

ONDERZOEKINGEN  
IN DE  
HOOFDEN—  
—

*eerste origineel rapport*

~~V. 6. 1. 1. 1. 1. 1.~~

RUKSWATERSTAAT  
DIR BENEDENRIVIEREN

R/1



M O T T O

"ZOEKEN EN METEN"

---

*in Verantw. I (E. B.)  
in bijl. 159  
(K. B.)*

ONDERZOEK IN DE HOOFDEN.

1934/1935.

INLEIDING.

Hoofdstuk I. De metingen van de "Oceaan" vergeleken met eenige  
buitenlandsche.

- § 1. Buitenlandsche onderzoekingen.
- § 2. Het doel der onderzoekingen met de "Oceaan".
- § 3. Methode van onderzoek.
- § 4. Eenige praktische onderwerpen.

Hoofdstuk II. Het materiaaltransport in de Hoofden.

- § 5. Korte beschrijving van de omstandigheden tijdens de metingen.
- § 6. Directe waarneming van het zandtransport.
- § 7. Slibtransport.
- § 8. Bodemonderzoek.
- § 9. Tegenwoordig grindtransport.
- § 10. Stranddriften.

Samenvatting van Hoofdstuk II.

Hoofdstuk III. Stroomsnelheidsmetingen.

- § 11. Stroomverticalen.
- § 12. Verband stroomsnelheden en materiaaltransport.
- § 13. Bepaling reductiefactor.
- § 14. De twaalfuren kaarten.
- § 15. Snelheden en afvoeren in de raai der Hoofden.
- § 16. Stroomrozen.
- § 17. Maximum stroomen.
- § 18. Vergelijking van de dezerzijds verrichte stroommetingen in de Hoofden met de buitenlandsche.
- § 19. De seriemeting van het Verne-vuurschip nader beschouwd.

Samenvatting van Hoofdstuk III.

LIJST DER BIJLAGEN.

- Bijlage 1. Situatie der meetpunten.
- " 2. Voorbeeld van een meetgrafiek.
- " 3. " " " " " "
- " 4. Hoofdstaat der metingen.
- " 5. Maximum vloedstroomen en zandtransport bij vloed.
- " 6. " ebstroomen " " " eb.
- " 7. Bodemgesteldheid in de Hoofden.
- " 8. Bodemgesteldheid volgens vroegere onderzoekers.
- " 9<sup>a-d</sup> Stroomverticalen in de Hoofden.
- " 10<sup>a, b</sup> Reductiegrafieken.
- " 11<sup>a-1</sup> De twaalf-uren kaartjes.
- " 12<sup>a, b</sup> Tijdlijnen der maximum stroomen.
- " 13<sup>a, b</sup> Tijdlijnen der kenteringen.
- " 14. Stroomverdeling in de raai.
- " 15. Afveerkromme van de Hoofden.
- " 16. Stroomrozen.
- " 17. Stroommetingen bij het Sandettie vuurschip.
- " 18. Stroommetingen bij het Varne vuurschip.
- " 19. Peilkaart ten behoeve van een tunnel 1870.
- " 20. Peiling raai Gris Nez - Zuid Voorland 17 Juli 1934
- " 21<sup>a-e</sup> Getijgegevens van Boukogne, Dover, Calais, Grevelingen en Duinkerken.
- " 22. Loading van de Varne 1934/'35, vergeleken met 1846 1878.
- " 23. Situatie vuurtoeren Gris Nez in 1838 en 1935.
- " 24. De oude kaarten der Hoofden en Vlaamsche banken.
- " 25<sup>a-g</sup> Hydrografische opnamen der Vlaamsche banken.
- " 26. Bodemgesteldheid Vlaamsche banken volgens van Mierlo.
- " 27. Beschrijving der instrumenten.



TEKSTFIGUREN.

- Fig. 1. Meetschip Ooeaan.
- " 2. Rivierzand-, zeezand- en zandarme stroomen.
- " 3. Steenentransport door kustijs volgens Dangeard.
- " 4. Stranddriften ter weerszijden van Gris Nez volgens Briquet.
- " 5. Voorbeelden van normale en abnormale stroomverticalen.
- " 6. Invloed der bodemwrijving.
- " 7. Verband tusschen kritische bodemstroomen (0.15 m + bodem) en korrelgrootte van het zand voor het zeeget van het Vlie.
- " 8. Gemiddelde zandgehalteverdeling als functie van de hoogte in het Vlie.
- " 9. Voorbeelden van grafieken aangevende het verband tusschen stroomsnelheid en zandgehalte.
- " 10. Phaseverschillen van het horizontaal getij t.o.v. het verticaal getij te Dover.
- " 10a-b) Tijdlijnen en amplituden van het verticaal getij.
- " 11. De kliffen bij Zuid Voorland (Behusen).
- " 12. Romeinsche vuurtoren te Dover.
- " 13. Oude spleet in de kliffen bij Dover.
- " 14. Situatieschets van de kleine vuurtoren te Zuid Voorland.
- " 15. Doode kliffen bij Walmer Castle.
- " 16. Puinkegel der afkalving van December 1934.
- " 17. Gezicht op de kliffen van Zuid Voorland.
- " 18. Gezicht op Deal.
- " 19. Schets van het profiel van Kaap Gris Nez.
- " 20. Foto van Kaap Gris Nez.
- " 21. Schildwachthuisje uit 1544? op het fort te Gris Nez (noord-hoek).
- " 22. Schets van de ligging der "anciennes batteries" op Kaap Gris Nez.

- Fig. 23. Blanc Nez (Kales klif).
- " 24. Afslag van de kust bij Sangatte (Zandgat).
- " 25. Situatie van St. Michaels Mount bij Lands-End.
- " 26. Romeinsch fort te Reculver (Regulbium).
- " 27. Romeinsch fort te Richborough (Rutupiae).
- " 28. Situatie der Romeinsche wegen.
- " 29. Gedeelte der Peutingerkaart (27 v. Chr. - 1265 n. Chr.).
- " 30. Oude kustboog bij Wissant.
- " 31. Situatie kustboog bij Wissant (Briquet).
- " 32. Oude kusten van den Boulonnais.
- " 33. Oude kusten in Fransch Vlaanderen.
- " 34. Langsprofiel en horizontale vorm van Varne en Ridgè.
- " 35. Echoregistreering van het langsprofiel der Varne. Kanaal
- " 35a. Ligging der streksche zandbanken in de Vlakke Zee en 1/h
- " 36. " over het zuidoende van de Falls.
- " 37. " van een dwersprofiel van de Varne.
- " 38. Schema van een barchaan (gelijkstroomformatie bij weinig zand).
- " 39. Foto van een Lybisch duin (Kádár (wisselstroomformatie bij weinig zand)).
- " 40. Golfvormen (voldoende zand).
- " 41. Voorbeelden van geregistreeerde zandgolven.
- " 42. Algemeen profiel van Vlaamsche banken.
- " 43. Dwersprofiel van de Rabsbank.
- " 44. Dwersprofiel van de Oost Hinder.
- " 45. Eb- en vloedparabolen bij Calais.
- " 46. Systeem der vloed- en ebscharen tusschen de Vlaamsche banken.
- " 47. Profiel loodrecht op de Vlaamsche kust (Briquet).
- " 48. Zandtransport en smelheden in de brandingestreek.
- " 49. Schematisch dwersprofiel op de schoone kust.
- " 50. Vroegere vloedbanken en vloedscharen aan de schoone kust
- " 51. Trek van een verheelde zandbank langs een waddeneiland.
- " 52. Evolutie eener heuvellandkust.
- " 53. De grindruggen op Dungeness.

- Fig. 54. Grindruggen vanaf den vuurtoren gezien.
- " 55. Voorbeeld van een landtongformatie met vaste punten.
- " 56. Algemeene vorm van een zeegat in strandwalkusten.
- " 57. Schema van de getijvoortplanting in een dubbelen mond.
- " 58. Schema van de geulen eener buitendelta (zeegat van het Vlie).
- " 59. Schema van tijden (phaseverschillen) voor de buitendelta's van getijgeulen.
- " 60. Tijdlijnen scheef op de kust staande.
- " 61. Kustbogen aan de Engelsche zuidoostkust.
- " 62. Bogen aan de Nederlandsche kust.
- " 63. Bogen in Oost-Pruisen.
- " 64. Groei van den kop van Goeree.
- " 64a. Zanddepots in de westzijde der kustbogen.
- " 65. Afslag bij Huisduinen.
- " 66. Bogen aan de kust van Jutland.
- " 67. Trapsgewijze ligging der Oostfriesche waddeneilanden.
- " 67a. Barchaanvormige waddeneilanden.
- " 68. Zeestanden tijdens "Flandrien" en thans (Briquet).
- " 69. Romeinsche wegen onderduikende in de recente opslibbingen (Briquet).
- " 70. De ontwikkeling van den mond der IJser (Briquet).
- " 71. Oude kustvormen in Vlaanderen volgens Briquet.
- " 72. Zeer oude kustlijnen in Engeland.
- " 73. Oude kustlijnen van ons land.
- " 74. Rijzing van den middenstand der zee.
- " 75. Rijzing van het H.W.vlak der zee.
- " 76. Zakkingen en rijzingen in Engeland.
- " 77. Maximum stormvloedstanden in Nederland.
- " 78. Getijverschillen (10-jaarlijksche gemiddelden).
- " 79. Grafische voorstelling van den duur der ijstijden.

## ONDERZOEK IN DE HOOFDEN.

### INLEIDING.

Onderstaande tracht een zoo beredeneerd en exact mogelijke beantwoording te zijn van twee der in September 1934 gepubliceerde vragen van het "Nataafsche Genootschap voor nreefondervindelijke wijsbegeerte".

Dese vragen luiden:

I. Voor de vorming van ons land is de wording van het Kanaal tusschen Engeland en Frankrijk van groot belang geweest.

Het Genootschap verlangt een verhandeling omtrent de vraag, in welke mate het vermogen van het Kanaal tusschen Engeland en Frankrijk in den loop der eeuwen door verbreding en uitschuring van het dwarsprofiel en mischien ook door andere oorzaken, is toegenomen.

II. In den loop der eeuwen is het Kanaal tusschen Engeland en Frankrijk door verbreding en uitschuring van het dwarsprofiel en mischien ook door andere oorzaken in verhoogen toegenomen.

Het Genootschap verlangt een verhandeling omtrent de vraag, of - en in welke mate - de toegenome van het vermogen van het Kanaal tusschen Engeland en Frankrijk invloed heeft gehad en nog heeft op de waterbeweging en den hoogsten waterstand in de Nederlandsche zee-geulen.

De derde vraag, luidende:

Het Genootschap verlangt een studie van de samenstelling van de Nederlandsche schelpenwereld langs de kust van de Noordzee. De bedoeling is het onderscheid tusschen de verschillende gedeelten der kust uit te drukken in de aldaar voorkomende soorten, zoowel fossiele als recente, zal niet worden behandeld.

-----

Bij de beantwoording der twee eerstgenoemde vragen werd gebruik gemaakt van de kennis opgedaan bij het onderzoek in de Hoofden, dat van Rijkswaterstaatszijde met het s.s. "Oceaan" in de jaren 1934-1935 werd verricht. Het probleem, dat bij dit onderzoek heeft voorgeseten was gelijk aan dat van het Datsafsch Genootschap en kwam ook onlangs nog weder tot uiting in het "Voorloopig Verslag" van de Staten Generaal (6 November 1935).

"Verscheiden leden vestigen de aandacht op de verhooging van het peil der Noordzee, als gevolg van de in den loop der tijden langs natuurlijke weg ontstaande verbreding van het Kanaal. Die verbreding neemt wel langzaam toe, maar heeft toch op den duur als gevolg grotere verschillen tusschen eb en vloed (bedoeld wordt H.W. en L.W.) in de Noordzee. Dit is weer van invloed op de Zeeuwache en Zuid-Hollandsche stroomen en stelt nieuwe en zwaardere eischen aan de bedijking. Op het onverwachte zou kunnen blijken, dat deze niet meer voldoende bestand is tegen den gewijzigden toestand en zouden voor voorziening zeer hooge kosten moeten worden gemaakt. Deze leden achten het gewenscht, dat de Regeering ten deze een onderzoek zou instellen en, zoo voor-

ziening van de dijken, gepaard met eventueel daarmee te verband houdende afwateringswerken, noodig mocht blijken, deze met voortvarendheid zouden worden tot stand gebracht".

Het in het Voorloopig Verslag der Staten Generaal bedoelde onderzoek was reeds ingevolge de machtiging dd. 27 December 1933 van den Directeur-Generaal van den Rijkswaterstaat Dr. J. A. Ningsen en in opdracht van den Hoofdingenieur-Directeur Ir. F. L. Schlingemann geschied.

Onder leiding van schrijver dezes werden gedurende 2 maanden van 1934 en 1 maand van 1935 in de Hoofden de verschillende vraagpunten onderzocht, welke hierboven reeds globaal ter sprake werden gebracht, doch die hieronder nog gedetailleerd mogen worden behandeld.

In de eerste plaats diende de zogenoemde sanddrift te worden onderzocht, waarentrent sinds vele tientallen jaren, zoowel ten onzent als in het buitenland op theoretische gronden werd aangenomen, dat deze haar oorsprong had, gedeeltelijk in den afslag der Fransche en Engelsche kusten, gedeeltelijk in een verondersteld sanddepôt in het Kanaal bevonden de Hoofden.

Boussieu berekende de bovengenoemde kustafslag voor de Calvados-kust op  $\frac{1}{2}$  m per jaar, Lambert had reeds in 1762 voor de falaises van de "Seine-inférieure" een gedeelde afslag van 0.33 m per jaar berekend en van dese cijfers uitgaande berekende de bekende Belgische Ingenieur de Mey, aannemende, dat de afslag van de Engelsche Kanaalkusten ongeveer even groot zou zijn als die der Fransche, een totaal bedrag van 10 à 12 millioen m<sup>3</sup> per jaar. Dit

materiaal zou, vermeerderd met een mogelijke hoeveelheid van den bodem van het Kanaal, hoofdzakelijk langs onze kusten bewegen en de oorzaak zijn van den grooten strandwal of "Hehrung", welke zich van Kaap Blane Nez naar het noordoosten uitstrekt en daar de Vlaamsch-Hollandsch-Friesche kust vorst. Recente Duitsehe onderzoekers als Krüger meenden deze zandverplaatsing tot aan den Elbmond te kunnen vervolgen.

Het door de Mey gemaakte bedrag is aanzienlijk. Vergelijkt men dit cijfer van 10 à 12 miljoen m<sup>3</sup> per jaar, globaal als het moge zijn, met den zandafvoer van den Rijn, die slechts 1 miljoen m<sup>3</sup> per jaar bedraagt, dan komt het verschil duidelijk naar voren. Een oppervlak van 1 vierkante kilometer zou jaarlijks met 10 à 12 meter met het jaarlijksch afslagmateriaal der Kanaalkusten kunnen worden opgehoogd.

De Fransche Ingenieur "des Ponts et Chaussées" Marchal berekende in 1884, dat de invloed van Rijn-, Maas- en Scheldesedimenten op de vorming van onze nieuwe landen minder dan 1/45 van die der zee moet bedragen (zie de Mey, *Etude sur le régime de la côte de Belgique*, 1885 blz. 66 en 73). Houdt men vast aan het miljoen m<sup>3</sup> zand van den Rijn en telt men hierbij de enkele miljoenen m<sup>3</sup> slib en zand, welke deze rivier <sup>tezamen</sup> met de Maas en de Schelde jaarlijks afvoeren (Rijnslib = 3.6 miljoen m<sup>3</sup>, Maasslib = 0.6 miljoen m<sup>3</sup>), dan komt men op nog veel hooger bedrag dan de Mey. Eenige honderden miljoenen m<sup>3</sup> zeeslib en zeesand zouden zich dan jaarlijks vermengen met het riviermateriaal en aldus ons lage land doen aangroeien. Een stad als den Haag zou daarmee ongeveer 10 m per jaar kunnen worden opgehoogd.

Bovenstaande uiterst ruwe cijfers vereischen natuurlijk een toetsing.



De eerste vraag, welke beantwoord moest worden luidde dus:

1o. Bestaat inderdaad een zandstroom in de Hoofden, zoo ja, welke capaciteit heeft deze en waarin vindt hij zijn oorsprong?

Naast de opvatting, dat het zand met een overwegende vloed uit het Kanaal kwam, stond een andere, nl. die van den Franschen Hydrograaf Keller (1861), die uitging van een overwegende eb bij de Rijn en Maasmonden. Deze overwegend naar het zuidwesten gedachte drift zou veroorzaakt worden door het Noordgetij, komende van Schotland, terwijl het Rijn- en Maaszand de Vlaamsche banken zou hebben gevermd.

De ingenieur "des Ponts et Chaussées" A. Floss, die hierop verder doorging, nam in 1863 als plausibel aan, dat ter hoogte van de Vlaamsche banken een soort ontmoeting plaats vond van de beide zeestromen (driften) en dat zich daardoor de aanwezigheid dener banken liet verklaren. Men behoeft daarbij volgens hem niet speciaal te denken aan een accumulatie van uitsluitend Rijn- of Maaszand, doch eerder aan een opeenhooping van al het materiaal, dat de "gain de flot" uit het Kanaal en de "gain de jusant" uit de Noordzee zouden kunnen aanvoeren.

Een tweede vraag was dus:

2o. Bevat de theorie van Keller eenige juistheid, zoo neen, door welke oorzaken en voor welk gedeelte, vervolgt dan de zandstroom uit de Hoofden zijn weg over het gebied der Vlaamsche banken en verder noordwaarts? Wordt en denek weg nog zand opgenomen of achtergelaten?

De Nederlandsche geoloog Eug. Dubois, die zich in 1911 uitsprak voor een strandwal beginnende bij Calais, schreef

in 1915: "aldus heeft zich ongetwijfeld ook de tegenwoordige kust van Nederland gevormd uit zand, dat zich door de heen en weergeende getijstroeringen, doch met een overwegende beweging uit het zuidwesten, achter de vaste punten van Texel en Calais heeft afgezet, tot een kustwal of "Mehring" oerert, waarop zich dan allengs een duinketen verhief". Deze door Dr. P. Tesch in diens bekende "Duinstudies" verder uitgewerkte theorie vond in wijden kring weerklank. Terecht werd in deze "Duinstudies" duidelijk gemaakt, welk een subtiele kust wij bezitten, voor welke instandhouding men waakzaam dient te zijn.

Volgens deze theorie zou ook de Doversche Zeestraat nog betrekkelijk jong zijn, namelijk slechts  $\pm$  7000 jaar ("Vorming van de Nederlandsche Duinkust" (1935) blz. 66). Volgens Dr. E. J. Faber: "naar een gemiddelde schatting 4000 jaar" ("Geologie van Nederland" (1933) blz. 391). De uitshuring van de zoo recent gevormde Hoofden zou nog steeds doorgaan.

Volgens Dr. J. H. Holwerda zou uit de oude klassieke geschriften blijken, dat een eiland in de seeëngte had gelegen en dat de Romeinen over breede wadden, zomen of zandvlakten waren getrokken ("Die Katastrophe an unserer Meeresküste im 9. Jahrhundert" (1930)), en daar deze wadden en dit eiland thans niet meer voorkomen zou dit eveneens op een groote recente verandering wijzen, welke onze kust op zeer nadeelige wijze beïnvloed zou hebben. Sommigen meenden zelfs een waarschijnlijke wijziging van het klimaat van ons land in verband te kunnen brengen met de z.g. "opening" van het Nauw van Calais.

De derde vraag, welke onderzocht moest worden was dus:

3e. Schuurt het gebied tusschen de Hooffen nog steeds uit? Zoo ja, met welk bedrag? bestaat er reden en aan te nemen, dat dit vroeger veel intensiever geschiedde en was in Romeinschen tijd de zeebongte bijna verstoort met een eiland en wadgroeven?

Dese vraag sloot feitelijk in zich, dat door ons een zoo zuiver mogelijk gelooft profiel van de zeebongte zou moeten worden verkregen, teneinde nakomende geslachten in staat te stellen de grootte eener eventueele uitschuring definitief te kunnen vaststellen.

Vraag 3, die gedeeltelijk op historisch gebied voerde, diende natuurlijk te worden gevolgd door:

4e. Hoe zal het getij in onze zeegeaten door een dergelijke uitschuring worden beïnvloed en welke gevolgen moet men daarvan voor een eenige jaren verre toekomst verwachten voor onze kusten. Is reeds uit peilschaal- of stroomwaarnemingen een geringe wijziging merkbaar?

Bovenstaande vragen werden nog aangevuld met vraagpunten van meer bijzonderen aard.

Bodemstroomen en zandverplaatsingen zooals die door ons sinds eenige jaren worden onderzocht waren, voor zover bekend in het buitenland nog nimmer gemeten en allerlei min of meer uit de lucht gegrepen veronderstellingen over het verband tusschen stroomnelheid en materiaalverplaatsing dienden daar om ook voor de Hooffen te worden onderzocht. De mogelijkheid bestond, dat de stroomen in het Kanaal een andere verdeling in verticale zin bezaten, dan wij ten onzent gewend waren.

Dr. J. H. Carruthers van de Britsche Visscharij-inspectie,

die sinds 1926 continue stroomsnelheidswaarnemingen laat verrichten door de bemanning van het lichtechip Varne (in een punt op 10 m beneden de oppervlakte) wijdt in zijn laatste publicatie ~~extrem~~~~data~~~~quaestie~~ ("The flow of water through the Straits of Dover, part II", 1935) een apart hoofdstuk, <sup>aan dit probleem</sup> waarin de noodzakelijkheid van een onderzoek naar de bodemstromen tusschen de Hoofden wordt betoogd.

De vijfde vraag was dus:

5e. Welke bodemstromen komen in de Hoofden voor? Is de stroomverticaal normaal of abnormaal? Moeten de bodemstromen in staat worden geacht steenen van bepaalde grootte te verplaatsen?

Hiermede annex was ook de vraag aangaande het totale vermogen van de zeeëngte. Deze te kennen is van veel belang voor de visscherij in de Noordzee. Carruthers heeft, uitgaande van het meetmateriaal bij het Varne-vuurschip, in 1935 berekend dat de totale jaarlijkse drift door de Hoofden gesteld moet worden op 2700 milliard m<sup>3</sup>.

Onze metingen zouden dit cijfer, dat gebaseerd is op de metingen van slechts één enkel meetpunt op 10 m beneden de oppervlakte zonder bijzondere moeite kunnen toetsen en de zede vraag, welke beantwoord zou kunnen worden, was daarom:

6e. Welk vermogen bezit de zeestraat in normale en abnormale omstandigheden en welk vloed- of ebsurplus?

Tevens zou daarbij de vraag kunnen worden bekeken:

7e. Welk verband bestaat er tusschen het verticaal en het horizontaal getij, en zijn de door ons voor de benedenrivieren en zeegeaten afgeleide formules ook voor het gebied van de Hoofden geldig?

Weliswaar hebben vooral de Duitse en Engelse geleerden het getij in het Kanaal en de Noordzee aan berekeningen onderworpen, doch deze werden door ons nog niet getoetst.

In afwijking van wat de bekende deskundige van der Stok (1905) en anderen aangaande den invloed eener afsluiting van de zeeënge op onze kusten hebben beweerd, nl. dat deze nauwelijks te bemerken zou zijn, moet à priori worden aangenomen, dat elke uitsluiting der zeeënge wel degelijk invloed zou uitoefenen op het getij langs onze kusten. Ook zouden betrekkelijk geringe wijsvingingen in de diepteverdeling der Noordzee (dese is verhoudingsgewijs dunner dan het papier, waarop zij gewoonlijk in de atlassen of zeekaarten wordt geteekend) gevolgen hebben, welke voor onze getijden van groot belang zouden kunnen zijn.

Het scheen noodig, dat door ons eenigen aandacht aan de getijden in den zuidelijken inham der Noordzee (de "Vlakte Zee") werd gewijd en dat de ingewikkelde berekeningen van de "Duitse Seewarte", het "Tidal Institute" te Liverpool en van enkele Oostenrijksche en Skandinavische geleerden met behulp van waarnemingen, nader werden onderzocht.

Nog andere vragen waren:

So. Is de Vlakte Zee, zooals Tutein Helthenius vermaakt, nog steeds een "zee in wording"? Zijn de banken in de Zuidelijke Noordzee ontstaan onder invloed van de tegenwoordige stroomen of bezitten zij oude kerren? Veranderen zij merkbaar in ligging en grootte?

So. Welke steenen en zanden komen in de zuidelijke Noordzee voor en valt hieruit iets af te leiden omtrent de geologische wording van dit gebied of omtrent

de herkomst d'ezzer materialen?10e. Valt uit het voorkomen van bepaalde schelpdieren of andere levende wezens iets te leeren omtrent den invloed van den driftstroom uit het Kanaal?

De beide laatste vragen vielen buiten ons kader. Zij werden onderhanden genomen door de geologen Tasch,  
 en Baak  
Edelman, Reinhold en door de biologen Kipp en Hummelink, die daarvoor eenigen tijd op de "Oceaan" doorbrachten. Het spreekt vanzelf, dat niet verwacht mag worden, dat alle hier genoemde vragen in extenso zullen worden opgelost. Het onderzoek was daarvoor te kort, terwijl bovendien het onderwerp nagenoeg onuitputtelijk is. Slechts de hoofdzaken konden worden bestudeerd.

-----

Wat de benamingen betreft, heb ik gemeend in het algemeen de Nederlandsche of Vlaamsche te moeten aanhouden. Het betreft hier een grensgebied waar het Fransche taalgebruik het Nederlandsche ontmoette en waar ook de Engelschen langen tijd hun invloed hebben doen gelden. De topografische benamingen, hoewel te land als ter zee zijn echter overwegend Nederlandsch tot ongeveer Grise Nez (Zwartenez) en komen ook verder zuidelijk nog veelvuldig voor. De betrekkelijk nog jonge Vlaamsche stad Kales werd in het Fransch natuurlijk Calais genoemd, doch heet bij het Vlaamsch sprekend deel der bevolking in België en Frankrijk nog steeds Kales (met klansoon op de eerste lettergreep), evenals Duinkerken, Nieuwpoort of Orevelingen of ook volgens de origineele uitspraak worden genoemd. Het leek mij juist de verfranschte benamingen hiervoor aan te houden.

De weinig bekende naam "de Hoofden" wordt door de

Duitschers misbruikt voor de "Vlakke Zee" d.i. de ondiepe bocht der Noordzee tusschen Holland en Engeland. De Engelsen noemen de Vlakke Zee wel de "Southern Bight" of "Dutch flats" en vroeger ook wel de "Lowland sea".

\*\*\*\*\*

Een woord van dank moge hier worden uitgesproken jegens de Fransche, Engelsche en Belgische autoriteiten, die het onderzoek toestonden en vergemakkelijkten. Speciale dank is verschuldigd aan M. Villain, hoofdingenieur der Fransche Hydrografie, die toevallig met zijn vloot bezig was met een herkartteering der Noordfransche kustwateren, aan de Hoofdingenieurs-~~commissie~~ der "Ponts et Chaussées", M. Outrey te Boulogne en M. Brequaine te Duinkerken, die waardevolle oude dossiers ter bestudeering afstonden; aan den Commandant der Marine M. Martel te Duinkerken, die op welwillende wijze het sein-materiaal op Kaap Gris-Nez ter beschikking stelde en aan den Belgischen Dienst van het Zeewezen te Oostende. Niet het minst is dank verschuldigd aan de Britsche autoriteiten te Londen, Dover en Lowestoft, onder wie admiraal Edgell en Dr. Carruthers in de eerste plaats genoemd mogen worden als degenen, die veel hebben bijgedragen tot een welslagen der onderzoekingen.

\*\*\*\*\*



HOOFDSTUK I.De metingen van de "Oceaan" vergeleken  
met eenige buitenlandse.§ 1. Buitenlandse onderzoekingen.

Alvorens op de metingen in de Hoofden en op de daarbij verkregen uitkomsten dieper in te gaan, schijnt het noodig een afzonderlijk hoofdstuk te wijden aan de door ons nagestreefde algemeene doeleinden en deze te vergelijken met eenige buitenlandse.

Sinds vele jaren is men vooral in Engeland, Duitschland en de Scandinavische Landen bezig met het verrichten van stroommetingen en bodemonderzoek, terwijl de daarbij verkregen gegevens een groote staf van geleerden bezig houdt. Deze onderzoekingen geschieden hoofdzakelijk voor navigatie en visscherijdoeleinden.

De Britsche hydrografie laat b.v. met een gedeelte harer opnemingsvloot systematische 24 uren-waarnemingen verrichten in hare wateren, waarbij de grenzen van het te beschouwen gebied zoo ruim worden genomen, dat het grootste deel der Noordzee daarin wordt begrepen. Op verzoek verleende ook de "Oceaan" hieraan haar medewerking in den vorm van het meten der stroomen op enkele punten ongeveer 25 km uit onze kust.

Vele Duitsche metingen hebben hetzelfde karakter. Zij werden hoofdzakelijk verricht in de Duitsche Bocht en in de Duitsche zeegaten, doch ook in het Kanaal en in andere wateren.

In onderlinge samenwerking werd door Duitschland, Denemarken, Zweden en Finland in 1931 in het Kattegat gemeten.

(Stromemessungen und Oceanographischen Serienbeobachtungen der 4-länder Unternehmung in Kattegat). Naast deze stroommetingen staan bodemonderzoekingen, welke door Hoxley (Bottomsamples of the North Sea, 1925), Fratje (Die Sedimente der deutschen Bucht, 1931) en van Mierig (La carte lithologique de la partie méridionale de la mer du Nord, 1899) werden beschreven. De bodem van het Kanaal werd grondig onderzocht met de "Pourquoi Pas?" en beschreven door LaDangena (Observations de géologie sous-marine et d'océanographie relatives à la Manche, 1928).

Voorts kunnen worden genoemd de z.g. driftstroommetingen (of "flesschenpost"). Deze werden in den laatsten tijd vooral verricht door het Engelsche "Department of Fisheries and Agriculture".

Voor de buitenlandse publicaties kan worden verwezen naar de series uitgegeven door het "Institut für Meereskunde", door de "Deutsche Seewarte", door het "Ministry of Agriculture and Fisheries" en door het "Tidal Institute te Liverpool", zoodaer naar de tijdschriften "Annalen der Hydrographie", "Hydrographic Review" (Monaco), "Journal du Conseil International" (Kopenhagen) en "Recherches hydrographiques" (Parijs).

Een enorme literatuur is ten slotte beschikbaar over kusten en kustaanfastingen. Voor ons is hierbij vooral van belang het recente werk van Abel Brignat: "Le littoral du Nord de la France, 1931", waarin de resultaten van een omvangrijk onderzoek der Noord-Fransche en Belgische kusten wordt weergegeven en wel op zoodanige wijze, dat een nieuw licht wordt geworpen op eene als logisch verklaarbaar uiteengesette ontwikkeling dezer kusten.

Benige minder belangrijke buitenlandsche onderzoekingen zullen voorts in den loop van het onderhavig verslag nog aan de orde komen. Als van bijzonder belang kan nog worden genoemd de studie van de "Beach Erosion Committee" betreffende de zandverplaatsingen langs de kust bezuiden Nieuw York, een kust die veel overeenkomst vertoont met de onze.

§ 2. Het doel der onderzoekingen met de "Oceaan".

Dit doel kan het best worden omschreven als een samenvatting van de doeleinden, die bij de in de vorige § beschreven onderzoekingen hebben voorgezet. Een vrij belangrijke achterstand moet hierbij worden ingehaald.

[Evenwel wordt door ons thans een stap verder gedaan, doof behalve het stroom- en bodemonderzoek ook de zandtransportaties in de waarnemingen op te nemen.

De buitenlandsche waarnemingen bemoeien zich dus in tegenstelling met de onze, niet op direkte wijze met de bodemaantastingen. Hoofdzakelijk worden de driften of reststromen, alsook de temperatuur- en zoutgehalteverschillen nagegaan, terwijl dienaangaande beschouwingen worden gehouden, b.v. over het verband tusschen wind en drift, tusschen het horizontaal- en het verticaal getij, tusschen temperatuur en stroomverdeeling enz. Nabij den bodem wordt veelal niet gemeten; nagenoeg steeds blijft men bij het meten der stroomen meerdere meters van den bodem verwijderd.

Teneinde de bodemaantastingen op direkte wijze te kunnen onderzoeken is het noodig de stroomen tot in de onmiddellijke nabijheid van den bodem te leeren kennen en tevens de zandverplaatsingen te meten. Ook de bodem

zelf moet daarbij aan een nauwgezet onderzoek worden onderworpen en aldus komt men tot een uitgebreid programma, waarbij op elk meetpunt vele verschillende gegevens verkregen moeten worden.

