

rijkswaterstaat



de cyclus der
drempelgeulen bij
de zimmermangeul
(westerschelde)

deel 1: tekst

C 3131,
22a

22

directie waterhuishouding en
waterbeweging
studiedienst vliissingen

over de cyclus der
zogenaamde drempelgeulen
in de oostelijke uitloop
van de zimmermangeul



Inhoud

1	INLEIDING	5
2	SITUATIE WESTERSCHELDE BOVENSTROOMS HANSWEERT	6
	2.1 Algemene beschrijving	6
	2.2 Bodemgesteldheid	8
	2.3 Scheepvaart	10
3	ONTWIKKELING GEULEN- EN PLATENSTELSEL SEDERT 1800	11
	3.1 Bagger- en stortwerken	11
	3.2 Veranderingen geulen en platen	14
	3.3 Inhoudsveranderingen der Westerschelde vanaf 1878	20
	3.3.1 <i>Berekeningen voor de perioden 1878 - 1931</i> <i>en 1931 - 1952</i>	20
	3.3.2 <i>Berekeningen voor de periode 1955 - 1971</i>	22
	3.3.3 <i>Nadere analyse der opgetreden inhoudsveranderingen</i>	23
	3.4 Veranderingen van getijvolumina en geuldoorsneden	27
	3.4.1 <i>Volumina</i>	27
	3.4.2 <i>Geuldoorsneden</i>	31
	3.5 Verticaal getij	34
	3.6 Samenvatting van par. 3	36
4	DE OOSTELIJKE UITLOOP VAN DE ZIMMERMANGEUL SEDERT 1951	37
	4.1 De drempelgeulen	37
	4.2 Stroommetingen en peilschaalwaarnemingen	39
	4.2.1 <i>Stroomdrijvingen in 1962 en 1963</i>	39
	4.2.2 <i>Verticaalmetingen in 1963</i>	42
	4.2.3 <i>Peilschaalwaarnemingen 1963</i>	44
	4.2.4 <i>Metingen van 1966 en 1967</i>	45
	4.3 Slotsom m.b.t. het vloedstroombeeld van voorjaar 1963 t.o.v. latere situaties	46
5	SAMENVATTING EN CONCLUSIES	50
	GERAADPLEEGDE LITERATUUR	59
	LIJST VAN BIJLAGEN	61

Over de cyclus der zogenaamde drempelgeulen in de oostelijke uitloop van de Zimmermangeul

ing. D. de Loeff
ir. J. van Malde

par. 1 INLEIDING

Reeds jarenlang vormt het Nauw van Bath in het bovenstroomse deel van de Westerschelde een der moeilijkst te bevaren geulgedeelten van de scheepvaartweg van en naar Antwerpen. Als gevolg van het verrichten van omvangrijke baggerwerken langs de noordoostelijke rand van de Plaat van Saafdinge (bijlage 1) heeft de in scheepvaartkringen beruchte Bocht van Bath de laatste jaren een wat gunstiger ligging verkregen. Het aan de benedenstroomse zijde van het Nauw van Bath optredende vloedstroombeeld (dwarsstromingen vanuit de Zimmermangeul) vormt echter een omstandigheid waarmee ook thans nog terdege rekening moet worden gehouden.

In het begin van 1963 vond in het Nauw van Bath ter hoogte van de uitloop van de Zimmermangeul een ernstige scheepsramp plaats. De bewuste uitloop vertoonde toendertijd een opmerkelijk sterke ontwikkeling met een vooral bij springtij zeer ongunstige stromingssituatie. Voor de Antwerpse Zeediensten was de toenemende ontwikkeling van de Zimmermangeul overigens reeds in oktober 1962 reden een onderzoek naar het in dit gebied optredende stroombeeld te verrichten. De opgetreden scheepsramp vormde voor de Studiedienst Vlissingen de aanleiding een onderzoek naar de ontwikkelingen in

dit gebied in te stellen.

Daartoe worden sinds 1963 ter aanvulling op de tweejaarlijkse rivierlodingen (controle geulontwikkeling in het algemeen) min of meer regelmatig (3 à 4 maal per jaar) detaillodingen in de uitloop van de Zimmermangeul uitgevoerd. Uit deze peilingen is een sterke veranderlijkheid van de bodemligging aldaar duidelijk gebleken.

Verder zijn in het gebied van de uitloop van de Zimmermangeul alsmede in het aangrenzende gedeelte van het Nauw van Bath ter vastlegging van de toenmalige situatie in 1963 door de Studiedienst Vlissingen uitgebreide stroommetingen verricht. Ook in 1966 en 1967 zijn aldaar nog enkele stroommetingen ter vaststelling van de toen aanwezige stromingssituatie uitgevoerd.

Van het mede op grond van vorengenoemde gegevens verrichte onderzoek naar de ontwikkelingen in het gebied van de uitloop van de Zimmermangeul wordt in deze studie verslag uitgebracht, waarbij vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt is van de gegevens die medio 1973 ter beschikking stonden; de mogelijke invloed van de ontwikkelingen op de oever van de Zimmermanpolder is bij dit onderzoek buiten beschouwing gebleven.

Een algemene beschrijving van het ri-

viergedeelte bovenstrooms van Hansweert geeft par. 2, waarin tevens enige aandacht wordt besteed aan de bodemgesteldheid en de scheepvaart. Aangezien de ontwikkelingen in het gebied van de Zimmermangeul mede bezien dienen te worden in samenhang met de ligging van het omliggende geulen- en platenstelsel volgt in par. 3 een bespreking van de sinds 1800 opgetreden veranderingen in het tussen de drempel van Zandvliet en Hansweert gelegen riviergedeelte; naast de veranderingen van geulen en platen worden in deze paragraaf tevens de onderhoudsbaggerwerken in de beschouwingen betrokken. Par. 4 behelst een nadere analyse van de waargenomen periodiciteit van de in het drempelgebied van de Zimmermangeul optredende z.g. "drempelgeulen", in welk verband tevens de in de loop van de tijd vastgelegde stromingssituaties nader worden besproken. De studie besluit met een samenvatting en enkele conclusies (par.5), een opgave van geraadpleegde literatuur en een lijst van bijlagen.

par. 2 SITUATIE WESTERSCHELDE BOVENSTROOMS HANSWEERT

2.1 Algemene beschrijving

Vanaf de Nederlands-Belgische grens tot aan Hansweert wordt het grootscheeps vaarwater gevormd door achtereenvolgens het Vaarwater boven Bath (soms Pas van Rilland genoemd), het Nauw van Bath en het Zuidergat (bijlage 1). Het bovenstrooms gelegen deel van dit Zuidergat (tot Baalhoek) staat overigens bekend als Overloop van Valkenisse terwijl voor de verder stroomafwaarts ge-

legen gedeelten van het Zuidergat de benamingen Bocht van Walsoorden (ter hoogte van Walsoorden) en (voor het meest benedenstroomse deel) drempel van Hansweert in gebruik zijn. Ter plaatse van de diverse in het vaarwater aanwezige drempels worden de voor de scheepvaart noodzakelijke diepten in stand gehouden door omvangrijke onderhoudsbaggerwerken (par. 3.1).

Het Vaarwater boven Bath sluit bovenstrooms aan op de drempel van Zandvliet (omgeving Zandvlietssluis) en wordt aan de oostzijde door de Ballastplaat gescheiden van het vloed-schaar de Appelszak. Op het Belgische (zuidelijke) deel van de Ballastplaat bevindt zich de in de jaren 1968 t/m 1971 nieuw aangelegde leidam. Deze aan het rivierwaartse einde op het peil van laagwater gelegen dam loopt in bovenstroomse richting op en sluit met een hoogte van NAP + 5,30 m aan op de vaste wal. Overigens is de hoogteligging van de leidam nader aangegeven op bijlage 1.

Aan de westzijde van de v.m. Schorren van Ossendrecht is de in het kader van de werken voor de Schelde-Rijnverbinding ontworpen nieuwe zeedijk in 1973 voltooid, waardoor deze schorren thans geheel aan het kombergingsgebied van de Westerschelde zijn onttrokken. Met de uitvoering van de werken t.b.v. de bewuste dijk is destijds begonnen in 1968.

De (onverdedigde) linkeroever van het Vaarwater boven Bath ligt tegen de oostzijde van het Verdronken Land van Saaftinge. In het zuidoostelijke deel van laatstgenoemd gebied bevindt zich een tot een hoogte van NAP + 6,50 m reikend dijklichaam, waarin de in de jaren 1965,

1966 en 1970 door het Vaarwater boven Bath gelegde water-, gas- en Shell-zinkers zijn opgenomen.

Op de overgang tussen het Vaarwater boven Bath en het Nauw van Bath bevindt zich de drempel van Bath. Ter hoogte van de uitspringende zuidwestelijke dijkhoek bij Bath rust het Nauw van Bath reeds jarenlang tegen de ter plaatse verdedigde rechteroever. Verder stroomafwaarts (voor de Reigerbergsche polder) is deze oever onverdedigd; bij de huidige situatie bedraagt de breedte van het aldaar aanwezige voorland 500 à 700 m. Ten zuiden van het Nauw van Bath bevinden zich achtereenvolgens de Plaat van Saaftinge en het Schaar van de Noord (vloedschaar).

