

CX

75093



DUPLEXMAP

Nota B61-4

ZZW.

Met afz. 3  
Met afz. 3 Bylagen

DE INVLOED VAN DE INPOLDERING  
VAN HET BALGZAND OP DE GETIJ-  
BEWEGING IN DE WADDENZEE.

7061

DE INVLOED VAN DE INPOLDERING VAN HET BALGEZAND  
OP DE GETIJBEWEGING IN DE WADDENZEE.

Inhoud:

- § 1 - Inleiding
- § 2 - Berekeningsmethode en schematisatie
- § 3 - Berekening en uitkomsten van de getijberekening
- § 4 - Samenvatting resultaten

Bijlagen:

- 1 - Overzichtsk kaart Waddenzee met geulen
- 2 - Schematisatie
- 3a- Voorbeeld berekening geulconstanten
- 3b- Geulconstanten voor de berekeningen B en P
- 4 - Uitkomsten getijberekening, tabel
- 5 - " " , hodograaf

-----

Met abt.

8 Bijlagen

EX
75093

Met 707

7061

§ 1 - INLEIDING.

Een van de voordelen van de inpoldering van het Balgzand is de te verwachten afneming van het vermogen van, en de maximale stroomsterkten in het Helderse zeegat. Deze afneming kan zowel op directe als op indirecte wijze benut worden.

Directe benutting: door de vermindering van het vermogen zal zeer waarschijnlijk de aanval op de Helderse zeewering afnemen, hetgeen een besparing geeft op kostbare onderhoudswerken. De aantasting van de Helderse zeewering wordt echter niet alleen beïnvloed door het getijvolume van het zeegat maar vooral ook door de ligging van de geulen langs de kust. Een verdere draaiing van de Helderse, mogelijk nog iets versterkt door de inpoldering van het Balgzand kan de uitschuring voor de zeewering weer versterken. De uitwerking van beide genoemde factoren tesamen valt niet te voorspellen.

Indirecte benutting:

De aantasting langs de noordoostzijde van Texel baart veel zorgen en vraagt eveneens kostbare voorzieningen. Afsluiting van het Eierlandse gat, wat overigens geheel past in het kader van de kustlijnverkorting, kan dit euvel opheffen.

De afsluiting zal een toeneming van het getijvolume van het Helderse en het Terschellinger zeegat tot gevolg hebben. Dit is ten aanzien van het eerste niet aanvaardbaar tenzij hier een overeenkomstige vermindering van het getijvolume tegenover staat. Mogelijk kan dit bereikt worden met de inpoldering van het Balgzand. De effectieve oppervlakte van het Balgzand is  $55 \text{ km}^2$  en die van de kom van het Eierlandse gat ongeveer  $115 \text{ km}^2$ .

De kom van het Helderse zeegat zal dus door deze werken niet vergroot worden, wat niet betekent dat het getijvermogen ten opzichte van de huidige toestand onveranderd zal blijven. Hierin spelen factoren als voortplantingsnelheid van de getijgolf en amplitude van het vertikale getij nog een rol.

De afsluiting van het Eierlandse gat kan ook uitgevoerd worden na afscheiding van de vloedkom van dit zeegat van de rest van de Waddenzee door een dam over het wantij. Deze oplossing is echter zeer kostbaar en weinig aantrekkelijk, temeer daar het aldus omdijkte gebied niet geschikt is voor inpoldering.

Om nu een inzicht te verkrijgen in de grootteorde van de veranderingen van het getij in de Waddenzee als gevolg van de inpoldering van het Balgzand is een getijberekening vereist. Hierbij zal speciaal gelet worden op de verandering van het getijvolume van het Helderse zeegat.

§ 2 - BEREKENINGSMETHODE EN SCHEMATISATIE.

Aangezien het hier een berekening betreft van de verandering van de huidige toestand als gevolg van de inpoldering van het Balgzand kunnen enkele ingrijpende vereenvoudigingen worden aangebracht.

- a. Allereerst kan de berekening beperkt worden tot het M<sub>2</sub> getij, met een sinusvormig verloop. Daar de M<sub>2</sub> component het getij voor ongeveer 90 % bepaalt, zal dus de verandering van dit getij in grote mate maatgevend zijn voor die van het werkelijke getij.
  
- b. Het onder a gestelde houdt in dat een harmonische berekeningsmethode gebruikt zal worden, en hiervoor komt de methode van de Staatscommissie Lorentz (litt 1) met gelineariseerde wrijving, het meest in aanmerking. Dat deze methode het horizontale getij minder juist weergeeft is hier geen bezwaar aangezien het niet in de eerste plaats gaat om de absolute grootten van de stromen maar om de veranderingen daarvan.
  
- c. Voorts kan, gezien de geringe omvang van de inpolderingswerken, het in de berekening te betrekken gebied beperkt worden. Aangenomen mag worden dat de invloed van de inpoldering op de stromingen in het zeegat van Terschelling uiterst gering is, zodat ook de verdeling van het debiet van dit zeegat in zuidelijke (Vliestroom) en oostelijke (West Meep) richting nauwelijks beïnvloed zal worden. Dit oostelijk deel wordt daarom van het te berekenen gebied gescheiden door een denkbeeldige begrenzing en het zeegat zelf wordt slechts voor de helft in rekening gebracht. (De helft omdat de verdeling over zuidelijk en oostelijk deel ongeveer gelijk is; zie hiervoor o.a. de

berekeningen van de Staatscommissie Lorentz).

- d. Het wantij achter het Eierlandse gat is zo goed ontwikkeld dat ook na inpoldering van het Balgzand de ligging van dit wantij nagenoeg niet zal veranderen. Dit wantij vormt dus een begrenzing van het in de berekening te betrekken gedeelte van de Waddenzee.
- e. Aangezien de berekening in hoofdzaak wordt uitgevoerd teneinde de verandering van het vermogen van het Helderse zeegat na te gaan is het niet nodig splitsingen van de geulen in de Waddenzee aan te brengen zodat het geulennet kan bestaan uit een doorgaande samengestelde geul tussen het Helderse en Terschellinger zeegat, hetgeen de berekening zeer vereenvoudigt.

Het te beschouwen gebied is aangegeven op bijlage 1. De begrenzingen worden in het zuiden en oosten gevormd door:

- de kustlijn van de kop van Noordholland even ten zuiden van het Helderse zeegat tot Den Oever
- de Afsluitdijk
- de Friese kust van Zurig tot ongeveer bij Roptazijl
- het wantij over Ballast Plaat en Griend tot Caranan.