Op het eerste gezicht moge dit eenigzins als een overlading klinken, toch is het de meest logische en economische methode, omdat, indien men 12 of 20 uren achter elkaar voor anker ligt en elk half uur stroommetingen laat verrichten, men tevens gemakkelijk zandtransportmetingen kan laten verrichten en ook de bodestroomen zonder extra moeite genoteerd kunnen worden. Voorts kunnen de bodenvormen en de bodemgesteldheden worden bestudeerd en kunnen registrerende getij- en stroommeters worden uitgezet, ter-

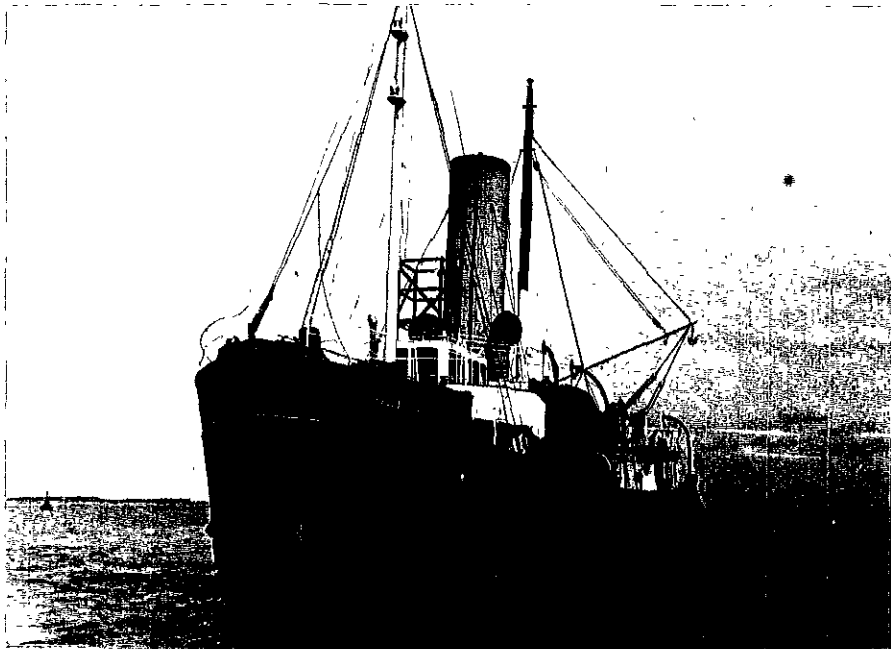


Fig.1. Meetschip "Oceaan".

wijl ten slotte steenen en zandmonsters voor de geologen of dieren en planten voor de biologen kunnen worden verzameld. Vooral is dit gemakke-

lijk, indien, zoals op de "Oceaan" het geval is, zich een motorvlet aan boord bevindt, waarmee de omgeving van het meetpunt kan worden afgezocht. Het doel van de onderzoekingen met de "Oceaan" is dus feitelijk de interne mechaniek van de water- en zandbeweging voor onze kusten en in onze zeegaten te leeren kennen. De

door den hoofdingenieur-directeur van den Belgischen Waterstaat, tevens voorzitter der Belgische Ingenieursvereniging Tobie Claes in zijn aanval op van Mierlo's "Mécanisme des Alluvions" (1926) geopperde stelling, dat de tijd nog niet rijp zou zijn voor een onderzoek naar de zandproblemen, kan deznerzijds natuurlijk niet worden aanvaard. Al spreekt het vanzelf, dat deze tak van wetenschap niet in een hand-<sup>m)</sup>ondraai kan worden vervolmaakt, zoo is het toch noodig dat er althans een begin mee wordt gemaakt. Feitelijk is het besohamend, dat men anno 1927 nog te hooren moet krijgen - grootendeels en terecht - dat "behalve in enkele zeer grove trekken nog vrijwel niets van het algemeen mechanisme van stroomen bekend is" (Tobie Claes, blz. 316).

Bij het onstreeks 1931 door den Rijkswaterstaat begonnen onderzoek is tot nog toe niet gebleken, dat de zandtransportvraagstukken, al spelen zij zich ook bij den bodem af, dus buiten het direkt bereik van het oog, ontoegankelijk zouden zijn voor studie en onderzoek in natura, of dat het te voortbarig zou zijn daarmede "reeds thans" te willen aanvangen. Integendeel, men moet zich er over verwonderen, dat niet reeds veel eerder met een onderzoek der zandproblemen is begonnen.

m) Enkele zinnen uit het twistgeschrift tusschen van Mierlo en Tobie Claes in Annales de l'Ass. des Ing. sortie de l'Université de Gand) in 1926/27.

Van Mierlo "Mécanisme des Alluvions": "Des efforts ingénieux, énergiques et persévérants ont été entrepris pour lutter contre les alluvions; seulement il manquait souvent la connaissance des éléments qui pouvaient influencer sur le régime des alluvions et c'est à l'étude de ces questions que j'ai consacré une partie de temps où je pouvais procéder à des mesurages".

Tobie Claes: "L'auteur n'a rien établi de ce qu'il a avancé. A priori on peut dire, qu'il est prématuré de vouloir aujourd'hui s'attacher - avec d'aussi faibles moyens surtout - à la recherche du Mécanisme des Alluvions".

van Mierlo: "Ce sont les alluvions que gênent. Ce n'est donc qu'en étudiant le mécanisme des alluvions qu'on pourra trouver le moyen d'améliorer la situation".

Tobie Claes: "Or, ce que je veux, ce sont des faits; attachez vous aux faits, monsieur! (Dicks) 6

«Les ingénieurs hollandais du Waterstaat (sont) évidemment aussi ignorants du vrai Mécanisme des Alluvions que leurs collègues belges des Ponts et Chaussées.»

Laboratoria, waarin havens e.d. kunnen worden nagebootst, kunnen interessante problemen nader tot een bevredigende oplossing brengen, het bezwaar ervan is echter dat zij nimmer geheel met de werkelijkheid kunnen overeenstemmen. Wil men het maximum profijt trekken van dergelijke laboratoria, dan moet een onderzoek in natura ter toetsing en aanvulling daarmede hand in hand gaan. Ook uit dit oogpunt is een onderzoek der werkelijk optredende gebeurtenissen een noodzakelijkheid. Laat men dit achterwege en gaat men slechts af op uitspraken "ex cathedra" of "ex laboratoris", dan zal men op teleurstellingen moeten blijven rekenen.

### § 3. Methode van onderzoek.

Het intern getijmechanisme kan beschouwd worden als een wisselwerking van het verticaal en het horizontaal getij (stroomen), waarbij de laatste de zand- en alibverplaatsingen veroorzaken. Naast de getijbeweging staan andere oorzaken als luchtdruk- en soortelijkgewicht verschillen en niet te vergeten de golfslag.

Het is niet mogelijk alles met onze moderne stroom- en zandmeetinstrumenten op direkte wijze na te gaan. Bij stromen kan niet worden gemeten en ook is het niet doenlijk de alleronderste lagen aan een exact onderzoek te onderwerpen. Daarom moet niet worden geneemd, dat de direkte metingen met de "Oceaan" de eenige zijn, waarmede rekening moet worden gehouden om de werkelijkheid nabij den bodem te leeren kennen.

Een onderzoek in natura dient steeds de volgende geleidingen te vertoonen, wil het aanspraak kunnen maken op een zoo groot mogelijke grondigheid.

A. Direkte metingen met instrumenten voor stroom-, zandtransport- en bodemonderzoek, zooals op de "Oceaan" plaats

n)  
vindt.

Men bereikt hiermede het normale geval, zooals dit voor ongeveer 80% in werkelijkheid voorkomt. De op deze wijze verkregen meetgegevens zijn zeer exact en gedetailleerd, doch zij hebben het nadeel, dat zij slechts betrekking hebben op betrekkelijk goed weer en een korte meetperiode. Met de "Oceaan" kunnen nog metingen worden verricht bij windsnelheden van 15 à 20 m/sec. (Beaufortschaal 8 à 10), hetgeen dus niet zoo heel ver meer afstaat van de uiterst voorkomende gevallen (Beaufort 12 is maximum windsterkte). Evenwel blijft het bezwaar, dat tijdens deze uitersten niet regelmatig kan worden gemeten.

#### B. Seriële metingen met registrerende instrumenten.

Hiermede zijn lange reeksen gegevens te verkrijgen, waarin tevens de excessen zijn opgenomen. Het bezwaar dezer metingen is, dat zij slechts voor één enkel punt gelden. Werkt de methode A in lengte-, hoogte- en breedte-richtingen en in een korten tijd van 15 of 25 uur, de methode B werkt alleen in de tijdrichting. Beide vullen elkaar dus aan.

Om een voorbeeld te nemen hoe noodig en nuttig deze onderlinge aanvulling is kan het volgende worden genoemd. Voor de Hoofden waren twee stel seriële metingen beschikbaar t.w. de peilschaalwaarnemingen te Dover, Boulogne, Calais en de stroommetingen bij het lichtschip Varne in een punt op 10 m beneden het oppervlak. Nagegaan kon nu worden welk verband er bestond tusschen beide series waarnemingen, zoodat de z.g. reductiefactor van de Hoofden kon worden bepaald met een groote mate van nauwkeurigheid. Hiermede

n) Indien niet voor de gewone inspectie doeleinden gebruikt, worden tegenwoordig ook de z.g. directievaartuigen van den Waterstaat voor metingen in de benedenrivieren en in de Waddenzee gebruikt.



konden al onze metingen herleid worden tot een normaal geval en dus onderling worden vergeleken, terwijl ook de excessen konden worden nagegaan.

C. Periodieke peilingen. Uit de periodieke peilingen ziet men de gevolgen van de met de methoden A of B waargenomen stroomen en zandverplaatsingen. Het bezwaar, dat men met deze twee methoden niet in de onderste 10 cm kan meten, wordt door de peilmethode grootendeels ondervangen. De bodem bestaat dikwijls uit ribbels en een onderzoek naar de stroomen en zandverplaatsingen in deze onderste lagen is feitelijk laboratoriumwerk. Wel kunnen de ribbelvormen zelf in de natuur bij de methode A goed worden nagegaan met een "ribbelmeter", doch de uiterst gecompliceerde zand- en stroombeweging in de onmiddellijke nabijheid van deze ribbels blijft buiten ons bereik. In de laboratoria van Zürich en Delft wordt hiernaar reeds de nodige aandacht besteed.

De onder A en B genoemde methoden kunnen dus slechts vergelijkende, geen absolute zandverplaatsingen waarnemen. De methode C kan dit laatste wel, vandaar de noodzakelijkheid van periodiek peilen als hulp voor het onderzoek.

D. De z.g. "film". Hieronder wordt verstaan een reeks oude en nieuwere peilkaarten vanaf den tijd, dat met peilingen werd begonnen. Deze dienen alle op één schaal en op één peil (liefst de middenstand der zee) herleid te zijn. Omvattende waarnemingen volgens de methode A perioden van slechts 15 of 25 uren en die van de methoden B en C eenige jaren, die der "film" bestaat gewoonlijk een tijdruimte van meer dan een eeuw. Alle langzame veranderingen in den bodem, welke met de vorige methoden aan de aandacht zouden ontsnappen, staan op de "film" geregistreerd.

Het maken van een dergelijke "film" is een aanzienlijk

werk; is zij echter eenmaal tot op heden bijgewerkt dan is verdere bijhouding betrekkelijk gemakkelijk, terwijl de bruikbaarheid ervan met de jaren, d.w.z. met het aantal erin verwerkte peilkaarten, moet toenemen. Zonder de "film" kom men niet voldoende op de hoogte van de tendens der gulen en banken, omdat de tijd, welke een ingenieur op een bepaalde standplaats doorbrengt (hoogstens ± 10 jaren) te kort is om deze veranderingen in een behoorlijk grooter verband te zien. In het algemeen moet men den tijd van ruim 100 jaren, gedurende welke onze zeegeaten nauwkeurig zijn opgenomen, zelfs nog als te kort beschouwen om de min of meer periodische of aperiodische tendensen der gulen en banken afdoende te leeren kennen.

#### § 4. Kennis praktische onderwerpen.

Achter het theoretische doel van het kennen van het volledig getij- en zandtransportmechanisme staat natuurlijk het praktische doel om meer economische en meer bevredigende werken te kunnen maken.

Onkunde is speciaal in de z.g. "natte" waterbouwkunde zeer duur. Reeds eenige procenten der aanlegkosten van havens, of verbeteringskosten van rivieren, vertegenwoordigen groote bedragen.

"Parmi les diverses branches de l'art de l'ingénieur, il en est peu qui aient réservé des mécomptes aussi nombreux et aussi considérables que les travaux maritimes" schrijft van Mierlo in zijn "Mécanisme des alluvions" en soortgelijke gezegden vindt men in alle talen. Voorkomen is hier beter dan genezen. Een steiger moet niet worden gebouwd aan een zich periodiek verplaatsende goul, indien in de nabijheid een betere plaats is te vinden; noch moet

een haven gemaakt worden aan een bijzonder slib- of zand-  
rijk water, enz. Is dit toch eenmaal gedaan, dan is verbe-  
tering dikwijls uitgesloten of niet dan zeer lastig en  
kostbaar.

Een fout, die dikwijls gemaakt wordt is het onderschat-  
ten van het z.g. brakwatergebied. De noortelijkgewicht  
verschillen van zout en zoet water veroorzaken stroomen,  
welke aan oppervlakte en bodem sterk kunnen uiteenloopen,  
zoodat men van een oppervlakkige beschouwing tot geheel  
verkeerde gevolgtrekkingen kan komen. Voornamelijk de be-  
denstroomen zijn van belang, omdat het deze zijn die uit-  
schuring of wegens hun sterke bezwangering met slib en  
zand, aansandingen teweegbrengen.

Wat ook gewoonlijk wordt vergeten is, dat sterk slib-  
houdend water een ander z.g. heeft dan schoon water. Om  
deze reden kan men eventens abnormale stroomingen en te-  
voren weinig vermoede aanslibbingsen krijgen. Een ander punt  
waar de aandacht op zou kunnen worden gevestigd is, dat een  
spuikom, gevuld met zoet water, natuurlijk weinig effect  
kan hebben op de diephouding van een zoute buitengool. Het  
zoute water zal dan bij spulling de neiging bezitten als een  
zware laagvlie op den bodem te blijven liggen, terwijl het zoute  
water slechts aan de oppervlakte afstroomt. Een en ander  
zou met diverse voorbeelden uit de praktijk kunnen worden  
gestaanfd, doch dit zou te ver voeren.

Waterbouwkundige laboratoria zullen met z.g. verschillen  
zeker rekening moeten gaan houden, willen zij eenigzins  
betrouwbare adviezen kunnen geven voor brakwatergebieden.

Overigens is het moeilijk algemeene regels te geven,  
daar feitelijk elk geval afzonderlijk moet worden beschouwd.  
Generaliseeren is voor de natte waterbouwkunde steeds ge-  
vaarlijk.

In nauw verband met de zout- en zoetwaterverschillen staat de quaestie der z.g. zand- en slibstroomen. In het groot beschouwd kan men ten onzent twee van dergelijke "stroomen" onderscheiden, nl. die der bovenrivieren (Rijn en Maas) en die uit zee. De aangevoerde zanden zijn gewoonlijk met het bloote oog wel te onderkennen: de bevolking noemt hen daarom wel "zout" en "zoet"-zand.

Door de bijzondere geologische gesteldheid is ons land te beschouwen als een in opbouw begrepen gebied, dat echter met betrekking tot het zeeniveau toch daalde. Zand en slib kunnen voor een dergelijk gebied zeer gewenschte materialen zijn voor ophoogingen en aanwassen, doch voor havens en riviermonden zijn zij ongewenscht. De vóór- en nadeelen der aanwezigheid van zee en rivieren, zoowel als van het door de zee aangevoerde slib en zand werden hier grondig onderzocht en voor tóónd heeft men pogingen moeten aanwenden om de voordeelen zoo groot mogelijk en de nadeelen zoo klein mogelijk te doen zijn.

Van belang is de beide zandstroomen nader te beschouwen. Weliswaar staat het rivierzand in slechts ver verband met het te behandelen onderwerp, doch een geringe uitweiding is hier wel op haar plaats, omdat daarmee kan worden aangetoond, welke moeilijkheden de zandproblemen voor ons hebben opgeleverd en welk een verkeerde voorstelling men had van de z.g. "sleepkracht" van stroomen.

Het probleem vulde de geheele 19e eeuw en bestond hierin dat het rivierzand de beddingen van de Lek, Waal en Maas ophoogde en daarmee tevens de waterstanden deed rijzen. Vele doorbraken waren hiervan het gevolg. Onbedijkte, wilde rivieren kunnen zich verplaatsen wanneer de beddingen te hoog werden, doch bedijkte tracht men zoo lang mogelijk in

hun beddingen te houden - totdat de natuur haar rechten eischt en een catastrofe veroorzaakt. De in 1481 ontstane Biesbosch is hiervan een voorbeeld. Ongeveer 400 jaren later was deze vrijwel opgevuld met de Rijn- en Maassedimenten en de waarlijk beangstigende vraag reeds dus omstreeks 1800, welke nieuwe catastrofe er stond te gebeuren. Zou de Alblasserwaard als nieuwe bergplaats voor de afgevoerde zanden moeten worden opgeofferd?

De geheele eerste helft der eeuw ging met de verhandelingen over dit onderwerp verloren. Eerst de 2e helft zag de resultaten dezer overwegingen in den vorm van nieuwe monden van Waal en Maas naar het Hollandsch Diep. Gehoopt werd daarbij, dat het nieuwe depôt, het Hollandsch Diep, het rivierzand voor vele jaren zou kunnen bergen, doch teleurstelling volgde toen bleek dat de nieuw gegraven Merwede niet in staat was het zand af te voeren. Dit was omstreeks 1880, toen toevallig de stoombaggarmolen haar intrede deed en de praktische oplossing van het zoo moeilijke probleem bracht. Interessant is daarbij op te merken, dat men aanvankelijk nog zooveel vertrouwen<sup>in</sup> de transporteerende kracht van de Nieuwe Merwede bezat, dat men bij de eerste baggerbestekken geen vervoer van de gebaggerde specie nodig achtte. Indien het bodemmateriaal maar los gewoeld werd zou de rivier zelf wel voor het transport zorgen, redeneerde men en schreef dus voor dat de opgebaggerde specie onmiddellijk weer in de rivier mocht worden gestort. Spoedig bleek dat men op deze wijze niets bereikte en dat de transportkracht eener benedenrivier, waar eb en vloed elkaar tegenwerken, niet bijzonder groot is. De vloed kan soms zelfs meer transportkracht bezitten dan de eb.

Het rivierzand levert thans weinig zorgen meer, omdat

de baggermolens ruïn in staat zijn de aangevoerde hoeveelheden te verwerken. Zelfs wenschten sommigen, dat meer riviersand beschikbaar was, daar het een uitstekend materiaal is voor beton en voor de ophooging onzer steden en wegen. Een oplossing, zoodat men zich die aanvankelijk voorstelde, nl. waarbij het riviersand tot in zee vervoerd zou kunnen worden door de rivier zelf, is voor ons geval, naar het zich laat aanzien, niet mogelijk.

Voor het zeezand, waarvan het aanbod nog steeds de vraag overtreft worden jaarlijks in den vorm van baggeringen in onze havens en haventoeegangen nog steeds eenige miljoenen guldens uitgegeven. Voornamelijk in het zuidwesten van ons land is de invloed van het zeezand en zeealib groot geweest. Hier ontstonden in betrekkelijk weinig eeuwen groote eilanden, nadat ook in Vlaanderen uitgestrekte gebieden waren binnengedijkt. Havens als Brugge, Middelburg, Zierikzee, Goeree, enz. welke eenmaal aan geschikte getijstroomen lagen, verzandden en de vragen zouden kunnen worden gesteld: gaat dit proces nog door of is er een evenwicht bereikt? Zijn onze moderne havens veilig of staat hen op den duur eenzelfde lot te wachten als de bovengenoemde vroegere zeehavens?

Reeds onmiddellijk kan hiervoor worden verwezen naar de groote macht der baggermolens, waarmee de natuur tegenwoordig in haast elke richting kan worden gedwongen en waardoor het hoegt onwaarschijnlijk is, dat een onafwendbare noodlottige verzanding zou kunnen plaats hebben. Evenwel blijft de economie steeds de factor, die uiteindelijk den toestand beheerscht en die steeds noodzaakt zooveel mogelijk met de natuur mede te werken en zoo weinig mogelijk daartegen in te gaan. Het is in het algemeen geredeneerd wel denkbaar, dat een haven of een steiger wordt verlaten, omdat baggeren te

kostbaar zou worden of omdat elders de natuur voordeliger kansen zou bieden.

Indien men met groote natuurkrachten, als de getijstroomingen en de daardoor veroorzaakte zeezand- en zeealldrift heeft te doen, krachten, die in staat bleken het lage deel van ons land zoowel te vormen en te vervormen, spreekt het vanzelf, dat men deze, zooals van Mieris terecht schrijft, grondig dient te kennen.

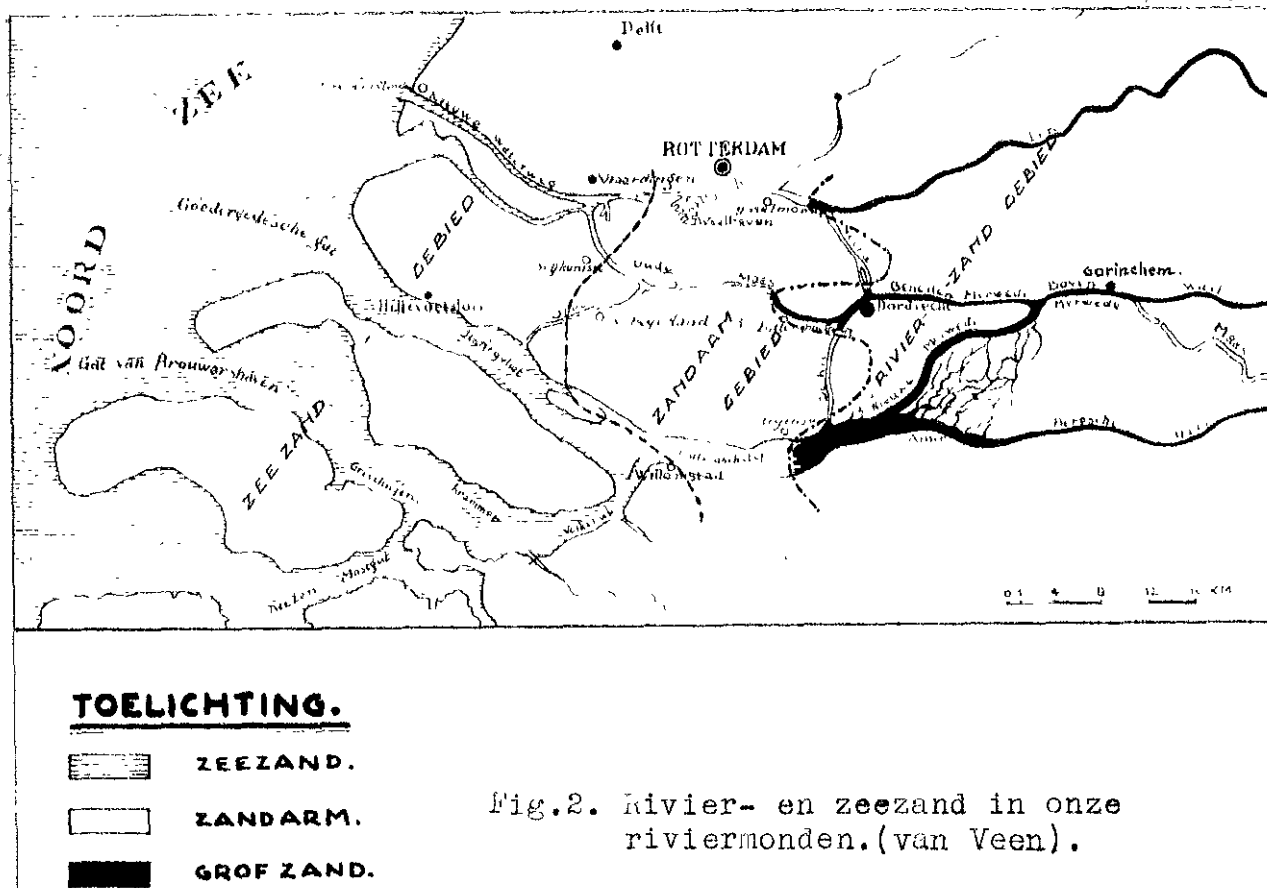


Fig.2 geeft een overzicht van de gebieden, waar het rivierzand en het zeezand (het z.g. noot-zand en zout-zand) in onze benedenrivieren in beweging verkeer<sup>x)</sup>en. Het rivierzand komt niet veel verder dan Krimpen, Puttershoek of Barendrechtse brug en Moerdijk; het zeezand vindt zijn bovenwaartse grens bij Schiedam, Spijkenisse, Tim Coneten. Daartusschen is de van nature bevoordeelde strook, waar slechts weinig of geen zand in het water aanwezig is en

ir. Joh. v. Veen. Zandtransport in benedenrivieren (De Ingenieur 1933).



waar o.a. de havens van Rotterdam worden aangetroffen. Niet algemeen bekend is dat het Hellegat een zoutwater-aanvoerende stroom is, die ook zeezand naar het Haringvliet voert. Havenaanleg in het met slib en zand bezwangerde gebied van de zeezandzone moet steeds als een riskante onderneming worden beschouwd, hoewel ook in de overige gebieden niet steeds goede resultaten worden verkregen, omdat het slibgevaar ook voor het zandarme gebied blijft bestaan.

HOOFDSTUK II.Het materiaaltransport in de Hoofden.§ 5. Korte beschrijving van de omstandigheden tijdens de metingen.

De metingen omvatten een periode van 2 maanden in 1934 (12 Juni - 13 Augustus) en voorts nog eenige weken van Augustus 1935.

De direkte leiding der metingen berustte veelal bij den tijdelijk-ingenieur W.C. Engelen.

De weersgesteldheid was over het algemeen goed. Slechts gedurende drie dagen was de "Oceaan" niet in staat te meten, daarop dese dagen stormen voorkwamen met windsnelheden van over de 20 m per seconde. Overigens bleek de golfslag in dit gebied niet bijzonder sterk te zijn, gelijk reeds Caesar indertijd heeft opgemerkt. De kusten schijnen hiervoor te dicht bij elkaar te liggen. Bij noordelijke winden is de deining het sterkst, gelijk Caesar bij zijn overtocht naar Brittannië eveneens ervoer.

Het zicht was op eenige uitzonderingen na tamelijk slecht. Alleen bij oostelijke winden heeft men een behoorlijken kans om van den eenen oever naar den anderen te kunnen zien, dus over een afstand van ruim 33 km. Dikwijls bedroeg het zicht nog geen 15 km.

Des nachts is het regel, dat de vuren van Gris Nez, Dungeness en Zuid Voorland over meer dan 33 km kunnen worden waargenomen. Des morgens in de vroege en op den laten avond was het gewoonlijk helderder dan midden op den dag.

Wegens den bijna voortdurenden nevel werden moeilijk-

heden ondervonden met het bepalen van het profiel Gris Nek-Zuid Voorland. Hoewel dit slechts  $\pm$  4 uren behoefde te vorderen, moest de profielbepaling eenige malen, wegens het plotseling opkomen van den mist worden afgebroken. Daarbij kwam, dat een dergelijk breed profiel door ons nog nimmer tevoren bepaald was en dus niet onmiddellijk de meest juiste methode werd gevolgd. Deze bleek te bestaan in het gebruik maken van het zoeklicht der Fransche Marine op Kaap Gris Nek. De vizierlijn van den zich op dit zoeklicht bevindenden kijker werd op den vuurtoren van Zuid Voorland gericht, terwijl met het zoeklicht seinen werden gegeven. Indien de "Oceaan" te ver zuidelijk afdreef, werden korte lichtseinen gegeven, indien zij te noordelijk kwam lange. Indien zij precies in de raai voer werd het licht ongestoord uitgezonden. Op deze wijze bleek het zelfs midden op den dag mitstekend mogelijk de "Oceaan" binnen afstanden van  $\pm$  30 m buiten de raai te houden. Deze afwijkingen van de raai konden worden geschat in den kijker, daar de breedte van de "Oceaan" een bekende grootheid was. Toen de geheele raai tot op 2 km na was uitgevaren, verdween het zicht plotseling, zoodat deze laatste 2 km naderhand afzonderlijk vanaf den Engelschen oever werden genomen. Nadien was tijdens onze aanwezigheid de lucht nimmer doorschijnend genoeg om de meting te herhalen en bepaald noodig was dit ook niet.

Moelijkheden van anderen aard werden feitelijk niet ondervonden. In de diepste gedeelten van de Hoofden, waar de krachtigste stroomen werden aangetroffen bleek de Ott, snelheidsmeter nog in staat goede waarnemingen te leveren, hoewel dit toch wel als een grensprestatie mag worden beschouwd, daar de elektrische draad een dergelijke groote kracht van den stroom over een lengte van  $\pm$  70 meter niet goed kan

verdragen.

Tijdens plotseling opkomenden wind werden de oscilla-  
toren van het echotoestel, welke buitenboord en naar het  
bleek op te slappe wijze gemonteerd waren, afgerukt. Dit  
voerde ~~niet~~ ~~tot~~ ~~een~~ ~~groot~~ ~~verlies~~, tot eenig  
tijdverlies. Intusschen kon met de andere waarnemingen wor-  
den voortgegaan.

De grootste moeilijkheid bij dit soort van metingen is  
het gebrek aan tijd. Op het programma voor 1934 stonden  
slechts 3 maanden voor het onderzoek uitgetrokken, daar de  
Nederlandsche kust reeds zelf zoovele problemen biedt, dat  
niet meer tijd voor de Hoofden beschikbaar kon worden gesteld.  
En hoewel de hoofdzaken van het regime dezer zeestraat reeds  
spoedig duidelijk waren, zoo waren de nevensaken toch niet  
minder belangwekkend. Er dient natuurlijk een bepaalde grens  
te  
gesteld worden, doch in het algemeen verlaat men een terrein  
slechts noodte, omdat het jammer is van de reeds vergaarde  
kennis geen gebruik te maken voor de verdere oplossing van  
de problemen, die men op het spoor is gekomen.

De metingen van 1935 hadden een aanvullend en toetsend  
karakter. Een der reizen naar de Hoofden had plaats in April  
onmiddellijk na een stormachtige periode, teneinde te weten  
te komen of deze stormen ook iets op den bodem had <sup>den</sup> veranderd.  
Dit bleek niet het geval te zijn.

Het terugkomen van de "Oceaan" naar Dover of Calais in  
1935 kon betrekkelijk eenvoudig geschieden, omdat in dat jaar  
de mond van de Schelde werd onderzocht en daarbij tevens het  
Vlaamische bankengebied werd verkend.

In het geheel werd op 32 punten de stroom- en zandbe-  
weging bepaald (zie bijlage 1). De overige dagen werd besteed  
aan bodemonderzoek en karteering.

Bijlagen 2 en 3 geven eenige voorbeelden van de meet

grafieken zocals zij voor elken meetdag aan boord worden gemaakt.

De getrokken blauwe lijn geeft de gemiddelde stroom-snelheid weer der geheele verticaal; de gestippelde lijnen de snelheden op 0.15 m en 0.50 m boven den bodem. De groene lijn geeft de getijlijn te Dover, terwijl de zwart getrokken en de zwart gestippelde lijnen het zandgehalte en het zandtransport aangeven, zocals deze met de zandgehaltmeter en de zandtransportmeter werden bepaald op gemiddeld 0.10 m + bodem.

Voorts komen rechts de wind- en stroomrozen voor, terwijl tenslotte nog gegevens betreffende het zoutgehalte, temperatuur en zeevang zijn aangegeven.

De gegevens werden van maanuur tot maanuur in staatvorm verzameld in bijlage 4. Met behulp hiervan is het mogelijk de meetgrafieken vrijwel geheel te reconstruieren.

#### § 6. Directe waarneming van het zandtransport.

Zoodra met de onderzoekingen werd begonnen, werd de belangrijkste vraag, nl. die omtrent de grootte van het zandtransport in de Hoofden, het eerst onderhanden genomen. De metingen geschieden op dubbele wijze met de twee verschillende instrumenten welke in bijlage 27 worden beschreven (zandvanger en zandgehaltmeter).

Reeds onmiddellijk bleek daarbij, dat er vrijwel geen zand in het water nabij den bodem of hooger aanwezig was, zelfs niet bij de sterkste stroomen. Hoogstens werden enkele korrels gevangen, die dan

in de meetstaten met E.K. werden aangeduid.

In de raai Gris Nez (Zwartenes) — Zuid-Voorland werd gedurende 18 getijden op verschillende plaatsen gemeten (zie bijlagen 5 en 6). Slechts in de onmiddellijke nabijheid van Gris Nez werd daarbij iets meer zand in het water nabij den bodem aangetroffen.

Met maximum zandtransport was daar tijdens vloed 0,22 en tijdens eb 0,38 cm<sup>3</sup> per minuut en per cm<sup>2</sup> op gemiddeld 1 dm boven den bodem. Rekent men dat de breedte der transporteerende laag 1000 m en de hoogte daarvan 2 dm was (deze laatste maat is uit de meting vast te stellen) dan komt men tot de volgende totale hoeveelheden voor het zandtransport in de Hoofden:

bij vloed	50 liter per getij	of	50 m <sup>3</sup> per jaar,
" eb	140 " " " "	"	" 100 " " " .

Deze bedragen zijn natuurlijk praktisch van geen beteekenis.

Dat hier tot een oorsurplus werd gekomen is waarschijnlijk geen toevalligheid, doch gevolg van den invloed der kaap. Gemeten werd nl. iets ten Noordwesten dezer kaap, zoodat de vloedstroom dit meetpunt slechts matig kon bereiken, terwijl de ebstroom juist bijzonder krachtig werd gevoeld. Daar voorts in de onmiddellijke nabijheid van de "Banc à la ligne" (een zandbank) werd gemeten, behoeft het ook geen verwondering te wekken, dat in dit meetpunt eenig zand zwevend werd gevonden. De aangenomen breedte van 1000 m is dan ook veel te groot.

Gemeenend wordt, dat indien iets meer recht voor de Kaap was gemeten in het geheel geen zand in het water zou zijn aangetroffen.

Dat het door ons geconstateerde oorsurplus verband zou houden met de door Briquet geuite meening, dat vanaf Gris Nez naar Ambleteuse een zuidelijk gerichte materiaalstroom zou bestaan, wordt deserzijds niet aangenomen.

Slechts waar eenig zand op den bodem aanwezig was, kon zand in het water worden geconstateerd. Dit is een logische algemeene regel, die reeds tevoren, naar aanleiding van metingen in het zeeget van het Vlie, waar gedeelten van den bodem met steenen zijn bedekt, werd vermoed en door verschillende meer recente metingen thans wordt bevestigd.

Op de Varne ~~(het Vlie)~~ werd een tamelijk groot zandtransport aangetroffen, hetgeen, in verband met de korrelgrootte van het zand dezer bank en de heerschende snelheden, niet te verwonderen viel. Dit zandtransport was in verhouding tot de omstandigheden lange onze eigen kusten geenszins abnormal. Het getransporteerde zand zal niet verder komen dan de grenzen van de Varne zelf, zooals nader zal worden duidelijk gemaakt.

(Vrouwenzand)

Op de Ridge, en de Bassure de Bas werd niet gemeten, daar de omstandigheden hier gelijk zijn aan die op de Varne.

Bij Calais werd gemeten in de ebgeul, zoowel als in de vloedgeul. Men onderkent deze geulen oogenblikkelijk aan de "paraboolduin" vormen (zie bijlage I en X). Het meetpunt IJ ligt in de ebschaar, welke open is voor de ebstromen, het meetpunt Z in de vloedschaar, welke open is voor de vloedstromen. Reeds vooraf kon op grond van ervaring worden vermoed, dat in de ebgeul het ebtransport en in de vloedgeul het vloedtransport zou overheerschen.

Inderdaad blijkt dit het geval zooals uit de bijlagen 5 en 6 valt af te leiden.