De overgang tussen het Nauw van Bath en de Overloop van Valkenisse wordt gevormd door de drempel van Valkenisse. De onverdedigde linkeroever van de Overloop van Valkenisse c.a. ligt tegen het Verdronken Land van Saaftinge (Marlemonsche plaat, Konijnenschor) en verder stroomafwaarts tegen het Schor van Baalhoek. Benedenstrooms hiervan (langs de Bocht van Walsoorden) is de linkeroever verdedigd. Een belangrijk punt in de verdediging van dit oevergedeelte vormt het in 1966 ingekorte Oude Hoofd. Aan de noordzijde van de Overloop van Valkenisse bevinden zich de Platen van Valkenisse met ten

westen hiervan de Plaat van Walsoorden. Het ten noorden van dit platengebied gelegen geulenstelsel wordt gevormd door het Schaar van Waarde (westelijke inloop) en het hierop aansluitende Schaar van Valkenisse. De bovenstroomse ondiepe uitloop van het Schaar van Waarde bevindt zich tussen de Platen van Valkenisse en de Plaat van Walsoorden.

Het Schaar van Valkenisse heeft (tot medio 1975, zie naschrift) aan de bovenstroomse zijde (althans bij lagere waterstanden) geen rechtstreekse open verbinding met het hoofdwater (Overloop van Valkenisse).

De langs de Zimmermanpolder stromende Zimmermangeul sluit aan de benedenstroomse zijde met een betrekkelijk ondiepe drempel aan op het Schaar van Valkenisse. Het naar verhouding eveneens ondiepe bovenstroomse deel van de Zimmermangeul mondt in de hoofdgeul uit ter hoogte van de drempel van Valkenisse. Bij de op bijlage 1 weergegeven situatie (opneming 1971) werden in het gebied van de bewuste uitloop twee meer of minder sterk ontwikkelde drempelgeulen aangetroffen. Met name dit gebied zal in par.4 voor wat de bodemveranderingen en de stromingssituatie betreft uitvoerig worden besproken. Volledigheidshalve zijn in onderstaand staatje de gemiddelde getijgegevens vermeld voor de stations Bath en Hansweert (slotgemiddelden 1971.0).

Getij	Hansweert				Bath			
	waterstanden in m t.o.v. N.A.P.		tijdsversch. (h en min) t.o.v.Vliss.		waterstanden in m t.o.v. N.A.P.		tijdsversch. (h en min) t.o.v.Vliss.	
	h.w. (+)	l.w. (-)	h.w.	l.w.	h.w. (+)	l.w. (-)	h.w.	l.w.
gem. doodtij	1,85	1,73			2,08	1,68		
gem. getij	2,32	2,08	+1.05	+0.57	2,59	1,99	+1.31	+1.40
gem. springtij	2,68	2,33			2,98	2,19		

2.2 Bodemgesteldheid

Gedurende de jaren 1958 tot en met 1960 is in het oostelijk deel van de Westerschelde in opdracht van de Studiedienst Vlissingen een geologisch onderzoek verricht door de Afdeling Geologische Dienst van de Geologische Stichting (thans Rijks Geologische Dienst). De resultaten van dit in de daaropvolgende jaren verder westwaarts uitgebreide onderzoek zijn neergelegd in een aantal deelrapporten (lit.1). Een overzicht van de ligging van de onderzochte profielen I tot en met VIII en de locaties der daarvoor gebruikte boringen geeft bijlage 2; op deze bijlage zijn tevens de aan de bewuste rapporten ontleende profielen I, II en V getekend. Bovendien is op bijlage 2 de ligging van de door de Geologische Dienst vastgestelde grens van het z.g. oppervlakteveen

aangegeven.

Blijkens bijlage 2 vertoont de veengrens aan de noordzijde (rechteroever) van het beschouwde riviergedeelte tussen de raaien I en VII een ononderbroken verloop. Aan de zuidzijde daarentegen is ze op een aantal plaatsen opgeruimd door aldaar vroeger of thans nog aanwezige geulen. In deze gebieden bevinden zich afzettingen jong zeezand, reikende tot de grootste diepte, die de betrokken geul in de loop van de tijd ooit heeft bereikt.

In het beschouwde gebied ligt de 1 à 2 m dikke veenlaag met de bovenkant op een diepte van NAP -2 à -4 m. Aan de noordzijde van de rivier ligt het oppervlakteveen ten westen van raai II op een wadformatie (oude wadklei, oud zeezand), die in de raaien I en II echter niet

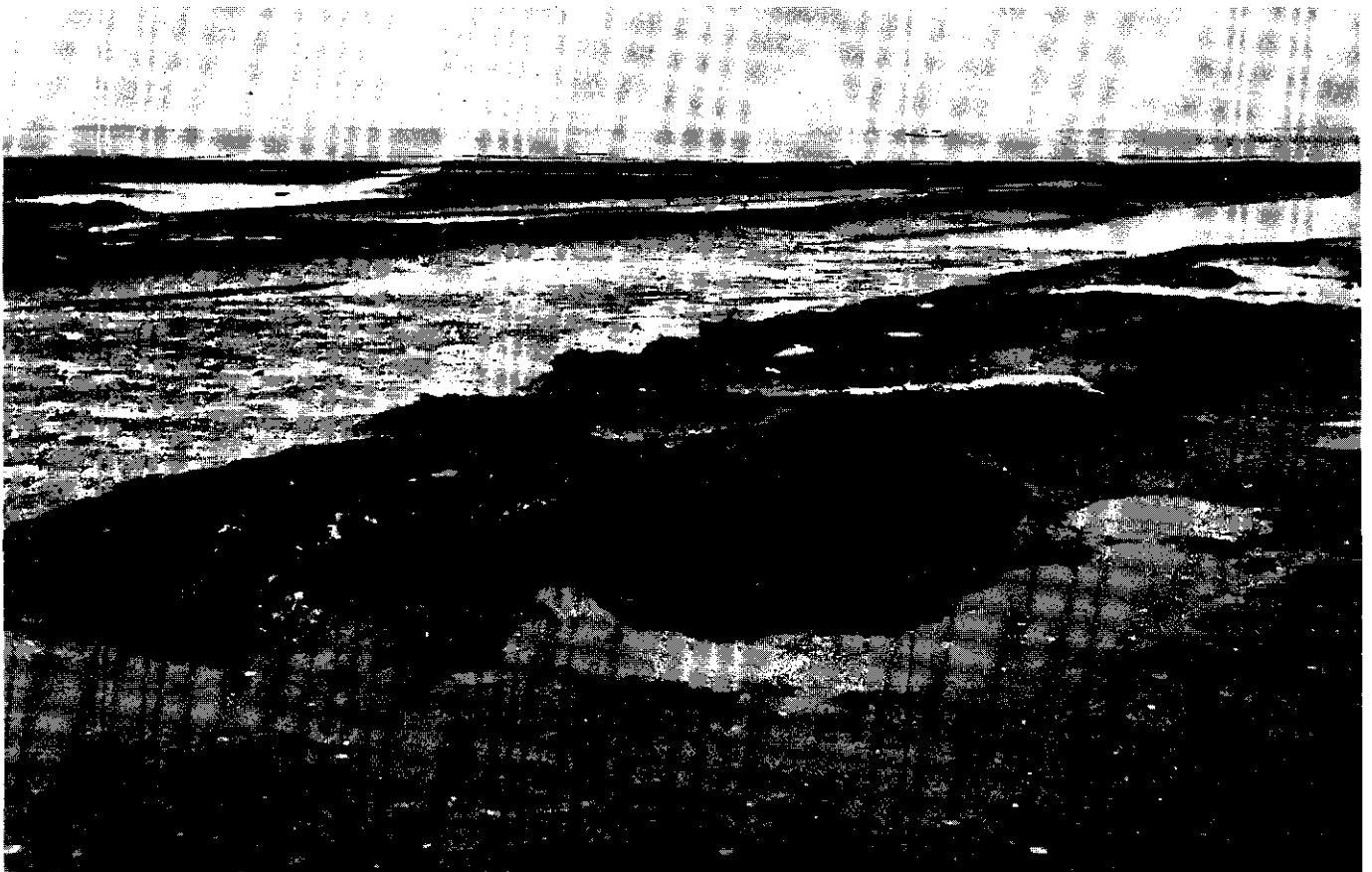


foto 1 Gedeeltelijk uitgemoerd veengebied voor de Kruispolder op het Schor van Baalhoek (bijlage 1, 25 juli 1958).

onder het veen is aangetroffen; hier rust de veenlaag op het Pleistoceen (Afzetting van Vlissingen resp. Afzetting van Halsteren). Aan de zuidelijke oever is in het gebied van het Verdronken Land van Saafdinge (raaien I, II en V) de veenlaag (voor zover aanwezig) eveneens op de Afzetting van Halsteren gelegen; verder westwaarts bevindt zich tussen de veenlaag en de Afzetting Halsteren weer wel een oude wadformatie (raaien III en VI).