In het noorden en westen door:

- de kustlijn van Texel en Vlieland en het wantij over de *Wadden* waarden en waardgronden.

Zeewaarts worden de grenzen gelegd langs de buitenszijde van de buitendelta van het Helderse- en Terschellinger zeegat.

Het aldus omsloten gebied dient nu, om voor de berekening toegankelijk te zijn, geschematiseerd te worden in een aantal prismatische geulen. Elke geul wordt daarbij geschematiseerd tot een aantal deelgeulen met verschillende breedte en diepte, al naar gelang de stroomvoerende of bergende functie van de geul. De gehele schematisatie berust op de zeekaarten nrs. 1201, 1454, 1205 van de Dienst Hydrografie van de Marine.

Allereerst moet dus de doorgaande geul Den Helder - Terschelling verdeeld worden in een aantal "prismatische" geulen. De grenzen tussen de geulen moeten loodrecht op de as-richting van de hoofdgeul komen, en wel daar waar het karakter van de geul verandert, of bij belangrijke splitsingen.

Bovenstaande overwegingen geven aanleiding tot de volgende verdeling van het gebied.

Grenzen komen:

- over de zeevaartse rand van de buitendelta van het Helderse zeegat;
- bij de in- en uitgang van het Marsdiep; de laatste tevens begin van het Balgzand,
- aan het einde van het Balgzand, tevens begin van het Zwin;
- in de omgeving van de Javaruggen (wijziging van het profiel van de Dove Balg en begin Scheurrak);
- bij Kornwerderzand.

Dit geeft dus tot Kornwerderzand 6 geulen, te weten:

- geul 1 - de Haaksgronden
- geul 2 - Marsdiep
- geul 3 - Texelstroom west
- geul 4 - " oost
- geul 5 - Dove Balg west
- geul 6 - " " oost

Bij beschouwing van een hodograaf, getekend volgens de uitkomsten van de berekening A'a van de Staatscommissie Lorentz, valt het op dat de fase van het getij langs de Friese kust van Zurig tot Nieuwe Bildt ongeveer gelijk is. Dit hele gebied wordt dus gelijktijdig gevoed door het Helderse- en Terschellinger zeegat. Deze voeding loopt niet door bepaalde geulen, maar in hoofdzaak over de grote vlakte aan weerszijden van het Molenrak en de Pollen ten noorden van de Pollendam.

Het is nu mogelijk dit gehele wantijgebied te schematiseren tot twee gelijke geulen, één aansluitend op de Dove Balg en één op de Vliestroom, mits er voor gezorgd wordt dat de grenzen

met laatstgenoemde geulen zodanig liggen dat het getij bij deze grenzen gelijke fasen heeft.

Het einde van geul 6 ligt noodzakelijkerwijs bij Kornwerderzand zodat de overige grenzen komen te liggen:

- in Scheurrak-Oude Vlie, tussen Omdraai en Oude Vlie ongeveer bij de drempel
- door het Inschot even ten noorden van de instroming van het Oude Vlie
- in de Blauwe Slenk in de omgeving van de Hendrik Tjaarsplaat.

Voor de lengte van de twee geulen 7 en 8 in het wantijgebied wordt de samenkomst van deze geulen gerekend te liggen in de omgeving van Roptzaijl.

Naar het noorden toe kan de schematisatie grover worden genomen. Daarom wordt geen grens gelegd bij de splitsing tussen Inschot en Blauwe Slenk maar komt de grens noordelijker, bij de splitsing van Vliestroom en West Meep - ongeveer bij Caranan.

Verder dient er een grens te komen aan weerszijden van het zeegat, waarbij de zuidelijke grens gevormd wordt door die bij Caranan en de noordelijke even ten noorden van de ingang van het zeegat.

Ten slotte komt er een grens langs de buitendelta van het Terschellinger zeegat.

Op geul 6 volgen dan:  
geul 7 - wantij zuid  
geul 8 - " noord  
geul 9 - Vliestroom  
geul 10 - Terschellinger zeegat  
geul 11 - " gronden

Alle grenzen zijn aangegeven op bijlage 1.



Nu de begrenzingen van de geulen onderling vastliggen, kunnen de geulen onderverdeeld worden in deelgeulen, al naar gelang hun transporterende en bergende functie. Hierbij worden de volgende overwegingen in acht genomen:

- De lengte van de geul wordt ongeveer gelijk aan de aslengte van de hoofdgeul gekozen. Nevengeulen kunnen hierdoor uitgetrokken dan wel verkort worden. De looptijd mag echter niet veranderen, zodat aan deze geulen respectievelijk een grotere dan wel kleinere diepte gegeven moet worden dan uit de peilingen zou volgen.
- De totale breedte van een geul volgt uit de oppervlakte gedeeld door de lengte.
- De hoofd- en nevengeulen worden, met inachtneming van het voorgaande, zoveel mogelijk gedimensioneerd volgens hun werkelijke afmetingen.
- Gebieden waar geen doorgaand watertransport plaats vindt, of geulen welke loodrecht op de algemene stroomrichting lopen, krijgen een diepte 0 (alleen waterbergende functie).
- Gebieden welke bij laagwater droogvallen worden overeenkomstig hun hoogteligging ten opzichte van laagwater vooreen gedeelte als bergend oppervlak in rekening gebracht.

De op deze wijze verkregen schematisatie is opgenomen in bijlage 2.

Behalve de gegevens betreffende het dwarsprofiel van de geulen zijn in bijlage 2 ook nog opgenomen de geschatte waarden voor de weerstand (C-waarde van de Chézy), de aangenomen waarden voor de maximum stroomsnelheid in de diepste geul en het daaruit afgeleide debiet.

De beste combinatie van deze laatste grootheden is proberenderwijs gevonden.

§ 3 - BEREKENING EN UITKOMSTEN VAN DE GETIJBEREKENING.

De gang van de berekening volgens de methode Lorentz is genoegzaam bekend zodat op deze plaats hier niet verder op wordt ingegaan.

De gegevens welke nodig zijn om de geulconstanten van de geulen 1 t/m 11 te berekenen zijn vermeld in bijlage 2. /

Voor de fysische grootheden werd aangehouden voor:

$$g = \text{versnelling van de zwaartekracht} = 9,81 \text{ m/sec}^2$$
$$w = \text{hoeksnelheid van het M}_2\text{-getij} = 1,405 \times 10^{-4} \text{ rad/sec}$$

De berekening is uitgevoerd voor de huidige toestand - berekening B, en voor de toestand na inpoldering van het Balgzand volgens het op bijlage 1 aangegeven tracé - berekening P.