Er is hier een matig sterke aanvoer uit het noordoosten door de ebschaar en een afvoer naar het noordoosten door de vloedschaar. De eerstgenoemde aanvoer veroorzaakt moeilijkheden, doordat de zuidwestpunt van de ebparabeol zich steeds verder naar het zuidwesten verplaatst en de haven van Calais (Khalae) dreigt af te sluiten. (Zie § 29).

Overigens kunnen de twee metingen IJ en Z niet onderling kwantitatief worden vergeleken, zoodat men b.v. niet tot de afleiding mag komen, dat het totaal zandtransport voor een strook van 6 km onder de kust bij Calais bij vloed grooter is dan bij eb. Waarschijnlijk is, dat de ebgeul ongeveer evenveel zand naar het zuidwesten voert als de vloedgeul naar het noordoosten, dus, dat er een soort neerwerking bestaat (zie hiervoor ook hoofdstuk VI). De waargenomen zandtransporthoeveelheden zijn t.o.v. die in onze eigen geulen betrekkelijk gering.

Op de bijlagen 5 en 6 zijn behalve de maximum-zandtransporthoeveelheden ook de maximumstromen aangegeven



zoals zij bij normale getijden voorkomen en wel: a. voor de oppervlakte, b. voor het gemiddelde der geheele verticaal, c. voor den bodem (0.15 m + bodem).

In verband met hetgeen door sommigen dikwijls wordt aangenomen nl. dat de stroomen op grotere diepte ongeveer even groot zijn als aan de oppervlakte, moet er sterk den nadruk op worden gelegd, dat dit geenszins het geval is. Oppervlakte-stroomen of gemiddelde stroomen mogen zeker niet worden betrokken op den bodem, zoodat beweringen als: "stroomen van 3 knopen (1.50 m/sec.) kunnen steenen van een vuistgrootte meesleepen" e.d. verwerpelijk zijn, indien men met die stroomen slechts de oppervlakteomheliden bedoelt, of stroomen wier hoogte t.o.v. den bodem niet juist is vastgesteld.

Op hetgeen bodemstroomen wel kunnen doen zal nader in § 12 worden teruggekomen.

De algemeene conclusie, welke, hoewel negatief, toch belangrijk is luidt alzoo:

In de Hoofden kon tijdens de metingen van 1934/35 geen zandtransport worden geconstateerd. Deze conclusie, die gebaseerd is op ongeveer 900 meetcijfers, geldt uitsluitend voor de eigenlijke zeebonte en niet voor de gebieden, welke verder ten noorden van de Hoofden liggen, noch voor de zandbanken nabij de Hoofden.

De tot nog toe gangbare opvatting van een enorm zandtransport via de Hoofden, welke door vele geslachten heen algemeen als juist werd aangenomen, moet dus tot het rijk der fabelen worden gerekend.

Indien tijdens vloed- of eb eenig zand in het water aanwezig geweest moet zijn, zou dit tijdens de kenteringen tot neerslag moeten komen en zou dit door ons geconstateerd moeten kunnen zijn. Nimmer kon een aanduiding in die rich-

ting worden gevonden, hoewel de begroeiing van den rotshoedem alle gelegenheid bood dit eventueel neergezegen sand te doen opmerken.

Hieronder zullen nog meerdere waarnemingen worden beschreven, welke alle in dezelfde richting wijzen, nl. dat in het profiel der Hoofden praktisch geen zandtransport plaats vindt, zelfs niet, of nauwelijks, bij storm.

### § 7. Slibtransport.

Dit onderwerp werd door ons niet grondig onderzocht, omdat hierover eenige Fransche gegevens beschikbaar waren, welke vertrouwen inboezenden en het water in de Hoofden voor onze begrippen zeer helder was. Slechts nabij de kusten viel een zekere troebeling te bemerken; echter was ook deze nog lang niet zoo sterk als aan het meerendeel onzer kusten. In verband hiermede, en ook omdat het meten van slibgehalten zoo tijdroevend is (filtrering, drogen en wegen van het filtraat) werd van een regelmatige slibgehaltewaarneming afgezien.

De hierboven genoemde Fransche gegevens werden verzameld door Ploix die in zijn "Rapport sur la reconnaissance de Boulogne" <sup>x)</sup> een gemiddeld slibgehalte van het water nabij Boulogne gaf. Dit gemiddelde bedraagt 13½ gram per m<sup>3</sup> d.i. een volume verhouding van  $\frac{7.5}{1.000.000}$ , indien men 1 m<sup>3</sup> slib in lucht-drogen toestand op 1600 kg stelt <sup>+) .</sup>

Het onderzoek van het slibgehalte geschiedde daarbij niet door Ploix zelf, maar door de "Ecole des Ponts et Chaussées" te Parijs. Deze vond, dat ook eenig sand in de monsters voorkwam. Blijkens onze ervaring zou dit niet wel

x) Ploix - Recherches hydrographiques 7e cahier 1876 blz. 64.

+) Zie hierover het aanhangsel van C. Lely: Nota over de slibgehalten onzer rivieren 1886.

mogelijk kunnen zijn. De monsters van Floix zullen hoogstwaarschijnlijk van de oppervlakte zijn geschept en hoewel de plaatsen niet volkomen zuiver werden aangegeven, zoo blijkt toch voldoende, dat de meeste monsters niet onmiddellijk aan de kust werden genomen, doch verder in zee, d.w.z. op plaatsen met 15 à 30 m water. Hier kan aan de oppervlakte volgens onze onderzoekingen geen "zand" zweven.

Ten einde hierover uitsluitend te verkrijgen, werden een drietal monsters genomen vóór de haven van Boulogne, waarbij het gemiddelde slibgehalte van het oppervlaktewater bleek te zijn  $\frac{12,20 \pm 0,15}{g}$  = 12 mgr per liter, dus toevallig vrijwel hetzelfde bedrag als het gemiddelde van Floix. Dat dit toevallig is spreekt van zelf, indien men bedenkt, dat het slibgehalte afhankelijk is van den afstand uit de kust, van den golfslag en van het tij. De groote overeenstemming met het cijfer van Floix was echter bevredigend.

Het maximum slibgehalte van 20 mgr/liter werd gevonden tijdens een flinke bries uit het westen in de lijn van den havendam, dus niet ver in zee en bij tamelijk sterken golfslag. Het minimum van 3 mgr/liter bij krachtigen bries uit het N.M.W. op grooteren afstand uit de kust. Beide werden bij ebstroom genomen.

Zandkorrels konden in deze monsters niet worden waargenomen. Het slib bestond geheel uit uiterst fijn materiaal, zoodat als waarschijnlijk kan worden aangenomen, dat men indertijd eenige door droging aaneengebakken slibdeelen voor zandkorrels heeft aangezien. Floix deelt mee, dat het "zand" en het slib door uitwassing zijn gescheiden. Dit zegt niet veel, omdat gedroogd slib soms niet meer in water "oplosbaar" is en zich dan als zand gedraagt.

Het slibgehalte van  $\frac{8}{1.000.000}$  (volume deelen) moge

zeer bescheiden klinken, toch is dit vermenigvuldigd met de enorme hoeveelheden water, welke door de Hoofden trekken niet te verwaarloosen. Denkt men zich een jaarlijksch vloed-surplus door de Hoofden van 1670 milliard m<sup>3</sup> water (zie Hoofdstuk III) en neemt men aan, dat het <sup>60</sup>noemde slibgehalte gemiddeld over 1/10 van het doorstromingsoppervlak aanwezig is (langs de kanten) dan komt men tot een jaarlijksche aanvoer van rond 1.500.000 m<sup>3</sup> slib. Dit kan in werkelijkheid belangrijk meer, of ook belangrijk minder zijn, doch het geeft een begrip van de orde van grootte der slibhoeveelheden, welke van de Fransche en Engelsche kusten naar de Noordzee worden vervoerd. Hoewel de in de Noordzee zwevende slibmassa's natuurlijk veel grooter zijn, is dus de aanvoer uit het Kanaal geenszins zonder beteekenis.

Ter vergelijking dienen de volgende cijfers:

In den Scheldemond is het slibgehalte gemiddeld	$\frac{330}{1.000.000}$	;
In den Wesermund	$\frac{260}{1.000.000}$	(Seyfert);
In den Boven Rijn (Pannerden)	$\frac{34}{1.000.000}$	gemiddelde van 16 jaren (C.Lely) ;
In de Maas (Maastricht)	$\frac{62}{1.000.000}$	gemiddelde van 4 jaren (C.Lely).

Vooral in den Schelde- en in den Wesermund is het slibgehalte dus zeer veel grooter dan bij Boulogne.

De totale jaarlijksche slibafvoer wordt door Lely voor den Rijn berekend op 2.600.000 m<sup>3</sup>, voor de Maas op 610.000 m<sup>3</sup>. Deze getallen berusten op een buitengewoon groote hoeveelheid meetcijfers <sup>x)</sup>.

Het is van belang hierbij op te merken, dat Lely bij het onderzoek van deze zeer uitgebreide serie waarnemingen in onze groote rivieren tot de conclusie kwam dat er

x) C.Lely, Nota over de slibgehalten onzer rivieren 1886.

geen zand in het rivierwater zweefde. Dit is dus in frappante tegenstelling met Floix' bewering. Aan de eene zijde onze ondiepe groote rivieren met veel turbulentie, waar geen zand in het water zou zweven, zelfs niet dicht bij den bodem - aan de andere zijde een rustige, ongeveer even sterke strooming, in zeer diep water, waar zelfs aan de oppervlakte zand zou zijn te constateeren in normale gevallen.

Noch de bewering van Lely, noch die van Floix kan als valkenen juist worden aanvaard. In onze rivieren zweeft behalve slib ook eenig vrij grof zand, vooral bij groote afvoeren, zooals uit eenvoudige monstername valt af te leiden. In het nauwe deel van het Kanaal wordt bij den bodem, behalve enkele sporadische zandkorrels, geen of uiterst weinig zwevend materiaal aangetroffen, zoodat men dit op grootere hoogte zeker nog veel minder kan verwachten.

De vraag, wat is slib en wat is zand brengt mogelijk de oplossing. In een microscoop zijn beide materialen nl. niet scherp van elkaar te scheiden. Door ons wordt, in navolging van vele anderen, een grens van 20 micron aangenomen, doch ver beneden deze grens vindt men nog zeer veel kwartskorrels, die de een met "zand" de ander met "slib" kan betitelen. Het is mogelijk, dat Prof. Oudemans, die de door Lely beschreven riviermonsters inderdaad ondersocht, een veel hogere grens dan 20  $\mu$  heeft

aangenomen en de "Ecole des Ponts et Chaussées" een lagere grens.

### § 6. Bodemonderzoek.

#### A. Eigen onderzoek.

De bodemonsters, welke in de Hoofden werden genomen toonden aan, dat de bodem voor het overgrote deel bestond uit grootere en kleinere steenen, welke meestal begroeid en hoekig waren. Door deze begroeiing was het mogelijk de steenen, die aan de oppervlakte hadden gelegen, te onderscheiden van die, welke iets lagere ligplaats gehad moesten hebben. De aanrakingspunten van de oppervlaktesteenen met de onderliggende waren dikwijls goed te onderkennen, omdat daar de begroeiing ontbrak.

In de diepere lagen was doorgaans eenig zand tusschen de steenen aanwezig, terwijl de oppervlakten der banken steeds uit zandgolven bestonden van ongeveer 5 tot 20 m hoogte.

De steenmonsters werden onderzocht door den Rijks Geologischen Dienst (Directeur Dr.P.Tesch) te Haarlem. De zandmonsters door Professor Dr.C.H. Edelman en diens assistent J.A.Baak te Wageningen. Dit laatste geschiedde hoofdzakelijk voor de zware fracties dezer zanden.

Dr. P. Tesch heeft op de Vergadering van het Natuurkundig en Geneeskundig Congres te Leiden (1935), waar deze monsters ter sprake kwamen, de opmerking gemaakt, dat zij nagenoeg steeds vrij veel zand bevatten. Dit is betrekkelijk juist, doch voor iemand, die deze monsters niet heeft zien ophalen, mogelijk verwarrend. Het zand, voor zoover niet genomen van de sandbanken, of andere zandspots, lag in de poriën tusschen de steenen, zoodat onderzoekers dezer monsters niet zoozeer aan recent verplaatst zand moeten denken, dan wel aan zand, dat practisch niet door de stroomen bereikt kan worden.

De hoeveelheden zand, welke in de verzameling monsters voorkomen zijn bovendien in het algemeen niet een maat van het zandgehalte van den bodem, omdat vaak naar verhouding te veel zand moest worden verzameld met het oog op het onderzoek daarvan door Prof. Edelman. Bovendien konden de groote steenen niet worden bewaard, omdat deze te veel ruimte zouden innemen, zoodat ook hierdoor de monsters een te "rijnen" indruk moesten maken. Van elke steensoort werd zooveel mogelijk een exemplaar bewaard.

In "Handelingen van het XXV<sup>e</sup> Ned. Natuur- en Geneeskundig Congres 1935" op blz. 311 wordt door Dr. P. Tesch medegedeeld, dat "dit zeezand in meerdere of mindere dikte aanwezig is van het Kanaal via het Nauw van Calais tot zeer ver in de Noordzee". Dit geeft een scheeve voorstelling van zaken, die feitelijk geen weerlegging behoeft, daar de hydrografische kaarten een heel ander beeld te zien geven en ook de onderzoekingen, welke hier tevoren werden verricht voor de tunnel- en brugplannen niet in die richting wijzen.

Hierbij moet worden opgemerkt, dat de op de hydrogra-

fische kaarten aangegeven bodemgesteldheid indertijd ( $\pm$  1848) zal zijn vastgesteld met behulp van een lood, waarvan de bodem met vet was ingesmeerd. Het spreekt vanzelf, dat men met deze methode geen behoorlijke steenen kan bovenhalen en dat men aldus tot "zand" komt ook waar dit nauwelijks te vinden is.

Bijlage 7 geeft een overzicht van de bodemgesteldheid zooals die door ons met behulp van grijpers werd bepaald. Er werd hierbij onderscheid gemaakt tusschen "overwegend zand" (geel), "overwegend steen" (blauw) en "overwegend slib" (groen). Evengoed als de steenmonsters soms wel eenig zand bevatten, bezaten de zandmonsters soms wel eenige steentjes. Op de banken vond men b.v. door zeving soms een enkel plat, d.w.z. gemakkelijk beweegbaar steentje van 2 tot 5 mm grootte, hetgeen als een maximum<sup>is</sup> te beschouwen. In de meeste gevallen bevatte dit bankenzand echter geen steenbrokjes, noch slib. Natuurlijk wel schelpgruis.

Voor de teekening werd als grens aangehouden een gehalte van  $\pm$  90% steen en een gehalte van  $\pm$  90% zand. Slib kwam slechts sporadisch voor nabij de haven van Dover.

Behalve de genummerde monsters werden nog vele andere genomen, welke niet werden behouden, noch genoteerd of omschreven. Dit monsternemen geschiedde met de vliet ter nadere bepaling van de grenzen tusschen zand en steen. Hierbij bleek b.v. dat de Varne en de noordelijke gedeelten der Ridge en der Basure de Bas althans op een horizontalen steenlaag schenen te rusten. Zoodra de helling van de zijanten der banken overging in het vrijwel horizontale vlak, veranderde ook de gesteldheid van den bodem van zand naar steen.

In de luvte van Kaap Gris Nez ligt de "Banc à la ligne",



welke evenals de andere banken uit zuiver geel slibvrij zand bestaat. Zij sluit zich aan tegen het Gardes-Quenoos gebied vóór Kaap Blanc Nez, dat als een "erosiestoep" is te beschouwen. De grondsoort van deze stoep is, zooals reeds Larousse waarnam, geen wit krijt, gelijk het naburige materiaal van de Blanc Nez, doch het hardere oudere gesteente, waaruit Gris Nez bestaat. De richting van de "Gardes", die bij laag water op het strand en ver in zee te zien zijn, is ongeveer Noord-Suid.

Bij Kaap Gris Nez, en ten Zuiden daarvan, bezit de "côte de fer", zooals deze kust wel wordt genoemd, geen zandstrand, doch slechts enorme brokken harde steen. Ook op eenigen afstand uit deze kust kon geen zand worden gevonden, doch verder zuidwaarts gaande werden de steenen kleiner in omvang en werd bij "Cran aux Oeufs" reeds een weinig zand aangetroffen, vermengd met veel steenen. (Cran = steile kust).

De zandsone welke op vele plaatsen langs de Noord-Franche kust wordt aangetroffen, wordt dus door de "côte de fer" onderbroken en ook aan de oppervlakte van den zeebodem komt zand hier praktisch niet voor.

De noordwestgrens tusschen " $\pm$  90% zand" en " $\pm$  90% steen" is niet scherp. De monsters der zandbanken Falla, Sandette, Ruytingen, enz. bevatten natuurlijk uitsluitend zand, terwijl de eigenlijke zeebodem van zuid <sup>west</sup> naar noord <sup>oost</sup> steeds meer zand en steeds minder steenen gaat bevatten.

Behalve zand zijn vrijwel overal tamelijk veel schelpen en schelpgruis in de monsters aanwezig.

#### B. Onderzoek in 1875 en 1890.

Bijlage 6 geeft in de eerste plaats een reproductie van de kaart van Larousse, de Lapparent en Pottier, welke

werd gemaakt ten behoeve van den tunnel in 1875. (Het zal velen niet bekend zijn, dat daadwerkelijk met dezen tunnel werd aangevangen, zoewel bij de Shakespeare Clif (Dover) als bij Blanc Nez. Bij wijze van proef werden aan beide kanten eenige kilometers onder zee reeds gemaakt. Natuurlijk staan deze gangen thans vol water).

De Engelsche verdeeling der geologische lagen (Phillips in Geological Transactions I) is van boven naar beneden als volgt: (Enkele Fransche namen staan daarachter).

- |     |                                            |                                     |
|-----|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.  | krijt met weinig organische stoffen.       |                                     |
| 2.  | " " organische stoffen en veel vuursteenen | } orais<br>} blanche<br>} noduleuse |
| 3.  | " " weinig vuursteenen                     |                                     |
| 4.  | " " geen " "                               | } orais marneuse                    |
| 5.  | " " " " en weinig organische bestanddeelen |                                     |
| 6.  | grijs krijt                                | } orais de Rouen                    |
| 7.  | " "                                        |                                     |
| 8.  | "upper greensand"                          |                                     |
| 9.  | "Gault"                                    |                                     |
| 10. | "Lower greensand" : sables verts           |                                     |
| 11. | Weald Clay.                                |                                     |
| 12. | " "                                        |                                     |

De algemeene helling is naar het Noorden gericht. In het Zuiden, bij Gris Nez, heeft men dus de lagen 12, 11, 10, 9 enz. In het Noorden bij Blanc Nez de lagen 7, 6, 5, 4... Barousse, de Lapparent en Potier noemden de lagen 5, 6 en 7 "orais de Rouen". Blijkbaar werden deze lagen het meest geschikt geacht voor tunnelbouw. De dikte der laag 4 t/m 7 werd geschat op 102 m bij St. Margaret, op 105 m bij Calais en op 92 m bij Sangatte. De quences werden bevonden te bestaan uit het hardere "lower greensand" (d.i. rots, geen zand)

Het monsternemen geschiedde in 1875 met behulp van met

lood belaste kleine buizen van 15 à 20 cm lengte en 20 à 22 mm middellijn. Hieruit zou volgen, dat het krijt op zeer geringe diepte onder de bodem oppervlakte wordt gevonden. Met onken grijper werd dit helaas nimmer geconstateerd.

Bijlage B geeft voorts de meer uitgebreide kaart van Rénaud van 1890, welke ten behoeve van het ontwerp eener brug werd gemaakt. Hoofdzakelijk werden door hem de meer zuidelijke gebieden onderzocht, terwijl hij de laag van de "ersie de Rouen" mogelijk abusievelijk "sables verts" genoemd, een weinig anders teekende dan zijn voorgangers. In het geheel werden door hem ± 400 "boringen" verricht. Onder "boringen" moet men natuurlijk ook niet meer dan een oppervlakkige doordringing van den bodem verstaan.

Merkwaardig is, dat Rénaud de Ridge (Colbart, het Vrouwenzand) en de Varne bedekt denkt met "sand, grind en roelsteenen". Dit is bepaald geheel onjuist, omdat de oppervlakten dener banken slechts uit schoon sand bestaan van de korrelgrootte, welke b.v. in de rivieren ter hoogte van Dordrecht wordt aangetroffen (± 200 micron).

De kern van de twee genoemde banken zou volgens Rénaud bestaan uit de steensoort "portlandien". ("L'ossature du Varne et du Colbart est constituée par le terrain portlandien, mais ces bancs sont couverts d'alluvions: sable, gravier et galets. Partout ailleurs que dans le voisinage des bancs la masse d'alluvions est insignifiante"). Deze bewering, ontrent een harde kern in de banken, wordt door Dangeard blijkbaar zonder nader onderzoek aanvaard.

Het mag als vaststaande worden aangenomen, dat Rénaud deze aanname betreffende het "geraante" van de zandbanken niet op direkte wijze uit de door hem verrichte "boringen" heeft afgeleid. De zandgolven op de banken zijn een bewijs,

dat men de kern, zoo deze bestaat, diep onder de oppervlakte moet zoeken.

Zoolang geen boringen van meer dan 20 m diepte in de Varne en in de Ridge zijn verricht, zal deze kwestie niet definitief kunnen worden opgelost. Dezerzijds worden de aannamen van Rénaud in twijfel getrokken, o.a. omdat de gestrekte bankverming een vrij algemeen verschijnsel is bij zandbanken in zee en omdat de steenbodems ter weerszijden der banken weinig of niet verschillen in hoogte of in samenstelling en de zandbodem begint zoodra de vlakke bodem overgaat in de steile flanken der banken (zie ook § 28).

Boven het peil der vlakke steenbodems werden nimmer steenen opgehaald noch van de flanken, noch uit de diepe kuilen der zandgolven.

Uit het echopeiltoestel bleek het nagenoeg steeds mogelijk vooraf te voorspellen, welk monster men van den bodem zou ophalen. Zandbodems met hun karakteristieke duinen worden geheel anders geregistreerd dan rotsbodems met hun hoekige, onregelmatige vormen en deze weer anders dan bodems met steenen van ongeveer 5-20 cm grootte. Op een en ander zal nader worden teruggekomen. (§ 28).

Het z.g. boren in diep water moet als een vrij onnauwkeurig werk worden beschouwd; en de "boringen" van Larousse o.s. en Rénaud zijn waarschijnlijk slechts weinig meer dan een bodemonstername.

Waar in 't bijzonder de aandacht op moet worden gevestigd is, dat Rénaud de versche sedimenten slechts teekent bij de banken Varne en Ridge (Colbart) en bij Calais. De rest der kaart is aangegeven als steenachtigen bodem. Wat dit betreft bestaat er dus betrekkelijk weinig verschil tusschen onze bevindingen (bijlage 7) en die van Rénaud. Slechts namen wij de grens tusschen geel en blauw bij gerin-

gere korrelgrootte dan hij. Zoodoende werd de steengrond tusschen Varne en Ridge door ons als steen aangegeven, door hem als "alluvions".

Het niet gekleurde gedeelte tusschen Varne en Gris Nez werd niet door Rénaud onderzocht.

#### C. Onderzoek van 1922-1927.

Het door ons beoogde doel was niet zoozeer de kennis van den geologischen bouw van den zeebodem te weten te komen, dan wel materiaal te verzamelen voor de mogelijk geachte uitschuring van den bodem in de Hoofden. Daarom bezitten de waarnemingen van Larousse e.s. en Rénaud, die juist de geologische kant beschouwden en niet zoozeer de kwestie der "alluvions" voor ons slechts betrekkelijke waarde. Wat dit betreft zijn de waarnemingen met de "Pourquoi Pas?" gedurende de jaren 1922-1927 voor ons van meer beteekenis. <sup>x)</sup>

Zoals de titel van het werk van Dangeard reeds aangeeft, onderzocht de "Pourquoi Pas?" niet uitsluitend de Hoofden, doch het geheele Kanaal, terwijl het onderzoek niet alleen geologisch, doch ook oceanografisch was geïntendeerd. Dangeard onderscheidt (blz. 49) bodems waarvan fragmenten kunnen worden losgebroken, bodems met geperforeerde blokken (boomosselen), bodems met hoekige steenen, enz. Door de begroeiing, kantigheid, enz. der steenen te bestudeeren komt hij tot bepaalde conclusies ten aanzien van hetgeen de stroomen zouden kunnen bewegen. Deze conclusies zijn weliswaar niet scherp omlijnd, doch zij geven een indruk, welke voor ons doel van waarde is. De grens schijnt volgens hem te liggen tusschen een steen van een

x) Zie L. Dangeard: "Observations de géologie sous-marine et d'oceanographie relatives à la Manche" 1928.

vuietgrootte en die van een nootgrootte (blz. 48). Echter is het Kanaal zeer uitgestrekt en komen op vele plaatsen aanzienlijk sterkere stroomen voor dan in de Hoofden. Dit is een zaak waarmede dus rekening moet worden gehouden.

Door de "Pourquoi Pas?" en ook door de "Océan" en door vroegere onderzoekers werden vrij zware granieten opgevoerd in de Hoofden en in het Zuidelijk deel der Noord-zee. Deze zouden onmogelijk door de stroomen kunnen zijn verplaatst (o.a. omdat zij veel te zwaar zijn en hun kantigheid veelal niet hebben verloren) en de vraag was dus: Vanwaar komen deze granieten?

Reeds in 1889 verkondigde Hallez de meening: "Men vindt (in de Hoofden en daar benoorden) kristallijne gesteenten, granieten, diorieten, porfieren, welke op die van Bretagne gelijken ..... Ik beschouw deze als te zijn aangevoerd in diluviale tijden door het kustijs".<sup>x)</sup>

G. Dubois (1923) neemt ook aan dat dit vervoer door ijschotsen plaats vond en wd tijdens het Würmglaciaal of korten tijd daarna ("flandrien").<sup>+)</sup>

Dangeard (1928) sluit zich daarbij aan en vat op blz. 188 zijn opvatting nog als volgt samen:

"Het ijsdek van Engeland zal zonder twijfel niet de zuidkust bereikt hebben, doch het Kanaal zal een subglaciaal klimaat moeten hebben gehad, dat de kustafname, en dus de productie en het transport van oppervlaktedépoten van steenen bevorderde. Aldus is begrijpelijk dat exotische steenen door de kustijsschotsen werden vervoerd".

Ook de onderzoeker der Noord-Franse kusten Briquet (1921) huldigt deze opvatting. Op blz. 275 van zijn "Le lit-

x) Hallez: Sur les fonds du détroit du Pas de Calais". Ann. G.C.N. tome XLVIII, 1899.

+) G. Dubois: Ann. de la Société géologique du Nord", tome XLVIII, blz. 188, 1923).

toral du Nord de la France" zegt hij: "Het schijnt moeilijk in deze (exotische gesteenten) geen erratica te zien, die door drijvende ijschoblen werden vervoerd". Fig. 3 geeft Dangeard's kaartje van de transportrichtingen, welke het ijs moet hebben ingeelagen. Men ziet er uit, dat volgens hem de primaire gesteenten van Bretagne (Armorica) tot voorbij de Hoofden door het drijfijz getransporteerd zijn geworden.

Dezerwijds kan natuurlijk niet worden ingegaan op den aard en de herkomst dener stenen. Er wordt daarom aangenomen, dat zij inderdaad van westelijken oorsprong zijn.

#### § 8. Tegenwoordig grindtransport.

Het is noodig de opvattingen der hiervoor genoemde onderzoekers aangaande de mogelijkheid van tegenwoordig grindtransport nog nader aan een beschouwing te onderwerpen, vooral ook, omdat hier te lande wel eens den indruk is gewekt, dat de aanwezigheid van armoricaansche stenen in de Hoofden en in het Zuidelijk deel der Noordzee zou wijzen op een nog heiden voortgaand transport over den bodem van zuidwest naar noordoost van betrekkelijk groote stenen, door middel van de huidige stroomen.

Blijkens de vorige § geven de onderzoekers Hallet, Dubois, Dangeard en Briquet weinig steun aan deze theorie. Slechts schijnt Dangeard de mogelijkheid open te laten voor de beweging van stenen ongeveer ter grootte van een appel, noot of kleiner. Intusschen drukt hij zich hierover zeer voorzichtig uit: "De stenen ter grootte van een noot of een appel zijn, hetzij hoekig of rond, dikwijls aan alle zijden begroeid met algen (algues calcaires). Dit zou er op kunnen wijzen, dat zij met elk getij worden omgekeerd" (blz. 46).





Ook door ons zijn dergelijke steenen wel gevonden, doch aan meer dan aan "omkeeren" kan men daarbij toch moeilijk denken. Immers indien van eenige beteekenende voortbeweging sprake was, zou de teere begroeiing slijt- of beschadigingsverschijnselen moeten vertoonen, doch dit bleek nimmer het geval.

De vraag is hoe deze alzijdige begroeiing tot stand komt. Rust een steentje op een zand- of schelpgruislaag, waar <sup>kalk</sup> wormen e.d. gemakkelijk in kunnen doordringen of is de algen- of wormenkolonie sterk genoeg het steentje (dat onder water betrekkelijk weinig gewicht heeft) op te tillen en daardoor ook de onderkant te bezetten? Veroorzaken de visschen, kreeften of zeesterren bij hun zoeken naar voedsel af en toe een omdraaiing? Dit alles schijnt wel mogelijk en een alzijdige begroeiing behoeft dus nog niet te duiden op een omkeering door den stroom. De kalkkokerwormen bouwen hun harde slangachtige kokers zelfs aan de onderzijde van zware steenbrokken, die alle sporen vertoonen nimmer omgekeerd te worden. Ook zal men, gesteld dat inderdaad een alzijdige begroeiing van een steen, ter grootte van een appel of een noot, wijst op een omkeering door den stroom, hieruit nog niet de conclusie mogen trekken, dat kleinere steenen daadwerkelijk verrold zullen worden. Immers hangt dit ook voor een groot deel af van de oneffenheden van den bodem.

Om de vraag op te lossen, wat eigenlijk de grens is van het transportabel materiaal kan men tweërlei weg volgen. In de eerste plaats kan de bodem nauwkeurig bestudeerd worden en <sup>kunnen</sup> uit de begroeiing en afronding der steenen conclusies worden getrokken; in de tweede plaats kunnen de bodemstromen worden nagegaan, terwijl kan worden uit-

gemaakt wat de z.g. kritische bodemgesteldheden zijn, die een materiaal van bepaalde korrelgrootte in beweging brengen.

Dangeard's opmerkingen, die uiteraard slechts berusten op de eerste methode d.w.z. uitsluitend op bodemonderzoek, getuigen van een scherpzinnig inzicht en in het algemeen zijn onze ~~meer direkte~~ waarnemingen, welke meer berusten op de 2e methode, d.w.z. grootendeels betrekking hebben op stroom en materiaal transportmetingen, daarmede niet in tegenspraak. Integendeel, zij bevestigen zijn uitspraken en afleidingen en maken deze een weinig scherper omlijnd en meer gedocumenteerd.

Bij onze 1 900 waarnemingen inzake het materiaaltransport in de raai van de Hoofden, werd nimmer een steentje, hoe klein ook, in onze instrumenten aangetroffen, terzijde de bodemstromen, zooals die hier door ons werden gemeten, blijkens onze ervaring zeker niet veel meer dan grof zand, of, onder invloed van golfslag op den bodem, mogelijk een steentje ter grootte van een erwte of een boon zou kunnen doen bewegen. De stroomen in de Hoofden zijn in vergelijking met die, welke in onze zeegaten voorkomen niet bijzonder sterk en ook de werking van den golfslag op den bodem van het Kanaal is klein in verhouding tot die, welke wij voor onze kusten aantreffen, omdat ten eerste de golven er zelf betrekkelijk zwak zijn en ten tweede de diepte er veel grooter is.

Terecht wordt door Dangeard aan de begroeiing der steenen een belangrijke plaats toegekend in zijn beschouwingen, hoewel hij erkent, dat vele groeiscels in betrekkelijk korten tijd kunnen worden gevormd. Naast de teere, snel verloopende groeiprocessen staan echter meer duurzame vormen, terwijl niet te vergeten is, dat men door deze begroeiing

in staat is zich een denkbeeld te vormen van den aard der bodemoppervlakte, d.w.z. van de onderlinge plaats der steenen, van de ruwheid van het door deze steenen gevormde oppervlak en van de wijze waarop de begroeiing der steenen aaneenkijkt en het leven aldaar beschermt of onderhoudt. Een dergelijke bodem maakt natuurlijk een geheel anderen indruk dan een steriele, bewegende grindbodem, gelijk die aan de Engelsche kusten onder invloed van den golfslag zoo veelvuldig voorkomt. Het verschil is ongeveer te vergelijken met dat tusschen een grasoppervlak en een stuifoppervlak.

Zooals Dangeard aangeeft bestaat deze begroeiing uit algen, bryozoën, wieren, doodsmansvingers, enz. Soms waren deze 10 cm hoog; een prachtig gevormde bryozoënkolonie, wat vorm en kleur betref gelijkend op een versteende pioenroos, bezat eveneens die afmeting.

De 130 monsters, die door ons werden aangegeven op bijlage 7 en de vele andere, welke niet werden aangegeven, vertoonden vrijwel alle een begroeid oppervlak. Daar het denkbaar was, dat tijdens de winterstormen de bodem als het ware zou zijn omgewoeld (heel waarschijnlijk leek dit in verband met de groote diepten niet) werd onmiddellijk na een stormachtige periode in April 1935 opnieuw een tocht ondernomen teneinde dit te toetsen. Gevonden werd daarbij, dat de begroeiing weliswaar iets minder weelderig was dan in den voorgaanden zomer - hetgeen op rekening van de koude van het winterjaargetijde moest worden gebracht - doch dat overigens geen verandering kon worden bespeurd.

Dangeard beschrijft zijn bodemonderzoek en het begroeid zijn der steenen gedetailleerd, zoodat dit hier niet zal worden herhaald. Slechts moge de quaestie van de grenskerrelgrootte, welke nog in de Hoofden te transporteeren is,

nader worden bekken.

Op blz. 178 van zijn meergenoemd boek wordt door hem de opmerking gemaakt dat strandsteenen met hun typische schokfiguren en sterk afgeronde vormen in het Kanaal (en ook in de Hoofden) herhaaldelijk voorkomen, doch dat dit gereedelijk verklaard kan worden met de theorie omtrent het vervoer door diluviale ijschotsen, dan wel door het aannemen van vroegere, thans ondergedompelde stranden (galets morts). Deze verklaring schijnt afdoende.