Het blijktens de geologische profielen thans tussen de beide oevers met jong zeezand opgevulde rivierbed is in de loop der jaren doorsneden door 20 à 30 m diepe geulen. Over het algemeen zijn deze geulen destijds uitgeschuurd tot in de Afzetting van Halsteren; op een enkele plaats (raai VI) tot op het aldaar

onder deze afzetting gelegen Icenien (eveneens Pleistoceen).

Uit de diverse geologische profielen blijkt dat ook bij de huidige situatie de hoofdgeulen op verschillende plaatsen tot op of in de Afzetting van Halsteren zijn uitgeschuurd; de wijzigingen in de bodemligging vinden thans echter voor het overgrote deel plaats in jong zeezand. Van belang in dit verband is het feit dat de langs de noordelijke en zuidelijke oever onder de veenlaag gelegen oudere grondlagen over het algemeen dicht gepakt zijn en een grotere weerstand tegen uitschuring en ontgrondingen vertonen dan het in het rivierbed aanwezige veelal los gepakte jonge zeezand. Vallen zijn voor zover bekend in die oudere lagen niet opgetreden.



foto 2 Bewoningsresten voor de Kruispolder (gebied ondergelopen 1530/32; 25 juli 1958); op de foto rechtsboven het Lichtbaken van Baalhoek.

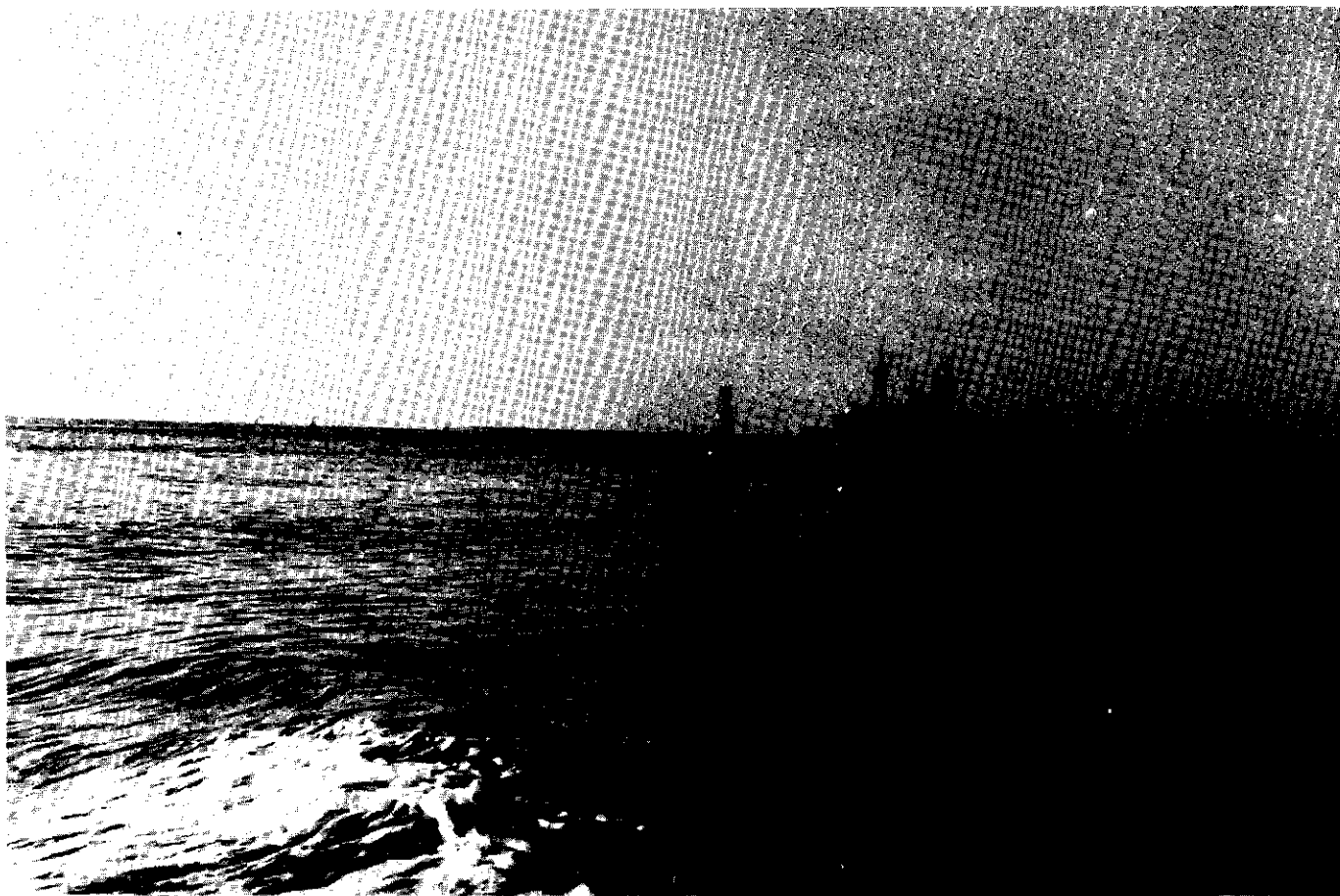


foto 3 Scheepvaart in het Nauw van Bath tijdens vloed (omstreeks halftij, 18 december 1975).

2.3 Scheepvaart

In samenhang met de intensivering van de onderhoudsbaggerwerken op de drempels in het bovenstroomse deel der Westerschelde en de verdieping (eveneens door middel van baggerwerken) van het in de Scheldemond gelegen Scheur is de diepgang van de naar Antwerpen opvarende schepen in de loop der jaren geleidelijk toegenomen (lit.2). De grootste diepgang, die in 1962 op ruim 38' werd bepaald, bedraagt thans ongeveer 44'. Het aantal naar Antwerpen opvarende schepen met een diepgang van 36' of meer toonde een toeneming van 25 in 1962 tot 742 in 1970. In 1971 was overigens sprake van enige vermindering van het aantal dezer grote schepen; de ter beschikking staande vaardiepte was dat jaar evenwel gelijk aan die in

1970. Zoals reeds in de inleiding (par.1) is vermeld is het Nauw van Bath een moeilijk te bevaren geulgedeelte. Een zeer slechte stromingstoestand - waarop nader wordt teruggekomen in par. 4.2 - was omstreeks de jaren 1962 en 1963 aldaar aanwezig ter hoogte van de uitloop van de Zimmermangeul. Op 25 februari 1963 vond tijdens een sterk ontwikkeld springtij in het Nauw van Bath omstreeks hoogwater ('s namiddags) een zeer ernstige aanvaring tussen twee tankers plaats, waarbij een aantal mensen om het leven kwam. De Mira Flores (20 776 brt), die met een diepgang van ongeveer 38' naar Antwerpen opvoer, liep hierbij ernstige schade op en geraakte in brand; de schade aan de afvarende Abadesa (13 350 brt) was van kleinere omvang.



foto 4 De brandende Mira Flores op 26 ~~januari~~ 1964, de dag na de aanvaring in het Nauw van Bath (foto Prov. Zeeuwse Courant).

febr. 3

Terwijl ook in uitgaven van oudere datum van de door de Hydrografische Dienst uitgegeven "Zeemansgids voor de Nederlandse kust" reeds de aandacht op de ongunstige stromingssituatie ter plaatse werd gevestigd, wordt in de na de ramp met de Mira Flores verschenen uitgaven van deze gids (lit. 3, blz. 142) zeer nadrukkelijk gewezen op de vooral bij springtij zeer hinderlijke dwarsstromingen uit de Zimmermangeul. Hierbij wordt gesteld dat deze stromingen tussen 1½ uur vóór tot een kwartier na hoogwater te Bath zeer sterk zijn (tot ruim 6 knopen, d.i. 3 m/s) als gevolg waarvan de schepen plotseling niet onbelangrijk uit hun koers kunnen worden gedrukt.

par. 3 ONTWIKKELING GEULEN- EN PLATEN- STELSEL SEDERT 1800

3.1 Bagger- en stortwerken

Bij de bespreking der geulveranderingen (par. 3.2) dienen mede de omvangrijke bagger- en stortwerken bovenstrooms van Hansweert in ogenschouw te worden genomen. Ook voor het vaststellen van de z.g. inhoudsveranderingen (par. 3.3) zijn de gegevens van deze werken van groot belang. Onder deze werken worden in het navolgende verstaan:

- a. onderhoudsbaggerwerken Belgische Staat (baggeren, storten en afvoeren);
- b. zandwinning en storten van specie t.b.v. de uitvoering van werken;
- c. zandwinning door particulieren (concessiehouders).