Bij de schematisatie van het dwarsprofiel van de geulen is het enige verschil tussen de berekeningen B en P een verschil in dwarsprofiel van geul 3. (Texelstroom west). De C-waarden zijn voor alle geulen gelijk gehouden, terwijl de aangenomen waarden voor de maximum stroomsnelheid in de diepste geul uiteraard aangepast zijn aan de uitkomsten van de berekening. Voor een aantal geulen zijn daarom de geulconstanten voor de berekeningen B en P gelijk gebleven; vooral voor de geulen gelegen in het oostelijke deel van het beschouwde gebied.

De uiteindelijke geulconstanten (gevonden na enkele oriënterende berekeningen, hier niet weergegeven) zijn verzameld in bijlage 3.

De basisgegevens waarmee de berekeningen uitgevoerd worden, zijn, geheel overeenkomstig de berekeningen van de Staatscommissie Lorentz het <sup>de</sup>vertikale <sup>de</sup>getij in de zeegaten. Hier dus het vertikale M<sub>2</sub>-getij in het Helderse en het Terschellinger zeegat. Dit bedraagt voor:

Helderse zeegat - Westgat: amplitude 0,67 m  
kappa-getal 158°

of geschreven als imaginair getal: - 0,62 - 0,255i

/ Een voorbeeld van de berekening van de geulconstanten is gegeven in bijlage 3a.

Terschellinger zeegat - Noordgat: amplitude 0,79 m  
kappa-getal  $201^{\circ}$

of: - 0,74 + 0,28i

Volgens de normale berekeningsmethode worden nu de geulen 1 t/m 11 aaneengeschakeld tot één geul, waarvan de geulconstanten worden afgeleid uit die van de samenstellende geulen. Het vertikale getij is dan voor deze samengestelde geul aan beide uiteinden bekend, zodat alle andere grootheden hieruit berekend kunnen worden.

Gezien het tijdrovende karakter van de berekening werd besloten de berekening gedeeltelijk uit te voeren met behulp van een elektronische rekenmachine. De geulconstanten werden met ~~de rekenmachine~~ berekend; de rest met de rekenmachine. Hierbij bleek het eenvoudiger om van de normale methode af te wijken en als gegevens in te voeren het vertikale- en een geschat horizontaal getij aan één uiteinde van het geulennet. (Het samenstellen van de 11 geulen met complexe getallen vergt een vrij ingewikkeld programma voor de machine). Vervolgens wordt geul voor geul doorgerekend en ten slotte het gevonden vertikale getij aan het andere einde van het geulennet vergeleken met de gegeven waarde hiervoor. Door interpolatie kan dan het juiste horizontale getij bij het begin gevonden worden, waarna alle grootheden berekend kunnen worden. In het algemeen bleek 5 tot 8 maal doorrekenen voldoende om de uitkomst tot op de 4e decimaal kloppend te krijgen.

Na enkele berekeningen werden ten slotte een bevredigend resultaat gevonden voor de berekeningen B en P. De uitkomsten zijn in bijlage 4 verzameld als complexe getallen en omgerekend in amplitude en ~~de k~~ kappa-getal.

Bovendien is met behulp van deze uitkomsten een hodograaf geconstrueerd voor de huidige toestand en de toestand na inpoldering van het Balgzand. De hodograaf is weergegeven in bijlage 5.

een tafelreken-  
machine  
elektronische

Ten slotte dient te worden nagegaan of de aangenomen waarden voor de weerstand (coëfficiënt van de Chézy) en de maximum stroomsterkte in de diepste geul juist zijn geweest.

In bijlage 2 zijn de aangenomen debieten per geul vermeld en deze moeten gelijk zijn aan de debieten welke uit de berekening volgen.

In bijlage 4 zijn zowel de berekende als de aangenomen debieten verzameld voor de berekeningen B en P. Het blijkt dat voor de eerste 5 geulen een grote mate van overeenstemming bestaat tussen aangenomen en berekende debieten; in de geulen 6 en 7 is de weerstand iets onderschat, daarentegen in de geulen 8 t/m 11 iets overschat. De afwijkingen zijn echter voor de berekeningen B en P vrijwel gelijk en daar het een verschilberekening betreft zijn dus beide berekeningen volkomen vergelijkbaar. In de laatste kolom van bijlage 4 zijn de veranderingen in de stromen, uitgedrukt in procenten, weergegeven.

Bij de vermelding van de uitkomsten is geen correctie toegepast voor de invloed van de kracht van Coriolis. De uitkomsten gelden dus in principe alleen voor de aslijn van de geulen.

§ 4. SAMENVATTING RESULTATEN.

Ten opzichte van de huidige toestand blijken de volgende veranderingen van het getij in de Waddenzee op te treden.

Het verticale getij wordt van Den Helder tot het Nesserzand 2 à 3 % sterker, terwijl de fase in dit gebied met ongeveer  $3^{\circ}$  -  $5^{\circ}$  vervroegd wordt (ongeveer 15 minuten).

Voorbij het Nesserzand nemen de veranderingen snel af, zodat na het wantijgebied het verticale getij minder dan 1 % sterker wordt en de fase ongeveer gelijk blijft.

Het horizontale getij wordt merkbaar zwakker van het Westgat tot even voorbij het Balgzand. De afneming bedraagt 5 à 6 %. Tot bij Den Helder blijft de fase ongeveer gelijk, daarna, ongeveer tot Kornwerderzand wordt deze 3 à 4 % vervroegd (ca 12 minuten). Voorbij Kornwerderzand blijven zowel sterkte als fase van het horizontale getij vrijwel onveranderd.

Op bijlage 5 zijn <sup>is</sup> nog voor een aantal waarnemingsstations in de Waddenzee de  $M_2$  component van het verticale getij weergegeven. Deze component is door harmonische analyse bepaald voor:

Den Helder	- uit de getijkronne 1951.
Oude Schild	- idem
Den Oever	- idem
Kornwerderzand	- idem
Harlingen	- idem
Terschelling	- idem
Nesserzand	- uit waarnemingen aan <sup>en</sup> de tijdelijke peilschaal t.b.v. hydrografische opnemingen. Deze waarnemingen zijn gereduceerd op 1951.
Breezand	- idem

In werkelijkheid is het verticale getij in de Waddenzee dus sterker en over het algemeen vroeger dan uit de berekening

volgt. Het verschil is een gevolg van de schematisatie. Een versterking van het verticale getij bij overigens gelijke omstandigheden doet de stromen toenemen. De berekende debieten blijken inderdaad kleiner te zijn dan die welke uit waarnemingen volgen. In verband met het doel van de getijberekening (zie § 2) is het niet nodig de schematisatie zodanig te wijzigen dat de overeenstemming tussen waarnemingen en berekening beter wordt.