De groote moeilijkheid leveren echter de kleine onbegroeide steenen, welke soms in de monsters worden aangetroffen. De onbegroeidheid, zoodra de afgeronde vormen welke zij soms bezitten, zouden erop kunnen wijzen, dat zij kunnen worden verroid onder het heerschende regime der stroommen.

Veel is evenwel een andere verklaring meer plausibel, nl. dat de steentjes onder het fijne materiaal, waarmede de holten tusschen de grootere steenen zijn opgevuld, bedolven zijn geweest en dus om die reden niet hebben kunnen begroeien. Op blz. 195 beschouwt Dangeard een drietal monsters, waarbij hij tot de volgende conclusies komt ten aanzien van de huidige transportmogelijkheden:

Station 338 bij de zuidpunt van Bretegne, diepte 108 m:  
"Le sédiment normal est un sable moyen".

Station 338 ten Z.W. van Guernsey, diepte 53 m: "Grindkorrels tusschen 4 en 1 gram bezitten nog een begroeiing".

Station 406 vóór Boulogne, diepte 30 m: "c'est le sable très fin qui domine et qui représente le sédiment normal".

Een recent grindtransport wordt op sommige plaatsen in het Kanaal door Dangeard niet geheel weggecijferd. Zijn grofste zeef bezat een maaswijde van 2,7 mm en van hetgeen

daar op bleef liggen zou volgens hem "tenminste voor een gedeelte oud en niet recent" moeten zijn. Ook wordt door hem gezegd: "Slechts in enkele gevallen scheenen de steenen door de heerschende stroomen te worden verplaatst" (biz.197), doch daarbij wordt niet aangeduid waar dit het geval was, noch of de door hem genoemde enorme oppervlaktestroomen van 6 à 7 knopen (3 à 3.50 m/sec.) hierop betrekking hadden. Waarschijnlijk moet men dit veronderstellen. In de Hoofden komen gemiddelde maxima voor van 3 à 4 knopen (oppervlaktestroomen).

Resumerend zou Dangeard's opvatting inzake de grenskorrelgrootte voor het Kanaal, welke door hem niet in een direkte beantwoording werd neergeschreven, doch uit zijn geschrift toch kan worden afgeleid, kunnen worden weergegeven met: "kleiner dan een noot en groter dan zand". Blijkens onze meer direkte onderzoekingen, welke echter alleen betrekking hadden op de Hoofden - alwaar zwakkere stroomen voorkomen dan op vele andere plaatsen van het Kanaal - moet deze opvatting vrij juist zijn en is deze ook niet in tegenpraak met de hierboven genoemde maat van een erwte of een boon-grootte als geldende voor het profiel der Hoofden.

De vraag dringt zich thans op of inderdaad het materiaal fijner dan een erwte of een boon door de Hoofden vervoerd wordt. Ook dit kan op vele plaatsen als practisch onmogelijk worden beschouwd, en de eenvoudige reden dat dit materiaal daar vrijwel niet aan de oppervlakte van den bodem wordt aangetroffen. Slechts in de holten vindt men het fijn materiaal. Gesteld dat een steentje door den stroom zou worden voortgerold, dan moet het toch direkt in de een of andere oneffenheid van den bodem tot rust komen.

De meeste kans op eenige verroiling bieden nog de tase-

lijk ondiepe grindbodems tussehen Varne en Ridge, welke door hun vlakheid een dusdanig transport zouden bevorderen. Hier kan ook de golfslag nog vrij sterk inwerken, omdat de diepte slechts  $\pm$  30 m bedraagt: De genoemde vlakheid van den bodem kan zelfs als een bewijs worden beschouwd, dat hier inderdaad eenige beweging - een soort schudding - is, of in vroegere tijden geweest is.

De door Rénaud aan het materiaal van dezen bodem gegeven benaming van "alluvions" kan dan ook eenigszins worden gëpprecieerd al moet daarbij het voorbehoud worden gemaakt, dat hierbij niet gedacht moet worden aan een regelmatig transport van grind, doch meer aan een mogelijke oprakeling bij storm van de fijnere deeltjes.

-----

Wij moeten dus tot de conclusie komen, dat in normale omstandigheden tamelijk grof zand door de stroomen in de Hoofden vervoerd zou kunnen worden, indien dit aan de oppervlakte van den bodem aanwezig was, doch dat, met uitzondering van een mogelijk geringe beweging van deeltjes kleiner dan een erwte of een boon, gedurende een storm van grindtransport geen sprake kan zijn. Ook deze deeltjes zijn echter praktisch niet aan de oppervlakte van den bodem beschikbaar, behalve tussehen de Varne en de Ridge, waar inderdaad een zekere "schudding" tijdens storm mogelijk schijnt.

De voornaamste redenen voor deze conclusie zijn:

- 1o. Zandvangter en gehaltenmeter gaven nimmer een groot of klein steentje te zien. Slechts uiterst sporadische hoeveelheden fijn zand en slib.
- 2o. De bodemstroomen, welke door ons werden gemeten kunnen niet sterk genoeg geacht worden om materiaal grover dan matig grof zand te vervoeren.

30. De begroeiing is zoodanig, dat de oppervlakte daarmede bedekt schijnt, zelfs aan het eind van den winter. (Apr 11 1935)

40. De kantigheid van de meeste steenen, zelfs kleine, duidt niet op een transport van eenige beteekenis. De aanwezigheid van afgeronde steenen kan met het diluviale drijfwijs of met die de theorie van van de ondergedompelde stranden worden verklaard.

50. De oneffenheden (kuilen) van den bodem zijn groot genoeg om een eventueel transport van kleine steenen te kunnen belemmeren.

60. Enkele monsters bevatten kantige krijtbrokken van 1/2 à 3 cm grootte. Zelfs deze lichte materie bleek nog niet verrold te worden, daar daarvan de afslijtingsverschijnselen oogenblikkelijk te bespeuren zouden zijn geweest.

In het algemeen kan worden ingestemd met den volgenden zin van Briquet (blz. 20) welke overeenkomt met de conclusie van Dangeard (blz. 212): "Comme agents d'érosion, les courants de masse mettent à nu la roche du fond, en enlevant les menus débris, qu'accumulent sur elle les organismes perforants qui l'attaquent", echter met de beperking, dat "la roche du fond" niet opgevat moet worden als een volkomen naakte rotsoppervlakte, doch als een met steenen van verschillende grootte bedekte bodem, waarbij in de poriën eenig zand of ander fijn materiaal voorkomt.

Dat de bodem van een zeedingte is "scheongespoeld" door de stroomen (mettre à nu) is een bekend verschijnsel. De meeste zeebraten bezitten steenachtige bodems, evenals de meeste zeebekkens een sand- of siltbodem hebben. Onder "scheongespoeld" wordt hier verstaan dat de fijnere korrels (tot een bepaalde maat) van de oppervlakte van den bodem verdwenen zijn.

## § 10. Stranddriften.

Het in de voorgaande §§ beschrevene had uitsluitend betrekking op de eigenlijke zeestraat en niet op de stranden daarvan.

Zoals bekend werken daar geheel andere krachten, nl. die der branding. De verplaatsing van het materiaal door dezen oorzaak geschiedt zonder de hulp van zee- of getijstroomen.

De direkte oorzaak voor het voortbewegen van de strandmaterialen is de scheeve oploop der golven tegen het strand. Hierdoor beweegt zich het materiaal in zigzagvorm voorwaarts.

De algemeene tendens, welke bij stranddriften valt op te merken is het vormen van kustbogen (Fransch: "anse") en landtongen (Eng. "spite", Duitsch "Wehrung", Fransch "pouliers"). Deze kustbogen zijn vaak bijzonder regelmatig, zooals b.v. de boog tusschen Dungeness en Folkestone of de Nederlandsche "Zij" tusschen Hoek van Holland en den Helder. Feitelijk zou men de geheele kust tusschen Blanc Nez en den Helder als een groote kustboog kunnen beschouwen.

Langs de Britische kust trek in vroegere jaren een "shingle drift" van west naar oost via Dover naar "Shingle's end", ten zuiden van Sandwich. Deze drift had de neiging het oude Wantsum aan de zuidzijde af te slijpen met een "spite" en zich aan te sluiten aan Thanet, dat in Romeinsehen tijd nog door de Wantsum van het vasteland van Engeland was gescheiden.

Reeds sinds vele eeuwen was echter de punt van Dungeness (Oud Ned.: "de Smak" of "de Singels" (shingles)) een nauwelijks voorbij te komen hindernis, waarover naderhand meer zal worden medegedeeld. Hierdoor kon slechts een geringe hoeveelheid strandsteenen voorbij Folkestone en Dover

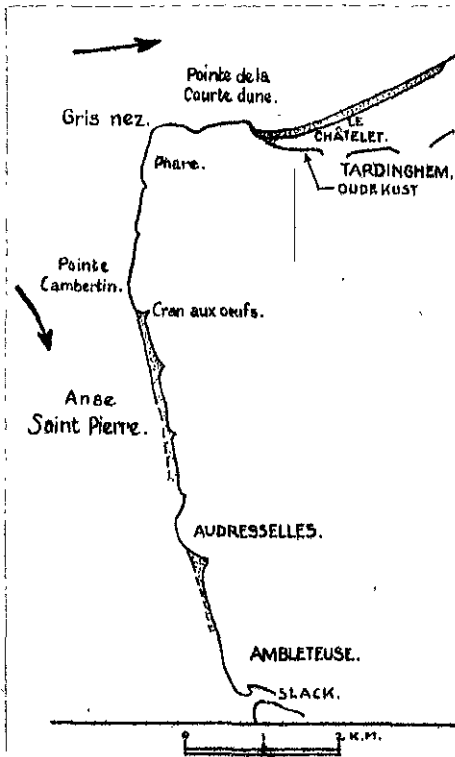


trekken en zelfs dit werd in den laatsten tijd onderzocht door de havendammen van deze beide plaatsen. Vooral de haven van Dover is ver in zee uitgebouwd, zoodat de stranddrift daar niet om heen kan trekken.

Aan de westzijde van deze havens koopt het strandmateriaal zich daardoor een weinig op, terwijl aan de oostzijde de stranden "magerder" worden. Men denkt dat deze verzameling een toenemende afkalving van de krijt-kust bij Deal tengevolge heeft gehad.

Langs de Fransche kust bestaat een stranddrift van zuid naar noord tot Ambleteuse (halfweg Boulogne - Gris Nez). Voornamelijk bestaat deze uit sand, doch hier en daar komen strandsteenen voor, terwijl verschillende kagen het sand strand onderbreken.

Benoorden Ambleteuse is de drift, zooals Briquet aantoonst van noord naar zuid (zie fig. 4 )



Kaap Gris Nez vormt een splitsingspunt, waarbij aan de zuidzijde een zuidwaarts gerichte en aan de noordzijde een oostwaarts gerichte stranddrift plaats heeft. Briquet bewijst dit door op te merken, dat de "poullier" formaties van de Slack bij Ambleteuse en van de "Cran aux Oeufs" juist andersom gevormd zijn als aan de meer zuidelijk gelegen kusten (blz. 250). De opvulling van de kleine "ansen" bij Audreselles (Ouderzeel of

Fig.4. Stranddriften ter weerszijden van Gris Nez (Ouderzeel) geschiedde nl. tusschen

Ambleteuse en Gris Nez van uit het noorden (blz. 247 van Briquet's "Littoral").

Bij Cran aux Oeufs heeft zich een betonindustrie gevestigd, die nogal eenig strandgrind verbruikt. Deze afname van het strand is tot nog toe niet merkbaar, zoodat men aanneemt, dat de aanvoer ongeveer gelijken tred houdt met het verbruik.

Zooda reeds werd medegedeeld bezit de kust bij Oris Nez geen stranddriftmateriaal, noch boven, noch onder water en deze Maap is dus niet alleen als een onderbreking van de stranddrift te beschouwen, maar zelfs als een zoodanig voortuitspringende hindernis, dat de stranddrift hier omkeerde. Zelfs ten noorden van Cran aux Oeufs komt langs de kust onder water echter eenig grind voor en het is mogelijk, dat het depot ten zuiden van Cran aux Oeufs hieruit wordt aangevuld.

Briquet spreekt hier telkens van "courant cotier". Deze "kuststroom" moet natuurlijk niet opgevat worden als te zijn een reststroom of "gain de jusant" van het water, doch als een drift van het strandmateriaal onder invloed van de deining of den golfslag. De reststroom van het water en de stranddrift kunnen wel tegenovergestelde richtingen hebben. De pijltjes, welke Briquet (fig.4) aangeeft, zijn dan ook misleidend. Hij had deze in de kustlijn moeten teekenen en niet in het watergebied (zie echter ook Briquet, blz. 246). In de Hoorden is de deining vaak een kruising van de Noordzee- en de Kanaaldeining, waarbij de eerste schijnt te overheerschen.

Tusschen Oris Nez en Blanc Nez bestaat het breede zandstrand van Wissant (Witzand) in den vorm van een fraaie kustboog. Hier en daar komen eenige "galets" voor. Voor Blanc Nez is ook, in tegenstelling met Oris Nez, een breed zandstrand aanwezig, dat echter niet diep reikt. De krijt-<sup>bij</sup>ondergrond wordt hier gemakkelijk ontbloot. Na <sup>bij</sup>Sangatte (Zandgat) wordt de kust vrij sterk aangetast, waardoor zich verder oostelijk veel steenen op het strand bevinden. Ten

oosten van de haven van Calais (Kales) vindt men nagenoeg geen steenen meer.

In het algemeen zijn de onderzochte Fransche kusten zandrijker dan de Engelsche. Bij de laatste ontbreekt het zand op vele plaatsen geheel.

Ook voor de stranddrift moet dus tot de conclusie worden gekomen, dat deze voor beide oevers practisch de Hoofden niet passeert. Bezuiden Gris Nez is zij zelfs in zuidelijke richting.

-----  
Samenvatting van Hoofdstuk II.

- a. Zandtransport (deeltjes groter dan  $\pm 20$  micron). In tegenstelling met de algemeen tot heden aanvaarde theorie, kon practisch geen zandtransport in de Hoofden worden bespeurd.
- b. Slibtransport (deeltjes kleiner dan  $\pm 20$  micron). In een betrekkelijk smalle strook langs de oevers bij Gris Nez en Zuid Voorland was geregeld een verkleuring van het water door slib merkbaar. Ruw geschat wordt hierdoor jaarlijks  $1\frac{1}{2}$  miljoen m<sup>3</sup> slib naar het noordzeegebied gevoerd. Dit slib bestaat gedeeltelijk uit organische stoffen.
- c. Grindtransport. Van grindtransport bleek in normale omstandigheden geen sprake te zijn, noch over den bodem van de zeebunten door den stroom, noch langs de beide oevers door den golfslag (stranddrift). Mogelijk worden tijdens heftige stormen de ondiepste gedeelten van den bodem b.v. die tusschen Ridge en Varne eenigszins aangetast, in dien zin, dat het materiaal ter grootte van een erwte of een boon of kleiner iets wordt vesp laatst. Dit materiaal is echter zeer schaarsch aan de oppervlakte van den bodem der Hoofden.
- d. Bodemgesteldheid. In de raai werd deze bevonden te zijn

steenachtig en schoongespoeld. Onder dit laatste woord wordt begrepen, dat aan de oppervlakte praktisch geen zand werd aangetroffen. De oppervlakte was ruw en oneffen, terwijl zij steeds begroeid was.

e. Vitschuring der Hoofden zal vrijwel alleen door de werking der boormosselen e.d. kunnen plaats hebben. Daar de bodem grootendeels met <sup>vuur</sup> steenen is bedekt, is de werking dezer mosselen niet bijzonder groot.

f. Ter vergelijking diene, dat de Rijn jaarlijks ongeveer 1 miljoen m<sup>3</sup> zand aanvoert en  $\pm 2\frac{1}{2}$  miljoen m<sup>3</sup> slib. De sedimenten van deze rivier zijn voor ons land dus van meer belang dan die uit de Hoofden.

HOOFDSTUK III.Stroomsnelheidsmetingen.§ 11. Stroomverticalen.

Nog slechts ongeveer een eeuw geleden verkondigde men algemeen de stelling, dat het water bij den bodem veel sneller stroomde dan aan de oppervlakte. "Ieder kundige weet, dat het water bij den bodem 20 malen radder stroomt dan aan de oppervlakte".

Pas sinds men met stroommetingen is begonnen heeft men dit inzicht zeer belangrijk kunnen verbeteren.

De snelheidsmetingen, welke aan boord van de "Oceaan" plaats vinden, worden steeds op 2½ m afstand van het vaartuig verricht, omdat anders de stroomen nabij de oppervlakte niet zuiver zouden worden gemeten. Om de 2 meter diepte worden daarbij de snelheden in de geheele verticaal van het meetpunt bepaald. Het laagste punt waar de stroomen regelmatig worden gemeten is 0,15 m + den bodem.

Door de gevonden snelheden grafisch uit te zetten als functie van de hoogte boven den bodem ontstaan z.g. stroomverticalen, en de veelvuldige daarbij verkregen meetgegevens kunnen steeds opnieuw uit:

1o. dat gemiddeld de maximum stroom aan de oppervlakte wordt gevonden,

2o. dat de bodemsnelheden aanzienlijk kleiner zijn dan de oppervlaktensnelheden,

3o. dat de snelheden van boven naar beneden gemiddeld volgens een parabool van de 3e orde afnemen en dus de snelheidsgradient nabij den bodem bijzonder sterk afneemt,

de, dat hoofdzakelijk door s.g. verschillen de snelheids-verticaal abnormaal kan worden.

Andere factoren, welke abnormale stroomverticalen kunnen veroorzaken zijn een oneffen bodem, dichtbij gelegen oevers, wind e.d. In onze bovenrivieren vindt men parabolen van de 80 à 100 orde, dus stroomverticalen, waarbij het verschil tusschen de oppervlakte en de lager voorkomende stroomen aanvankelijk niet bijzonder groot is. In de benedenrivieren is de normale strooming zeer sterk gestoord door de zoutgehalte (s.g.) verschillen.

In het algemeen heeft men dus de volgende gevallen te onderscheiden:

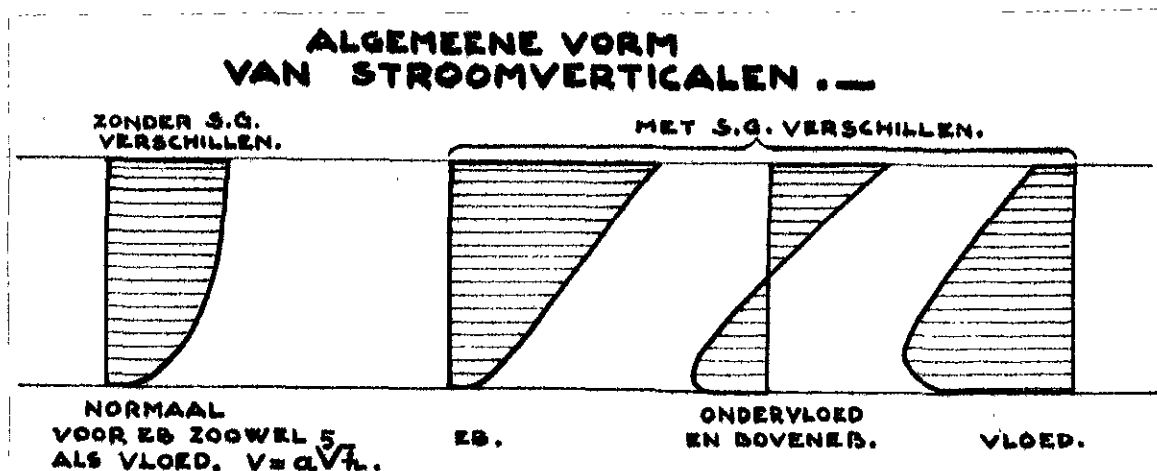


Fig.5. Voorbeelden van normale en abnormale stroomverticalen.

Reeds in 1870 kwam de ingenieur van den Rijkswaterstaat J.W.C. Stieneker op grond van zijn zeer uitvoerige onderzoekingen tot de meening, dat voor onze bovenrivieren nagenoeg steeds de maximumnelheden aan de oppervlakte werden gevonden. Slechts in enkele gevallen was dit maximum daar iets beneden en hij schreef dit toe aan onvolkomenheden van het instrument, aan stroomonrust en aan meting in de nabijheid van een steilen oever. Van veel belang is het niet of de maxima iets, d.w.z. ongeveer 1 meter, beneden het oppervlak

worden gevonden. In laboratoriumgooten en smalle rivieren schijnt dit verschijnsel zelfs regel te zijn, terwijl vele instrumenten niet voldoende zuiver werken en niet voldoende gecontroleerd worden om dit detail grondig te bestudeeren. Bij de metingen met de "Oceaan" wordt, zooals gezegd, het maximum steeds aan de oppervlakte gevonden.

In het Vlie en diens buitengulen werden in 1935/34 ongeveer 200 stroomverticalen met de "Oceaan" gemeten. De parabool, welke deze krommen benaderde was van den vorm

$$v = a \sqrt[2]{h}$$

Ongeveer dezelfde parabool wordt thans voor de Hoofden gevonden, nl.:

$$v = a \sqrt[2]{h}.$$

Ook de ingenieur van den Rijkswaterstaat ir. I. I. Kleinjan vond voor de Schelde gemiddeld een parabool van de 5e orde voor de metingen in den mond van de Westerschelde.

In de uitdrukking voor de algemeene vorm van een stroomparabool:  $v = a \sqrt[q]{h}$ , is  $v$  de snelheid op een hoogte  $h$  en  $a$  de snelheid op 1 m boven den bodem. Voorts is  $q$  de orde van de parabool, terwijl  $\frac{q}{q+1} = \sigma$ , de volheidsfactor wordt genoemd.

Blijkens de eigenschap van parabolen is  $\sigma$  de verhouding van de paraboolinhoud en de inhoud van het omvattend vierkant of ook de verhouding tusschen gemiddelde stroom en oppervlaktestroom.

Van elken meetdag werden de stroomverticalen, welke gedurende het felste gedeelte van de eb en van den vloed werden gevonden, gemiddeld. Deze laatste werden geteekend op de bijlagen 9, terwijl van elk de  $\sigma$  werd gevonden als quotiënt van het parabooloppervlak en het omschre-

van vierkant. Daarna werd de middelbare fout dezer  $\gamma$ 's bepaald, welke werd bevonden te zijn voor het Vlie 2.9% en voor de Hoofden 4.3%.

In de gemiddelde stroomverticalen, geteekend op de bevoengende bijlagen werd de parabool  $v = \sqrt{\frac{4.9}{h}}$  tevens aangegeven, zoodat men een duidelijk beeld krijgt omtrent de benadering, welke daarmede wordt bereikt. Het schijnt niet wel doenlijk de werkelijkheid met behulp van een eenvoudige formule beter te benaderen.

Op grond van ongeveer 500 gemeten verticalen in zee en in onze neegaten (zonder s.g.verschillen) zou dus mogelijk tot de algemeene conclusies mogen worden gekomen:

Voor normale omstandigheden bezitten, zoowel bij eb als bij vloed de geti stroomen in zee en in de neegaten (zonder s.g.verschillen) stroomverticalen, welke goed benaderd worden door de formule

$$v = a \sqrt{\frac{5}{h}}$$

Deze conclusie is van veel beteekenis omdat men vaak te doen heeft met seriemetingen op één enkel punt. Met behulp dezer formule kan men dan de stroomen in de geheele verticaal, dus ook de bodenstroomen en gemiddelde stroomen leeren kennen.

Onze waarnemingen zijn in strijd met een opvatting, die men nog wel in het buitenland aantreft, nl. dat in de Hoofden of Vin zee, de bodenstroomen even sterk zouden zijn als <sup>in het algemeen</sup> aan de oppervlakte. Dit berust op een oude bewering, welke door de Fransche Ingenieurs der Hydrografie Gaussin en Floix (vooral door de laatste) naar voren werd gebracht. De eerstgenoemde ingenieur verrichtte nl. in 1855 stroommetingen nabij Boulogne, waarbij hij gebruik maakte van twee flesschen,



verbonden door een touw van 15 m lengte. De eene flesch dreef aan de oppervlakte, de andere, welke zwaarder was, op 15 m diepte. Gaussin vond daarbij een kleine vermindering van de snelheid van de flesschen t.o.v. de oppervlakte snelheid. Aldus kwam hij tot de conclusie, dat de stroom als een "courant de masse" moest worden beschouwd, waarmede hij waarschijnlijk bedoelde, dat de stroom als "normaal" moest worden opgevat.

Zijn opvolger Mimond Floix, die in 1875 met behulp van waarschijnlijk soortgelijke primitieve instrumenten de metingen herhaalde kwam tot de conclusie: "ainsi nous pouvons considérer, comme M. Gaussin, le courant qui passe devant Boulogne comme un courant de masse, en ce sens qu'en un point donné sur toute la hauteur de la tranche verticale la vitesse est à peu près la même." <sup>x)</sup> Hij gaat dus verder in zijn bewering dan Gaussin, die waarnam, dat de twee samengekoppelde flesschen een weinig minder snelheid verkregen dan de oppervlaktestroom. Gezien de gebrekkige methode, volgens welke de snelheden werden gemeten en de geringe diepte van 15 m welke werd aangehouden, bezitten de uitspraken van Gaussin en Floix natuurlijk weinig waarde. Floix, die zelfs een kleine toename der snelheid met de diepte meende te constateeren, zal mogelijk geen rekening gehouden hebben met invloed van den wind op den oppervlaktedrijver of met andere factoren. Uit ervaring is b.v. bekend hoe moeilijk het is oppervlaktesnellingen zuiver te meten met behulp van drijvers.

In 1890 was de ingenieur Rénaud belast met het ont-

x) Floix: Recherches hydrographiques sur le régime des côtes, 7e cahier, 1876, blz. 38).

werpen van een plan voor een brug tusschen Frankrijk en Engeland, <sup>x)</sup> waarbij hij eveneens tot de gelijke opvatting kwam onder "courant de masse" waarbij de stroomen "sont les mêmes au fond qu'à la surface en vitesse et en direction". Elders, nl. in "Compte rendu des séances de la société de géographie" 1891, blz.122 beweert hij "la masse entière de l'eau, du fond à la surface se dirige alternativement suivant les dénivellations produites par la marée". "Il n'y a pas comme à Gibraltar un contre courant inférieur".

Maar Rénaud blijktbaar den nadruk op wilde leggen was dat de stroomverdeeling "normaal" was en niet abnormaal gelijk bij Gibraltar (tengevolge van e.g.verschillen). De verklaring betreffende de constante grootte der snelheden over de geheele verticaal zal men als meer bijkomstig beschouwen en als een gevolg van het niet voldoende inzicht in wat men onder "normaal" had te verstaan. Hoe hij tot de vermelde opvatting is gekomen verseldt Rénaud niet. Kerst in 1884 werd door de Fransche hydrographie een behoorlijke poging aangewend zeestroomen te meten op grotere diepte, zoodat aangenomen mag worden, dat de oudere Fransche metingen van stroomen op grotere diepten weinig betrouwbaar zijn.

De in 1880-1882 plaats gehad hebbende onderzoekingen van de stroomen in de Noordzee door H. Berneslet Moens en R.P.J. Tutsin Nolthenius resp. marineofficier en ingenieur van den Rijkswaterstaat, die als eersten zullen mogen worden beschouwd op het gebied van exacte metingen van zeestroomen nabij den bodem, steken wat dit betreft zeer gunstig af bij de oude Fransche waarnemingen <sup>+) .</sup> Reeds door hen werd een getal van  $\gamma = 0,8$  gevonden voor de verhouding

x) Rénaud: Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences, Paris 1891, blz. 898.

+) Zie: Verlag over de waarnemingen in de Noordzee omtrent de stroomen lange de Ned.kust.

gemiddelde stroom : oppervlaktestroom. Dit bedrag is voor een 50 graads parabool  $\gamma = 0.838$ , zoodat het verschil tus-  
schen onze metingen en die van 1880-82 slechts gering is.

Speciale aandacht kan nog worden gevestigd op de para-  
bool van de 6e en 9e orde voor het meetpunt op de Varne.  
De daar gemeten stroomverticalen vertoonen n.l. veel over-  
eenkomst met die in onze groote rivieren. Mogelijk is dit  
een gevolg van de groote turbulentie, welke op de Varne be-  
staat tengevolge van de zeer ongelijke oppervlakte (beden-  
golven van vele meters hoogte).

De verklaring der stroomparabolen kan als volgt worden  
gedacht. Leunend over de reeling van een bewegend schip  
niet men het water nabij den scheepswand meegesleurd worden,  
waarbij de laag, die onmiddellijk in contact is met de  
scheepshuid geheel wordt meegesleurd, de laag, die zich op  
10 cm afstand bevindt met een kleinere snelheid; een laag  
die nog verder verwijderd is met nog kleinere, enz.

Denkt men zich nu het schip voor anker liggend en het  
water bewegend, dan maakt dit relatief geen verschil; de snel-  
heidsgradient nabij de scheepswanden blijven ongeveer para-  
bolisch verlopen.  
x)

Zoo kan men zich ook den bodem van een kanaal voorstellen  
als bewegend en het water als stillstaande. Per seconde ver-  
plaatst deze bodem zich over AB, zoodat de relatieve snel-

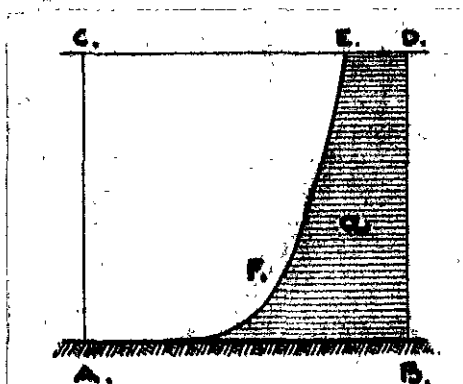


FIG. 6 AFREMMENDE  
WERKING VAN DEN BODEM.

heid van het water t.o.v. den bodem  
door den vierhoek ABCD is voor te  
stellen. Nadat zekeren tijd is ver-  
loopen heeft de bodem het water mee-

x) Messung der Wassergeschwindigkeiten  
neben dem Schiffswand. Werft, Reede-  
rei, Hafen, Heft 17, 1926.

gesleurd en het is duidelijk, dat de meetleuring van de hoogere waterlagen in belangrijk mindere mate zal zijn geschied dan bij de lagere. Het oppervlak a tusschen de oorspronkelijken begintoestand en de uiteindelijke relatieve snelheidsoppervlakte, is dus verdwenen door wrijving. Anders gezegd: de afremmende werking van den bodem is het sterkst bij den bodem en het zwakst zoover mogelijk van den bodem.

Daar in turbulente rivieren men steile parabolen worden aangetroffen, kan men tot de plausible conclusie komen, dat groote turbulentie de afremmende werking gemakkelijker naar de hoogere lagen kan doen voortplanten dan geringe turbulentie. Mogelijk speelt hierbij de breedte van rivieren mede een rol, terwijl ook de viscositeit van het water van belang zal zijn.

#### § 12. Verband stroomsnelheden en materiaaltransport.

Over deze quaestie is reeds zeer veel geschreven, doch nog weinig onderzocht. Wel werden in laboratoria verschillende onderzoekingen verricht, doch hierbij is natuurlijk steeds de vraag in hoeverre de daarbij gevonden uitkomsten in de natuur kunnen worden overgeplant.

Daar Waterstaat, voor zoover bekend, de eerste is die hieromtrent uitgebreide onderzoekingen in de stroomen zelf verricht, is het van belang hierop dieper in te gaan en eenige der daarbij gevonden uitkomsten te vermelden.

Gewoonlijk wordt de invloed van stroomen op den bodem sterk overdreven voorgesteld, terwijl de algemeene fout wordt gemaakt, dat men gemiddelde of oppervlaktestroomen betreft op de bodemaantasting in plaats van de bodemstroomen.

Trenthofel neemt in zijn standaardwerk "Treatise on Se-

finementation" 1938 (waarbij een opgave van niet minder dan 1179 stuks literatuur) en staat op, welke echter niet voor zijn materiaal geldt. Steentjes ter grootte van een boon zouden bij bodemsnelheden van 0,90 m/sec. gaan bewegen. Op welke hoogte men deze snelheid boven den bodem moet denken wordt niet vermeld, evenmin als de beantwoording der vraag of dit cijfer berust op laboratoriumonderzoek of op een onderzoek in de natuur.

Prof. Meyer-Peter uit Zürich<sup>x)</sup> neemt grenssnelheden aan van 0,65 m/sec. voor zand van 100  $\mu$  en 1,50 m/sec. voor zand van 1000  $\mu$ . Ook hier ontbreekt de hoogte van de snelheid boven den bodem, terwijl het waarschijnlijk is, dat de cijfers uit een laboratoriumonderzoek zijn afgeleid.

Dangeard haalt Delesse aan<sup>†)</sup>, die beweert, dat voor rivieren een stroom van 0,70 m/sec. noodig is om rolstenen (galets) van 5 cm middellijn te verplaatsen en dat een stroom van 1,20 m/sec. hoekige steenen van vele centimeters grootte zou kunnen bewegen. Vergelijkt men deze cijfers met die van Twenhofel en Meyer Peter, dan valt een buitengewoon groot verschil op te merken. Bij eenzelfde snelheid van ongeveer 0,70 m/sec. zouden volgens Twenhofel steentjes bewegen ter grootte van  $\pm 3$  mm (bij 0,90 m/sec. een beongrootte) volgens Meyer Peter zand van ongeveer 180 micron (0,18 mm) en volgens Delesse steenen van 3 cm (30 mm).

Met ontbreken van opgaven van de hoogte boven den bodem is een der redenen, welke als verklaring voor deze uiteenlopende cijfers kan worden gebruikt. Delesse zal waarschijnlijk geen bodemstromen hebben gemeten en mogelijk in een ondiepe, schietende rivier zijn waarnemingen hebben verricht.

x) Meyer-Peter, Publ. Waterb. Lab. te Zürich Nr. 31, 1932.  
†) Delesse, Lithologie des mers de France, 1871.

Het spreekt vanzelf, dat in een bergrivier met een onregelmatige rolfsteenbodem, en dus een buitengewoon turbulente afstroming van het water, het materiaaltransport anders moet zijn dan in een rustig stroomende rivier.