De gestorte hoeveelheden specie afkom-



foto 5 Haventje van Paal aan het Speelmansgat, 2 km. zuid-oost van Baalhoek (bijlage 1; 27 maart 1967).

stig uit de baggerwerken in de diverse havens zijn in het navolgende dus niet in beschouwing genomen. Dit is niet gedaan, omdat dit materiaal grotendeels uit slib zal hebben bestaan en dus niet of in onbelangrijke mate van invloed zal zijn geweest op de in par. 3.3 nader in beschouwing genomen zandhuishouding van de Westerschelde.

ad. a. Onderhoudsbaggerwerken Belgische Staat beoosten Hansweert

De onderhoudsbaggerwerken in het bovenstroomse deel van de Westerschelde zijn volgens de beschikbare gegevens in 1905 aangevangen op de drempel van Bath. Enkele jaren later zijn ook op andere drempels baggerwerken in uitvoering genomen. Echter kan pas vanaf 1925 van een fei-

telijk jaarlijks onderhoudsbaggerprogramma worden gesproken. Op te merken valt dat de ten behoeve van de scheepvaart gewenste diepteligging van de drempels in de loop der jaren geleidelijk is toegenomen. Tabel I (bladzijde 13) geeft een overzicht van de in de jaren 1905 t/m 1971 op de diverse drempels gebaggerde hoeveelheden specie. In verband met het feit dat met betrekking tot de gestorte en afgevoerde hoeveelheden specie eerst vanaf 1939 over volledige gegevens wordt beschikt zijn zowel de sedert de aanvang als de sinds 1939 in totaal gebaggerde hoeveelheden specie vermeld. De vermelde hoeveelheden zijn bepaald in middelen van vervoer en afgerond op mln m³.

Tabel I. ONDERHOUDSBAGGERWERKEN WESTERSCHELDE (1905 t/m 1971)

Baggerplaats	Gebaggerd vanaf aanvang		Gebaggerd sedert 1939	
	periode	mln m ³	periode	mln m ³
Drempel van Zandvliet	1910-1971	32	1939-1971	25
Ballastplaat	1946-1962	3	1946-1962	3
Drempel van Bath	1905-1971	75	1939-1971	52
Drempel van Valkenisse	1907-1971	26	1939-1971	19
Walsoorden	1932-1971	13	1939-1971	10
Drempel van Hansweert	1927-1971	29	1939-1971	23
Totaal generaal	1905-1971	178	1939-1971	132

Het grootste deel van de in de loop der jaren op de Westerschelde gebaggerde specie is in het rivierbed teruggestort, de rest is uit het rivierbed verwijderd. De in de periode 1939-1971 gestorte en (overwegend naar België) afgevoerde hoeveelheden specie zijn vermeld in tabel II. Het verloop van de in de loop der jaren gebaggerde en gestorte hoeveelheden specie is voor de belangrijkste drempels en stortplaatsen grafisch (cumulatief) weergegeven op bijlage 3, die in de par. 3.2 en 3.3 nader ter sprake zal komen.¹⁾

Tabel II. STORTEN EN AFVOEREN SPECIE ONDERHOUDSBAGGERWERKEN WESTERSCHELDE (1939 t/m 1971)

Stortplaats	Periode	Totaal gestort (mln m ³)
Schaar van Ouden Doel	1941-1971	4
Appelzak	1939-1971	13
Schaar van de Noord	1942-1968	24
Marlemonsche Plaat	1955-1957	2
Konijnenschor	1939-1965	14
Speelmansgat/Boei 63	1944-1971	15
Schaar van Waarde	1939-1971	31
Diversen	1939-1971	5
Totaal gestort	1939-1971	108
Afgevoerd België	1940-1971	19
Afgevoerd Nederland	1964-1971	5
Totaal gestort+afgevoerd	1939-1971	132

1) Op deze bijlage staan deze hoeveelheden t/m 1972 aangegeven; in de tabellen I t/m III zijn de gegevens t/m 1971 verwerkt omdat voor dit jaar een inhoudsberekening is gemaakt.

ad. b. Zandwinning en storten van specie t.b.v. de uitvoering van werken (beoosten Hansweert)

Ook ten behoeve van de uitvoering van werken zijn hoeveelheden specie aan de Westerschelde onttrokken en erin gestort. Hieromtrent staan vanaf 1950 gegevens ter beschikking; het is alleszins aannemelijk dat de invloed op het rivierbed van deze - ten behoeve van werken verrichte - werkzaamheden voor 1950 zeer gering zal zijn geweest. De beschikbare gegevens zijn samengevat in tabel III; de hoeveelheden (afgerond op 1 000 m³) zijn gemeten in middelen van vervoer.

ad. c. Zandwinning door particulieren (concessiehouders).

Van de door particulieren in de Westerschelde gewonnen hoeveelheden specie staan alle gegevens ter beschikking vanaf 1956. Tot 1971 werd in dit kader geen specie aan het oostelijk deel van de Westerschelde onttrokken.

In 1971 werd door een concessiehouder 27 000 m³ specie gebaggerd in de Appelzak, bestemd voor afvoer naar België.

Op grond van de gegevens vermeld in de tabellen II en III kan gesteld worden dat in de periode 1939-1971 tenminste ruim 33 mln m³ specie buiten de rivier (tussen Hansweert en de Zandvlietsluis) is afgevoerd. Herleid tot een hoeveelheid gemeten in profiel kan deze waarde (bij een uitlevering van 20%) gesteld worden op ongeveer 27 mln m³.

3.2 Veranderingen geulen en platen

Voor het bestuderen van de feitelijk opgetreden bodemveranderingen staan de navolgende gegevens ter beschikking:

- a. hydrografische kaarten (1800-1905; schaal 1 : 50 000);
- b. minuutbladen hydrografische dienst (1921-1952; schaal 1 : 25 000);
- c. rivierlodingen Rijkswaterstaat (1955-1971; schaal 1 : 10 000).

Op grond van de gegevens van deze opnamen is een serie kaartjes samengesteld op schaal 1: 50 000. Enkele van deze kaartjes (verkleind tot schaal 1: 100 000) zijn weergegeven op bijlage 4. Met betrek-

Tabel III. OVERZICHT BAGGEREN EN STORTEN VANAF 1950 T.B.V. WERKEN

periode	gebaggerd en afgevoerd (m ³)	gestort (m ³)	win- resp. stortplaats
1956	235 000	-	Schaar van Valkenisse
1961/68	-	128 000	Schaar van Waarde (inloop)
1962	710 000	-	Schaar van Waarde
1963/64	3 131 000	-	rechteroever bij Zandvlietsluis
1965	587 000	-	Zuidergat bij Veerh. Perkpolder
1965/70	3 210 000	-	Vaarw. boven Bath (zinkerstraten)
1966/67	-	230 000	Put bij Oude Hoofd
1967	-	10 000	Bocht van Walsoorden
1967/68	983 000	-	Plaat van Walsoorden (uitloper)
1969/70	675 000	-	Appelzak (oostzijde)
1950/71	9 531 000	368 000	netto afgevoerd: 9 163 000 m ³

king tot de nauwkeurigheid van het beschikbare kaartmateriaal is een kritische beschouwing gegeven in par. 2 van lit. 4. Hoewel vooral de gegevens van de oudste hydrografische kaarten (vermeld onder a.) wat minder volledig waren zijn ook de op grond hiervan samengestelde kaartjes voor het verkrijgen van een algemene indruk van de opgetreden geulveranderingen goed bruikbaar.

Aanvankelijk vormde het ten oosten van Bath gelegen Kreekrak een open verbinding tussen de Oosterschelde en de Westerschelde. Omstreeks 1867 is deze toen reeds sterk verondiepte geul door een dam (Kreekrakdam) afgesloten. Afgezien van deze ingreep kan tot 1905 van een natuurlijke ontwikkeling in het oostelijke deel van de Westerschelde worden gesproken. Sedert 1905 worden de ontwikkelingen in dit gebied mede beïnvloed door de in par. 3.1 genoemde baggerwerken. Gedurende de periode 1905-1921 (toen nog slechts weinig werd gebaggerd) was deze invloed nog van weinig betekenis. Vooral de laatste jaren is de betekenis der baggerwerken echter sterk toegenomen (par. 3.1).

Aan de hand van bijlage 4 worden de hierop weergegeven situaties achtereenvolgens op de belangrijkste punten nader besproken, waarbij tevens de opgetreden ontwikkelingen in beschouwing zijn genomen. Voor het samenstellen van deze paragraaf is mede par. 3 van lit. 4 geraadpleegd.

Opneming 1800: Reeds in 1800 lag het Nauw van Bath ter hoogte van Bath tegen de rechteroever, maar verder benedenstrooms

vertoonde deze geul een gestrekte ligging terwijl nog verder stroomafwaarts gaande de hoofdgeul toen gevormd werd door het Pas van Waarde en het ter hoogte van Waarde tegen de Zuidbevelandse oever gelegen Groot Vaarwater. Onder de Zeeuws-vlaamse oever werd het minder sterk ontwikkelde Pas van Walsoorden aangetroffen.