Ten slotte dient nog eenenkele opmerking over de komberging te volgen.

De effectieve oppervlakte van het in te polderen gedeelte van het Balgzand bedraagt ca  $55 \text{ km}^2$ . (De werkelijke oppervlakte bedraagt  $85,6 \text{ km}^2$  maar aangezien een groot deel bij laagwater droog valt mag dit dus slechts gedeeltelijk in rekening worden gebracht als bergend oppervlak). De oppervlakte van de vloedkom van het Helderse zeegat bedraagt, volgens de gebruikte schematisatie, ca  $780 \text{ km}^2$ . Deze kom neemt dus door de inpoldering af met 7 %. Zonder wijziging in vertikaal getij en komgrootte zou het vermogen van het Helderse zeegat met 7 % moeten afnemen. Aangezien echter het verticale getij iets sterker wordt en de komgrootte waarschijnlijk ook iets toeneemt (het verticale getij bij Roptazijl wordt met ongeveer 5 minuten vervroegd) zal het vermogen met iets minder dan 7 % afnemen. Volgens de getijberekening is dit 5 %.

De invloed van de inpoldering van het Balgzand op de stromen in de omgeving van het Marsdiep kan dus gesteld worden op 5 % afneming in het zeegat en 6 % afneming in het Marsdiep.

*Waterloopkundige afd.*

*Maart 1961*

Literatuur.

1. Verslag van de Staatscommissie Lorentz, Den Haag, 1926.
2. Methoden van getijberekening door Dr. J. J. Dronkers,  
De Ingenieur nr. 49, 1947.
3. Landaanwinning in het Waddengebied door Ir. H. A. M. C. Dibbits,  
De Ingenieur nr. 29, 1954.
4. De waterbeweging in de Waddenzee door Ir. F. Gerritsen.  
De Ingenieur nr. 37, 1954.
5. Waddensymposium, Tijdschrift van het Koninklijk Aardrijks-  
kundig Genootschap, mei 1950.
6. Tidel computation in shallow water. J. J. Dronkers and  
J. C. Schönfeld. Rijkswaterstaatscommunicatie nr. 1, 1959.  
communications

GEULCONSTANTEN BEREKENING B

		<u>reëel</u>	<u>imaginair</u>	<u>controle</u> ( $Z_z^2 - Z_u Z_z = 1$ )
geul 1.	$Z_{z_1}$	= + 0,98184	+ 0,02508	
	$Z_{u_1}$	= - 0,28393	- 0,20694	+ 0,99994 - 0,00001
	$U_{z_1}$	= + 0,00152	- 0,17457	
geul 2.	$Z_{z_2}$	= + 0,99814	+ 0,00170	
	$Z_{u_2}$	= - 0,12907	- 0,14243	+ 1,00002
	$U_{z_2}$	= + 0,00003	- 0,02627	
geul 3.	$Z_{z_3}$	= + 0,95824	+ 0,04233	
	$Z_{u_3}$	= - 0,34894	- 0,34889	+ 0,99993 - 0,00001
	$U_{z_3}$	= + 0,00342	- 0,23591	
geul 4.	$Z_{z_4}$	= + 0,98277	+ 0,02254	
	$Z_{u_4}$	= - 0,27723	- 0,21352	+ 0,99999
	$U_{z_4}$	= + 0,00123	- 0,16073	
geul 5.	$Z_{z_5}$	= + 0,96638	+ 0,06323	
	$Z_{u_5}$	= - 0,67574	- 0,36872	+ 1,00009
	$U_{z_5}$	= + 0,00401	- 0,18304	
geul 6.	$Z_{z_6}$	= + 0,94523	+ 0,09600	
	$Z_{u_6}$	= - 1,33120	- 0,78924	+ 1,00008
	$U_{z_6}$	= + 0,00458	- 0,13904	



	<u>reëel</u>	<u>imaginair</u>	<u>controle</u> ( $Z_z^2 - Z_u Z_z = 1$ )
geul 7.	$Z_{z_7} = + 0,91719$	$+ 0,18922$	
	$Z_{u_7} = - 2,27991$	$- 1,08815$	$+ 0,99993$
	$U_{z_7} = + 0,01030$	$- 0,15716$	
geul 8.	$Z_{z_8} = + 0,91642$	$+ 0,20449$	
	$Z_{u_8} = - 2,46392$	$- 1,11302$	$+ 1,00012 - 0,00003$
	$U_{z_8} = + 0,01111$	$- 0,15713$	
geul 9.	$Z_{z_9} = + 0,09628$	$+ 0,16377$	
	$Z_{u_9} = - 1,54214$	$- 0,94243$	$+ 1,00003$
	$U_{z_9} = + 0,01138$	$- 0,19944$	
geul 10.	$Z_{z_{10}} = + 0,99267$	$+ 0,01113$	
	$Z_{u_{10}} = - 0,66927$	$- 0,44079$	$+ 0,99994$
	$U_{z_{10}} = + 0,00012$	$- 0,03310$	
geul 11.	$Z_{z_{11}} = + 0,98827$	$+ 0,03026$	
	$Z_{u_{11}} = - 0,70194$	$- 0,27683$	$+ 1,00007$
	$U_{z_{11}} = + 0,00089$	$- 0,08556$	

-----

GEULCONSTANTEN BEREKENING P.