Telford<sup>x)</sup> geeft o.a. voor "zand" een grenssnelheid van 0.308  $\frac{\text{cm}}{\text{sec.}}$ , doch vermeldt niet welke korrelgrootte dit zand heeft, noch op welke hoogte boven den bodem de snelheid gedaacht moet worden. Voor "grind" geeft hij 0.609  $\frac{\text{cm}}{\text{sec.}}$  als grenssnelheid. Ook hiervoor ontbreken de maten.

Een veel gebruikte formule is die van Gilbert:

$$D = \frac{0.0042}{g-1} v_m \times 2.7$$

waarin D de diameter van het bewegend materiaal in voeten is, g het soortelijk gewicht en  $v_m$  de gemiddelde snelheid per sec. is.

Borley die in zijn door het Department of Fisheries and Agriculture uitgegeven werk "Marine deposits of the Southern North Sea" (1923) hiervan gebruik maakt komt daarbij tot grenssnelheden van 13.7  $\frac{\text{cm}}{\text{sec.}}$  voor zand van 100 à 500 micron en 25  $\frac{\text{cm}}{\text{sec.}}$  voor zand van 500 à 1000 micron. Dit zijn n.b. gemiddelde snelheden, waarbij dus hoogste snelheden behoeven, die zoo minem klein zijn, dat zij praktisch elke stootkracht missen.

De metingen met de "Oceaan" en met de andere Rijkvaartuigen geven natuurlijk een goed inzicht in hetgeen stroomen wel of niet kunnen verrichten. Reeds in Hoofdstuk I werd melding gemaakt van het geringe zandafvoerend vermogen van de Nieuwe Merwede, waarbij zand van  $\pm$  500 micron niet door gemiddelde stroomen van maximaal  $\pm$  1  $\frac{\text{m}}{\text{sec.}}$  te verplaatsen bleek en dit geeft een houvast voor te overdragen voor-

x)Eie de Moy, Etude sur le régime de la côte de Belgique 1895, blz. 64.

stellingen.

In het hieronder volgend staatje, worden in de 1e kolom de gemiddelde korrelgrootten van den bodem in verschillende meetpunten van het Vlie aangegeven, terwijl in de 2e kolom de snelheid op 0.15 m boven den bodem wordt gegeven, waarbij het betrekkelijk kleine bedrag van 2 cm<sup>3</sup> zandgehalte per 10 liter water werd bereikt in een monster, genomen in de laag van 5 tot 15 cm boven den bodem:

gem.korrelgrootte	snelheid op 0.15 m +
316 micron	1.05 m/sec.
340 "	0.75 "
332 "	0.45 à 0.65 "
265 "	± 0.65 "
252 "	± 0.60 "
243 "	0.50 "
220 "	0.44 "
192 "	0.44 "
176 "	0.44 "
165 "	0.50 "
149 "	0.50 "

Hieruit volgt dus, dat een stroom van ongeveer 1 m/sec. (op 15 cm boven den bodem) zand van  $\frac{1}{4}$  mm middellijn aanrig-  
ging in beweging kan brengen, terwijl een stroom van 0.75 m/sec. <sup>o</sup>dezelfde hoogte zand van ongeveer  $\frac{1}{3}$  mm middellijn in dezelfde mate kan bewegen. Voorts kan een stroom van 0.50 m/sec. op dezelfde hoogte boven den bodem zand van ongeveer  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{3}$  mm middellijn bewegen.

Er doen zich blijkens de staat echter vrij sterke onregelmatigheden voor. Zand van een gemiddelde korrelgrootte van 200 micron zou op de eene plaats in dezelfde mate worden opgewerveld bij een stroom van ± 0.44 m/sec.,





en voorloopig nog niet veel verder te gaan dan het trekken van voor bepaalde gebieden opgaande conclusies.

Een algemeene conclusie, welke reeds getrokken kan worden is, dat de grafiek, aangevende het verband tusschen bodemstroom en zandgehalte door een parabool van de 3e à 5e orde benaderd kan worden. Dit wil dus zeggen, dat het zandgehalte op een bepaalde hoogte in het water naar verhouding sterker toeneemt dan den bodemstroom. Het zandtransport is tenslotte weder een functie van den stroom, zoodat dit in nog sterkere mate toeneemt wanneer groote bodemstromen voorkomen.

In dit verband kunnen hier nog eenige cijfers worden genoemd aangaande de verdeling van het zandgehalte in een verticaal. Voor de metingen in het nauwste gedeelte van den Vliestroom verhiel den de zandgehalten, gemeten op 0.10, 0.30, 0.50 en 0.70 m boven den bodem, zich gemiddeld als 100 : 54 : 35 : 25.

Ook dit is <sup>zeer sterk</sup> natuurlijk/afhankelijk van plaatselijke omstandigheden en het moet <sup>volkomen on</sup> niet ~~toelaatbaar~~ worden geacht daaruit de algemeene conclusie te trekken, dat deze verhouding steeds en overal zal worden aangetroffen.

Wat er onmiddellijk op den bodem gebeurt is moeilijk te constateeren. Gewoonlijk wordt door ons in de laag van 0 tot 0.10 m boven den bodem niet gemeten. Evenwel werden teek steekproeven verricht, waarbij het zandtransport onmiddellijk boven den bodem kon worden gemeten. Dergelijke metingen toonden aan, dat de zandverticaal verlengd behoort te worden ongeveer op de wijze zoals

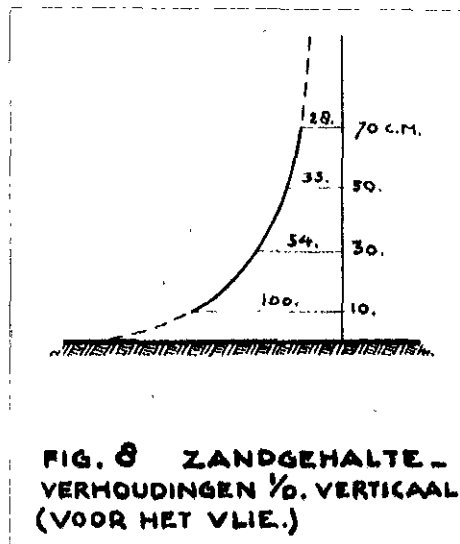


FIG. 8 ZANDGEHALTE -  
VERHOUDINGEN  $\%$  VERTICAAL  
(VOOR HET VLIE.)

bijgaande schets aangeeft.  
In het laboratorium te  
Delft worden dienaangaande  
verder proeven verricht.

In het algemeen kan  
men zeggen:

10. zand van  $\pm 500$   $\mu$  begint  
te rollen bij een stroom  
van  $\pm 900$  à  $0.50$  m/sec.  
(gemeten op  $0.15$  m +). Deze  
snelheid is afhankelijk

van den bodenvorm;

20. zand van  $\pm 500$   $\mu$  geeft bij een snelheid van  $\pm 1$  m/sec.  
( $0.15$  m + bodem) op  $0.10$  m + bodem een zandgehalte van onge-  
veer 2 cc per 10 liter);

30. het verband tusschen de bodemsnelheid ( $0.15$  m +) en de  
zandgehalten is parabolisch ( $\pm 20$  à  $50$  orde);

40. het zandgehalte neemt af met de hoogte boven den bodem  
en is gewoonlijk op  $\frac{1}{2}$  m + bodem <sup>reeds</sup> nog alreeds zeer gering;

50. de korrelgrootte van het zwevend zand neemt eveneens  
af met de hoogte en is op  $0.10$  m + bodem reeds gewoonlijk  
 $0-50$   $\mu$  kleiner dan het zand van den bodem zelf. Bij grover  
bodensand komen aanzienlijk grotere verschillen voor.

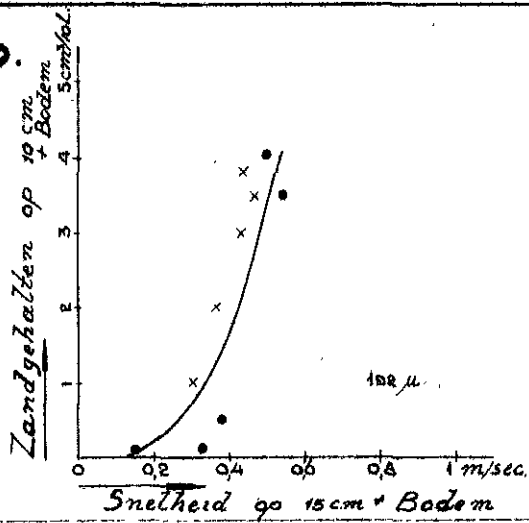
Herhaald worde, dat de bovengenoemde cijfers niet  
exact zijn, doch slechts ruw gemiddelden.

Fig. 9 geeft eenige voorbeelden van grafieken aangeven-  
de het verband tusschen stroomsnelheid en zandgehalte.

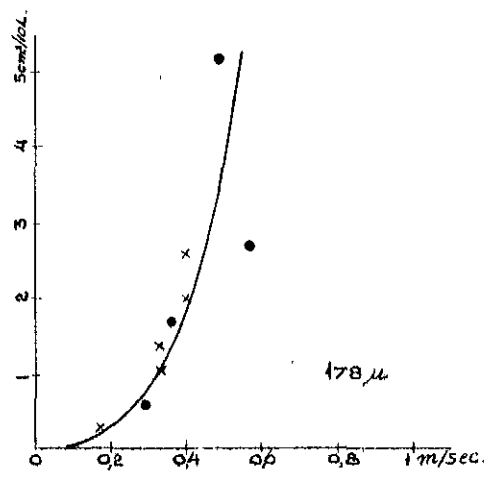
### § 13. Bepaling reductiefactor.

De veranderingen van het verticaal getij in de Hoofden  
zijn bekend door de registreerende getijmeters te Dover,

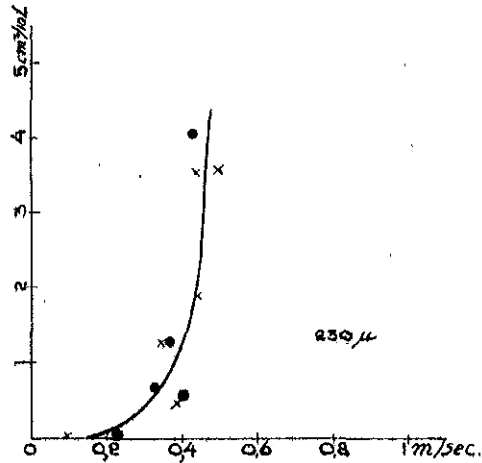
PUNT. Q.



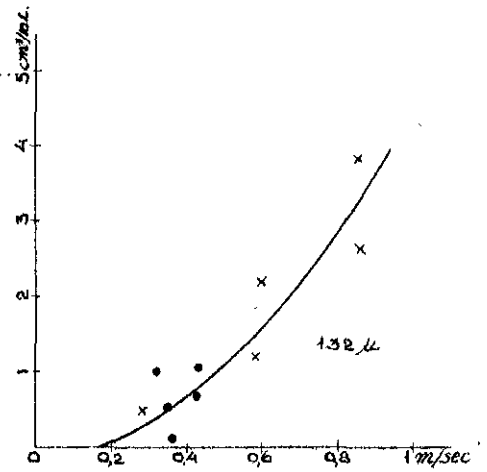
PUNT. P.



PUNT. Q.

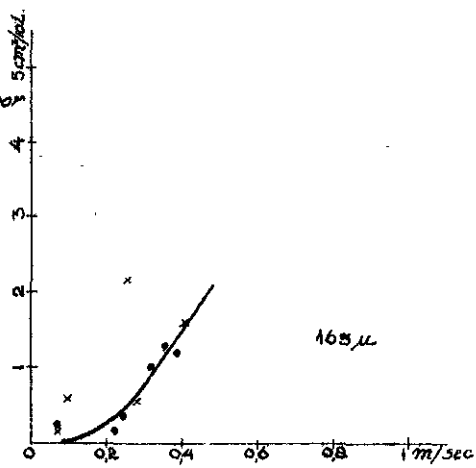


PUNT. T.



PUNT. C.

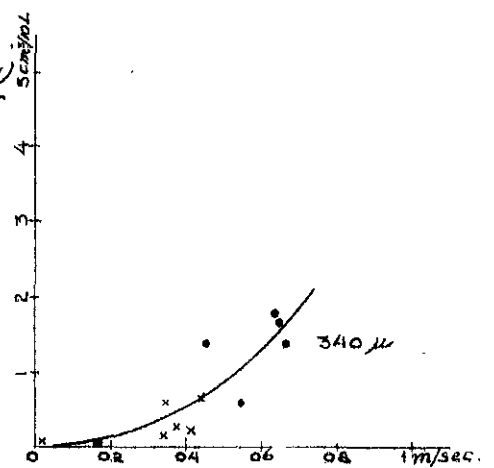
Gemiddeld voor 2 metingen



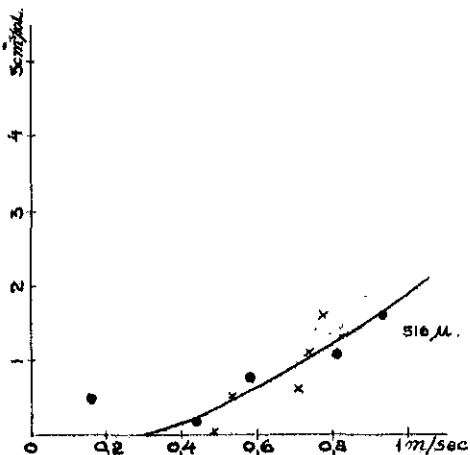
PUNT. Q.

(Raat III)

Gemiddeld voor 3 metingen



PUNT. VL<sub>2</sub>



### ZEEGAT VAN HET VLIE.

VERBAND TUSSEHEN DE SNELHEID OP 0.15 M+ BODEM EN HET ZAND, GEHALTE OP 0.10 M+ BODEM. . .

- x EB
- VLOED

Boulogne en Calais. Noemt men het normale (gemiddelde) getijverschil = 100, dan kunnen de uiterste spring- en doode tijden worden aangegeven door de getallen 140 en 60. Met andere woorden: het verschil tusschen de giertijden en de doode tijden is hier zeer groot.

De veranderingen van het horizontaal getijzijn voor het lichtschip Varne bekend sinds 1920, dank zij de continue metingen, welke aldaar geschieden onder leiding van Dr. J.W. Carruthers. Tijdens doode tijden is er belangrijk minder stroom dan tijdens giertij, zelfs in die mate, dat indien de gemiddelde stroom = 100 wordt gesteld de uiterste gierstromen kunnen worden voorgesteld door  $\pm 150$  en de uiterste doode stroom door  $\pm 50$ .

Tensinde het verband, dat tusschen de stroomen en het verticaal getij moet bestaan op te sporen, werden op een grafiek (bijlage 10a) de getijrijzingen te Dover in verticale richting en de stroomen (eb + vloed) bij de Varne (10 m - oppervlak) in horizontalen zin uitgezet. Gewoonlijk zijn dit gemiddelden van 5 x 25 uren.

Aldus ontstond een "wolk" van punten, waardoor een lijn kon worden getrokken, welke het gezocht verband aangeeft. Er volgt uit dat de stroomen zich iets meer dan het verticaal getij wijzigen en dat sommige der punten op de grafiek vrij ver buiten de lijn vallen. Dit laatste wordt, zooals kan worden nagegaan, veroorzaakt door wind- en atmosferische invloeden.

Aangenomen wordt, dat de stroomen in de Kooften overal in gelijke mate veranderen <sup>zoo</sup> als bij de Varne het geval is.

Op bijlage 10<sup>b</sup> werd het verband gegeven tusschen de afzonderlijke eb- en vloedstromen en het verticaal getij te Dover.

Zocals te verwachten is, zijn de krommen voor eb en vloed verschillend. Men vindt:

verticaal getij	Vloedstroom in de Hoofden	ebstroom in de Hoofden
140	145	155
100	100	100 (gemiddelden)
60	55	47

Ook thans zijn de verhoudingen als rechtlijnig te beschouwen. De ebstroom varieert <sup>du</sup> meer dan de vloedstroom, d.w.g. tijdens springtij is de ebstroom t.o.v. de vloedstroom sterker dan tijdens doottij.

De spreiding der punten is bij de beschouwing der afzonderlijke vloed- en ebstroomen groter dan bij de totale vermogens (eb- + vloedstroom). Die, welke zich tijdens onze metingen heeft voorgedaan is bekend en is natuurlijk lang niet zoo groot als op de, voor een zeer lange periode met winterexcessen, geldende bijlage 10<sup>b</sup>.

Opgemerkt moet nog worden, dat uit een grafische voorstelling der meetcijfers na 1928 volgt, dat deze laatste ongeveer 10% meer stroom geven ten opzichte van het verticaal getij te Dover dan de op bijlagen 10<sup>a</sup> en 10<sup>b</sup> vermelde. Dit moet worden toegeschreven aan het onnauwkeurig loopen van het meetinstrument vóór 1928, omdat het thans goed loopt. (zie § 19). De cijfers van Carruthers "Varne I" en ook die der bijlagen 10<sup>a</sup>, 10<sup>b</sup> en 18 moeten dus alle met 10% worden vermeerderd. Aan de hierboven genoemde reductiecijfers verandert dit niets.

Het verticaal getij te Dover werd voor de grafieken 10<sup>a</sup> en 10<sup>b</sup> bepaald uit de getijtafels, nadat gebleken was dat deze de werkelijkheid zeer dicht benaderden.

De reden waarom de voorspellingen hier zoo goed overeenstemmen met de werkelijkheid, moet gezocht worden in de betrekkelijke afwezigheid van ondiepten. Een opwaaiing blijft in deze streken steeds beneden het bedrag van 1.80 m, zoodat de kaden van nieuw aangeonnen land ook geen grootere hoogte bezitten - althans indien zij gevrijwaard zijn voor dengelfslag. Dit is in ons land, waar de stormen de gemiddelde zeestand 3 à 5 meter kunnen doen verhoogen, geheel anders. De peilschaalkrommen in de buurt der Hoofden bezitten hierdoor ten opzichte van de onze een buitengewoon groote regelmatigheid.

#### § 14. De twaalfuren kaarten.

Gelijk te doen gebruikelijk is zullen ook voor de Hoofden de n.g. twaalfuren kaarten worden geteekend (zie de bijlagen 11<sup>a</sup> v/m 11<sup>i</sup>). De gegevens hiervoor worden gevonden in de staten van bijlage 4. Slechts de normale getijden zullen worden geteekend. Indien men de stroomen bij afwijkende getijden wil kennen moet de reductietabel worden gebruikt, welke op den omslag van bijlage 10<sup>a-b</sup> is vermeld.

In tegenstelling met onze neegaten is de stroomverdeling hier zeer eenvouwig.

H.W. Dovezi De vloed trekt overal krachtig naar het Noordoosten, d.w.z. in de reede van Duins (123) in de geul tusschen Goodwin (Oud Ned.: de Goejing) en Falls (53), in de geul tusschen Falls en Sandettie (Oud Ned.: het Klif) (59), in die tusschen Sandettie en Puijtingen (59), in die

tusschen Ruijtingen en Westdijk (99) en nabij de Fransche kust (118 en 96).

De hier gegeven cijfers stellen tot normaal getij gereduceerde stroomen voor in cm/sec., welke als gemiddelden over de geheele verticaal zijn te beschouwen. De tot normaal getij herleide oppervlaktestroomen werden met groene cijfers aangegeven, de bodenstroomen met zwarte.

In de Hoofden zelf heerschen stroomen van  $\pm$  70 à 100 cm/sec. (gemiddelden der verticaal).

De krachtigste stroomen worden op dit oogenblik gevonden onder de Fransche kust en op de reede van Duins; de zwakste <sup>b</sup> nabij de Falls, Sandettie en Ruijtingen. De stroom op de Varne kan zich als gevolg der groote wrijving en geringe diepte, niet sterk ontwikkelen.

I. MIDDAG NA H. E. DOVER: De vloedstroom heeft thans zijn <sup>bijna overal</sup> maximum bereikt. Hij trekt in de hierboven genoemde geulen binnen met de volgende gemiddelde snelheden:

Reede van Duins: 121 cm/sec.

Tusschen Goodwin en Falle : 90 cm/sec.

" Falls en Sandettie : 92 "

" Sandettie en Ruijtingen : 102 "

" Ruijtingen en Westdijk : 97 "

Bij de Fransche kust : 118 en 90 "

In de Hoofden zelf komen thans gemiddelde stroomen voor van  $\pm$  100 à 130 cm/sec.

De stroomlijnen ter weerszijden van de Falls loopen een weinig meer noordelijk dan een uur geleden.

II. MIDDAG NA H. E. AFNEMENDE VLOEDSTROOM IN DE HOOFDEN en in de geulen bevinden Sandettie. Toegenomen stroomen in de geulen ter weerszijden van de Falls, die thans hun maxima

hebben bereikt, met stroomlijnen welke nog meer naar het noorden loopen dan tevoren.

Overigens is er weinig verandering in de algemeene richting.

3 maanuren na H.W. Vrijwel als/voren, doch een algemeene stroomvermindering. De krachtigste stroom<sup>komen</sup> evenals een uur geleden nog ter weerszijden van de Falls voor.

Aan de Fransche kust is tusschen Gris Nez en Blanc Nez de kentering reeds ingetreden.

4 maanuren na H.W. De kentering onder de Fransche kust heeft zich een weinig verder zeewaarts verplaatst, zoodat onder Gris Nez reeds eb gaat. Ook loopt er een weinig eb bij Zuid Voorland. Het laatste gedeelte den vloed stroomt in noordelijke richting rond Goodwin.

5 maanuren na H.W.: De kenteringslijn heeft zich verder in noordoostelijke richting verplaatst en ligt nu over Goodwin en Buiten Ruijtingen. Ten zuidwesten van deze lijn heerscht een eb, welke het krachtigst is bij Gris Nez en Zuid Voorland. Ten noorden van de kenteringslijn trekt het laatste restje <sup>van</sup> den vloed verder naar het noorden.

6 maanuren na H.W. (ongeveer laagwater). De vloedstroom is thans uit het beschouwde gebied verdwenen. In plaats daarvan heerscht in de Hoofden een ebstroom, waar <sup>van de</sup> stroomlijnen hoofdzakelijk uit de richting van de Vlaamsche banken komen. Het noordelijkst deel van het water deser banken trekt dwars over Sandette en Falls westwaarts en splitst zich ongeveer bij de Goodwin. Slechts de punten A, B en C liggen in het gebied van het water uit de Reede van Duins.

7 maanuren na H.W. De toestrooming van het ebwater naar de Hoofden is meer alzijdig geworden. In de Hoofden zelf heerschen gemiddelde stroomen van  $\pm 80$  à  $130$  cm/sec. (max.



145 cm/sec. bij Gris Nez als uitzonderingsgeval).

8 manuren na H.W. De toestrooming geschiedt thans meer uit het Noorden. In de Noordzeegoulen heerschen de volgende gemiddelde stroomen:

Reeds van Duine	: 83 cm/sec.
Tusschen Goodwin en Falls	: 105 "
" Falls en Sandettie	: 95 "
" Sandettie en Ruijtingen	: 88 "
" Ruijtingen en Westdijk	: 89 "

Nabij Fransche kust 124 (ebgeul) en 46 (vloedgeul) cm/sec.

9 manuren na H.W. Ter weerszijden van de Falls zijn de stroomsnelheden nog toegenomen, overigens nemen zij in het algemeen af.

10 manuren na H.W. De kentering van eb op vloed is langs de kusten ingetreden, terwijl het centrale deel nog volgens de eb stroomt.

11 manuren na H.W. De kenteringszone is reeds nagenoeg van de kaart verdwenen. De nieuwe vloed uit de Hoofden splitst zich bij de zuidwestpunten van Falls en Sandettie in een zwakke noordelijk gerichte en in een krachtiger oostelijk gerichte stroom.

#### Opmerkingen.

Uit het voorgaande volgt:

- 1o. De stroomsinusoiden in de Hoofden is  $\pm$  1 uur verschoven t.o.v. de getijkromme der Hoofden (Dover).
- 2o. De stroomsinusoiden voor de goulen ter weerszijden van de Falls is t.o.v. den stroom in de Hoofden weder ongeveer 1 uur ten achter.

Meer exact zijn de tijden der maximum stroomen t.o.v. de tijden <sup>van</sup> H.W. en L.W. te Dover aangegeven op bijlagen 18a en 18b.

Ten tijde van H.W.Dover (zie tijdlijn 0 op bijlage 12<sup>a</sup>) heerscht reeds bij Gris Nez de max.vloedstroom. Halfweg Gris-Nez-Dover worden deze maxima  $1\frac{1}{2}$  uur later aangetroffen, terwijl bij Oost Goodwin de max.vloedstroom eerst  $1\frac{1}{2}$  uur later optreedt. De maxima verplaatsen zich dus ongeveer volgens de as van de diepe goul van zuid naar noord.

Kenmerkend beeld vertoonen de tijdlijnen der maximum ebstroommen (bijlage 12<sup>b</sup>). Ook deze bereiken in het zuiden der diepe goul een vroeg maximum (bij Boulogne ongeveer 1 uur na L.W.Dover). Halfweg beide kusten  $\pm 1\frac{1}{2}$  u. na L.W.Dover en bij Oost Goodwin  $\pm 2$  u. na L.W.Dover.

In de zeeënge zelf loopen de tijden der maximum vloedstroommen dus van - 30 tot + 90 minuten (t.o.v. tijdstip van H.W. te Dover), die der maximum ebstroommen van - 14 tot + 90 minuten uiteen (t.o.v. tijdstip van L.W.Dover). Hiervan kan de navigatie een goed gebruik maken.

30. De kenteringen vertoonen ongeveer hetzelfde beeld als de maximumstroommen (zie bijlagen 13<sup>a</sup> en 13<sup>b</sup>). Vooral de eerstgenoemde bijlage toont aan welke belangrijke tijfverschillen in de raai Gris Nez-Dover worden aangetroffen. De kenteringslijn van vloed op eb beweegt zich in 2 uur tijd van Gris Nez tot Oost-Goodwin, die van eb op vloed (bijlage 13<sup>b</sup>) in ongeveer  $1\frac{1}{2}$  uur. De eerstgenoemde kentering beweegt zich bij Gris Nez uiterst langzaam in noordelijke richting van  $2^{\text{u}}20'$  tot  $4^{\text{u}}$  na H.W.Dover. Daarna is de beweging sneller.

Onderstaande tekstfiguur geeft een samenvatting van de bijlagen 12<sup>a</sup>, 12<sup>b</sup>, 13<sup>a</sup> en 13<sup>b</sup>. Het geeft dus niet de details, doch meer de groote lijn van de voortplanting van het horizontaal getij. D.w.z. de kromme, welke het horizontaal getij voorstelt, wordt sinuöidaal gedacht, terwijl van een algemeen phaasverschil wordt gesproken tusschen het horizontaal getij en het verticaal getij

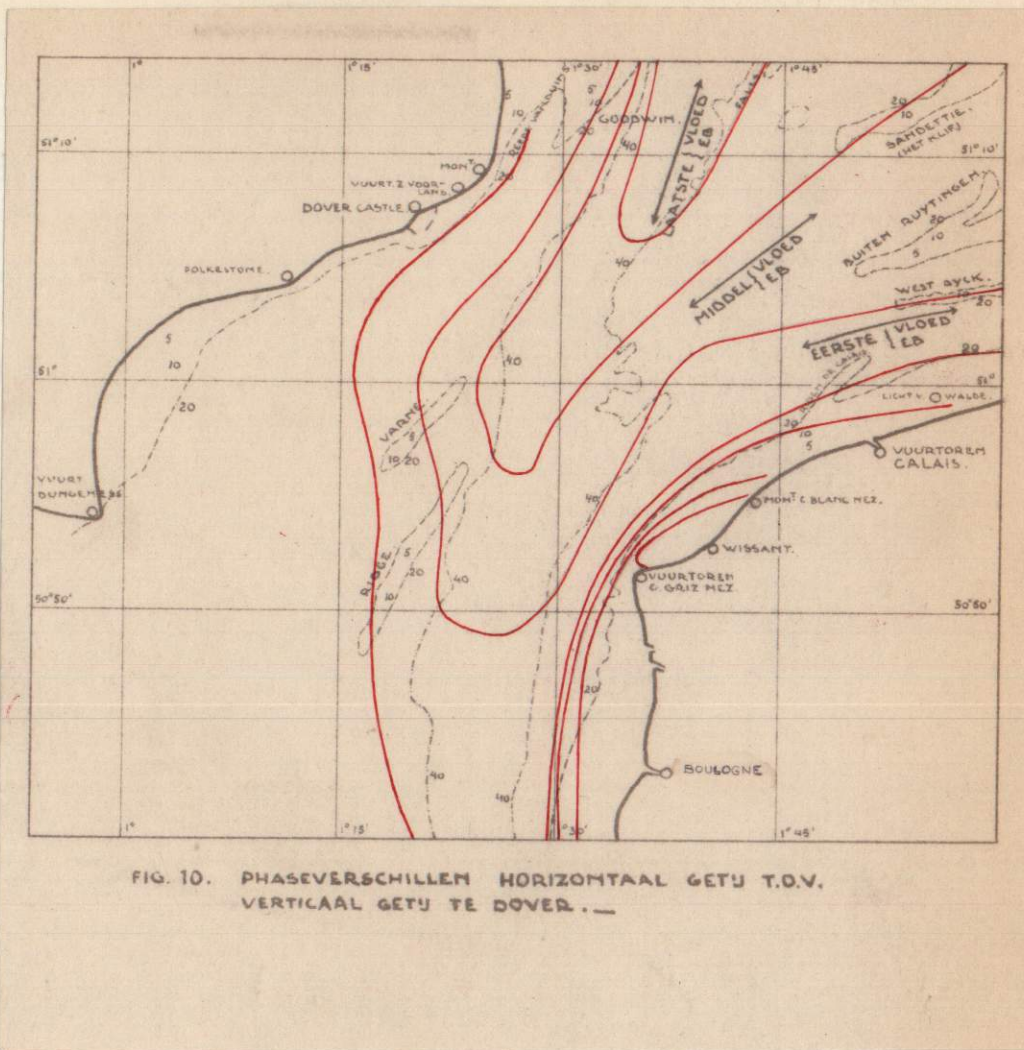


FIG. 10. PHASEVERSCHILLEN HORIZONTAAL GETIJ T.O.V. VERTICAAL GETIJ TE DOVER.

te Dover. De naifling van het horizontaal getij voor de verschillende plaatsen der Hoofden wordt dan in fig.10 aangegeven. De tijdlijnen werden, evenals op de bijlagen 12<sup>a</sup>, 12<sup>b</sup>, 13<sup>a</sup> en 13<sup>b</sup> weder om de 20 minuten getrokken. Door gebruik te maken van deze gegevens kan men de vaart van een schip aanzienlijk bespoedigen.

40. Het eerste deel den vloed gaat voornamelijk <sup>van</sup> in de richting van de Vlaamsche banken, terwijl het middendeel recht de Noordzee in gaat en het laatste gedeelte meer naar de Engelsche zijde van de Noordzee trekt. Het eerste deel der eb komt

komt weder voornamelijk uit de richting van de Vlaamsche banken, het middendeel der eb komt alzijdig toegestroomd en het laatste deel hoofdzakelijk uit het Noorden (zie fig.10).

5c. De tijden gedurende welke de eb en de vloed in de raai stroomen, zijn, indien deze over de volle breedte als één geheel worden beschouwd, nagenoeg even lang (6 uur 12 min.).

6c. De richtingen der stroomen kunnen nabij de kenteringen wel eens onderling te sterk uiteenloopen om in hetzelfde stroombeeld te passen. Dit verschil in richtingen hangt natuurlijk af van de bijzondere omstandigheden waarbij op een meetdag werd gemeten.

7c. Ter bepaling van het verticaal getij werden een tweetal "De Vries-meters" (zie bijlage 27) gelegd nabij het meetpunt O op de Varne (juiste plaats  $1^{\circ}21,2'$  O.L. en  $59^{\circ}59,0'$  N.B.). De meting had continu plaats tusschen 13 Juni en 29 Juni 1934 en tusschen 17 Juli en 3 Augustus d.a.v. De twee registreerende meters dienden voor onderlinge controle (zie bijlage 1).

Eenzelfde stel werd gelegd van 13 Juni - 2 Juli, van 2 Juli - 16 Juli en van 20 Juli - 4 Augustus 1934 nabij Kaap Gris Nez (juiste plaats  $1^{\circ}35,2'$  O.L. en  $50^{\circ}52,7'$  N.B.).

Er bleek uit de verkregen waarnemingen, dat de tijdlijnen van het verticaal getij met hun top naar het zuidwesten gericht zijn en dat dus de door het Tidal Institute te Liverpool vermoede vormen dezer lijnen <sup>x)</sup> beter zijn dan die der Deutsche Seewarte. Deze laatste instelling teekent nl. de top der tijdlijnen steeds in de richting der voortplanting, dus met de top naar het noordoosten.

Hieronder worden in staatvorm de  $M_2$  en  $S_2$  getijden voor

x) Zie bv. Doodson en Corkan. The principal constituent of the tides in the English and Irish Channels. 1932. Phil. transactions, Royal Soc. of London.



Boulogne, Calais, Dover, Varne en Gris Nez weergegeven. De registreerende peilschalen der drie eerstgenoemde plaatsen werden gedurende de genoemde meetperioden ook nauwkeurig waargenomen.

	$M_2$ getij		$S_2$ getij	
	amplitude	tijfverschil	amplitude	tijfverschil
Boulogne	284 cm	- 6 min.	95 cm	- 2 min.
Dover	219 "	0 "	70 "	0 "
Gris Nez	259 "	0 "	80 "	0 "
Varnebank	277 "	+ 6 "	76 "	+ 4 "
Calais	242 "	+ 17 "	71 "	+ 18 "

In de figuren 10<sup>a</sup> en 10<sup>b</sup> werden deze gegevens grafisch voorgesteld.