Opneming 1860: De opneming van 1860 toont in vergelijking met die van 1800 een sterk gewijzigde situatie, waarbij de ligging van geulen en platen in grote lijnen reeds een belangrijke overeenkomst vertoont met het huidige beeld. Ten oosten van het Vaarwater boven Bath blijkt zich het vloodschaar de Appelzak te bevinden; ten zuiden van het reeds dan sterk uitgebochte Nauw van Bath is het Schaar van de Noord ontstaan. Verder stroomafwaarts is de hoofdgeul onder de Zeeuws-vlaamse oever gelegen, zij het dat deze geul (Zuidergat) zich ter hoogte van Walsoorden (in tegenstelling tot 1800) op enige afstand uit de oever bevindt. Dit geulgedeelte (Schaar van Walsoorden) was in de voorafgaande jaren ontstaan als gevolg van kortsluiting tussen het zich door bochtwerking in westelijke richting verplaatsende Groot Vaarwater en een tussen de Groote en de Kleine Plaat van Walsoorden tot ontwikkeling gekomen vloodschaartje. Deze toedracht kan worden afgeleid uit een - hier niet gereproduceerde - opneming van 1818. Het in 1800 nog sterk ontwikkelde Groot Vaarwater bleek in 1860 volledig te zijn verzand, dit in samenhang met de ontwikkeling van vorengenoemde kortsluitgeul in het gebied van de Plaat van Walsoorden.

Onder de Zuidbevelandse oever bevond zich in 1860 het Schaar van Waarde. Dit aan de inloop (westzijde) naar verhouding diepe vloed-schaar vertoont dan een vrij gestrekte ligging, met een ondiepe in de hoofdgeul uitmondende oostelijke uitloop. Het Pas van Waarde ging na 1800 onder een vrij belangrijke verplaatsing in westelijke richting sterk in betekenis achteruit. In 1860 bleek deze geul (aangegeven met het cijfertje 2) nog slechts als een ebschaartje van vrij geringe omvang in het platengebied aanwezig.

Opneming 1905: De uitloop van het Schaar van Waarde blijkt zich volgens deze opneming tussen 1860 en 1905 noordwaarts te hebben verplaatst tot tegen de Zuidbevelandse oever (Zimmermanpolder). Samenhangend hiermede vertoonden de Platen van Valkenisse bij de opneming van 1905 (vergeleken met die van 1860) een belangrijke uitbreiding. Overigens blijken bij nadere beschouwing van de diverse (hier niet gereproduceerde) tussentijds verrichte opnemingen zich in dit platengebied een aantal ebgeultjes als gevolg van bochtwerking in westelijke richting te hebben verplaatst. De hoofdgeul bochtte ter hoogte van Walsoorden (Schaar van Walsoorden) in de overeenkomstige periode- onder opruiming van het Kleine Plaatje van Walsoorden- uit tot tegen de Zeeuwsvlaamse oever.

Opneming 1921: De drempel van Bath toont in 1921 een zeer ongunstige ligging, hetgeen in belangrijke mate samenhangt met het optreden van vrij sterk ontwikkelde ebgeulen in de ondiepe oostelijke uitloop van het Schaar van de Noord.

Uit de diverse ter beschikking staande gegevens valt af te leiden dat de bewuste - min of meer periodiek optredende - ebgeulen in het zuidelijk deel van het Schaar van de Noord zijn ontstaan om tenslotte - na aanvankelijke toeneming in capaciteit en onder verplaatsing in noordelijke richting- in het noordelijk deel van de Plaat van Saaftinge te verzanden.

Tot instandhouding van het vaarwater wordt zoals reeds vermeld (par.3.1; bijlage 3) sedert 1922 vrij regelmatig onderhoudsbaggerwerk op de drempel van Bath uitgevoerd. Naast het op diepte houden dienen deze baggerwerken tevens tot verruiming van de vaargeul ter plaatse (baggeren langs noordoostelijke rand Plaat van Saaftinge). Meer westwaarts blijkt het Schaar van Waarde in 1921 een zuidelijke tak te hebben gekregen, terwijl noordelijk daarvan belangrijke verondiepingen zijn opgetreden.

Opneming 1931: Gedurende de periode 1921-1931 vertoonde het Schaar van Waarde een verdere belangrijke ontwikkeling, waarbij het ontstaan van twee nieuwe vloedtakken (één op het oosten en één op het zuidoosten gericht) in het gebied van de Platen van Valkenisse min of meer werd voltooid. De oorspronkelijke uitloop van het Schaar van Waarde - die in 1931 als een min of meer afzonderlijk verbindingsgeultje tussen het bewuste vloed-schaar en het Nauw van Bath tegen de oever van de Zimmermanpolder was gelegen - wordt in het hiernavolgende als Zimmermangeul aangeduid.

Voor de nieuwe oostelijk gerichte tak

geldt de benaming Schaar van Valkenisse en voor de zuidoostelijke Schaar van Waarde. De uitloop van het nieuwe Schaar van Waarde heeft zich ontwikkeld uit een ebgeultje dat reeds in 1905 aanwezig was en zich nadien in westelijke richting door de Platen van Valkenisse verplaatste (dit geultje is op de kaartjes van 1905, 1921 en 1931 met het cijfertje 6 aangegeven).

Als gevolg van de uitgevoerde baggerwerken vertoonde de drempel van Bath in 1931 een belangrijk gunstiger ligging dan in 1921.

Opneming 1945: De situatie van 1945 toont een belangrijke achteruitgang aan van de in 1931 sterk ontwikkelde uitloop van het Schaar van Waarde, die samenhangt met het ontstaan van een nieuwe kortsluitgeul ter hoogte van Walsoorden. Deze nieuwe geul -Schaar van Walsoorden genaamd - is in 1951 na uitvoering van een omvangrijk baggerwerk (ongeveer $712\ 000\ m^3$) door de scheepvaart als hoofdvaarwater in gebruik genomen. Hiermee was voor de scheepvaart aldaar een ongeveer overeenkomstige situatie als in 1860 ontstaan.

Wellicht in samenhang met de hiervoor genoemde achteruitgang van de uitloop van het Schaar van Waarde vertoonde het Schaar van Valkenisse een belangrijke toeneming, gepaard gaande met een verdraaiing in zuidwestelijke richting. Het gebied van de Zimmermangeul toont vergeleken met de opneming van 1931 geen opmerkelijke wijzigingen. Evenals in 1931 werd de oostelijke uitloop van de Zimmermangeul ook in 1945 beïnvloed door een vanuit het Nauw van Bath tot ontwikkeling gekomen ebschaartje.

Opneming 1955: Hoewel over het storten van specie in het oostelijk deel van de Westerschelde pas vanaf 1939 nauwkeurige gegevens beschikbaar zijn (par.3.1) is het bekend dat reeds voor die tijd het Schaar van de Noord als stortplaats werd gebruikt. Gedurende de periode 1945-1955 was sprake van een toenemend gebruik van dit gebied (maximaal ongeveer $2\ mln\ m^3/jaar$) als stortplaats, hetgeen vooral tot uitdrukking komt in een sterke verondieping van de westelijke inloop. Naast de verondieping van de inloop van het Schaar van de Noord is ook de betekenis van de hiervoor (onder Opneming 1921) reeds genoemde ebgeulen in de oostelijke uitloop van dit vloedschaar geleidelijk afgenomen. Deze achteruitgang moet echter mede gezien worden als een gevolg van de verbeterde ligging van de drempel van Bath (invloed baggerwerken). De Zimmermangeul vertoonde bij de opneming van 1955 een opmerkelijk gestrekte ligging met een naar verhouding smalle, ondiepe oostelijke uitloop. In tegenstelling tot de opnemingen van 1931 en 1945 was ditmaal in het meest bovenstroomse deel van deze uitloop geen vanuit het Nauw van Bath tot ontwikkeling gekomen ebgeultje aanwezig. Het bovenstroomse in de Platen van Valkenisse gelegen deel van het Schaar van Valkenisse verplaatste zich na 1945 verder in westelijke richting. Overigens vertoonde dit geulgedeelte ook in 1955 nog een vrij diepe ligging. Het oorspronkelijke ebgeultje in het bovenstroomse deel van het Schaar van Waarde (in 1945 reeds sterk verondiept) bleek in 1955 nog verder in betekenis te zijn achter-

uitgegaan. Meer oostwaarts valt evenwel de ontwikkeling van een nieuwe zuidoostelijk gerichte vloedtak van het Schaar van Waarde op te merken. Het Schaar van Walsoorden vertoonde in 1955 een voor de scheepvaart zeer gunstige ligging als gevolg van het in 1951 verrichte baggerwerk (reeds genoemd onder Opneming 1945).

Opneming 1963: Ook in 1963 vertoonde de westelijke inloop van het Schaar van de Noord nog een vrij ondiepe ligging, zij het dat de diepten wat groter waren dan in 1955. Deze (vrij geringe) verdieping zal wel verband houden met het feit dat in de periode 1955-1962 het gebruik van het Schaar van de Noord als stortplaats - vergeleken met de onmiddellijk daaraan voorafgaande jaren (grafiek C, bijlage 3) - wat was afgenomen. Gedurende de jaren 1963 en 1964 is in het Schaar van de Noord weer zeer veel specie gestort (totaal ongeveer 6 mln m^3). In de loop van 1964 moest dit gedurende tientallen jaren als nevenwater betonde vloedschaar dan ook in verband met een te ondiepe ligging voor de scheepvaart worden gesloten.