		<u>reëel</u>	<u>imaginair</u>	<u>controle</u> ( $Z_z^2 - Z_u U_z = 1$ )
geul 1.	$Z_{z_1}$	= + 0,98206	+ 0,02344	
	$Z_{u_1}$	= - 0,26531	- 0,20472	+ 0,99998
	$U_{z_1}$	= + 0,00137	- 0,17455	
geul 2.	$Z_{z_2}$	= + 0,99810	+ 0,00162	
	$Z_{u_2}$	= - 0,12326	- 0,14235	+ 0,99994 - 0,00001
	$U_{z_2}$	= + 0,00002	- 0,02628	
geul 3.	$Z_{z_3}$	= + 0,97131	+ 0,02779	
	$Z_{u_3}$	= - 0,33497	- 0,34844	+ 0,99991 + 0,00001
	$U_{z_3}$	= + 0,00156	- 0,16277	
geul 4.	$Z_{z_4}$	= + 0,98277	+ 0,02254	
	$Z_{u_4}$	= - 0,27723	- 0,21352	+ 0,99999
	$U_{z_4}$	= + 0,00123	- 0,16073	
geul 5.	$Z_{z_5}$	= + 0,96638	+ 0,06323	
	$Z_{u_5}$	= - 0,67574	- 0,36872	+ 1,00009
	$U_{z_5}$	= + 0,00401	- 0,18304	
geul 6.	$Z_{z_6}$	= + 0,94493	+ 0,10180	
	$Z_{u_6}$	= - 1,41098	- 0,79573	+ 1,00007 + 0,00003
	$U_{z_6}$	= + 0,00487	- 0,13908	

	<u>reëel</u>	<u>imaginair</u>	<u>controle</u> ( $Z_z^2 - Z_u Z_z = 1$ )
geul 7.	$Z_{z_7} = + 0,91642$	$+ 0,20449$	
	$Z_{u_7} = - 2,46392$	$- 1,11302$	$+ 1,00012 - 0,00003$
	$U_{z_7} = + 0,01111$	$- 0,15713$	
geul 8.	$Z_{z_8} = + 0,91642$	$+ 0,20449$	
	$Z_{u_8} = - 2,46392$	$- 1,11302$	$+ 1,00012 - 0,00003$
	$U_{z_8} = + 0,01111$	$- 0,15713$	
geul 9.	$Z_{z_9} = + 0,90628$	$+ 0,16377$	
	$Z_{u_9} = - 1,54214$	$- 0,94243$	$+ 1,00003$
	$U_{z_9} = + 0,01138$	$- 0,19944$	
geul 10.	$Z_{z_{10}} = + 0,99267$	$+ 0,01113$	
	$Z_{u_{10}} = - 0,66927$	$- 0,44079$	$+ 0,99994$
	$U_{z_{10}} = + 0,00012$	$- 0,03310$	
geul 11.	$Z_{z_{11}} = + 0,98827$	$+ 0,03026$	
	$Z_{u_{11}} = - 0,70194$	$- 0,27683$	$+ 1,00007$
	$U_{z_{11}} = + 0,00089$	$- 0,08556$	

-----

UITKOMSTEN GETIJBEREKENING.  
 HUIDIGE TOESTAND - BEREKENING B

geul	punt	vertikaal getij			horizontaal getij			
		complex reëel	imag. x	ampl. in m	complex $\times 10^{-5}$ reëel	imag. in	ampl. in $m^3/sec$	x-getal in 1) graden
1	Haaksgronden	-0,6200	-0,2550 <sup>x</sup>	0,67	-0,3662	-0,4600	58.500	128
2	Marsdiep	-0,5936	-0,0595	0,60	-0,3935	-0,3530	52.500	138
3	Texelstroom west	-0,5918	+0,0412	0,59	-0,3937	-0,3374	51.500	139
4	Texelstroom oost	-0,5492	+0,2695	0,61	-0,3553	-0,2002	40.500	150
5	Dove Balg west	-0,4900	+0,3838	0,62	-0,3020	-0,1162	32.000	159
6	Dove Balg oost	-0,3366	+0,5298	0,63	-0,2163	-0,0401	21.750	169
7	Wantij zuid	-0,1128	+0,6925	0,70	-0,1284	-0,0094	13.000	175
8	Wantij noord	+0,0481	+0,7751	0,78	-0,0083	-0,0081	1,400	136
9	Vliestroom	-0,1029	+0,7495	0,76	+0,1164	-0,0081	11.250	5
10	Zeegat van Terschelling	-0,4031	+0,5652	0,69	+0,2551	+0,0408	25.500	351
11	Terschelling gronden	-0,5591	+0,4168	0,70	+0,2714	+0,0567	27.250	349
		-0,7400	+0,2800	0,79	+0,3017	+0,1125	31,750	340

x) onderstreepte getallen zijn gegevens

1) x-getal is kappa-getal

Rijkswaterstaat  
 directie IJsselmeergebied  
 bijkantoor  
 postbus 600  
 8200 AP Lelystad

geul	punt	vertikaal getij			horizontaal getij				
		reëel	complex	ampl. in m	x-getal in graden	reëel	complex $\times 10^{-5}$	ampl. in $m^3/sec$	x-getal in graden
1 Haaksgronden	a Westgat	-0,6200	-0,2550 <sup>x</sup>	0,67	158	-0,3354	-0,4457	55.500	127
2 Marsdiep	b Helsdeur	-0,6052	-0,0781	0,61	173	-0,3643	-0,3377	49.500	137
3 Texelstroom west	c Marinehaven	-0,6070	+0,0146	0,61	181	-0,3651	-0,3217	48.500	138
4 Texelstroom oost	d Oostkaap	-0,5798	+0,2323	0,62	202	-0,3443	-0,2238	41.000	147
5 Dove Balg west	e Scheurrak	-0,5274	+0,3508	0,63	214	-0,2967	-0,1342	32.250	155
6 Dove Balg oost	f Javaruggen	-0,3809	+0,5057	0,63	233	-0,2161	-0,0505	22.000	167
7 Wantij zuid	g Kornwerderzand	-0,1467	+0,6824	0,69	258	-0,1306	-0,0143	13.000	173
8 Wantij noord	h Roptazijl	+0,0319	+0,7759	0,78	272	-0,0112	-0,0092	1,400	141
9 Vliestroom	i Hendrik Tjaars	-0,1122	+0,7527	0,76	261	+0,1139	-0,0071	11,500	5
10 Zeegat van Terschelling	j Caranan	-0,4073	+0,5673	0,70	234	+0,2532	+0,0432	25.250	351
11 Terschellinger Gronden	k Kop van Vlieland	-0,5611	+0,4181	0,70	217	+0,2696	+0,0592	27.500	348
	l Noordgat	-0,7400	+0,2800	0,79	201	+0,3000	+0,1151	32.000	339