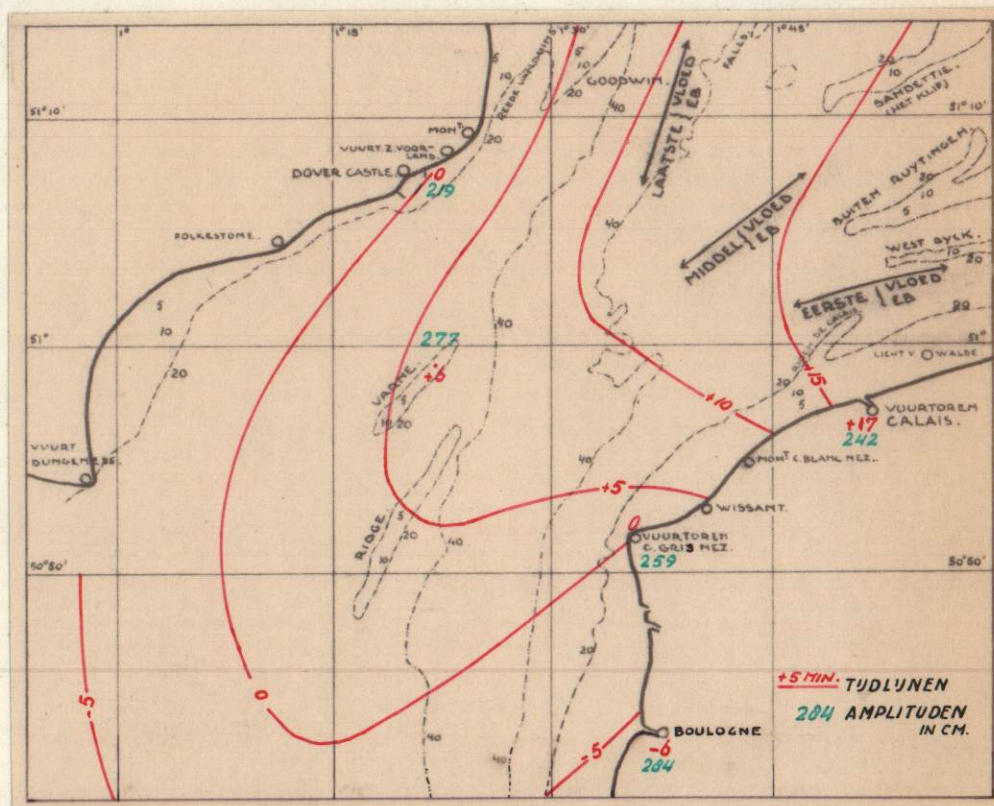


Fig. 10<sup>a</sup>. Tijdlijnen en amplituden van het  $M_2$  getij, in de periode van waarneming.



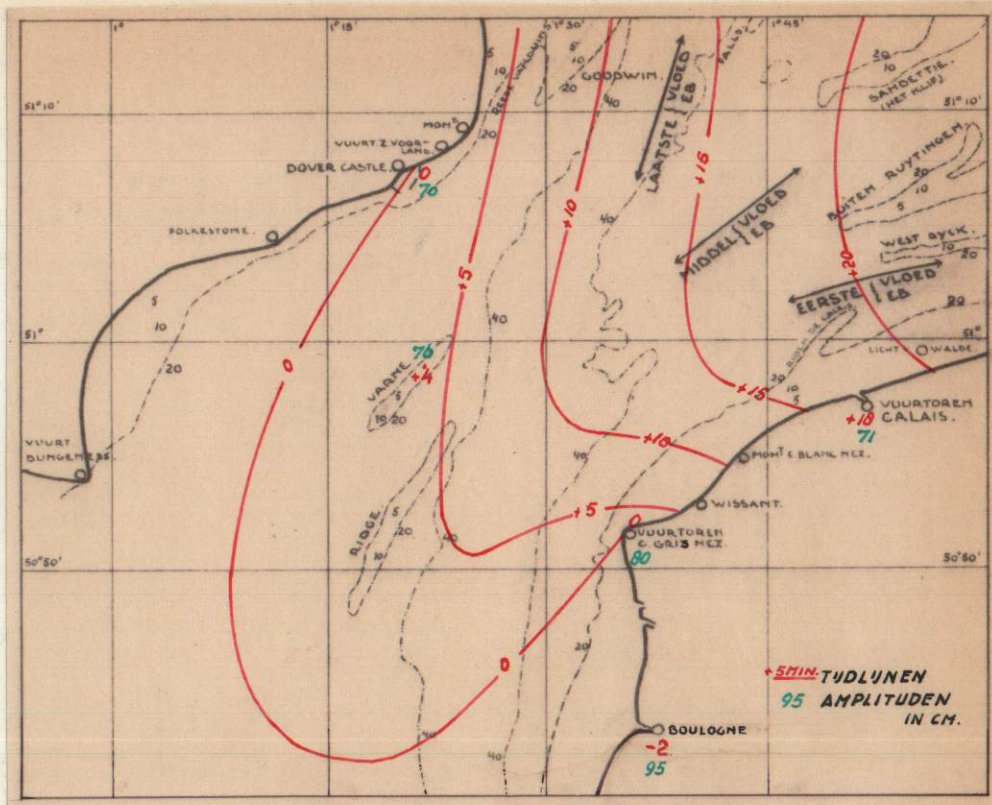


Fig. 10<sup>b</sup>. Tijdlijnen en amplituden van het  $S_2$  getij in de periode van waarneming.

### § 15. Snelheden en afvoeren in de raai der Hoofden.

Bijlage 14 geeft van maanuur tot maanuur de snelheden in het profiel van Gris Nez tot Zuid Voorland, zooda zij aan boord van de "Oceaan" werden opgenomen en daarna met behulp van de in § 13 gevonden grafiek werden gereduceerd.

Het zijn de gemiddelde snelheden, gerekend van den bodem tot aan de oppervlakte.

De richtingen der snelheden stonden niet altijd loodrecht op de raai. Noemt men het verschil dezer richtingen met die der genoemde loodlijnen op de raai telkens  $\alpha$  dan werden alle snelheden nog met hun cos  $\alpha$  vermenigvuldigd.

De snelheidsverdeling in de raai is volgens bijlage 14 dus in normale gevallen als volgt:

Ten tijde van H.W.: De vloedstroom heerscht over de volle breedte. De gemiddelde snelheid bedraagt in het midden  $\pm 0.80$  m/sec., aan de kanten  $\pm 1.00$  m/sec.

1 uur na H.W.: De vloedstroom bereikt een maximum, welke over de geheele breedte ongeveer 1 m/sec. bedraagt en vrijwel constant is. Aan de oevers neemt de stroom reeds af.

2 uur na H.W.: De vloedstroom is vooral onder de kust van Gris Nez af genomen en is daar reeds ongeveer gekenterd.

3 uur na H.W.: Bij Gris Nez heerscht reeds ebstroom, bij Zuid Voorland kentering. Het voornaamste deel der raai bezit nog een gemiddelde stroom van ruim 0.60 m/sec.

4 uur na H.W.: Lange de oevers stroomt de eb naar het zuidwesten, terwijl de vloed in het middengedeelte nog een weinig doortrekt.

5 uur na H.W.: Thans heerscht op alle plaatsen eb; aan de kanten 0.40 & 0.50 m/sec., in het midden  $\pm 0.20$  m/sec.

6 uur na H.W.: Versterking van het ebgetij.

7 uur na H.W.: idem. De snelheden bereiken op ongeveer 7 km uit de Fransche kust maxima van ongeveer 1.20 m/sec. Die onder de Engelsche kust blijven iets zwakker, ni.  $\pm 1$  m/sec.

8 uur na H.W.: Vrijwel als voren, doch de stroomen

onder de Fransche kust nemen reeds een weinig af, terwijl die van het centrum nog toenemen.

9 metingen na H.W.: Afnamen van den ebstroom over de geheele breedte, vooral echter onder Gris Nez.

10 metingen na H.W.: Verdere afname. Kentering bij Zuid Voorland, reeds vloedstroom bij Gris Nez.

11 metingen na H.W.: De vloed trekt thans overal in het hardst onder Gris Nez.

Men ziet hieruit dus weder:

10. Voor het middengedeelte is de waterbeweging vrij regelmatig. De kenteringen geschieden er vrijwel gelijktijdig, terwijl de maxima ook ongeveer gelijktijdig optreden en grootten van 1.00 à 1.20 m/sec. bereiken.

20. De stroomen langs de oevers kenteren eerder dan de centrale watermassa en bereiken ook eerder hun maxima. Voor de kustwateren bij Gris Nez is dit phaseverschil grooter dan voor die bij Zuid Voorland.

(Dergelijke phaseverschillen zijn langs kusten steeds waar te nemen. Zij ontstaan door de verschillen in hoeveelheid van beweging der watermassa's, die aan de oevers eerder zijn uitgeput dan in de zee).

30. De vloedstroom schijnt mogelijk iets krachtiger te zijn dan de eb, althans op sommige plaatsen.

Bijlage 15 geeft de z.g. afvoerkromme van de Hoofden. De gevonden gemiddelde snelheden, welke in de bijlage werden voorgesteld, werden daarvoor vakgewijs vermenigvuldigd met de bijbehorende oppervlakken. De wisselende waterstanden werden hierbij van uur tot uur in acht genomen.

Als vakbreedte werd 1 kilometer genomen. Aldus verkreeg men de afvoeren als functie van den tijd. Deze werden grafisch voorgesteld op bijlage 15, terwijl hierop tevens



de gemiddelde getijlijnen van Dover en Gris Nez werden aan-  
gegeven.

Er blijkt uit de bijlage dat in de Hoofden per gemid-  
deld getij een hoeveelheid van 19,146 milliard m<sup>3</sup> met de  
vloed naar het noordoosten trekt en dat met de eb 16,907  
milliard m<sup>3</sup> naar het zuidwesten wordt gevoerd.

Dit geeft een normaal vloedoverschot van 2,239 milliard m<sup>3</sup>  
per getij.

Het totaal vermogen (eb + vloed) van de Hoofden bedraagt  
normaal 36,054 milliard m<sup>3</sup> per getij.

Ter vergelijking kunnen hier de vermogens van  
het Vlie, de Schelde en den Rotterdamischen Waterweg  
worden genoemd. Dat van het Vlie bedraagt in het  
nieuwste gedeelte in normale gevallen 1.6 milliard,  
dat van de Schelde bij Vlissingen 2.2 milliard en  
dat van den Waterweg bij de Hoek 0.16 milliard  
m<sup>3</sup> per getij. (Waterstaatsmetingen 1931-1935).

Het totale bedrag dat de Boven Rijn per dag  
aanvoert is normaal 0.1 milliard per getij, d.i.  
dus 80 malen geringer dan de normale aanvoer uit  
de Hoofden.

Uit bijlage 13 blijkt voorts, dat het totale horizon-  
taal getij der Hoofden ongeveer 1 maanuur in phase ten  
achter staat bij het verticaal getij. De algemeene kente-  
ring van eb op vloed vindt plaats bij een stand van ongeveer  
1.65 m + middenstand, die van vloed op eb bij een stand van  
ongeveer 1.10 m - middenstand.

De vloedstroom vindt gemiddeld een ruimer profiel dan  
de eb. Vooral is dit het geval bij giartijden.

## § 16. Stroomrozen.

Op bijlage 16 werden de stroomrozen geteekend voor de gereduceerde stroomen, welke in de meetpunten werden bepaald (gemiddelden der verticaal).

Er blijkt uit, dat de rozen tamelijk plat van vorm zijn, m.a.w. dat er een uitgesproken vloed- en een uitgesproken ebriëchtting bestaat, hetgeen trouwens in verband met de nabijheid der kusten en den halsvorm der zeestraat geen verwondering behoeft te wekken. Tijdens de kenterperioden kan de richting in belangrijke mate afwijken.

De groep bij Zuid Voorland A, B en C vertoont een draaiingsrichting tegen de zon in; de groep D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F en G een draaiing met de zon mee. Nabij Gris Neus bezitten de stroomen van groep H, I, L, M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> en N weder een draaiingsrichting tegen de zon in.

Het middendeel van de raai vertoont dus stroomen met een positieve, die langs de oevers stroomen met een negatieve draaiing. In de verder noordoostwaarts gelegen punten overheerschte daarentegen in het midden een draaiing in negatieven zin (T, U, V, W, X, IJ) en aan de kanten een positieve (R, IJ<sub>2</sub>, Z).

Punt Q vertoont een abnormalen vorm. Dit is toe te schrijven aan het buitengewoon dood getijde en aan de weinig stabiele windverhoudingen tijdens de meting in dat punt. In normale omstandigheden moet de stroomroos van Q met die van punt L overeenkomen.

Aan te nemen is, dat de stroomrozen in vrij sterke mate van den wind afhankelijk zijn, zoodat men omtrent de geconstateerde draaiingsrichtingen niet te vergaande conclusies zalkoeten trekken. Hoogstens kan men er een vermoeden uit putten, dat de draairichting ten noorden der zeestraat anders

is dan ten westen ervan. De scheidinglijn loopt dan ongeveer in het diepwaterkanaal van noord naar zuid.

<sup>x)</sup>  
Ploeg kent een verstrekkende uitwerking aan de draaiende stroomen in dit gebied toe. Hij neemt aan (zonder bewijs overigens), dat door deze draaistroomen een heen en weer vervoer van zand van de banken naar het strand en omgekeerd plaats vindt en hij meent daardoor de aanwezigheid der Vlaamsche banken te kunnen verklaren. ("les courants giratoires du littoral français entretiennent d'une manière continue la formation des bancs aux dépens des plages et l'ensemblement des plages aux dépens des bancs". "On peut penser que les bancs du large sont la conséquence des courants orbitaires, qui sont eux mêmes la conséquence des courants transversaux sur les plages basses" (blz.126)).

Een en ander berust op een sterk overdreven voorstelling van wat het begrip "draaistroom" voor dat gebied eigenlijk inhoudt. De kenteringsstroompjes zijn er zoo gering, dat deze praktisch verwaarloosd kunnen worden en zeker geen zand kunnen vervoeren. Hoogstens eenig slib over geringe afstanden.

+)

en de Mey  
De door Ploeg genoemde oude theorie, dat de zeeënge van Dover in drie deelen zou zijn te splitsen; een noordelijke bij de Engelsche kust met negatieve draairichting; een zuidelijke bij de Fransche kust met positieve draairichting en een middendeel zonder draaifing, moet als te onnauwkeurig worden opgevat. Haast nergens vindt men in zee eb- en vloedstroomen, die volkomen in elkaars verlengde blijven gedurende een geheel cyclus. Langa de kust en in zeestraten vindt men de meest afgeplatte stroomrozen, omdat zij daar leiding hebben.

x) A. Ploeg, Etude des courants et de la marche des alluvions aux abords du Détroit de Douvres. Annales des Ponts et Chaussées tome IX, 1863, blz.124.

+) P. de Mey. Etude sur le régime de la côte de Belgique. 1885.

### § 17. Stroommaxima.

Zoowel de maxima der oppervlaktestromen als die der gemiddelde en der bodenstromen werden op de bijlagen 5 en 6 aangegeven. Alle werden gereduceerd tot het normaal getij.

De bodenstromen (0.15 m + boden) variëren van ongeveer 35 tot 60 cm/sec. Dit zijn betrekkelijk geringe snelheden, welke bij een zandbodem eenig zand kunnen doen opwervelen. Tijdens uiterste giertijden zouden deze stromen tot 80 à 90 cm/sec. kunnen vermeerderen (50% meer) en alsdan eenig zand met een gemiddelde korrelgrootte van ongeveer  $\frac{1}{2}$  mm middellijn kunnen transporteeren. Stormen zouden dit uiterste zelfs nog hooger kunnen opvoeren, zoals Carruthers' metingen in de Varne bewijzen. Zie hiervoor § 19 en § 28

De maximumsnelheden der verticaalgemiddelden variëren bij normale getijden van ongeveer 90 tot 120 cm/sec., terwijl de oppervlakte-snelheden alsdan maximaal een bedrag van ongeveer 100 à 150 cm/sec. bereiken.

In het algemeen loopen de stroommaxima dus voor de verschillende meetpunten betrekkelijk weinig uiteen.

Het gemiddelde van alle maximum vloedgemiddelden in de raai is 108 cm/sec., dat van alle maximum eb-gemiddelden 110 cm/sec.

Het gemiddelde van alle maximum vloedbodemstromen in de raai is 81 cm/sec., die van alle maximum ebbodemstromen 58 cm/sec. Het gemiddelde van alle maximum vloedoppervlaktestromen in de raai is 132 cm/sec. en van alle maximum ebo-ppervlaktestromen 124 cm/sec. Al deze cijfers zijn gemiddelden van tot normaal getij gereduceerde stromen.

De maximum snelheden zijn dus iets overheerschend, doch dit mag toch geen naam hebben. De totale hoeveelheden zijn bij vloed echter groter dan bij eb, omdat de opper-

vlekken grooter zijn tijdens vloed (zie § 15).

§ 18. Vergelijking van de dezeralids verrichte stroommetingen in de Hoofden met de buitenlandse.

Hiervoor wordt o.a. verwezen naar de stroomatlas van de Deutsche Seewarte: "Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der britischen Gewässer (Hamburg Eckhardt und Menstorff 1928), aan welke samenstelling een reeks stroomwaarnemingen ten grondslag hebben gelegen (blz. 5, 6 en 7).

In het geheel worden hier 360 stations genoemd, waarvan de volgende twee in het oostelijk deel van het Kanaal, die voor ons van belang zijn.

Station 115 bij Kaap Gris Nez: Tijdens springtij werd hier een maximum vloedstroom voor van 3.2 zeemijl (1.65 m/sec.) en een maximum ebstroom van 1.54 m/sec. gemeten.

Station 117 bij het Varne Vaarschip: Tijdens een normaal getij een maximum vloedstroom van 0.82 m/sec. en een maximum ebstroom van 0.92 m/sec.

Voorts kunnen tijdens springvloed bij Dungeness maxima voor van 0.77 m/sec. en aan de zuidzijde van de Ridge 0.92 à 1.03 m/sec. Vergelijkt men deze oppervlaktestromen met de door ons gemeten, dan blijken zij ongeveer overeen te stemmen - mogelijk zijn die der Seewarte iets aan den lagen kant.

Het is jammer, dat de juiste grootten van de verticale getijden te Dover niet zijn aangegeven, daar anders een reductie der stroomen tot het normale getij en dus een nauwkeurige vergelijking met deze waarnemingen mogelijk zou zijn geweest.

Dergelijke stroomatlassen zijn natuurlijk betrekkelijk

globaal en soms weinig correct. In het bekende atlasje van Seemann: "Zwölf Stromkarten der Nordsee und britischen Gewässer", worden b.v. de springtijstroommen gegeven, terwijl daarbij wordt vermeld, dat bij doodtij de snelheden  $1/3$  geringer zijn. Voor de Hoofden is dit, gelijk wij zagen onjuist, daar zij ongeveer  $2/3$  geringer zijn (verhouding maximum springtijstroom : minimum doodtijstroom = 180 : 90).

In de uitgave der Britische Marine: "Tides and Tidal streams of the British Islands" (1900) worden op blz. 36 maximum oppervlaktestroommen genoemd van 1.50 m/sec. (Varne), 1.60 m/sec. (Gris Nez), 1.40 m/sec. (bij Dover), 1.50 m/sec. (Zuid Goodwin), 2.00 m/sec. (Oost Goodwin) en op blz. 72 : 1.30 à 1.50 m/sec. (Sandettie). Deze stroommen zijn de maxima tijdens giertijden.

Deze uitgave der Britische Marine zal binnenkort in herdruk verschijnen en zeker zullen daarbij eenige details hierzien zijn. Vooral de richtingen en de juiste vorm der stroomrozen zullen wel eenige wijziging ondergaan. (zie o.a. Heldt).

x)

	vlondstroom	ebstroom
A. Ploeg noemt als maxima (oppervlakte-springtijden)		
heden) op Bassure de Bas	1.80 m/sec.	1.50 m/sec.
" Ridens	1.80 "	1.50 "
" Colbart (Ridge)	2.00 "	1.68 "
" Sandettie	1.80 "	1.48 "
" Falle	1.70 "	1.68 "
voor Boulogne	1.50 "	1.35 "
" Gris Nez	2.08 "	2.00 "
" Galais	2.15 "	2.08 "
" Duinkerken	1.50 à 1.80 "	1.30 à 1.60 "

Deze zijn ook niet als volkomen betrouwbaar te beschouwen o.a. omdat het begrip "springtij" niet vaststaat en er geen uitgebreide reeks metingen aan ten grondslag zal hebben gelegen. Wat de ebduur betreft, zegt Ploeg, dat

x) A. Ploeg. Étude des courants et de la marche des alluvions aux abords du Détroit de Douvres. Annales des Ponts et Chaussées tome V, 1883 blz. 116.

deze gemiddeld  $1\frac{1}{2}$  à 2 uren langer duurt dan de vloed (blz. 120). Dit is, zooals wij zagen, geheel onjuist. In de vaai Gris Nez-Zuid Voorland is gemiddeld de ebbduur evenlang als de vloedduur (zie bijlage 15).

De overwegende vloedstroom in de Hooffien (gain du flot), die overigens in de literatuur steeds als vaststaande wordt aangenomen (en ook inderdaad bestaat) blijkt nauwelijks uit de in de stroomatlas van de Deutsche Seewarte gepubliceerde gegevens. Immers slechts bij Gris Nez (station 115) is het maximum tijdens den vloed iets grooter (11 cm/sec.) dan tijdens de eb, terwijl bij Dungeness geen verschil werd opgemerkt en aan de Zuidwestpunt der Ridge en bij het Varnevuurschip zelfs een omgekeerde verhouding werd waargenomen.

In "Tides and Tidal streams" (1909) is dit vloedoverschot der maxima (oppervlaktestroom bij giertijden) 5 mijlen ten oosten van Dungeness 0.10 m/sec.

Zw.punt Ridge	0.10	"
Varne	0.40	"
bij Dover	0.10	"
bij Gris Nez	0.10	"
Zuid Goodwin	0.40	"
Oost "	0	
Ruytingen	0	
Sandettie	?	

Veel waarde kan ook aan deze cijfers niet worden gehecht.

Van meer belang zijn de metingen van Dr. J. N. Carruthers van de Britsche Visscherijonderzoekingsdienst bij het Varne-vuurschip<sup>x)</sup>.

Het door hem uitgevonden toestel bestaat uit een door

x) Carruthers, The flow of water through the Strait of Dover I, II, 1928-1929.

den stroom bewogen molen, welke na een bepaald aantal omwentelingen een kogeltje uit een reservoir doet vallen in een draaibaar bakje, dat in verschillende sectoren is verdeeld. Aan dit bakje is een magneet bevestigd, zoodat het steeds een bepaalden stand ten opzichte van het noorden inneemt en de stroomrichting meteen eenigszins bepaald kan worden uit het aantal kogeltjes in elk der sectoren.

Werkt het instrument nu gedurende een volledig getij, dan vindt men bv. 100 kogels in N.O. en 120 in Z.W. richting. Er blijkt dan uit, dat een stroomsurplus overeenkomende met 20 kogels kon worden geconstateerd in Z.W. richting.

Details van de stroomsterkten en -richtingen, zoodat de maxima ervan geeft het instrument niet, doch wel de totale vloed- en ebhoeveelheden. Voor het geval een draaiende getijstroom aanwezig is wordt de stroomellips eenigszins aangegeven door de verhouding van het aantal kogels in de sectoren van het bakje.

Het voordeel dezer methode is, dat een lange serie bruikbare gegevens wordt verzameld onder alle omstandigheden van wind en getij<sup>x)</sup>; het nadeel, dat deze waarneming slechts op één enkel punt geschiedt en dat geen details worden verkregen. In § 19 zal nader op de metingen bij het vuurschip worden ingegaan.

-----

Een 2e reeks waarnemingen, welke voor de kennis van de stroombeweging in de Hoofden van veel belang is, is die van H.Heldt (1923) bij het vuurschip Sandettie.<sup>+)</sup>

De waarnemingen geschieden met een log van 1 October 1920 tot 1 October 1921. Er werden dus uitsluitend oppervlaktestroomen gemeten.

x) Opm. Onlangs werd door ons een Carruthers-driftmeter aanschaf. Bij nadere kennismaking viel dit toestel niet mee. Het hoofdbezwaar is dat er geen rechtlijnig verband bestaat tusschen de stroomsnelheid en de rondraaiing der wielen.  
+) Heldt. Les courants de marée au bateau-feu de Sandettie 1923 office scientifique et technique des pêches maritimes, Notes et mém. Nr. 27, 1923.



De gemiddelde maximum oppervlaktesnelheden bedroegen voor vloed 1.07 m/sec., voor eb 1.23 m/sec. De eb is hier dus schijnbaar overheerschend, doch daar de vloedstroom langer duurt dan de eb ( $5\frac{1}{2}$  h tegen  $4\frac{1}{2}$  h) is de totale vloed-weg (som der gemeten vloed-snelheden) een weinig meer dan de totale ebweg. De verhouding is ongeveer als 4,5 : 4,3. Het vloedtransport moet echter meer overheerschen dan deze verhouding aangeeft, daar de vloed grotere profielen bezit dan de eb. De richtingen van vloed- en ebstroom werden in elkaars verlengde geteekend, doch daar de stroomroos niet werd bepaald, is dit als niet meer dan globaal aan te nemen.

2  
Bijlage 17 geeft eenige figuren, welke uit Heldt's publicatie werden overgenomen. De stroomkrommen werden door hem niet vloeiend geteekend, daar hij zeer lange kenteringsperioden aannam. Waarschijnlijk zijn deze stroomloose perioden een gevolg van de lange ankerketting van het vuurschip, waardoor het rondvaren lang duurde.

Men mag gerust aannemen, dat in werkelijkheid het verloop der snelheden steeds volgens vloeiende lijnen geschiedt en min of meer sinusoidaal, daar de hoeveelheden van beweging van de betrokken watermassa's groot zijn. Het gaan door de nullijn van de stroomkromme is geen reden tot het aannemen van knikken in de getekende krommen.

In de fig. B en C van bijlage 17 worden de normale stroomkrommen aangegeven en de afwijkingen welke daarin volgens Heldt bij harde zuidweste. of noordooste. winden kunnen optreden.

Tijdens Z.W. stormen zou de ebstroom iets vervroegd en in de tijdsduur verkort worden, doch overigens hetzelfde maximum behouden als in normale gevallen; de vloedstroom

zou in duur en grootte toenemen. Het maximum zou kunnen worden 1.50 m/sec.

Tijdens N.O.stormen zou de vloedstroom afnemen in duur en grootte (maximum 0.75 m/sec.), de ebstroom toenemen (maximum grootte 1.00 m/sec.).

Dit zijn, zoals gezegd, allengemiddelde oppervlaktesnelheden.

Vergelijkt men deze snelheden met die, welke in onze rivieren voorkomen, dan blijken deze daarmede vrijwel overeen te komen. De gewone maximum oppervlaktesnelheden zijn in rivieren als de Merweden en de Oude Maas bij Dordrecht ongeveer op 1 m/sec. te stellen, terwijl in den Rotterdam- schen Waterweg en op vele andere plaatsen in de zeegaten van ons land, oppervlaktestroomen van 1.50 à 2.00 m/sec. tot de normale behooren.

Men is dikwijls geneigd aan plaatsen met groote verticale getijrijzingen ook zeer sterke stroomingen toe te kennen, doch dit is onverantwoord. In den mond van den Rotterdam- schen Waterweg komen bij een normaal tijverschil van slechts  $1\frac{1}{2}$  m grootere stroomen voor dan in de Hoofden, waar het tijverschil gemiddeld 7 à 8 m bedraagt, terwijl dit voorbeeld slechts één is uit vele.

### § 19. De drift door de Hoofden.

In de eerste publicatie "Varne I" blz. 53 (1925-26) komt Dr. Carruthers tot een gemiddelde restatroom van 1.47 mijl per getij (2.7 km); in de tweede "Varne II" (1926-1928) iets hooger, nl. 1.65 mijl per getij (3 km) of 6.8 cm/sec. Het eerste bedrag is <sup>het</sup> gemiddelde van de volgende cijfers:

zomer 1926: 2.07 mijl per 2 getijden

herfst " : 3.66 "

winter " : 2.93 "

voorjaar 1927	:	2,35	mijl	per	2	getijden
zomer	"	2,85	"	"	"	"
herfst	"	2,30	"	"	"	"
winter	"	3,40	"	"	"	"

In verband met de bij de bepaling van het reductieverband tusschen stroom en verticaal getij gevonden miswijzing van de in 1926-28 gebruikte instrumenten, groot 10%, is dit verschil tusschen 2.7 km en 3 km per getij verklaarbaar.

Bijzonder groot is de gevonden drift niet. J.P. van der Stok<sup>x)</sup> berekende uit seriëleaarnemingen van de oppervlaktestromen bij de lichtscheperen voor onze kust de volgende vloeddriften:

Noordhinder	2.24	cm/sec.
Schouwenbank	4.92	"
Maas	6.20	"
Haaks	7.00	"
Vershellingerbank	5.24	"

De uiterste gevallen werden door Dr. Carruthers waargenomen in Januari 1920 en in December 1927 als volgt:

Het grootste vloedoverschot was in Januari 1920 tijdens Zuidwesterstormen 21 mijl per 2 getijden (10.5 km per getij) of 42.5 cm/sec. Het grootste eboverschot werd gevonden te zijn (December 1927) - (11.9 + 10%) = - 13.1 mijl in 2 getijden (-12.1 km per getij) of - 27.2 cm/sec.

Bijlage 18 geeft een inzicht in de schommelingen, welke hoofdzakelijk door den wind en mogelijk ook door periodieke oorzaken worden teweeggebracht. Voor deze teekening werd uitgegaan van de origineele gegevens, die Dr. Carruthers zoo

x) J.P. van der Stok. Etudes des phénomènes de marée sur les côtes néerlandaises II, 1908. blz. 58.

welwillend was te w. retrakken.

De bovenste grafiek geeft de amplitude van het verticaal getij te Dover weer (gemiddeld 4.63 m in de beschouwde periode Juni 1926 - Januari 1928). De tweede geeft de som van de vloed- en ebwegen van het horizontaal getij bij het Varne-vuurschip op 10m<sup>2</sup>-oppervlakte (gemiddeld 18.7 km/getij) of 42 om/sec. De derde stelt de eb- en vloedwegen afzonderlijk voor (ebweg gemiddeld 7.69 km/getij of 34.5 om/sec.; vloedweg 11.02 km/getij of 42.5 om/sec. De vierde geeft het verschil tusschen vloedweg en ebweg. Deze is dus meestal positief (noordoostgaand) (gemiddeld 3.34 km/getij of 7.5 om/sec.).

Deze waarden moeten, wat de stroomen en driften betreft, alle met 10% worden vermeerderd. Men krijgt dan:

vloedweg + ebweg =	20.6	km/getij =	46	om/sec.
vloedweg	12.1	"	(= 54.2	" )
ebweg	8.5	"	(= 36.0	" )
vloedweg - ebweg =	3.6	"	(= 8.1	" .)

Opmerking verdient, dat deze gemiddelde drift een weinig hooger is dan Carruthers in "Varne II" aangeeft. Dit vindt zijn oorzaak in het feit, dat de richtingereductie door ons niet zuiver kan worden bepaald. Van veel beteekenis is dit verschil intusschen niet.

Verdere conclusies waartoe Dr. Carruthers thans (Varne II, 1925) komt zijn de volgende.

1c. De toevoeren van Atlantisch water door de Hoofden verhouden zich in voorjaar, zomer, herfst en winter als

77.5 : 83.3 : 100 : 88.9.

2c. In de maand November is de toevoer het grootst, daarna komen in volgorde: Januari, Augustus, October, December, Juli, Mei, Maart, April, Juni en Februari.

20. De totale hoeveelheid, welke gemiddeld per getij door de Hoofden stroomt bedraagt ongeveer 3.8 milliard m<sup>3</sup>.

Dit laatste is een extrapolatie uitgaande van de veronderstelling dat de drift in één enkel punt van een 41 km breed kanaal geldt voor de geheele breedte en diepte van dat kanaal. Het genoemde cijfer kan dus niet anders dan zeer globaal zijn.

Reeds in 1907 werd naar deze hoeveelheid gerekend door x) Gehrke met een methode, die uitging van zoutgehaltegegevens en den jaarlijkschen neerslag in het bekken der Noordzee en in de gebieden der daarop lozende rivieren (Knudsen's theorema). Hij kwam daarbij tot een bedrag dat niet zeer veel van dat van Carruthers verschilde, nl. 2.9 milliard m<sup>3</sup> per getij.

Het door ons gevonden bedrag was (zie § 15)

2.24 milliard m<sup>3</sup> per getij.

Aannemende dat de omstandigheden waaronder werd gemeten normaal waren voor den zomer en uitgaande van de hierboven sub 20 genoemde verhouding van Carruthers voor de vier jaargetijden, kan men ons bedrag vermenigvuldigen met  $\frac{77.6 + 83.3 + 100 + 88.9}{4 \times 83.3}$  en vindt dan als waarschijnlijk normaal jaarlijks vloedoverschot:

2.4 milliard m<sup>3</sup> per getij.

De orde van grootte verschilt weinig met het getal van Gehrke en met dat van Carruthers. Over de vraag, welke der drie de meest juiste is, zou kunnen worden getwist. Dezertijds wordt geneend, dat ons cijfer een hooge graad van exactheid bezit, omdat op meerdere punten der breedte steeds van de oppervlakte tot aan den bodem werd gemeten.

x) Gehrke, Publ. de Circ. Nr. 40. Kopenhagen, Mean velocity of the Atlantic currents running North of Scotland and through the English Channel.

terwijl bovendien, dank zij de serie waarnemingen van Dr. Carruthers, alle metingen met groote mate van nauwkeurigheid konden worden gereduceerd tot normaal getij. Dat de weersomstandigheden tijdens de 18 dagen waarop in de raai werd gemeten abnormaal zouden zijn geweest kan niet worden aangenomen (zie bijlage 1), hoewel hierbij in het algemeen natuurlijk wel belangrijke afwijkingen van het normale bedrag zouden kunnen ontstaan. Elke methode zal overigens nauwkeuriger uitkomsten geven voor de som der vloed- en ebhoeveelheden dan voor het verschil dezer grootheden.

Het door ons genomen profiel bezit voorts een groote nauwkeurigheid, omdat dit werd bepaald door middel van een echotestel en precies in de raai werd geveren. Gehrke nam een oppervlak van 1.004 km<sup>2</sup> aan, terwijl wij vonden 1.37 km<sup>2</sup> (beneden het middenstandsvlak). Carruthers gebruikte evenals Gehrke de marinekaarten, welke weliswaar voor navigatiedoeleinden zeer bruikbaar zijn, doch in de grootere diepten toch nogal eenige miswijzing kunnen vertoonen. Hij nam zijn profiel niet in de raai Gris Nez-Zuid-Voorland, doch <sup>zuig</sup> oostelijker nl. door het lichtschip Varne. Hij kwam daar tot een profiel van 1.21 km<sup>2</sup>.

