen gebieden. De Commissie meent, op het voetspoor van ^{de} ~~een~~ Staatscommissie van 1916 tot standen te mogen adviseeren, welke betekenend beneden deze limiet blijven, met het oog op de buitensporige kosten, die de dijksverhoogingen anders zouden met zich brengen, terwijl deze zeer hooge, doch wel mogelijke vloeden, slechts uiterst zelden zijn te verwachten.
- De meest belangrijke gebieden moeten echter het best beschermd worden. Voor primaire dijken acht de Commissie het noodig, dat voortaan rekening wordt gehouden met het keeren van standen, zooals in het jaar 2000 verwacht kunnen worden, indien

de meteorologische en astronomische omstandigheden zoo zijn als in 1825 schijnen te zijn voorgekomen. Deze komen overeen met een superpositie van een vrijwel normaal springtij en een matige windstuwing en , speciaal voor de benedenrivieren, met een normalen opperwatersafvoer. Volgens de gebruikte kansberekening zouden dergelijke standen gemiddeld met een kans van 30% (ong. 1 tegen 2) per eeuw worden overschreden.

- Onder primaire dijken verstaat de Commissie die welke groote belangrijke achterlandendirect beschermen, dus in het algemeen de zee- en rivierdijken, zonder slaperdijken.
- Voor secundaire dijken, dat zijn b.v. die, waar goede slaperdijken achter liggen, zou met SV-standen genoeg kunnen worden genomen, wier overschrijdingskansen 67% (2 tegen 1) zijn.
- Omtrent deze kanspercentages wordt opgemerkt, dat zij niet als exact bedoeld zijn. Zij geven een benadering, en er moet bij bedacht worden, dat de bedoelde standen evengoed eenige malen in een eeuw zullen kunnen worden overschreden als in het geheel niet. Niettemin geven deze kanscijfers de mogelijkheid tot een goede onderlinge vergelijking der stations.
- De voor primaire dijken als maatgevend bedoelde SV-standen zijn de volgende:
- | | |
|-----------------------|-------|
| voor Nieuw Statenzijl | 5.93+ |
| " Delfzijl | 5.34+ |
| " Noordpolderzijl | |
| " Zoutkamp | 5.18+ |
| " Oostmahorn | 4.74+ |
| " Róptazijk | |
| " Harlingen | 4.72+ |
| " Kornwederzand | 4.66+ |
| " den Oever | 4.36+ |
| " West- Terschelling | 4.08+ |
| " den Helder | 3.66+ |
| " IJmuiden | 3.94+ |
| " Katwijk | 4.12+ |
| " Scheveningen | 4.13+ |

| | | |
|------|---------------------------------|-------|
| voor | Hoek van Holland | 4.00+ |
| " | Hellevoetsluis | 4.35+ |
| " | Willemstad | 4.70+ |
| " | Brouwershaven | 4.16+ |
| " | Zierikzee | 4.35+ |
| " | Bruinisse Wemeldinge | 4-58+ |
| " | Wemeldinge | 4.77+ |
| " | Bergen op Zoom | 5.64+ |
| " | Vlissingen | 4.38+ |
| " | Veere | 4.27+ |
| " | Terneuzen | 4.68+ |
| " | Hansweert | 4.83+ |
| " | Vlaardingen | 4.24+ |
| " | Rotterdam | 4.33+ |
| " | Krimpe/n a/d Lek | 4.42+ |
| " | Streefkerk | |
| " | Schoonhoven | |
| " | Jaarsveld | |
| " | Vreeswijk | |
| " | Dordrecht | 4.61+ |
| " | Sliedrecht | 4.64+ |
| " | Willemsdorp-Moerdijk | 4.80+ |
| " | Werkendam | 4.80+ |
| " | Gorinchem | |
| " | Herwijnen | |
| " | Zaltbommel | |
| " | Jacominaplaats | 4.80+ |
| " | Dongewaard <i>mond</i> | 4.80+ |
| " | Keizersveer | |
| " | Heusden | |
| " | Hedel | |
| " | St. Andries | |
| " | Lith | |

Par. 13. De invloed van natuurlijke factoren op toekomstige SV-standen.

¶ Als natuurlijke factor, die invloed uitoefent op de SV-standen moet in de eerste plaats de zeespiegelrijzing of bodemdaling worden genoemd. Mogelijk is dit slechts de wegzakking der peilschalen of verkenmerken door klink of negatieve kleeft langs de heipalen, doch dit komt voor ons probleem, althans voorloopig, op hetzelfde neer alsof, er een geologische bodemdaling of algemeene zeespiegelrijzing was. De Commissie meent daarom dat tot het jaar 2000 gerekend moet worden met een bedrag van 2 cm per 10 jaren, d.i. het bedrag dat voor een aantal peilschalen of werken in de laatste decennia ongeveer wordt gevonden. Mogelijk is dit iets te hoog, doch gezien de onzekerheid welke bij het zakken van nieuwe werken t.o.v. den waterspiegel moet worden in acht genomen, schijnt het verantwoord. Daar slechts over een periode van ongeveer 50 jaren wordt voorspeld, is het nominale bedrag ervan niet groot, nl. 10 cm.

¶ Voorts zijn er de natuurlijke wijzigingen in den waterstaatkundigen toestand tengevolge van opslibbingen en verdiepingen door uitschuring. Deze komen wel voor, doch niet zoodanig dat daar voor het onderhavige vraagstuk gedurende de jaren vóór 2000 rekening mede behoeft te worden gehouden. In het algemeen geschieden deze natuurlijke veranderingen namelijk in een zoodanig langzaam tempo dat zij voor de kwestie der stormvloeden in een tijdsruimte van + 50 jaren geacht kunnen worden geen praktische betekenis te hebben.