Als gevolg van de mede langs de noordoostelijke rand van de Plaat van Saaftinge verrichte baggerwerken vertoont de ligging van de drempel van Bath een verdere verbetering (par. 3.1; bijlage 3).

Duidelijk in samenhang met een belangrijke achteruitgaande tendentie van het Schaar van Valkenisse (de betonning werd hier in 1965 opgenomen) vertoont de situatie van 1963 een toegenomen ontwikkeling van de Zimmermangeul. Deze toeneming komt mede tot uitdrukking in een belangrijke

verruiming van de bovenstroomse uitloop, waar - evenals bij de situaties van 1931 en 1945 - weer een vanuit het Nauw van Bath tot ontwikkeling gekomen ebgeultje werd vastgesteld. De hier in de jaren 1962/63 optredende zeer hoge snelheden kwamen reeds in par. 1 en 2 ter sprake; de ontwikkelingen in dit gebied zullen in par. 4 nog uitvoerig aan de orde komen.

De in 1955 aanwezige nieuwe vloedtak van het Schaar van Waarde heeft zich nadien verder ontwikkeld; de oude ebgeul van die naam bleek in 1963 volledig in het plattengebied te zijn verzand.

Onder opruiming van het Kleine Plaatje van Walsoorden verplaatste het Schaar van Walsoorden zich na 1955 geleidelijk aan in de richting van de Zeeuwsvlaamse oever. Blijkens de opneming van 1963 was het bewuste schaar reeds toen volledig verheeld met het restant van de oorspronkelijke tegen de oever gelegen hoofdgeul. In vergelijking met de opnemingen van 1945 en 1955 valt uit de situatie van 1963 een geleidelijke verruiming van de benedenloop van het Zuidergat (drempel van Hansweert) af te leiden. Deze toeneming zal mede bezien moeten worden in samenhang met de omvangrijke in dit gebied verrichte baggerwerken (par. 3.1; bijlage 3).

Opneming 1971: Na 1965 is nog slechts weinig van de inloop van het Schaar van de Noord als stortplaats gebruik gemaakt. Dit komt duidelijk tot uitdrukking in de blijkens de situatie van 1971 sterke verdieping van dit gebied. Overigens vertonen ook het Vaarwater boven Bath en het Nauw van Bath (in vergelijking

met 1963) een opmerkelijke verruiming en verdieping, hetgeen mede zal samenhangen met de toeneming van de baggerwerken en de afvoer van specie uit dit gebied (par. 3.1; bijlage 3).

Verder was de bedijking van de Schorren van Ossendrecht bij deze opneming vrijwel voltooid.

Het Schaar van Valkenisse is na 1963 nog verder achteruitgegaan; in 1971 blijkt de uitloop van deze geul zelfs volledig te zijn verzand. De Zimmermangeul toont daarentegen een verdere ontwikkeling, hetgeen o.a. tot uitdrukking komt in een zekere verbreding (in westelijke richting) van de door ebgeultjes beïnvloede bovendrempel. In par. 4 zal hierop nog worden teruggekomen.

Ter hoogte van het in 1966 ingekorte Oude Hoofd is sinds enkele jaren in het zuidwestelijke deel van de Plaat van Walsoorden een nieuw vloodschaartje tot ontwikkeling gekomen. Opmerkelijk is het feit dat bij de opneming van 1971 een vanuit het Zuidergat ontstaan ebgeultje in de bovenstroomse uitloop van het Schaar van Waarde werd aangetroffen. De mogelijkheid dat bij een verdere ontwikkeling van deze beide nieuwe geultjes te zijner tijd (evenals omstreeks de jaren 1860 en 1945) een nieuwe kortsluitgeul in het gebied van de Plaat van Walsoorden zal ontstaan lijkt niet zonder meer uitgesloten.²⁾ In dit verband valt o.a. te wijzen op de opmerkelijke overeenkomst van de lig-

ging van het geulenstelsel in 1931 ten opzichte van 1971, zij het dat de ebgeul van het Schaar van Waarde toen belangrijk sterker ontwikkeld was dan thans. Gedurende de periode 1963-1971 nam de breedte van de benedenloop van het Zuidergat - zeer zeker onder invloed van de omvangrijke baggerwerken op de drempel van Hansweert - nog verder toe.

In het voorafgaande is bij de beschouwing van de diverse situaties zowel de ontwikkeling van de Appelzak als de ligging van de hoofdgeulen -Vaarwater boven Bath, Nauw van Bath en Overloop van Valkenisse- grotendeels onbesproken gebleven. De uitloop van het vloodschaar de Appelzak werd in vroeger jaren vooral beïnvloed door min of meer periodiek optredende, zich in benedenstroomse richting verplaatsende ebschaartjes.

Het vloodschaar in de inloop vertoonde sinds 1800 tweemaal een oostwaartse uitbocht. De laatste jaren zijn de ontwikkelingen in het gebied van de Appelzak in belangrijke mate verstoord door de aanleg van de in par. 2.1 genoemde leidam op de Ballastplaat. Overigens zullen de ontwikkelingen in het gebied van de Appelzak (mede beïnvloed door stortingen van specie - par. 3.1, bijlage 3) slechts van weinig belang zijn geweest voor de in de loop der jaren in het gebied van de Zimmermangeul opgetreden veranderingen.

Over een langere periode beschouwd vertonen de hiervoor genoemde hoofdgeulen in de buitenbocht een langzame inscharing. De betrekkelijk geringe wijzigingen in de ligging van de hoofdgeulen hangen mede

2) Deze ontwikkeling heeft zich na medio 1973 wellicht mede onder invloed van baggerwerken en stortingen ter hoogte van Walsoorden niet doorgezet.

samen met het feit dat de schaaroevers langs de bewuste geulen - afgezien van de plaatselijke onderbrekingen - zijn opgebouwd uit tegen uitschuring weerstand biedende oude kerngronden (par. 2.2). Als gevolg van de aanwezigheid van deze gronden vertonen de schaaroevers van de bewuste geulen over het algemeen zeer steile belopen, hetgeen meermalen tot het optreden van ontgrondingen van beperkte omvang (afschuivingen) heeft geleid. In 1964 had een dergelijke ontgroning tot gevolg dat de ten behoeve van het Nederlands Loodswezen op de vooroever langs het Nauw van Bath geplaatste lichtopstand "Middenketel" (bijlage 13) in de diepte verdween.

Ondanks de hiervoor genoemde inscharing van de oevers is de ligging van de bocht op de overgang tussen het Nauw van Bath en het Vaarwater boven Bath vooral de laatste jaren verbeterd; dit - zoals hiervoor reeds gesteld - als gevolg van de in samenhang met de onderhoudsbaggerwerken op de drempel van Bath verrichte baggerwerken langs de noordoostelijke rand van de Plaat van Saaftinge. De bocht op de overgang tussen het Nauw van Bath en de Overloop van Valkenisse heeft in de loop van de tijd als gevolg van de uitbochting van de bewuste geulen een wat scherpere ligging verkregen. Op de in dit gebied gelegen drempel van Valkenissen bleven de onderhoudsbaggerwerken uitsluitend tot het instandhouden van de vaardiepte beperkt (par. 3.1).

3.3 Inhoudsveranderingen der Westerschelde vanaf 1878

3.3.1 Berekeningen voor de perioden 1878-1931 en 1931-1952

Op grond van de gegevens van hydrografische kaarten (1878) en minuutbladen van de Hydrografische Dienst (1931 en 1952) zijn destijds bij de Directie Benedenrivieren voor de perioden 1878-1931 en 1931-1952 de inhouds- en diepteveranderingen van de Westerschelde bepaald. 3)

Van deze hydrografische gegevens was de Opneming van 1931 het meest volledig. Op deze kaart (schaal 1: 25 000) stonden naast de diepten in de geulen en op de platen ook uitvoerige gegevens van de ondiepere gedeelten langs de oevers en de schorgebieden vermeld. De kaart van 1952 betreft een ongeveer overeenkomstige opneming; voor de berekening van de inhoudsveranderingen der middelgrote en grote schorgebieden (o.a. Verdrongen Land van Saaftinge) werd hierbij gebruik gemaakt van de gegevens van afzonderlijk verrichte hoogtemetingen. De minst volledige kaart betreft de opneming van 1878; op deze hydrografische kaart (schaal 1: 50 000) waren voor zowel de diepste als de ondiepste gedeelten slechts weinig gegevens vermeld. De oudere kaarten leenden zich in nog mindere mate voor inhoudsberekeningen en zijn derhalve niet in beschouwing genomen.

Met gebruikmaking van vorengenoemde gegevens zijn destijds voor een aantal nauw-

3) De (natte) inhoud van een riviervak is het volume, gelegen onder een gelijkingsvlak en boven de bodem, resp. de bovenkant van slikken, schorren enz.

keurig (in coördinaten) vastgelegde vakken de inhoudsveranderingen vastgesteld. Hiertoe waren binnen deze vakken op 500 m evenwijdig aan elkaar gelegen raaien geprojecteerd. Voor elk dezer ongeveer loodrecht op de geulrichting georiënteerde raaien zijn voor de betreffende jaren profielen getekend (lengteschaal 1: 25 000, hoogteschaal 1: 200) op grond waarvan ten opzichte zowel van gemiddeld laag- als gemiddeld hoogwater de veranderingen van de natte oppervlakten werden bepaald (een nadere verantwoording der gevolgde methode vindt men in lit. 5 en 6). Met behulp van deze gegevens konden de inhoudsveranderingen ten opzichte van de reeds genoemde vergelijkingsvlakken worden vastgesteld.