x) onderstreepte getallen zijn gegevens

l) x-getal is kappa-getal

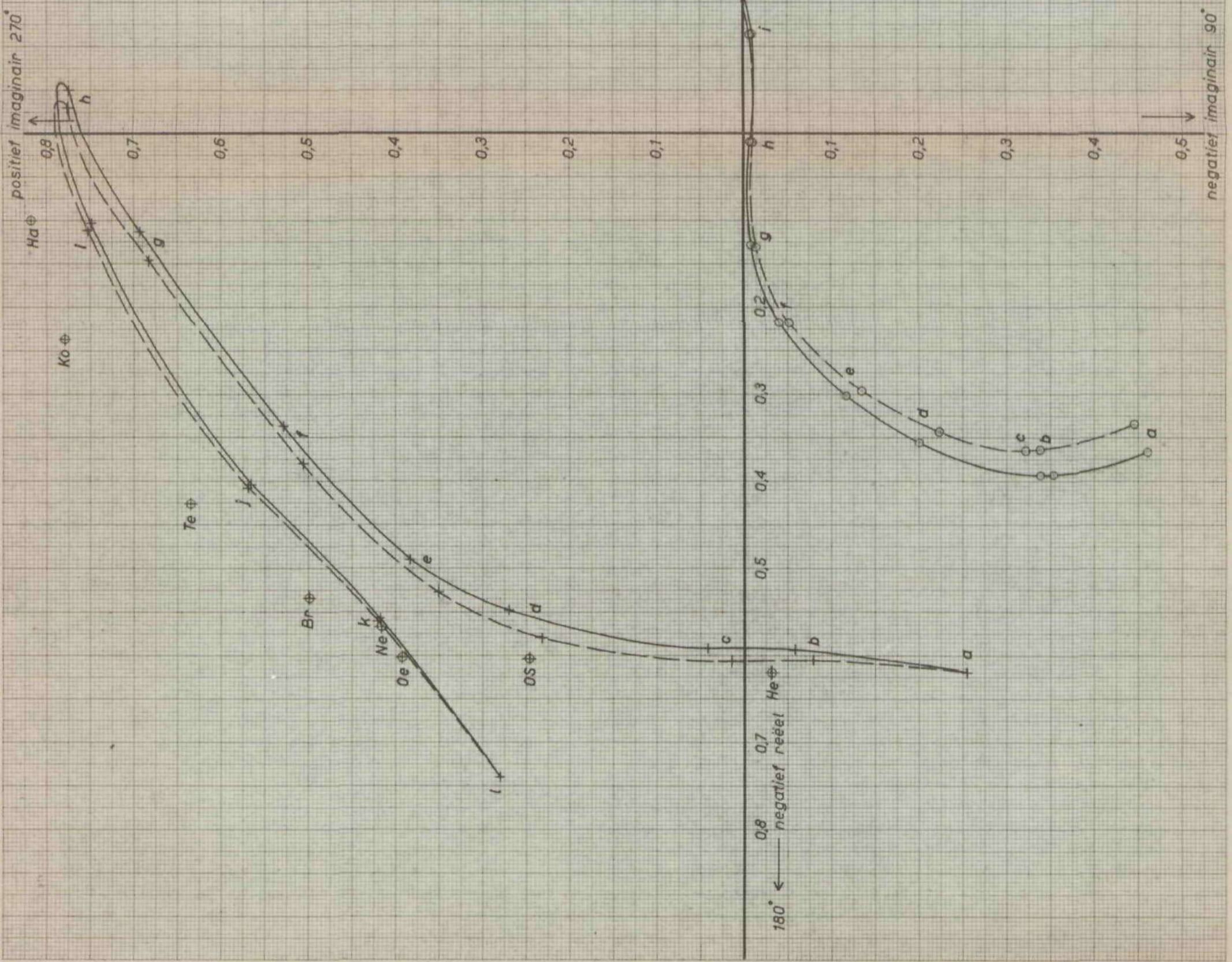
Behoort bij: CX 75093

Rijkswateringenbureau  
directie IJsselmer  
bibliotheek  
EX 1015  
8200 AP LC

### HODOGRAAF WADDENZEE

huidige toestand - berekening B ———  
na inpoldering " " P - - -  
horizontaal getij 1 cm = 5000 m<sup>3</sup>/sec.  
vertikaal " 1 cm = 0,05 m.

- He = den Heider
- OS = Oude Schild
- Oe = den Oeyer
- Ne = Nesserzand
- Br = Breezand
- 'Ko = Kornwerderzand
- Ha = Harlingen
- Te = Terschelling





## SCHEMATISATIE VAN DE WADDENZEE

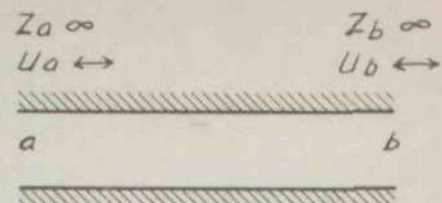
## VOOR DE BEREKENINGEN B en P.

nr.	Geul naam	Eff. opp. in 2 km.	Lengte in km.	Breedte in m.	Dwarsprofiel; breedte x diepte in m				opp. dwarsprofiel in m <sup>2</sup>	V max in m/sec		Q aangenomen in m <sup>3</sup> /sec		Coëff. v. de Chézy C <sub>2</sub> in 2 m/sec	Opmerkingen
					b <sub>1</sub> x h <sub>1</sub>	b <sub>2</sub> x h <sub>2</sub>	b <sub>3</sub> x h <sub>3</sub>	b <sub>4</sub> x h <sub>4</sub>		B	P	B	P		
1	Haaksgronden	125,0	10,0	12,500	3000x15	9500x4	-	-	83.000	0,75 0,60	0,70 0,55	56.190	52.056	2700	De weerstand in de 2e geul is rechtstreeks geschat i.v.m. dwars overtrekkende stromen.
2	Marsdiep	18,6	5,5	3,400	1200x28	1800x13	400x0	-	57.100	1,00	0,95	51.686	49.239	2800	diepte 2e geul is gecorrigeerd i.v.m. de looptijden
3	Texelstroom west (huidige toestand)	170,8	13,0	13,100	1800x23	2100x7	9200x0	-	56.100	0,95	-	48.050	-	2700	idem
4	na inpoldering	116,2	13,0	9,000	1800x23	2100x7	5100x0	-	56.100	-	0,90	-	45.609	2700	idem
5	Texelstroom oost	115,0	6,5	17,700	2100x17	1200x6	1000x3	13400x0	45.900	0,90	0,90	37.519	37.519	2600	idem
6	Dove Balg west	131,6	8,5	15,500	1200x14	500x8	4000x4	9800x0	36.800	0,95	0,95	27.538	27.538	2600	diepte 2e geul is gecorrigeerd i.v.m. de looptijden
7	Dove Balg oost	101,1	12,0	8,400	1200x12	3500x3	3700x0	-	24.900	0,80	0,85	15.982	16.947	2600	diepte 2e geul is gecorrigeerd i.v.m. de looptijden
8	Wantijf zuid	115,0	11,0	10,450	600x8	8000x1,75	1850x0	-	18.800	0,55	0,60	6.453	7.009	2500	gebied gesplitst in de verhouding 1/1 voor West Meep en Vlie-stroom. De West Meep etc. wordt niet in de berekening opgenomen.
9	Wantijf noord	115,0	11,0	10,450	600x8	8000x1,75	1850x0	-	18.800	0,60	0,60	7.009	7.009	2500	
10	Vlie-stroom	146,6	13,5	10,850	2000x11	8850x0	-	-	22.000	0,90	0,90	19.800	19.800	2600	
11	Zeegeat van Terschelling	23,45	7,5	3,150	900x20	2250x4	-	-	27.000	1,25	1,25	27.938	27.938	2800	
11	Terschelling-ger Gronden	61,2	7,5	8,150	700x13	3000x6	4450x3	-	40.450	1,10	1,10	31.307	31.307	2700	