Bij het berekenen van een totale hoeveelheid uitgaande van een vloedoverschot in een enkel punt moet eigenlijk de volgende weg worden bewandeld.

De gemiddelde stroomen moeten met de formule  $v = a\sqrt{h}$  worden bepaald. Daar op 10 m-oppervlakte werd gemeten en de gemiddelde stroomen op 0.4 h boven den bodem voorkomen, dient men voor vloed een correctie aan te brengen van - 11%, voor eb van - 10%. Vervolgens moeten deze gemiddelden van elkaar worden afgetrokken, terwijl daarna bepaald kan worden de grootte van het plaatselijk vloedoverschot per getij. Indien

de drift door den wind wordt veroorzaakt is deze aan de oppervlakte groter dan in de diepte. Hieromtrent zijn nog geen meetcijfers beschikbaar.

Is het dus reeds gevaarlijk conclusies te trekken omtrent de drift-verhoudingen in verticalen zin, in horizontalen zin is dit nog bedenkelijker, omdat men niet juist weet of de stroom tijdens eb of tijdens vloed stroomopwaarts wordt belemmerd. Zou een meetpunt bijvoorbeeld tijdens een gedeelte der eb in de luwte liggen der Varnebank, dan moet men daar tot een te groot vloedsurplus komen. Ook het omgekeerde kan voorkomen.

Carruthers zelf ging de verhouding na der stroomsnelheden op 10 m en op 22,5 m beneden de oppervlakte bij het Varne-vaarschip en kwam daarbij tot de verhouding  $\frac{100}{87,5}$ . Dit verschilt slechts weinig met het cijfer, dat gevonden zou zijn met behulp van de parabool  $v = a \sqrt{h}$  nl.  $\frac{100}{87,5}$ .

De oorzaken van de drift zijn de volgende:

- 1o. Het profiel is tijdens vloed (normaal getij) gemiddeld 1.41 km<sup>2</sup>, tijdens eb 1.29 km<sup>2</sup>. De weerstand is tijdens vloed dus minder dan tijdens eb.
- 2o. Westelijke winden geven een van het getij onafhankelijke stroom (gelijkstroom gesuperponeerd op een wisselstroom), welke aan de oppervlakte ongeveer 70 cm schijnt te kunnen bedragen (Sandettie), op 10 m diepte ongeveer 7 cm (Varne) en gemiddeld mogelijk  $\pm 2$  à 4 cm (zeer ruwe cijfers, doch noodig om de gedachte enigszins te bepalen). Het is de vraag of de bodemstromen hierdoor worden beïnvloed.
- 3o. Luchtdrukverschillen kunnen het water uit het Kanaal naar de Noordzee persen en omgekeerd. De hierdoor ontstaande "gelijkstroom" moet ongeveer den normalen paraboolvorm bezitten, welke gesuperponeerd op de getijstroomparabolen

geen merkbare verandering in <sup>den</sup> vorm der stroomverticalen zal teweegbrengen.

Bij de onder 20. genoemde winddrift zou de verandering in den parabolvorm wel te meten moeten zijn, doch tijdens onze metingen bleek dit nimmer het geval. Zelfs niet bij de krachtigste winden.

Voorloopig wordt daarom gemeend, dat de eerste en derde oorzaak de voornaamste zijn, doch de mogelijkheid wordt opengelaten, dat met behulp der Carruthers-meters, die tijdens stormen doorwerken, ook de 20 oorzaak zal kunnen worden aangetoond.

40. Periodische veranderingen in de grootte der drift zijn mogelijk: a. door relatief grooter profielverschil tijdens giertijd dan tijdens doortijd; b. doordat de getijden uit het Kanaal en die rond Schotland een bij hoog of laagwater verschillende vertraging of versnelling ondervinden als gevolg van de verschillende omstandigheden afhankelijk van de kracht van het getij.

50. Soortelijk gewichtverschillen zouden oorzaak kunnen zijn voor het optreden van driften.

Het zou te ver voeren hierop uitvoerig in te gaan. Slechts uitgebreide serie-metingen zouden deze quaesties mogelijk kunnen scheiden en oplossen. Uit Waterstatkundig oogpunt zijn de schommelingen van de drift uit het Kanaal van ondergeschikt belang. Het ligt meer op den weg der Visscherijinspecties deze uitvoerig na te gaan, omdat men deze schommelingen de vischstand in nauw verband staat.



Samenvatting van hoofdstuk III.

10. De stroomverticaalen in de Hoofden bezitten gemiddeld den vorm eener parabool van de 5e orde (eigenlijk 4.9), en kunnen dus goed worden benaderd door de formule

$$y = a \sqrt[5]{h}$$

20. De gemiddelde stroom wordt derhalve aangetroffen op een hoogte van 0.4 h boven den bodem.

30. Blijkens ervaring opgedaan in het Vlie en elders kunnen bodemstroomen van 1 m/sec. (gerekend op 15 cm + bodem) zand van ongeveer  $\frac{1}{2}$  mm middellijn eenigszins in beweging brengen, bodemstroomen van 0.75 m/sec. zand van  $\frac{1}{2}$  mm en bodemstroomen van 0.50 m/sec. zand van  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{5}$  mm. Deze maten zijn niet voor alle plaatsen dezelfde.

40. In de Hoofden komen in normale omstandigheden de volgende maximumstroomen voor:

bodemstroomen	(0.15 m + bodem)	$\pm$ 0.55 m/sec.
gemiddelde stroomen	(der verticaal)	$\pm$ 1.10 "
oppervlakte	"	$\pm$ 1.35 "

50. Giertijstroomen kunnen belangrijk hooger, doodtijstroomen belangrijk lager zijn. Er bestaat een eenvoudig verband tusschen de getijstroomen in de Hoofden en de tijverschillen te Dover, dat voorgesteld kan worden door de volgende cijfers:

	getijverschil te Dover	vloedstroom in de Hoofden	eestroom in de Hoofden
uiterst giertij	140	145	155
normaaltij	100	100	100
uiterst doodtij	50	55	47

Daartusschen is de verhouding rechtvaardig aan te nemen. De stroomen wijzigen zich dus meer dan het verticaal

getij.

60. De twaalf-uren kaarten geven een eenvoudig stroombeeld te zien. Bij vloed trekt de stroom aanvankelijk naar het westen, later meer naar het noordwesten en eindelijk meer naar het noorden. Bij eb komt de eerste stroom van de Vlaamsche banken, het middelgedeelte meer uit het noordwesten en het laatste meer uit het noorden.

70. Gemiddeld is de stroom in de Hoofden ongeveer 1 uur in phase ten achter bij de getijkromme te Dover. Er is echter een groot verschil in phase tusschen de stroomen onder de kusten bij Gris Nez en Zuid Voorland en die in het midden der zeestraat, vooral die bij Gris Nez is eenige uren vóór. De phaselijnen (kenteringslijnen, tijdlijnen voor de maximumstroomen) bezitten een sterken boogvorm, waarbij de top in het zuiden ligt en de armen reeds ver in het noorden langs de kusten. Deze phaselijnen verplaatsen zich van zuid naar noord, waarbij de top in de diepwatergeul blijft.

80. Het gemiddeld vermogen (eb + vloed) van de Hoofden bedroeg volgens de metingen normaal ongeveer 36 milliard m<sup>3</sup> per getij, de vloed 19 milliard m<sup>3</sup> en de eb 17 milliard m<sup>3</sup>. Het vloedoverschot zou ruim 2 milliard m<sup>3</sup> per getij bedragen (nauwkeurig berekend op 2.24 milliard m<sup>3</sup> per getij).

90. Volgens de seriemetingen van Dr. J. K. Carruthers bij het lichtschip Varne is de gemiddelde verhouding van de vloedoverschotten in voorjaar, zomer, herfst en winter = 77.8 : 83.3 : 100 : 83.9. Hiervan uitgaande komen wij tot een gemiddeld jaarlijks vloedoverschot van

$$2.24 \times \frac{87.5}{88} = 2.14 \text{ milliard m}^3 \text{ per getij.}$$

(Gehrke vindt volgens zijn meer theoretische berekening 2.8 milliard m<sup>3</sup>. Carruthers volgens eene berekening, uitgaande

van een constant vloedoverschot over <sup>de</sup> geheele doorsnede der Hoofden 3.8 milliard m<sup>3</sup>).

10c. Het gemiddeld vloedoverschot bedraagt in de Hoofden ongeveer  $\frac{3.8 \text{ milliard m}^3}{1.37 \text{ km}^2 \times 44700} = 6 \text{ cm/sec.}$  Uitgaande van een parabolisch verloop van de drift met de hoogte boven den bodem is deze aan de oppervlakte gemiddeld  $6 \times \frac{100}{83} = 7.2 \text{ cm/sec.}$  Men en ander is gerekend volgens de richting loodrecht op de raai. Waarschijnlijk is de drift aan de oppervlakte grooter dan 7.2 cm/sec. omdat de windinvloed hoofdzakelijk nabij de oppervlakte en minder op groote diepte merkbaar is. (Carruthers vindt voor het meetpunt bij de Varne op 10 m diepte  $6.7 \text{ cm/sec.}$ , ongerekend waterstandsverschillen tijdens vloed en eb). Ter vergelijking kunnen de volgende gemiddelde cijfers voor onze lichtscheepen worden genoemd (vloedoverschotten aan de oppervlakte):

Noordhinder	2.84 cm/sec.	} volgens J.P. van der Stok.
Schouwenbank	4.92 "	
Maas	6.20 "	
Maaks	7.00 "	
Terschellingerbank	5.84 "	

11c. Het grootste waargenomen vloedoverschot bedroeg volgens Carruthers bij de Varne op 10 m diepte 43 cm/sec. (Januari 1930).

Het grootste waargenomen <sup>eb</sup>overschot (noordoostenwind) aldaar was 27 cm/sec. (December 1927).

12c. Bij het Sandettie vuurschip kan volgens de publicatie van Heldt de maximum oppervlakte vloedstroom tijdens Z.W. stormen toenemen van gemiddeld 1.05 m/sec. tot 1.80 m/sec., de maximum oppervlakte ebstroom tijdens N.O. stormen van gemiddeld 1.35 m/sec. tot 1.60 m/sec. De noordoostgaande drift schijnt hier in normale omstandigheden gering te zijn.

(verhouding vloedweg : ebweg = 4.5 : 4.3 volgens de teekening van Heldt),

13c. De opwaaiing van den middenstand is in de Hoofden maximaal slechts 1.20 m. Hierdoor is de voorspelling van hoog- en laagwater zeer nauwkeurig te verrichten.

14c. De gemiddelde vloedstroom vindt plaats omstreeks 2 uur na H.W. Dover, bij een stand van 1.77 m + middenstand.

De gemiddelde ebstroom omstreeks 8.2 uren na H.W. Dover bij een stand van 1.77 m - middenstand. Het gemiddeld vloedprofiel tusschen Gris Hen en Zuid Voorland is daardoor 1.41 km<sup>2</sup>, het gemiddeld ebprofiel 1.20 km<sup>2</sup>. Het verschil bedraagt  $33000 \times 3.54 = 117000$  m<sup>3</sup> of ruim 8½% van het gemiddeld profiel (1.37 km<sup>2</sup>). Bij giertij is dit percentage hooger, bij doottij lager.

15c. In normale omstandigheden schijnt de noordoostgaande drift hoofdzakelijk door dit profielverschil bewerkt te worden. Bij stormen is het mogelijk, dat de luchtdrukverschillen krachtiger driften veroorzaken dan de wind zelf. Een periodische schommeling in de grootte der drift schijnt verband te houden met de spring- en giertijen.

16c. In wezen is de getijbeweging en de drift in de Hoofden niet ingewikkelder dan bij een splitsingspunt der benedenrivieren b.v. bij Willemstad, bij 's Gravendeel of bij Bruinisse. Ook daar heeft men de interferentie van twee getijgolven, de een bezuiden een eiland, de ander er beneorden van loopend, die praktisch overal soortgelijke gevolgen hebben; slechts de schaal is in de Hoofden zeer veel grooter. Daartegenover staat, dat bij onze riviersplitsingen het zoutzootprobleem een zeer belangrijke rol vervult, terwijl dit in de Hoofden niet het geval is en ook dat bij de eerste de geulen dikwijls niet vast liggen, doch bewegelijk zijn als

gevolg der zandverplaatsingen.

Hierdoor, zoodra door het groote aantal der rivier-  
plitsingen biedt ons benedenrivierengebied moeilijker  
te doorvorschen problemen dan de Hoofden.

HOOFDSTUK IV.Verdieping van de Hoofden.§ 20. Profielvergelijking 1879-1934.

Van de Britsche hydrografie werd de teekening verkregen, welke als bijlage 19 wordt bijgevoegd. Het betreft de opneming door J. Richards ten behoeve der tunnelplannen. In 5 raaien, gelegen op 325 m onderlingen afstand werden ongeveer elke 100 à 200 m peilingen tusschen Gris Nez en Zuid Voorland verricht, terwijl tevens de bodemgeaardheid eenigszins werd vastgelegd. In geringer aantal komen deze peilcijfers in de hedendaagsche hydrografische kaarten, die feitelijk uit 1848 stammen, nog voor.

Op 17 Juli 1934 werd door ons een echopeiling verricht met de "Oceaan" in de raai tusschen de vuurtorens van Zuid Voorland en Gris Nez. Deze raai valt niet precies samen met een der raaien van Richards, doch hieraan scheelt betrekkelijk weinig. Er zouden zich te groote moeilijkheden hebben voorgedaan een der oude raaien te peilen. Ook is niet bekend hoe Richards zijne raaien indertijd heeft uitgezet. Raaipalen kan men op afstanden van  $\pm$  30 km natuurlijk niet meer zien tensij men zeer groote stellages heeft gebouwd en de twijfel is daarom gerechtigd of de peilingen inderdaad precies in de raaien werden genomen, of dat dit slechts bij grove benadering geschiedde.

De door de "Oceaan" gevaren lijn wijkt niet meer dan 30 m ter weerszijden af van de raai: vuurtoren Gris Nez tot vuurtoren Zuid Voorland. Zoals reeds in § 5 werd beschreven kon de "Oceaan" binnen deze grenken worden gehouden door het geven van lichtseinen vanaf Kaap Gris Nez. De af-

wijkingen uit de raai werden genoteerd, bv. ten tijde 10.30 zuidelijke afwijking 10 m, om 10.50 juist in de raai, enz. Het schijnt niet nodig deze geringe afwijkingen afzonderlijk te noemen, teneer omdat elke twee minuten hoeken werden geschoten en de baan van de "Oceaan" dus volkomen vastlag.

Het schotonestel geeft ongeveer 7 peilingen per seconde en daar de "Oceaan" ongeveer 8 km/uur vaart liep, bedroeg de peilafstand slechts  $\pm$  0.30 m. Te voren was het peilinstrument zoo goed mogelijk nog gecontroleerd met een gewoon handlood in stil water met vlakken bodem.

Het in teekening brengen van het nieuwe profiel vorderde een bestudeering der peilschaalkrommen van 17 Juli 1934 van Dover, Boulogne, Calais en Gris Nez. Zij werden geteekend rechts onder op bijlage 20. Te Gris Nez bevond zich tijdens het grootste deel onzer metingen een registreerende dieptometer, systeem De Vries, welke ook voor 17 Juli een getijkromme leverde. Deze laatste werd mede in de figuur aangegeven. De peiling der raai had plaats van 8 uur tot 12 uur (Greenwich tijd).

Als algemeen peil werd de middenstand der zee aangenomen.

Deze was plaatselijk niet voldoende vastgelegd. Ieder der havens Boulogne, Calais en Dover bezit nl. afzonderlijke nulstanden, welke als peil worden gebruikt en het is buitengewoon ingewikkeld hiermede te werken, zoodat deze plaatselijke peilen zooveel mogelijk werden vermeden.

Ter bepaling van de verschillen tusschen de gemiddelde zeestanden en de nulstanden van Dover, Boulogne en Calais, werden voor de periodes 14 Juni t/m 10 Augustus 1934 (Dover), van 14 Juni t/m 7 Augustus 1934 (Calais) en van 14 Juni t/m 29 Juli 1934 (Boulogne) deze gemiddelde zeestanden bepaald.

Het bleek daarbij, dat:

het nulpunt der peilschaal te Dover	3.68 m-middenstand	ligt.
" " " " " Calais	3.91 m-	" "
" " " " te Boulogne	4.92 m-	" "

Aannemend, dat de middenstand der zee voor de drie genoemde perioden bij de drie verschillende plaatsen in werkelijkheid niet verschilde, waren hiernede de drie peilen dus aan elkaar gekoppeld en konden de getijlijnen van 17 Juli 1934 zeer zuiver ten opzichte van elkaar op bijlage 20 worden geteekend.

Opgemerkt kan hierbij nog worden, dat de door ons gevonden middenstanden weinig afwijken van de waterpassing Bourdaloue (18387). Onze middenstanden liggen namelijk voor Boulogne, Calais en Duinkerken resp. op 0.84 m, 0.78 m en 0.78 + het "peil van Bourdaloue" dat door waterpassing naar deze drie steden werd overgebracht, en daar deze getallen onderling weinig verschillen is dit een aanduiding, dat onze aannemen als vrij zuiver kunnen worden aangenomen.

De Fransche zeekaartpeilen: "plus basses mers = zéro des cartes maritimes" liggen voor Boulogne 4.98 m, voor Calais 3.98 m en voor Duinkerken 3.20 m beneden ons middenvlak. Men zie hiervoor de bijlagen 21<sup>a-b</sup>, welke een goeden indruk geven van de verwarring scheppende hoeveelheid peilen, die men hier aanneemt.

De volgende moeilijkheid, die zich voordoed, was het in teekening brengen van het profiel van 1870. Het was al, niet meer na te gaan, welk peil Richards had gebruikt. Aangenomen werd, dat dit het M.L.W.S (mean low water spring) was, waarmede bij de Britsche marine steeds wordt gewerkt, zoodat het middenstandevlak bij Dover 27 dm, bij Calais 39 dm en bij



Boulogne 40 dm hooger gelegen werd gedacht. Mogelijk is dit niet juist daar Richards slechts met het peil van Dover gewerkt kan hebben. Dit zou dan vooral aan den Franschen kant nogal eenig verschil maken.

Op de plaatsen waar de peilcijfers van Richards niet in onze raai vielen werd geïnterpoleerd. Aldus ontstond het met een dunne lijn aangegeven profiel van bijlage 20. Vergelijkt men de beide op deze bijlage aangegeven profielen van 1870-1934 met elkaar dan valt in de eerste plaats op, dat onze detaillering zeer veel grooter is tengevolge van het gebruik maken van de nieuwe echo-peilmethode. De vaak hoekige bodem kon in 1870 met het gewone handlood natuurlijk onmogelijk zoo zuiver in beeld worden gebracht, als thans kon geschieden.

In de tweede plaats valt op, dat onze diepten in het algemeen, vooral in het middengedeelte, vrij belangrijk geringer zijn dan bij de peiling van Richards. Hiervoor een verklaring trachtend te vinden, denkt men aan het verschil in de peilmethoden en aan de mogelijkheid van een verkeerd aangenomen reductievlak. Het moet voor Richards praktisch gesproken ondoenlijk zijn geweest om slechts gedurende de kenteringen te meten, omdat het zicht in deze gebieden zoo slecht is. Men moet hier van elk helder oogenblik gebruik maken en de kenteringen zijn er bovendien slechts kort. Daarom zal het handlood in het algemeen door den stroom beogvormig hebben gestaan en zullen dus vooral in de diepste gedeelten te groote diepten zijn gemeten.

Door het geaccidenteerd karakter van dit gebied, moet de overeenstemming nog verminderen, temeer omdat de punten van Richards wel een buiten zijn raaiën kunnen liggen en deze laatste ook niet precies met de onze samenvallen. Een

interpolatie der peilcijfers vocale door ons verricht heeft niet steeds waarde, daar wij wel eens diepteverschillen vonden van 10 m over 30 m horizontalen afstand.

Niettemin blijkt uit de teekening, dat in het groot beschouwd, betrekkelijk weinig verschil is op te merken.

Tot het concluderen eener uitschuring zal men zeker niet mogen komen. Eerder tot een aanzanding, doch het spreekt vanzelf, dat een dergelijke conclusie evenmin juist zou zijn. Immers is er hier geen zandbodem. Het meest waarschijnlijke is dat er sinds 1870 geen diepteverandering is opgetreden.

Aan de door Richards op de kaart (bijlage 19) aangegeven bodemscoorten kan ten slotte geen groots mate van juistheid worden toegekend, omdat hij een met vet ingesmeerd handlood zal hebben gebezigt en daardoor te veel "zand" zal hebben moeten vinden.

Het totale profiel van de raai der vuurtorens bedraagt thans 1.300.400 m<sup>2</sup> onder den middenstand. Het is onwaarschijnlijk, dat dit profiel in de naaste toekomst zal uitschuren. Slechts de werking der boommassen zou enige verdieping kunnen veroorzaken (zie ook §§ 8, 9, 12, 17).

#### § 21. Landing van de Varnebank

De Varnebank is voor het eerst nauwkeurig gepeild in 1848 door Captain F. Hullock. Daarna is dit herhaald in 1875 door Captain F. J. Evans, terwijl zij thans door ons nogmaals is vastgelegd met behulp van echo-peilingen.

De bedoeling hiervan was uit te maken of deze bank al of niet was verplaatst sinds 1848.

Indien men de op dit terrein bekende personen spreekt (visschers) dan is het algemeene oordeel, dat de banken

Varne, Ridge, Baas, Ruitingen enz. niet veranderen. Ook de Fransche en Engelsche hydrogafen beweren, dat slechts de details en niet de algemeene vormen der banken veranderen.

Daartegenover staat, dat de oppervlakken dezer banken uit los zand bestaan, dat tot duinen en zandruggen is opgewerfeld en waarvan met zekerheid kan worden aangeetoend, dat dit beweegt. Voorts verkrijgt men den indruk, dat de genoemde banken slechts zandhoopen zijn, welke niet in de lulte van rotsverheffingen zijn ontstaan, doch zonder meer op een vlakkensteenachtigen onderlaag rusten. Immers zoodra de helling van de zijkanten der bank overgaat in het horizontale vlak ontmoet men steenachtigen bodem (tenminste in het gebied der Hoofden) en dikwijls is die bodem ter weerszijden der bank ongeveer even hoog.

De Varnebank werd door ons 3 malen gepeild met gebruikmaking van meetpunten op de Engelsche kust, welke voor beide peilingen godesitelijk verschilden (zie bijlage 22). De coördinaten daarvan, die mede op deze bijlage zijn vermeld, werden verkregen van de Britsche hydrografie. Daar de beide peilingen volkomen overeen kwamen, kan dit als een bewijs dienen voor de juistheid onzer opname.

Vergelijkt men deze met de opname van 1848 (rood), waarvan ons het minuutblad eveneens welwillend werd verstrekt door de Britsche hydrografie, dan blijkt inderdaad praktisch geen verschil. De details mogen zijn gewijzigd, niet de algemeene vorm.

Vergelijkt men echter onze peiling met die van 1875 (groen), dan bestaat er wel enig verschil, doordat de laatstgenoemde met de zuidwestpunt ongeveer 1 km westelijker ligt. Waarschijnlijk moet men hier niet denken aan een heen en weer schommeling van de zandbank, maar meer aan een niet

geheel juiste opname in 1875 of aan een wijziging in de coördinaten op den wal.

Een verplaatsing van de Varne of een verandering in volume van deze bank sinds 1848 is dus niet kunnen worden vastgesteld. De indruk wordt verkregen, dat in de 37 jaren, welke sindsdien verliepen, slechts de details veranderden.

Zonder twijfel is dit merkwaardig in verband met de geconstateerde zandverplaatsingen op den rug der bank en met de bekende overheerschende vloed en de Hoofden. In § 28 zal getracht worden een verklaring te geven voor dit eigenaardigenatuurverschijnsel.

#### Samenvatting van Hoofdstuk IV.

1o. Hoewel een tenaelijk nauwkeurige peiling in het nauwste gedeelte der Hoofden uit het jaar 1870 beschikbaar was, bleek deze toch te onzuiver om het in 1884 bepaalde profiel daarmede behoorlijk op verdieping of verondieping te kunnen toetsen. Een uitschuring sinds 1870 valt zeker niet af te leiden en is ook in verband met den steenachtigen bodem hoogst onwaarschijnlijk.

2o. De middenstanden der zee werden gevonden te liggen op 2.80 m + het nulpunt der registreerende peilschaal te Dover, 3.91 m + het nulpunt der registreerende peilschaal te Calais en 4.92 m + het nulpunt der registreerende peilschaal te Boulogne. Men lijdt hier onder een te veel aan peilen.

3o. Het oppervlak van het profiel gelegen in de vaal der vuurtorens bedraagt 1.366.400 m<sup>2</sup> beneden den middenstand der zee.

4o. Een verplaatsing der Varne (Kroningsbank) sinds 1848 is niet waarschijnlijk. Slechts de details schijnen te

iii.

zijn veranderd, niet meer de totale inhoud of de algemeene vorm.

HOOFDSTUK V.Verbreeding der Hoofden.§ 22. Gebrek aan exacte gegevens.

Naauwgezette strandmetingen met behulp van reeksen strandpalen, gelijk wij deze ten onzent sinds vele tientallen jaren kennen, worden noch in Frankrijk, noch in Engeland verricht. Het zou anders weinig moeite kosten de scherp afgesneden Kanaalkusten precies vast te leggen, doch tot nog toe is men daar niet toe gekomen.

In Frankrijk gaf Fleix<sup>x)</sup> in 1876 een negental afstanden met betrekking tot de kust benoorden en bezuiden Boulogne, doch voor het ons belang inboezemend gebied nabij Gris Nez en Blanc Nez geeft hij geen cijfers. Naar den hydrograaf Villain mij in 1934 mededeelde zou het echter de bedoeling zijn de Fransche kust thans fotografisch uit de lucht vast te leggen.

In Engeland is de Coast Erosion Commission<sup>+)</sup>, welke in 1906 werd ingesteld, bezig geweest het vraagstuk te onderzoeken, doch men is daarbij niet gekomen tot de exacte kustmetingen, doch meer gebleven bij den technischen kant.

Overvloed van literatuur. Locals meestal het geval is, staat ook hier de hoeveelheid literatuur in omgekeerde verhouding

- x) Mm. Fleix: Rapport sur la reconnaissance de Boulogne. Recherches hydrographiques sur le régime des côtes, 7<sup>e</sup> cah. 1876.  
 +) Royal Commission on Coast Erosion and afforestation Vo. I, II, III. Deze Commissie werd opgericht: to require and report a. as to the encroachment of the sea on various parts of the coast of the United Kingdom and the damage which has been, or is likely to be caused thereby; and what measures are desirable for the prevention of such damage; b. whether any further powers should be conferred upon local authorities and owners of property with a view to the adoption of effective and systematic schemes for the protection of the coast and the banks of tidal rivers; c. whether any alteration of the law is desirable as regards the management and control of the foreshore; d. whether further facilities should be given for the reclamation of tidal lands (1906).

tot de hoeveelheid exacte gegevens. Veelal gaan schrijvers af op hun fantasie of op hetgeen zij ergens hebben gelezen, nemen zich niet de moeite om het terrein zelve te gaan verkennen en doen op deze wijze uitspraken, wier echo nog tiensallen van jaren nagalmt in alle boeken, welke op het onderwerp betrekking hebben.

Het is noodig tegen deze weinig wetenschappelijke methoden te waarschuwen.

Locals naderhand zal worden aangetoond, zijn er vele redenen om aan te nemen, dat de Hoofden niet, of slechts bijzonder weinig, afslaan. In de niet-Engelsche en niet-Fransche literatuur wordt echter deze afslag meestal als aanzienlijk voorgesteld, terwijl dit ook bij sommige Engelsche of Fransche schrijvers het geval is.

Men kan zich voorstellen, hoe de opmerkelijke witte kliffen werken op de verbeelding van geologen en andere geleerden en dat men komt tot de redeneering, dat een dergelijke kust wel voortdurend sterk ondermijnd moet worden en effenwet

Zoo komt de Amerikaanse Professor D.W. Johnson in zijn



Hanging valleys on the chalk coast of southeastern England, where waves eat back the shore faster than the streams can deepen their valleys.

Fig.11. De kliffen bij Zuid Voorland (Johnson).

meer bekend standaardwerk over kusten: "Shoreprocesses and shoreline development" (1918) ertoe onder een foto van de "Albion" kust bij Zuid Voerland te plaatsen: "Hanging valleys on the chalk coasts of south-eastern England, where waves cut back the shore faster than the streams can deepen their valleys". (fig.11).

Bezoekt men een dergelijke plaats, dan vindt men noch de stroomen, noch de hangende valleien. De laatste blijken slechts kuilen te zijn van geringe horizontale afmetingen en de stroomen er in ontbreken geheel. Een golvend terrein heeft natuurlijk een golvend profiel en Johnson had hier watervallen of teminste cataracten moeten aantoonen. Deze zijn echter aan de zuidoostkust van Engeland nergens te vinden. De werkelijke aan deze kust mondende riviertjes als de Dour (spr. Dower) bij Dover en het riviertje bij Folkestone hebben gewone laagliggende dalen en geen stroomversnellingen of watervallen, zodat prof. Johnson's op het eerste gezicht indruk makende verklaring, bij beschouwing van het terrein zelf, niet meer dan een fantasie blijkt te zijn.

"Cliffs are a proof of recession" zegt H.M. Ward in zijn "English Coastal Evolution" (1922). In het algemeen mag dit misschien juist zijn, doch het is duidelijk, dat men daarbij kan twisten over het tempo van afslag of over den tijd waarin deze afslag plaats vond. Niemand zal betwisten dat bv. kalkkliffen lange de Donau boven Sigaringen niet ontstaan zijn door oeveraantasting van enorme hoeveelheden diluviaal water, doch evenmin zal men willen beweren, dat dit thans nog plaats vindt. Op soortgelijke wijze kan de zeeëngte van Dover ontstaan zijn door de watermassa's der ijstijden, toen de Noordzee onder poolijs



bedekt was en de afzoom in zuidelijke richting zijn uitweg moest zoeken. Kliffen als bij Dover zijn zeker geen bewijs voor recenten afslag, daar sommige hooge kliffen hier sinds vele eeuwen niet meer aan zee liggen.

Prof. Montagu Burrows beweert in "The cinque Ports" dat "the space over which the tides travel (in de zeeënge van Dover) must be at least 2 miles wider than it was some 2000 years ago". Deze volkomen onbewezen bewering, wordt, m.i. terecht, door Dr. Rice Holmes,<sup>1)</sup> die een zeer grondige studie maakte van Caesar's landingen in Engeland, als "based upon pure imagination" beschouwd.

Dowker<sup>2)</sup> "assumes", dat de zeeënge nu één mijl wijder is dan in Caesar's tijd. Ook hier geen enkel bewijs.

Vivien de St. Martin<sup>3)</sup> (1884) zegt, dat Kaap Gris Nez per jaar 0,25 m afneemt. Waarschijnlijk heeft hij dit van Léon Lejeal,<sup>4)</sup> die schrijft: "Certains hydrographes affirment qu'au Gris Nez la falaise s'entame de 0,25 m par an". Dit zou in 2000 jaar dus het bedrag van 500 m leveren, doch dit kan onmogelijk zoveel zijn.

De hierboven reeds aangehaalde H. M. Ward zegt nog in zijn "Coastal Evolution" dat de top der beroemde "Shakespeare Cliff", onmiddellijk bewesten Dover, elk jaar afneemt. Deze top wordt sinds menschenheugenis gebruikt voor het fraaie uitzicht en vraagt men de plaatselijk goed bekende personen of hier wel eens een afbrokkeling of verandering heeft plaats gehad, dan krijgt men een negatief antwoord. Voor ieder, die deze plek bezoekt is het duidelijk, dat de genoemde verlagings als een "losse" opmerking moet

1) Rice Holmes: Ancient Britain and the invasions of Julius Caesar, pag. 528.  
 2) Dowker: 23rd Report of the East Kent Nat. Hist. 1881.  
 3) Vivien de St. Martin: Nouveau Dict. de Géogr. univ. 1884.  
 4) Léon Lejeal: Boulogne sur Mer et la région boulonnaise.

worden beschouwd.

Opmerkelijk is dat Ward, die veelal de kusterosie sterk overdreven voorstelt, van de hoge harde klippen bij Zuid Voorland (en deze interesseeren ons het meest) getuigt als "scarcely yielding appreciably to erosion and not retreating on the average more than  $\frac{1}{2}$  inch a year". Dit zou 1.25 m per eeuw zijn en is bepaald nog te veel. Ward geeft niet te kennen vanwaar dit bedrag werd gehaald. Waarschijnlijk heeft hij dit van Capt. Mc. Dakin's <sup>x)</sup> onderzoeken nabij Dover waarbij werd gevonden, dat "the average erosion of 4 years was unexpectedly small, only amounting to  $\frac{1}{2}$  inch a year". Het spreekt vanzelf dat 4 jaren te kort is om een exact cijfer op te baseeren.

#### § 23. Afslag der Engelsche Kliffen.

Het persoonlijk onderzoek hieromtrent was tweeledig. In de 1<sup>e</sup> plaats werd de kust geheel afgewandeld, terwijl met een 50-tal kustbewoners (havenmeesters, visschers, torenwachters, oudcn van dagen) werd gesproken over afslag of aangroeiing en andere kustproblemen; in de 2<sup>e</sup> plaats werd getracht eenige exacte gegevens te verkrijgen nabij oude bouwwerken.

De Kanaalkusten zijn in tegenstelling met de onze zeer varieerend van karakter. Kliffen en duinen, roolsteen- en sandstranden, afslag en aangroei wisselen elkaar hier op beperkt gebied af. Op vele plaatsen heeft de mensch ingegrepen om afslag te beteugelen met kribben (groins) of hebben havenhoorden een verandering in het plaatselijk regien gebracht. Een studie dezer kust is dus in hooge mate belangwekkend. Het logisch verband tusschen zeesanval, verweering,

x) Mc. Dakin: Coast Erosion - Dover Cliffs, 1899.

stranddrift en kustvorm treedt hier duidelijk aan het licht.