Gezien de zorgvuldigheid waarmee dit zeer arbeidsintensieve onderzoek is verricht mag verwacht worden dat de ver-

kregen resultaten een redelijk goede indruk geven van de in de beschouwde periode opgetreden veranderingen, ook al staan voor de latere opnemingen veel meer peilgegevens ter beschikking.

Bijlage 5 geeft voor het gehele gebied der Westerschelde een samenvattend overzicht van de op grond van de bewuste berekeningen verkregen resultaten t.o.v. een vast peil GHW en wel het gemiddelde van het GHW 1878 en GHW 1931 (lit.5, par. 4). Op deze bijlage, ontleend aan bijlage 14, lit. 6, staan per vak zowel de totale inhoudsveranderingen als de gemiddelde diepteveranderingen per jaar vermeld.

Voor het bovenstrooms van Hansweert gelegen riviergedeelte (de schorgebieden inbegrepen) zijn in tabel IV voor de perioden 1878-1931 en 1931-1952 de inhoudsveranderingen vermeld (beneden GHW., resp.

Tabel IV. VERONDIEPINGEN WESTERSCHELDE BOVENSTROOMS HANSWEERT (1878 - 1952)

Periode	Inhoudsverminderingen in mln m ³ beneden GHW en GLW resp. tussen GHW en GLW				
	beneden	Vak A	Vak B	schorgebieden (Saaftinge + Ossendrecht)	Totaal
1878	GHW	+0,3	+24,7	+37,6	+62,6
tot	GLW	-7,0	+22,1	+1,9	+17,0
1931	verschil	+7,3	+2,6	+35,7	+45,6
1931	GHW	-4,9	+ 2,5	+15,0*	+12,6
tot	GLW	-4,2	+ 4,4	+0,6*	+0,8
1952	verschil	-0,7	-1,9	+14,4*	+11,8
1878	GHW	-4,6	+27,2	+52,6*	+75,2
tot	GLW	-11,2	+26,5	+2,5*	+17,8
1952	verschil	+6,6	+0,7	+50,1*	+57,4

Toelichting tabel IV: + = vermindering inhoud; - = toeneming

* hoeveelheden voor perioden t/m 1948/49

GLW en tussen GHW en GLW). Volgens lit. 5 en 6 is voor het peil van GLW bij beide berekeningen het GLW van 1878 aangehouden. De in tabel IV weergegeven waarden van de tussen GHW en GLW opgetreden veranderingen geven o.a. een duidelijk beeld van de sterke "aanzanding" van de schorgebieden tussen de bewuste peilen. De tussen GHW en GLW opgetreden inhoudsveranderingen geven echter niet zonder meer aan welke veranderingen de komberging in het beschouwde gebied heeft ondergaan, omdat die veranderingen mede bepaald zijn door de in de loop der jaren opgetreden veranderingen in de getijhoogten (par. 3.5).

3.3.2 Berekeningen voor de periode 1955-1971

Voor een studie van de na 1952 opgetreden inhoudsveranderingen kan worden beschikt over de sinds 1955 verrichte tweejaarlijkse rivierlodingen (kaarten schaal 1: 10 000), terwijl in de schorgebieden van het Verdrongen Land van Saaftinge en de Schorren van Ossendrecht hoogtemetingen zijn verricht in de jaren 1961 en 1962. Het ligt in het voornemen de gegevens van de rivierlodingen in de toekomst door middel van een rekentuig (Dienst Informatieverwerking) te doen verwerken. Gezien het verschil in volledigheid en nauwkeurigheid tussen de opnemingen van 1878, 1931 en 1952 enerzijds en de huidige rivierlodingen anderzijds kunnen inhoudsberekeningen voor de periode vanaf 1955 niet zonder meer worden gekoppeld aan die voor de periode 1878-1952. Op grond hiervan zullen de gegevens der rivierlodingen dan ook te zijner tijd

geheel onafhankelijk van de vroegere berekeningen worden verwerkt; daarbij zal een gewijzigde opzet (o.a. met een aangepast en verdicht raaiensstelsel) worden gevolgd, waardoor een grotere nauwkeurigheid van de resultaten mag worden verwacht.

Vooruitlopend op deze verwerkingen is dezerzijds getracht op eenvoudige wijze een indruk te verkrijgen van de in de periode 1955-1971 in het oostelijk deel van de Westerschelde opgetreden inhoudsveranderingen. Hierbij is ernaar gestreefd ongeveer dezelfde nauwkeurigheid te bereiken als die van de berekeningen over de periode 1878-1952; de veranderingen in de hooggelegen schorgebieden zijn echter geheel buiten beschouwing gebleven.

Bij deze berekeningen week zowel de vakindeling (bijlage 5) als de toegepaste berekeningsmethode belangrijk af van die voor de jaren 1878-1952. Voor de vakgrenzen en voor de op onderlinge afstand van 500 m geprojecteerde raaien is grotendeels de noord-zuidrichting aangehouden (d.i. de Y-as van het coördinatenstelsel). In deze raaien zijn in vaste punten om de 50 m voor iedere opneming de diepten door interpolatie vastgesteld. De inhouds- en diepteveranderingen zijn per vak berekend na bepaling der diepteverschillen in de vaste punten. 4)

4) Uiteraard is deze inhoudsbepaling be-
hept met een mogelijke fout. Een onder-
zoek uit 1975 heeft uitgewezen dat
deze fout t.o.v. een berekening met
een raai-afstand van 100 m tot 5 cm ge-
middelde diepte kan oplopen.

Daarbij kan nog worden opgemerkt dat de begrenzingen der vakken langs de linker- en rechteroever op grond van de aldaar beschikbare dieptecijfers zijn vastgesteld (over het algemeen waren de diepten langs de oevers bepaald tot het peil van ongeveer NAP; uiteraard waren de binnen de vakken boven NAP gelegen plaatgedeelten wel volledig opgenomen).

Een overzicht van de voor de perioden 1955 t/m 1963 en 1964 t/m 1971 verkregen resultaten geeft bijlage 6; voor de inhoudsberekeningen is gebruik gemaakt van de rivierlodingen van 1955, 1963 en 1971. Ter bepaling van het "natuurlijk effect" zijn bij de inhoudsberekeningen mede de gegevens van het baggeren en storten van specie in beschouwing genomen, waarbij nog kan worden opgemerkt dat de gestorte specie voor het overgrote deel afkomstig was van onderhoudsbaggerwerken in de Westerschelde. De rest der specie, afkomstig van buiten het rivierbed, zal zeker niet alleen uit zand hebben bestaan, met welke omstandigheid men bij het opstellen van een zandbalans in feite rekening zou moeten houden. In het onderhavige geval betreft het echter zo'n kleine hoeveelheid ($368\ 000\ m^3$ volgens tabel III) dat dit aspect hier buiten beschouwing kan blijven.

Ondanks het verschil in opzet van de inhoudsberekeningen voor de periode 1955 - 1971 vergeleken met vroegere berekeningen zijn de uitkomsten van de berekeningen over de periode 1955 - 1971 in grote lijnen toch goed vergelijkbaar met de t.o.v. gemiddeld hoogwater vastgestelde en op bijlage 5 weergegeven gegevens

van de vakken A, B en C over de perioden 1878 - 1931 en 1931 - 1952.

3.3.3 Nadere analyse der opgetreden inhoudsveranderingen

Blijkens bijlage 5 vertoonde de Westerschelde gedurende de periode 1878 - 1931 een verdieping van het westelijk en een verondieping van het oostelijk (bovenstrooms Hansweert) gelegen deel. Deze ontwikkeling heeft zich in de periode 1931 - 1952 voortgezet, met dien verstande dat de "grens" verdieping-verondieping zich over een grote afstand in westelijke richting verplaatste. Volgens de gegevens van tabel IV zal de betekenis van het Verdrongen Land van Saaftinge en de Schorren van Ossendrecht als kombergingsgebied in de periode 1878 - 1952 belangrijk zijn afgenomen.

In beide perioden 1955 t/m 1963 en 1964 t/m 1971 is in het "normale" rivierbed (d.w.z. het bed zonder de schorgebieden) sprake geweest van een voortgaande verondieping der rivier tussen Baarland en het Land van Saaftinge, terwijl verder oostwaarts verdieping optrad (bijlage 6). Omtrent de in deze periode opgetreden veranderingen in de hiervoor genoemde schorgebieden staan geen bewerkte gegevens ter beschikking. De uitkomsten der in de jaren 1961 en 1962 verrichte hoogtemetingen tonen overigens wel aan dat deze gebieden sinds de opnemingen van 1948 - 1949 voor de komberging nog verder in betekenis achteruitgegaan zijn (in par. 2.1 is reeds vermeld dat de Schorren van Ossendrecht sinds 1973 volledig aan het kombergingsgebied zijn onttrokken).