FORMULIER VOOR GETIJBEREKENING

Berekening B



geul 4 - Texelstroom oost

GEULVERGELIJKINGEN :

$$Z_b = Z_a \cdot Z_z + U_a \cdot Z_u$$

$$U_b = Z_a \cdot U_z + U_a \cdot U_u$$

$$C^2 = 2600 \text{ m}^2/\text{sec}^2 \quad g = 9,81 \text{ m}/\text{sec}^2 \quad \omega = 1,405 \times 10^{-4} \text{ rad}/\text{sec}$$

$$h_1 = 17 \text{ m} \quad V_1 = 0,90 \text{ m}/\text{sec}$$

$$\text{tg } 2\theta_1 = \frac{k}{\omega} = 0,05 \cdot \frac{g \cdot V_1}{C^2 h \omega} = 1,2085 ; \quad 2\theta_1 = 0,8795$$

$$\cos 2\theta_1 = 0,6375$$

$$\frac{C^2 h_1 \text{tg } 2\theta_1}{\cos 2\theta_1} = \text{CONSTANT} = 83,790$$

$$\frac{\text{tg } 2\theta_i}{\cos 2\theta_i} = \frac{83,790}{C^2} \cdot \frac{1}{h_i} = 32,2269 \cdot \frac{1}{h_i} ; \quad \frac{V_i}{\cos 2\theta_i} = \text{CONSTANT} = 1,4118 ; \quad V_i = \cos 2\theta_i \cdot 1,4118$$

b in m	h in m	$\frac{\text{tg } 2\theta}{\cos 2\theta}$	2θ	cos 2θ	cos <sup>2</sup> 2θ	tg 2θ	bh cos <sup>2</sup> 2θ	bh cos <sup>2</sup> 2θ tg 2θ	V in m/sec
2100	17	—	0,8795	0,6375	0,4064	1,2085	14,508	17,533	0,9000
1200	6	5,3712	1,1472	0,4110	0,1689	2,2182	1,216	2,697	0,5802
1000	3	10,7423	1,2680	0,2982	0,0889	3,2008	0,267	0,854	0,4210
13400	0	∞	π/2	0	0	—	0	0	0
Σ = 17.700							Σ = 15.991	Σ = 21.084	

$$\text{tg } 2\theta_0 = \frac{\sum bh \cos^2 2\theta \cdot \text{tg } 2\theta}{\sum bh \cos^2 2\theta} = 1,3185 ; \quad 2\theta_0 = 0,9219 ; \quad \theta_0 = 0,4610$$

$$\cos 2\theta_0 = 0,6043 ; \quad \text{tg } \theta_0 = 0,4968$$

$$\cos^2 2\theta_0 = 0,3652 ; \quad \text{tg}^2 \theta_0 = 0,2468$$

$$h_0 = \frac{\sum bh \cos^2 2\theta}{(\sum b) \cos^2 2\theta_0} = 2,4739 \text{ m} ; \quad C = \sqrt{gh_0(1 - \text{tg}^2 \theta_0)} = 4,2754 \text{ m}/\text{sec}$$

$$S = \text{lengte v. geul} = 6500 \text{ m}$$

$$\frac{\omega \cdot S}{C} = 0,2136 \text{ rad}$$

$$\text{b.c. } \cos \theta_0 = 0,67774 \times 10^5$$

$\sin \theta_0 = (a) \quad 0,4449$	$\sin \frac{\omega}{C} \cdot S = (b) \quad 0,2120$	$\sinh \left( \frac{\omega}{C} \cdot S \cdot \text{tg } \theta_0 \right) = (c) \quad 0,1063$
$\cos \theta_0 = (d) \quad 0,8956$	$\cos \frac{\omega}{C} \cdot S = (e) \quad 0,9773$	$\cosh \left( \frac{\omega}{C} \cdot S \cdot \text{tg } \theta_0 \right) = (f) \quad 1,0056$

$$Z_z = + e \cdot f + i \cdot b \cdot c = + 0,98277 + 0,02254 \cdot i = U_u$$

$$\frac{1}{bc \cos \theta_0} \times Z_u = \frac{-d \cdot e \cdot c - a \cdot b \cdot f + i \cdot a \cdot e \cdot c - i \cdot d \cdot b \cdot f}{bc \cos \theta_0} = (-0,27723 - 0,21352 \cdot i) \cdot 10^5$$

$$bc \cos \theta_0 \times U_z = \frac{-d \cdot e \cdot c + a \cdot b \cdot f - i \cdot a \cdot e \cdot c - i \cdot d \cdot b \cdot f}{bc \cos \theta_0} = (+ 0,00123 - 0,16073 \cdot i) \cdot 10^5$$

b in m	h in m	V in m/sec	θ - θ <sub>0</sub>	cos(θ - θ <sub>0</sub> )	bh V cos(θ - θ <sub>0</sub> ) in m <sup>2</sup> /sec
2100	17	0,9000	-0,0212	0,9998	32,124
1200	6	0,5802	+0,1126	0,9937	4,151
1000	3	0,4210	+0,1730	0,9851	1,244
13400	0	0	—	—	—
Σ = 17.700		Q aangenomen			Σ = 37,519