De kusten bezemen de bewoners nagenoeg steeds groot belang in en de oorzaken van afslag of aangroeiing worden met graagte besproken. Onderling verschil van meening hoort men niet. Men weet bv. te vertellen, dat een bepaalde boom 50 jaren geleden op den uitersten rand der klif heeft gestaan en dat deze thans door een afschuiving lager en verder seawaarts ligt, dat ergens anders sinds menschenheugenis geen oevervalleien zijn voorgekomen, dat een oud huis sinds vele eeuwen op den rand der kliffen staat, enz. Deze wetenschap, die niet verder teruggaat dan "menschenheugenis" kan men verlengen door op te merken, dat oude kustgebouwen bv. Romeinsche of middeleeuwsche, thans gedeeltelijk zijn weggespoeld dan wel door kustaanegroeiing in het binnenland zijn komen te liggen of dat oude wegen plotseling door een klifrand worden afgesneden. Op deze wijze vindt men verschillende verklaarbare faïen, die hoewel dikwijls niet in den vorm van exacte meetcijfers, toch onwederlegbaar zijn en een benadering geven van de grootte der gezochte afslag of aangroeiing.

Zoodra men te Dover den voet aan wal zet en een bewoner uithoort over afslag der kusten beoosten en bevesten de haven, verneemt men, dat dit praktisch niet het geval is, doch dat in de laatste jaren nabij Deal wel enige brekken krijgt naar beneden zijn gekomen. Dit laatste wordt geweten aan den aanleg van de groote haven van Dover, die de oostwaarts gerichte "shingle drift" onderschepte, zoodat het strand beoosten Dover, met name nabij Deal te "mager" werd.

Informeert men verder naar Romeinsche en Middeleeuwsche oudheden, dan verwijst men naar de beroemde Romeinsche

"pharos" (vuurtoren) welke op de "Kasteliff" van Dover werd geplaatst en naar het Saksisch kasteel, dat op geringen



Fig. 12

Romeinsche vuurtoren te Dover.

afstand daarvan eenige eeuwen later verrees (zie fig. 12). Miss. Motherdale geeft in "The Saxon Shore" (1929) de kaart van het oude Romeinsche Dubris (Dover) zooals dit volgens de opgravingen moet zijn geweest. De Romeinsche haven lag, waar thans het oostelijk gedeelte der bebouwing van Dover is gelegen, m.a.w. landwaarts van de tegenwoordige kustlijn.

Een kustafslag van 1 à 2 mijlen sinds den Romeinschen tijd gelijk prof. Burrows of Dowker ons willen doen gelooven, moet men dus niet in de buurt van Dover zoeken. Er is hier zelfs aangroeiing geweest en dit is bij de meeste andere

oude havens van Kent eveneens het geval. Zij liggen vrijwel alle thans in het binnenland.

Ten Westen van Dover verheft zich de kaap "Shakespeare Cliff", de "horrible steep" van King Lear. Het pad er heen voert langs den uitersten rand der kliffen, een bewijs dat men geen afbrekkeling vreest. Een hek moet voorkomen, dat men er afvalt.

Ten Oosten van Dover vindt men soortgelijke kliffen ( $\pm$  100 m hoog) en wandelende op den rand daarvan in de richting van Zuid Voorland ziet men reeds spoedig een scheur van  $\pm$   $\frac{1}{2}$  à 2 m breedte, welke een stuk van driehoekigen vorm heeft gevormd. De lengten der beenen van dezen driehoek bedragen elk  $\pm$  67 m, de diepte van den top tot den rand ongeveer 30 m.



Fig. 18

Oude spleet in de kliffen bij Dover.

Deze schuur werd aanvankelijk door mij als betrekkelijk jong beschouwd en ik vermoedde dat het losse brok spoedig in zee zou kunnen storten. Men kon echter gerust over de schuur stappen en het was gewoonte niet de moeite te nemen er om heen te loopen. Deze schuur bestond nl. reeds sinds menschenheugenis (fig.13).

Nog verder wandelende bereikt men Zuid Voorland, met de twee vuurtorrens; een groote, welke thans nog in gebruik is en een kleine, welke als een particuliere woning is ingericht.

Men bevindt zich hier bij het nauwete gedeelte van de Pas van Dover en het is dus van belang op deze plaats eenige bijzondere aandacht te wijden aan de kwestie van den afslag. De groote vuurtoeren werd in 1793 op een afstand uit de kust, welke het Collège der "Trinity Brethern" niet vermocht op te geven, doch door de "Ordnance Survey" door meting op een oude kaart (1801) op ongeveer 143 meter werd bepaald. Deze afstand werd thans (1925) door mij bepaald op  $\pm 132$  m. Hieruit mag men niet tot een afslag sinds 1793 besluiten, omdat de kaart van 1801 op te kleine schaal is en nauwkeurige metingen op te verrichten en lang niet zeker is, dat de kustlijn goed werd geteekend.

De kleine vuurtoeren, eveneens daterend van 1793 werd op geringen afstand van den rand van het klif gebouwd, terwijl deze afstand thans nog 30 ft is. In 1921 is hier nl. plaatselijk een afkalfing geweest van den vorm als in nevenstaende figuur is aangegeven. De resten ervan liggen beneden aan de kust,

SITUATIE KLEINE VUURTOEREN  
ZUID-VOORLAND

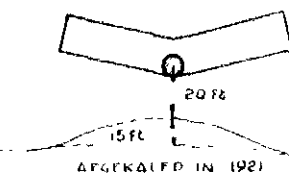


Fig. 14  
Situatieschets van de kleine vuurtoeren (niet meer gebruikt als zodanig) te Zuid Voorland.

Of deze afkalving toevallig juist hier voorkwam, of dat trilling van den toren door den wind of een andere oorszaak dezen val tengevolge heeft gehad zij hier in het midden gelaten, een feit is, dat de eigenaar, Sir William Beardsall, volledig gerust in zijn woning verblijf houdt en niet gelooft, dat er in de eerste honderd jaren gevaar dreigt. Sir William toonde mij nog een schilderij van  $\pm$  1850, waarop de kust van Zuid Voorland was afgebeeld. Kenige onoffenheden van den rotswand welke daarop werden geteekend, waren ook thans nog aanwezig.

De kust tusschen Dover en St. Margaret, lang ongeveer 5 km en hoog gemiddeld  $\pm$  100 m, is dus, zoover kon worden nagegaan, slechts op één plaats, nl. bij de kleine vuurtoren van Zuid Voorland een weinig afgekalft. Telt men de scheur bij Dover mee, dan is totaal  $\pm$  1800 m<sup>2</sup> verdwenen; telt men die niet mee, dan komt men tot  $\pm$  20 m<sup>2</sup> verlies.

Gerekend over de totale 5 km wordt dit een afslag van 36 cm, resp. 0.4 cm in neg 100 jaren. Rekent men het gemiddelde van deze twee, dan komt men tot een afkalving van  $\pm$  18 cm in 100 jaren of 4 m in 2000 jaren. Daarbij komt dan nog een verweering, welke als volgt km worden geschat.

In vele klifwanden vindt men letters en jaartallen gekrast, welke oorspronkelijk  $\pm$  4 mm diep geweest moeten zijn. Uit de verva-ging dezzer jaartallen blijkt, dat per jaar ongeveer 2 mm afslijft. In 1935 waren b.v. de jaartallen 1933 of 1932 nog nauwelijks meer te lezen. In 2000 jaren wordt dit weder  $\pm$  4 meter. Waarschijnlijk is dit iets te gering, daar behalve de afslijting ook een afbrekking plaats heeft; de vuursteen en laten los e.d.

In het geheel komt men dus op een terugwijking der "Augusti montes" (Cicero) van  $\pm$  5 à 15 m in 2000 jaar.

"muratos mirificis motibus"

Een en ander is natuurlijk een ruwe schatting, doch de orde van grootte is wel als juist aan te nemen.

De verweering is dus betrekkelijk van grooten invloed. Dit blijkt ook uit de niet meer aan zee gelegen kliffen, als die bij Walmer Castle, waar een voeting van puin is ontstaan (fig. 15). Uit de grootte deser voeting, gedeeld

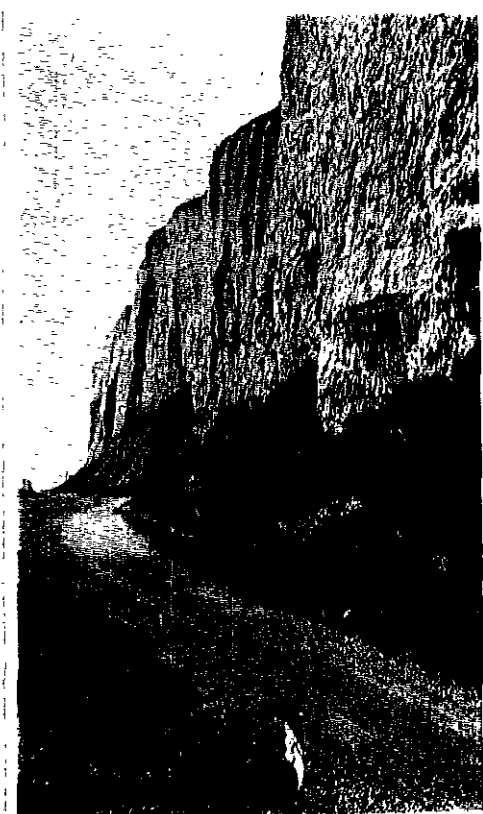


Fig. 15

Doede kliffen bij Walmer Castle. Men lette op de puin voeting.

x)

kalf). In de Nieuwe Rotterdamse Courant van 29 December 1934 kwam het bericht voor dat een brok van 45 m breedte

x) Dit afkalven geschiedt voornamelijk na regens.

door het aantal jaren, dat sinds de verlegging der kust is verlopen, kan men de jaarlijkse verweering ten ruwste berekenen. Voor zover dit kan worden nagegaan moet dit in de orde van grootte van 0.20 à 0.30 m in  $\pm$  200 jaren (Walmer Castle is door Hendrik VIII waarschijnlijk onmiddellijk aan de zee kust gebouwd) zijn geweest.

Onze tocht langs de kliffen vervolgens naar het oosten vindt men van St. Margaret's Bay tot Walmer een kust, welke iets meer afslant (af-





Fig. 16

Puinkegel van afkalving bij Deal  
in 1934. Gefotografeerd 1 jaar  
na de afkalving.

en 18 m diepte ( $\pm 400 \text{ m}^3$ ) op deze plaats naar beneden was gestort. Naar ik vernam zijn in de laatste 30 jaren hier in het geheel drie van dergelijke afkalvingen geweest, de laatste was de grootste. Rekent men de kust tusschen St. Margaret en Walmer Castle weder op 5 km, dan is per 10 jaar dus ongeveer  $\frac{400}{5000} \text{ m} = 8 \text{ cm}$  afkalving te boeken. Per 2000 jaren dus  $\pm 16$  meter.

Deze afkalvingen zijn natuurlijk van den zee kant zeer duidelijk te onderkennen aan de kegelvormige puinheopen, die in een langzaam tempo door de zee worden weggeknaagd. De puinkegel van 1934 werd van boven gefotografeerd weergegeven in fig. 16. Te rekenen naar oudere puinkegels zal het naar schatting meer dan 100 jaren duwen eer deze kegel geheel is opgeruimd.

Fig.17 geeft het profiel op Zuid Voorland gezien uit de



Fig.17.

Gezicht op de kliffen van Zuid  
Voorland.

raai.

Bij Walmer Castle ligt de oude kust landwaarts van  
de nieuwe en nemen tevens de kliffen belangrijk in hoogte  
af. Deel ligt reeds in de vlakte (fig.18), welke grooten-



Fig.18.

Gezicht op Deal. De kliffen wijken  
landwaarts.

deels bestaat uit "shingles" (grind) van de kustdrift  
uit het westen, welke thans sinds  $\pm$  70 jaren door de

havenpiëren van Dover en Folkestone wordt onderschept.

Van de drie kasteelen, welke Hendrik VIII nabij Deal liet bouwen t.w. Walmer Castle, Deal Castle en Sandhurst-castle ligt de 1<sup>g</sup> ruim 200 m in het land, de 2<sup>g</sup> slechts enkele tientallen meters en de 3<sup>g</sup> is gedeeltelijk weggeslagen en daarna tot aan de fundamenteën afgebroken. De beide laatste staan in het alluviaal grindgebied, de eerste, zoals gezegd, aan den uitlooper der kliffen alwaar volgens de deskundigen Caesar moet zijn geland (fig.18).

Benoorden Deal is de jonge marschvlakte, waar de Wantsum doorstroomt, thans een open tijriviërtje van beperkte afmetingen, vroeger een ruime passage tusschen Kent en het voormalige eiland Thanet.

#### § 24. De afslag der Fransche kust.

Hierbij komt het vooral aan op de bepaling van de grootte van den afslag bij Gris Nez (Zwartenes) en bij Blanc Nez (Kales klif). De eerste is een kaap, waarvan het profiel hiervan in fig.19 is geschetst, - Haignéré geeft als oude namen hiervoor: Swartenes, Blacquenay, Blacqenest, Grinez - de tweede is. een

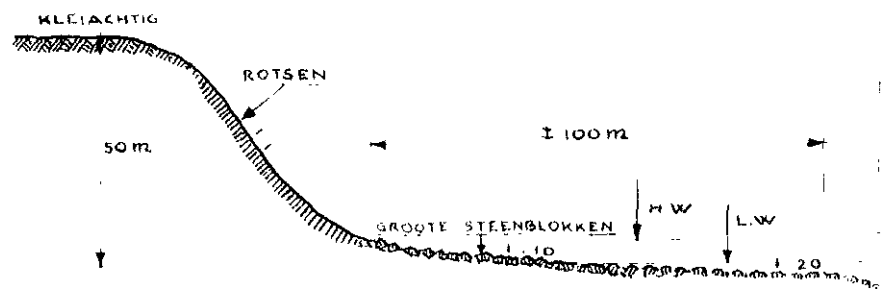


Fig.19. Schets van het profiel van Kaap Gris Nez. (Zwartenes).

krijtkliff met loodrechte wanden van meer dan 100 meter hoogte, dat veel overeenkomst vertoont met dat van Zuid Voorland. Het materiaal van Gris Nez is belangrijk harder dan van Blanc Nez, vandaar dat de eerste de eigenlijke Kaap vormt, waar de algemeene kustrichting verandert. De zeebodem bij Gris Nez is diep; de oever daalt er steil af. Bij Blanc Nez is een erosieplat duidelijk te bemerken tot zelfs  $3\frac{1}{2}$  km in zee (Quenoec). Dit duidt er ook op dat Gris Nez zeer weinig is afgeslagen in vergelijking met Blanc Nez.

Tusschen beide hoofden bevindt zich de kustboog van Wissant, die plaatselijk steeds meer wordt uitgehold. Op

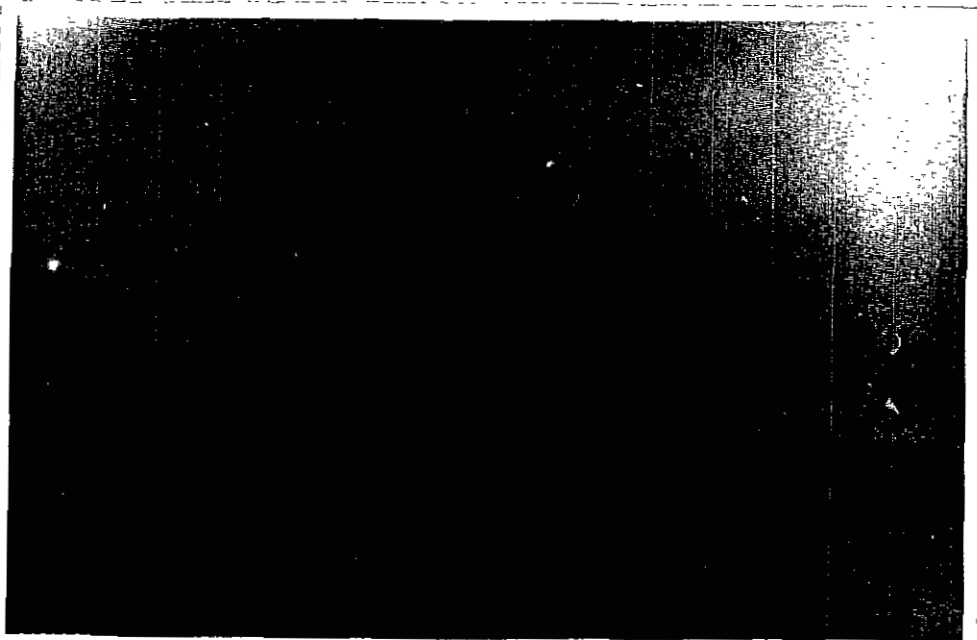


Fig. 80. Gris Nez bij mist.  
 "Swartenes, een vuijlen uijt-  
 boek, daer neffens leggen veel  
 clippen en ridsen langhs de wal".  
 (De vurige Golom 1632).

het profiel der zeeënge heeft dit natuurlijk gesnerlei invloed. Het materiaal is hier nagenoeg uitsluitend zand.

Door toedoen van M. Outrey, hoofdingenieur-directeur van de Franse "Ponts et Chaussées" te Boulogne sur Mer, mocht ik de teekening van 1836 ontvangen, welke is afgebeeld op bijlage B3 en waarop de toenmalige situatie van de gebouwen op Kaap Gris Nez is afgebeeld. Daar deze gebouwen thans nog aanwezig zijn kan een eenvoudige meting uitmaken hoeveel afslag in de laatste 100 jaren heeft plaats gehad - althans indien de teekening betrouwbaar is.

De afstanden AB en CD van de "mur d'enceinte" tot den bovenkant der kaap bedroegen volgens de teekening in 1836 respectievelijk 20 en 27 m. Thans bleken zij bij meting te bedragen 21.50 en 24 m. Men zou dus hieruit de conclusie kunnen trekken, dat de afslag vrijwel nihil geweest moet zijn, ware het niet, dat de "ancienne batterie" welke op de kaart nabij C staat aangegeven, thans niet meer in haar geheel aanwezig is. Bij goed zoeken vindt men den noordelijken uitlooper ervan echter terug in den vorm van een onopmerkelijke aarden verhevenheid van  $\pm$  30 m hoogte en ongeveer 5 m lengte. Waarschijnlijk is het dus, dat de kaart, wat de kust en de "batterij" betreft, onjuist geteekend is (trouwens ook de richtingen naar Dover en Kaap Albrecht zijn verkeerd aangegeven) en dat de kust hier plaatselijk  $\pm$  4 m van den bovenkant heeft verloren sinds 1836. Deze bovenkant bestaat uit klei en vertoont een afronding, zoodat een geringe afkalving bij vochtigen bodem zeer wel mogelijk geacht moet worden. Onwaarschijnlijk is, dat de eigenlijke kaspwand, die hier uit groote rotsen bestaat over 4 meter geruggeweken zou zijn. Deze rotsblokken zijn van een harde substantie, die zeker de eeuwen kunnen trotseeren. Indien wij onze dijken met deze steenen zouden kunnen beleggen, zouden wij zeker voor de eerste eeuwen

daaraan genoeg hebben. Zij vormen de beste kustverdediging die men zich kan denken. De eigenaardige afgeronde vormen, welke deze steenen vertoonen komen reeds voor in den oorspronkelijken bodem en zijn dus geen gevolg van het afslijpend vermogen van golven, of van weer en wind. Het talud van de "oeververdediging" tusschen N.W. en L.W. is vlak nl. ongeveer 1 : 10 à 1 : 20. De betrekkelijk zwakke Kanaalgolven botsen dus niet tegen een stuk rotswand, doch spoelen sterk gerand en gebroken over en door de rotablokken.

Dese geleidelijke wijze van energiedemping, welke ten onzent kunstmatig wordt toegepast, werkt er toe mede, dat de Kaap in den loop der eeuwen slechts buitengewoon weinig teruggedreven zal kunnen zijn. Een bedrag van 25 cm per jaar, zooals Léon Lejealmeannan ("Certains hydrographes affirment qu'au Gris Nez, la falaise s'entame de 0.25 m par an") is absurd.

In den omringingsmuur van de gebouwen der vuurtoren was een steen gemetseld met het navolgende opschrift.

"Au mois de Septembre 1757, le Prince de Croy a trouvé que de la maison du guetteur du Grinet au château de Douvres il y a 17661 toises (34.8 km), que de cette maison au haut de la falaise qui forme la pointe de ce cap il y a 120 toises (253.5 m), et comme il y a à peu près 100 toises (195 m) de la plus grosse tour du château de Douvres au bout de la falaise il y a 17631 toises (34.4 km) d'une falaise à l'autre, ce qui forme le détroit. Cette maison est l'endroit de France qui approche le plus près de l'Angleterre puisqu'elle est 563 toises (1100 m) plus près du château de Douvres que celle du guetteur du Blanc Nez." (1 toise = 1.94904 m).

In 1835 werden nieuwe triangulaties uitgevoerd, waarbij tevens punten van de Varne en de Ridge werden vastgelegd (triangulatie van ingenieur Bégat). Nog later werden in 1862 deze

metingen herhaald en door Larousse vergeleken met die van 1835. In 1862 werd weinig verschil gevonden voor de afstanden, welke de Engelsche en Fransche waarnemers vonden, terwijl ook het verschil met de gegevens van 1835 zeer gering was<sup>x)</sup>. Bijvoorbeeld werd voor den afstand "Signal Fair-light" (Hastings) - "Signal Mount Couple" (St. Inglevert) gevonden :

In 1835 : 76.376.00 m ( 39196,6 toises)

" 1862 : 76.374.55 " (uitgaande van meridiaan v. Duinkerken).  
 : 76.373.92 " (uitgaande van Engelsche triangulatie).  
 : 76.373.85 " (Engelsche berekening).

De cijfers van den Prince du Oroy voor den afstand van de "Maison du guetteur du Grinet" tot aan den rand der kliffen werd <sup>en</sup> niet gecontroleerd, omdat men niet wist van welken hoek van het gebouw gemeten werd en de gebouwen der Marine, welke naderhand dichter bij de kust werden gebouwd, deze meting bemoeilijkten. De genoemde afstand van 130 toises (253,5 m) komt wel ongeveer uit, doch de lijn, waarlangs gemeten zou moeten worden snijdt de kust scheef, zoodat men geen zuiveren afstand zou kunnen meten. Het gaat hier om enkele meters.

Een beter bewijs voor den geringen afslag van Gris Nez kan worden gevonden in het volgende.

x) zie: Rapports sur les sondages exécutés dans le Pas de Calais 1875, blz. 3 van rapport Larousse.

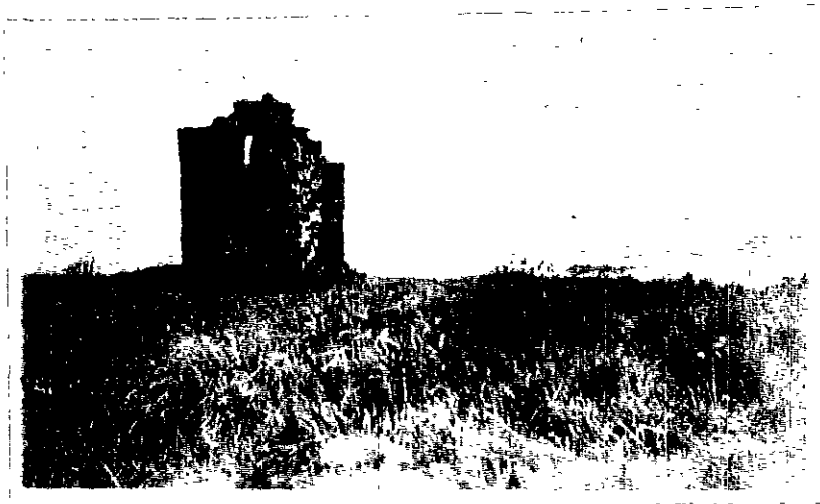
Iets ten oosten van den vuurtoren bevinden zich de aarden wallen van een oud fort, dat in 1544 door de Engelsen werd opgeworpen tegen Hendrik II van Frankrijk<sup>2)</sup>. De aanleg is nagenoeg vierkant en ook de noordhoek ontbreekt niet (Briquet beweert op biz. 243 van zijn "Littoral" abusievelijk van wel). Van denselven tijd dateeren waarschijnlijk ook de steenen schildwachthuisjes, welke op den uitersten rand der Kaap gezet moeten zijn, omdat men alleen van daar een goed overzicht over de zee heeft (zie fig. 21). Men verkrijgt aanvankelijk bij de beschouwing der situatie van dit fort

2) Uit hetzelfde jaar dateert het bekende door Jan Tolhuysen te Utrecht gegoten kanon, dat te Dover nabij het Kasteel staat.

"Breeck seuret al muer ende wal  
 Bin ic geheten  
 Doer bergh en dal boert minen bal  
 Van mi gemeten."

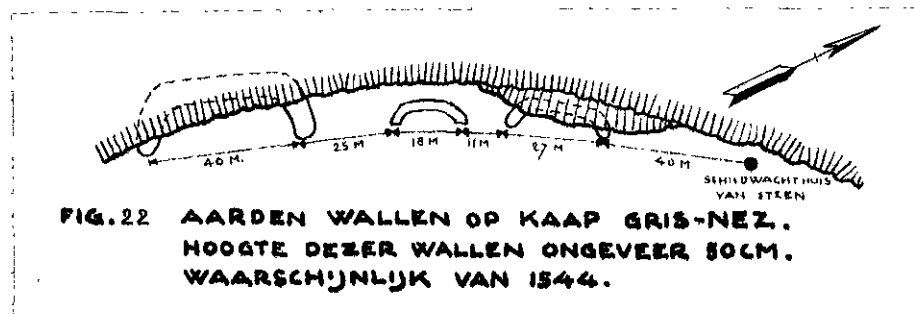
De lengte van dit kanon (bekend onder den naam van "long gun" of "Queen Elizabeths pocket pistol" is 24 voet (7.30 m). Het kanon was oorspronkelijk bedoeld als een geschenk van Karel V aan Hendrik VIII, doch onderlinge oneenigheid belette dit; naderhand werd het door de Staten van Holland aan Elizabeth geschonken.





**Fig. 21.** Schildwachthuisje op den noordelijken hoek van het fort van 1544 te Gris Nez. Gezicht op de baai van Wissant.

en van deze schildwachthuisjes niet den indruk dat er in de 400 jaren, welke sinds den bouw verliepen, iets aan den kustvorm gewijzigd is, doch bij nauwkeurige beschouwing vindt men ook hier weder de "anciennes batteries".



**Fig. 22.** Schets van de ligging der "anciennes batteries" op Kaap Gris Nez.

Fig. 22 geeft een schetsmatige voorstelling hiervan. Het kost eenige inspanning de lage wallepjes te vinden en als oude batterijen te herkennen, doch eenmaal gevonden blijkt duidelijk, dat er sinds den tijd van aanleg eenige afkalving heeft plaats gehad. Bij het steenen schildwachthuisje schijnt dit niet het geval geweest te zijn, doch

verder zuidelijk wel iets. Intussen zegt dit niet veel, daar de bovenste laag der Kaap uit klei bestaat, die veelal zeer plastisch is en gemakkelijk afschuift.

Blijkens de nauwkeurige onderzoekingen van Edm. Ploix<sup>x)</sup> (zie blz. 51) vindt men bezuiden Gris Nez op sommige plaatsen wel eenigen afslag, b.v. ten noordoosten van Boulogne. Hier vormden de kleiachtige heuvels aan den rechteroever der Liens een vooruitspringende kaap, waarop anno 29 door Caligula een vuurtoven (pharos) werd geplaatst; "als getuigenis zijner overwinning liet hij op een vooruitstekende kusthoogte een toren bouwen, waar men des nachts het vuur liet branden om de schepen den weg te wijzen" (Suetone). Deze toren "de Oudemans" genaamd of "Tour d'Ordre" stortte 29 Juli 1644 in. De middellijn er van was 64 voet, de hoogte 200 voet, hij was achtkantig en bezat 12 verdiepingen. Het instorten geschiedde door ondermijning doch er wordt beweerd, dat de resten nog heden aanwezig zijn op de flanken der falaises. Een en ander geeft een indruk omtrent het tempo, waarmede hier de vooruitspringende hoogte werd afgeslagen. Thans is van afslag geen sprake meer, omdat de haven van Boulogne deze kust sinds lang beschermt (zie figuren 96 en 97 in Briquet).

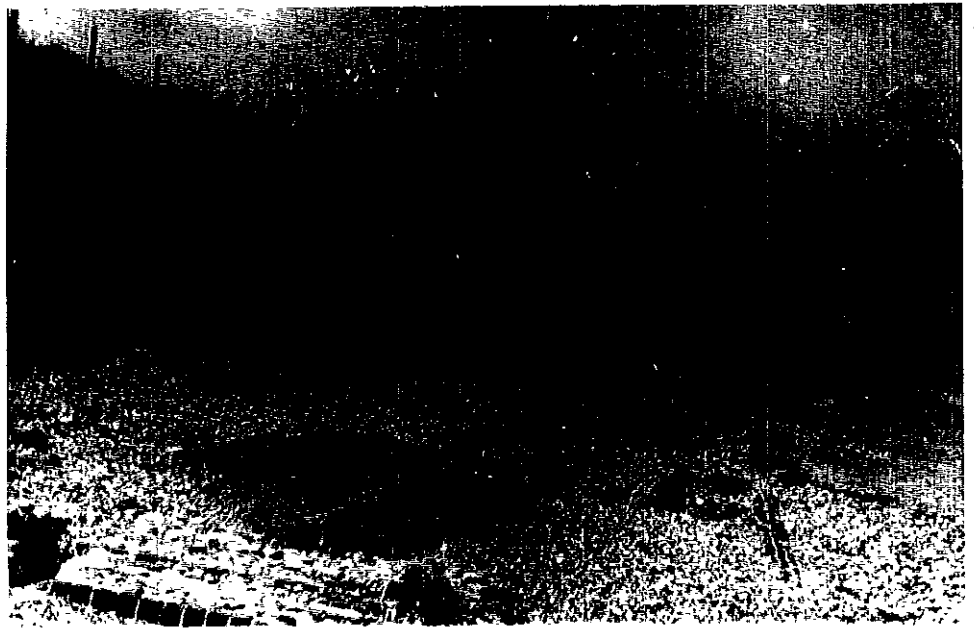
De afslag van Blanc Nez (fig. 23) is ongeveer te vergelijken met die van Zuid Voorland. Bij het "monument" is het krijt hard en vindt men geen kalkkegels, hetgeen een teeken is van geringe aantasting. Verder oostwaarts wordt het materiaal veel zachter en komen de genoemde

x) Edm. Ploix. Rapport sur la reconnaissance de Boulogne. Recherches hydrogr. 7<sup>e</sup> cahier 1876.



**Fig. 23. Blanco Nez. (Kales Klif).**

**kegels hoe langer hoe meer voor. De afslag bij Sangatte**



**Fig. 24. Afslag van de kust bij Sangatte. (Zandgat).**

is duidelijk waarneembaar (fig. 24). De kust is hier dus indentiek aan die der overzijde: de harde lagen bij Zuid Voorland correspondeeren met die van het "Monument" op Blanc Nez, terwijl de zachtere lagen bij Deal overeenkomen met de lagen bewesten Sangatte. Slechts de laatste slaan in betrekkenende mate af.

De afstand van het monument (hart) tot den bovenkant der kliffen bedroeg in 1933, gemeten langs de oppervlakte van het terrein, 166 meter. De afstand van den genoemden bovenkant van het klif tot een daarmee evenwijdig loopende ondiepe terreininsnijding van  $\frac{1}{2}$  m diepte bedroeg 19.30 m.

Ten westen van Blanc Nez worden de lagen der zich daar bevindende lage kustheuvels weder kleiachtig en grijs (Vallon d'Escalles) en kan de zee<sup>zoodoende</sup> de kustboog van Wissant verder uithollen. Men zie hiervoor de uitvoerige beschrijving van Briquet. (blz. 272).

Dat de "Quenses" en de "Rouge-Riden", noowel als "les Gardes" de uitbreiding der vroegere kliffen aangeven is wel waarschijnlijk, o.a. omdat de twee banken (spits) waarop Calais werd gebouwd, gericht zijn naar de "Rouge-riden". Het is echter de vraag hoe lang het geleden is, dat deze banken werden gevormd.

### § 25. Geschiedenis der Kanalkusten.

De geschiedenis der zeestraat is lang en interessant. Reeds de Grieken (Pytheas) en Romeinen (Caesar) bevoeren deze wateren, terwijl er blijkens hunne geschriften van ouds een druk verkeer tusschen de inwoners van Gallië en Brittannië bestond.

Pytheas zeilde van Marseille (Grieksche kolonie) naar den mond der Loire, voer vervolgens langs het Bretonsche eiland en Uxisama (Uhart, Keizand) en vandaar het

Kanaal over te steken en 24 uren later Lands End (Belerium) te bereiken, dat toentertijd het belangrijke tinge-  
bied vormde. De tocht geschiedde in 325 v.Chr.

Het tin werd verhandeld op een eiland Ietis, dat bij laagwater via een soort wadformatie of "tombolo" te bereiken was, ging vervolgens per schip naar Cadix of naar den mond der Loire (Corbilo) en verder over land naar Marseille. De eerste weg was de Carthaagsehe, de laatste de Griekse handelsroute.

Na het tinland bezocht te hebben voor Pytheas eerst naar de Friesche kusten en daarna waarts en vervolgens noordwaarts rondom Engeland en Schotland en duidt daarbij o.a. op Noord Voorland. Helaas is zijn dagboek "Over den Oeeaan" verloren gegaan, doch brokstukken bleven bewaard, omdat Timaeus en Diodorus Siculus daaruit putten. Zoodoende is bekend, dat hij van een viertal plaatsen op de Engelsche kust de hoogste standen van zon en maan met, waardoor het den grooten astronoom Hypparchus mogelijk was voor deze plaatsen de lengte en breedte vrij nauwkeurig te berekenen.<sup>x)</sup>

Voor het eiland Ietis wordt veelal het eilandje St. Michael's Mount aangenomen, dat in het centrum van het oude tinge-  
bied is gelegen in de "Mounts Bay" en dat thans nog geheel aan de beschrijving voldoet. (zie fig. 25). Men heeft wel gemeend, dat men in dien ouden tijd het Kanaal bij Landsend niet durfde oversteken en dat men daarom eerst liever over land naar Wight of Thanet zou zijn gegaan, doch in de eerste plaats voldoen of voldeden deze eilanden niet aan de beschrijving van het tinoiland en in de tweede plaats is het uitgesloten te achten, dat men in die tijden een zoo lange en gevaarlijke landweg (Landsend - Thanet - Boulogne -  
x) Zie Dr. Miss Holmes: Ancient Britain and the invasions of Julius Caesar 1907 en  
H.F. Jessup: The Archeology of Kent 1930.