Par. 14. De invloed van indijkings-, rivierverbeterings-, bagger- en andere werken.

¶ Wanneer de Biesbosch en de landen ten zuiden van de Bergsche Maas - Amer worden ingepolderd, voorts de Brielsche Maas wordt afgedamd, en de Waterweg en diens mond wordt

verbeterd, zullen naamschatting bij zware stormvloed en de SV-verhoogingen ontstaan welke voor verschillende stations langs de benedenrivieren in onderstaanden staat, eerste kolom zijn aangegeven.

□ In de tweede kolom komen de verhoogingen voor, welke zullen ontstaan wanneer tevens het vijf-eilandenplan (vereeniging van de eilanden Voorne, Rozenburg, IJsselmonde, Hoeksche Waard en eiland van Dordrecht) wordt uitgevoerd en tevens de Hollandsche IJssel en de Doode Maas worden afgesloten.

SV-verhoogingen ten gevolge van waterstaatswerken.

| | Kolom I | Kolom 2 |
|--------------------------|---------|---------|
| bij Hoek van Holland | 20 om | 20 om |
| " Rotterdam | 34 " | 42 " |
| " Krimpen | 29 " | 31 " |
| " Dordrecht | 42 " | 43 " |
| " Hellevoetsluis | 5 " | 5 " |
| " Willemstad | 10 " | 10 " |
| " Moerdijk | 33 " | 33 " |
| " Dongewaard <i>mond</i> | 148 " | 148 " |

□ In het algemeen zijn deze bedragen dus vrij groot, hetgeen geweten moet worden aan de "kuil", welke zich thans nog in het gebied der benedenrivieren bevindt en door de genoemde werken zal verdwijnen. Is deze "kuil" verdwenen, dan zijn er in ons land geen andere meer en kunnen de werken, welke nog gemaakt zouden kunnen worden, slechts betrekkelijk geringe stormvloedverhoogingen meer teweeg brengen.

□ Bij de hierboven genoemde getallen werd de invloed van de dijksverhoogingen sinds de laatste hooge vloed (1894, 1916, 1928) in rekening gebracht. De daardoor ontstane SV-verhoogingen werden dus niet medegeteld.

□ Voor andere werken dan die, welke in het gebied der beneden-

rivieren in het voornemen liggen te worden uitgevoerd, werden geene berekeningen opgezet.

Par. 15. Met het oog op de veiligheid ongewenschte toestanden.

- Met het oog op de veiligheid ongewenschte toestanden zijn naar het oordeel der Commissie, voor wat de stormvloeden betreft, op practisch alle plaatsen langs de benedenrivieren beneden de lijn Streefkerk, Gorinchem, Heusden aanwezig. De langs de benedenrivieren voorkomende dijken zijn niet hoog genoeg om de stormvloedsstanden, die met een redelijke kans kunnen worden verwacht, te kunnen keeren.
- Ook elders, voornamelijk in Zeeland en Noord-Brabant zullen vermoedelijk dijkvakken aanwezig zijn, die bij storm niet voldoende veiligheid bieden, doch daaromtrent zouden slechts uitvoerige detailstudies uitsluitsel kunnen geven.

Par. 16. Voorgestelde veiligheidsmaatregelen.

- De Commissie meent het geven van gedetailleerde adviezen over elk dijkvak afzonderlijk achterwege te mogen laten en zich te moeten bepalen tot het geven van eenige richtlijnen.
- In het algemeen dient naar haar meening, de waterkeerende dijk lengte in ons land zooveel mogelijk te worden bekort. Afgezien van de daaraan verbonden economische voor- of nadeelen is eene afsluiting van de Hollandsche IJssel in diens benedenmond, waardoor ongeveer 40 km weinig betrouwbare dijk met slechten ondergrond en hier en daar weinig soliede sluizen en veel bebouwing als hoofdwatkering wordt uitgeschakeld, naar ^{haar} ~~deze~~ meening een nuttig werk. Eveneens het vereenigen van de vier of vijf Zuidhollandsche eilanden binnen één dijkring. Zeer bezwaarlijke ophoogingen te Dordrecht, Zwijndrecht, Puttershoek en elders zouden op deze wijze ontgaan kunnen worden.

- Te Rotterdam zal bij ^{den} wederopbouw van die stad terstond met de noodige dijksverhooging rekening kunnen worden gehouden.
- Inpoldering van de niet waterig^{vrij} liggende terreinen ter weerszijden van de Bergsche Maas - Amer, zal de waterstanden op de benedenrivieren verhoogen. Het watervrij maken van deze terreinen zal derhalve naar het oordeel der Commissie gepaard moeten gaan met de, ook uit hoofde van andere factoren noodige verhooging van de dijken langs de benedenrivieren. Het zou immers oneconomisch zijn eerst de voor bedoelde inpoldering noodige verhooging aan te brengen en daarna de definitieve.
- De Commissie acht het tenslotte gewenscht, dat ter bepaling van de dijkshoogten en de dijksprofielen van elk dijksvak dat daarvoor in aanmerking komt afzonderlijke studies worden gemaakt, en dat voor het geheele land dezelfde maatstaven worden aangenomen. Te dien einde zouden de waterkeeringen des lands in drie categorieën zijn te verdeelen, de primaire, de secundaire en de tertiaire. Zooals gezegd, zouden de primaire dijken een vloed moeten kunnen keeren met hoogten als in Par. 12 aangegeven, terwijl daarboven voldoende waakhogte aanwezig moet zijn om de golfoploop volledig te kunnen keeren met een minimum van 0.5 m.

o o o

JV/26/3/44.