$$\text{Controle : } Z_z \cdot U_u - U_z \cdot Z_u = 0,99999 + 0,00000 \cdot i$$

VOORBEELD BEREKENING GEULCONSTANTEN

ZUIDERZEEWERKEN  
WATERLOOPK. AFD.  
NOTA B61-4

Bijlage 3a

CONTROLE AANGENOMEN EN BEREKENDE DEBIETEN

Huidige toestand - berekening B					Na inpoldering - berekening P					Verandering in %
geul	punt	Q berekend in m <sup>3</sup> /sec. begin/eind van de geul	Q aangenomen in m <sup>3</sup> /sec.	Q ber. Q aang. x 100 %	Q berekend in m <sup>3</sup> /sec. begin/eind van de geul	Q aangenomen in m <sup>3</sup> /sec.	Q ber. Q aang. x 100 %	$\frac{(Q \text{ berekend})P}{(Q \text{ berekend})B} \times 100 \%$		
1	a	58.500	56.190	99	55.500	52.056	101	95		
2	b	52.500	51.686	101	49.500	49.239	100	94		
3	c	51.500	48.050	96	48.500	45.609	98	94		
4	d	40.500	37.519	97	41.000	37.519	98	101		
5	e	32.000	27.538	98	32.250	27.538	98½	101		
6	f	21.750	15.982	108½	22.000	16.947	103	101		
7	g	13.000	6.453	112	13.000	7.009	103	100		
8	h	1.400	7.009	90	1.400	7.009	92	100		
9	i	11.250	19.800	93	11.500	19.800	93	102		
10	j	25.500	27.938	94½	25.250	27.938	94½	99		
11	k	27.250	31.307	94	27.250	31.307	95	101		
	l	31.750			32.000			101		



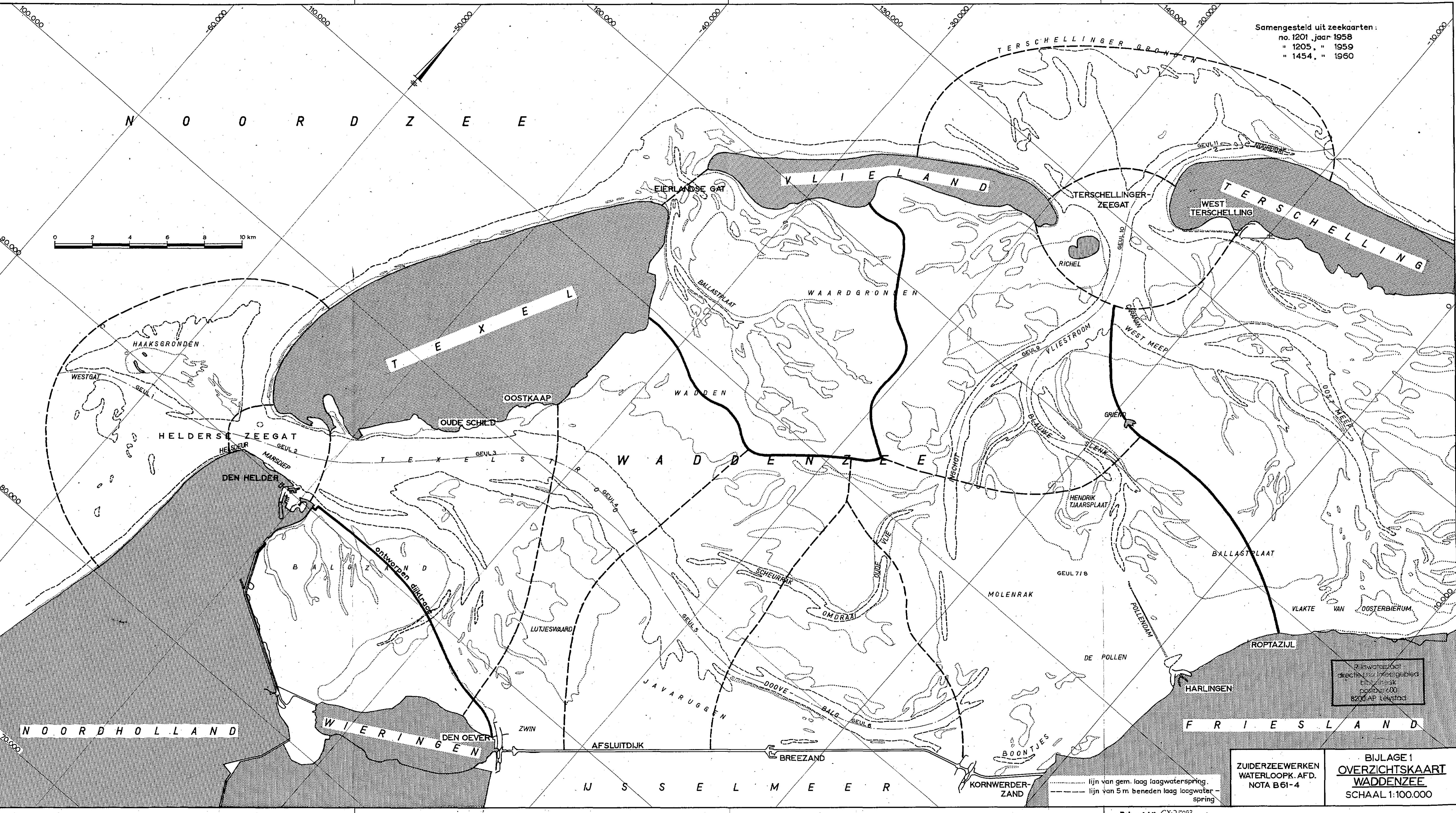
Samengesteld uit zeekaarten:  
no. 1201, jaar 1958  
" 1205, " 1959  
" 1454, " 1960

N O O R D Z E E

I S S E L M E E R

N O O R D H O L L A N D

F R I E S L A N D



..... lijn van gem. laag laagwaterspring.  
- - - - lijn van 5 m beneden laag laagwater - spring

ZUIDERZEEWERKEN  
WATERLOOPK. AFD.  
NOTA B61-4

BIJLAGE 1  
OVERZICHTSKAART  
WADDENZEE  
SCHAAL 1:100.000

De waterstaat  
beschouwd in het gebied  
van de kaart  
postcode 400  
6200 AP teuzstad

Behoort bij: CX 75093