In het meest oostelijk gelegen vak A (bijlage 5) waren de diepteveranderingen gedurende de periode 1878 - 1931 in vergelijking met die in het aangrenzende vak B (dat een belangrijke verzanding vertoonde) zeer gering (gemiddeld + 0,02 cm/jr en + 1,2 cm/jr). Dit zal samenhangen met de invloed van de sedert 1905 in het gebied van vak A verrichte baggerwerken (ongeveer 12 mln m³ in profiel gemeten; bijlage 3) en het storten van de gebaggerde specie elders in de rivier. Ook in het tijdvak 1931 - 1952, toen op de drempels van Zandvliet en Bath in totaal ongeveer 27 mln m³ onderhoudsbaggerwerk (in profiel) werd uitgevoerd (bijlage 3), was de invloed van de baggerwerken in vak A duidelijk merkbaar (gemiddelde verdieping 0,9 cm/jr), terwijl de aanzanding van het aangrenzende vak B in deze jaren

gering geworden was (gemiddeld + 0,3 cm/jr). In de voor een belangrijk deel met vak A samenvallende vakken I en II (bijlagen 5 en 6) is de invloed van de baggerwerken gedurende de jaren 1955 - 1971 zeer sterk toegenomen. De hierdoor uit deze vakken netto afgevoerde hoeveelheid specie (37,4 mln m³) is echter aanzienlijk groter dan de verdieping volgens de inhoudsberekening (21,3 mln m³); volgens deze gegevens moet in de bewuste periode dus ruim 16 mln m³ specie van elders in de vakken I en II zijn afgezet. Deze bij de zandbalans betrokken hoeveelheden zijn zeer groot t.o.v. die in de perioden voor 1932, wat tot uitdrukking komt in de herleidingen tot diepteveranderingen. Zo beliepen de resulterende diepteverminderingen in de periode 1955 t/m 1971: -8,0; -6,5; -5,1; +6,4 en 2,3 cm/jr voor de vakken I t/m V.

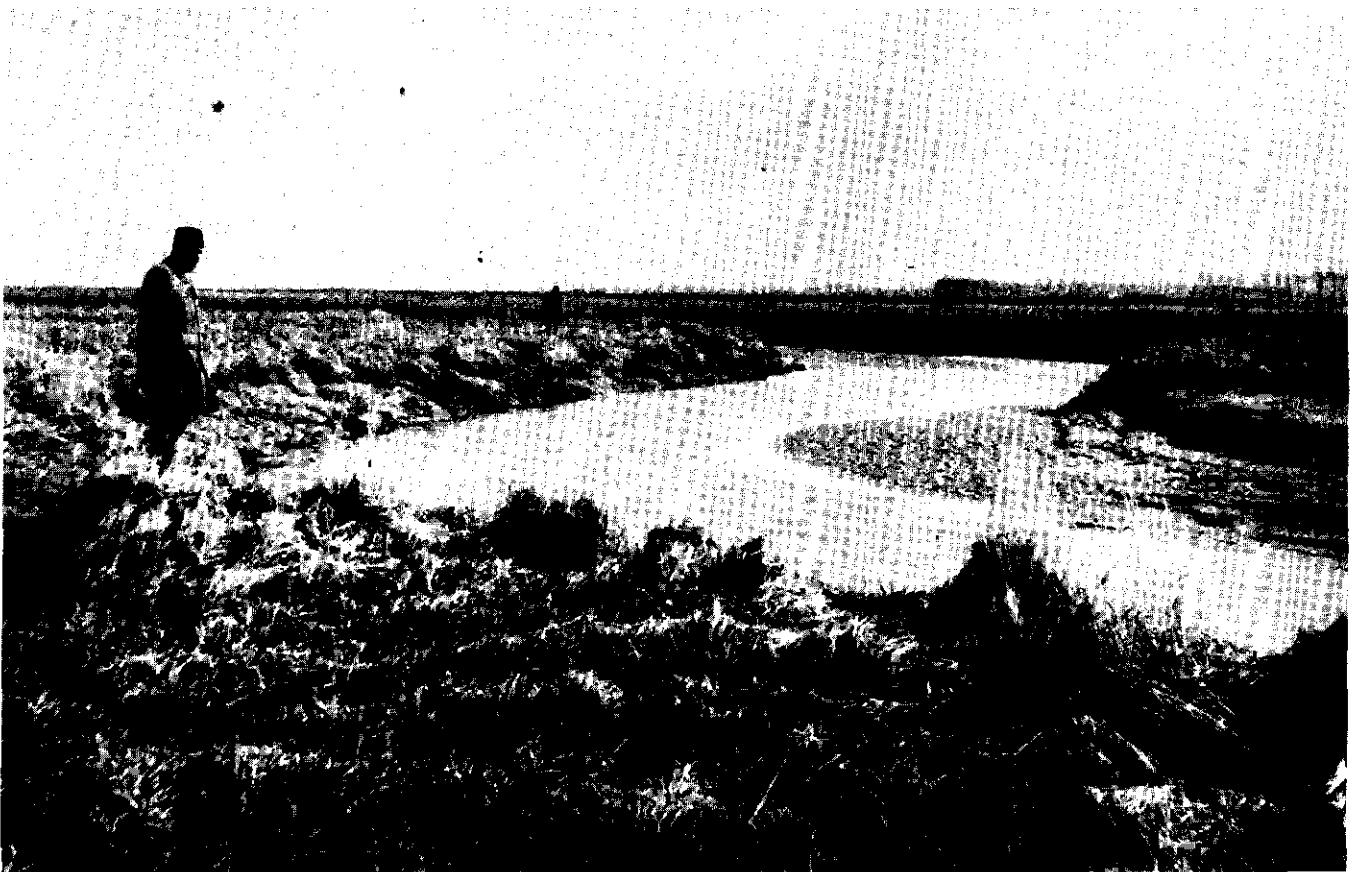


foto 6 Meanderende geul in het Land van Saftinge omstreeks laagwater (27 maart 1967).

Opmerkelijk is dat in de periode 1931 - 1952 een belangrijke aanzanding optrad van het ter hoogte van Ossensisse gelegen vak C (gem. 1,7 cm per jaar). In vak VI (dat een groot gedeelte van vak C omvat; bijlagen 5 en 6) werd gedurende de periode 1955 - 1971 een aanzanding ("natuurlijk effect") van 58 cm vastgesteld (gemiddeld ongeveer 3,5 cm per jaar). De over het tijdvak 1931 - 1952 reeds waar te nemen achteruitgang in dit gebied heeft zich nadien derhalve in versterkte mate voortgezet.

Nu mag het "natuurlijk effect" (d.i. de aanzanding of verdieping van een gebied onder invloed van stromingen) niet zonder meer als een van de bagger- of stortwerken onafhankelijk verschijnsel worden gezien; dit moge uit het volgende blijken. In het kader van een onderzoek naar de aanzanding in het toekomstige noordelijk bekken der Westerschelde na voltooiing van de bochtafsnijding bij Bath (lit. 7) is o.a. een zandtransportberekening uitgevoerd voor de ter hoogte van de Nederlands-Belgische grens gelegen raai D (bijlage 4, situatie 1971). Volgens deze berekening (lit. 7, par. 3) is in de betreffende raai (bij de huidige situatie) van een uiterst klein resulterend transport in de vloedrichting sprake, dat praktisch op nul kan worden gesteld.⁵⁾

Het is derhalve alleszins waarschijnlijk dat de hiervoor genoemde in de periode

5) Zowel Belgische als Nederlandse nadere berekeningen, uitgevoerd in 1975, maken het aannemelijk dat vóór 1971 (d.w.z. vóór de aanleg van de leidam) een resulterend vloedtransport aan de grens optrad, dat niet zonder meer verwaarloosbaar is.

1955 - 1971 in de vakken I en II afgezette specie (ruim 16 mln m³) van benedenstroomse zijde zal zijn aangevoerd. Hiervoor pleit ook de omstandigheid dat op het bovenstroomse gebied van de Schelde tussen Zandvliet en Antwerpen in de beschouwde periode zeer grote hoeveelheden specie zijn gebaggerd en vrijwel geheel aan het rivierbed zijn onttrokken (in de periode 1964 - 1971 achtereenvolgens 18,8 en 17,3 mln m³ - cijfers herleid tot hoeveelheden in profiel).

In het algemeen kan gesteld worden dat er - gelet op de belangrijke aanzandende tendenties ("natuurlijk effect") in dit meest oostelijk deel van de Westerschelde - sprake was en is van een resulterend transport van benedenstroomse in bovenstroomse richting. Het is bepaald waarschijnlijk dat deze "natuurlijke aanzanding" geheel of grotendeels het gevolg is van de omvangrijke baggerwerken, die in deze vakken I en II zijn verricht.

Ondanks het feit dat in het onmiddellijk benedenstrooms van de vakken I en II gelegen vak III in de periode 1955 - 1971 een netto hoeveelheid van 0,9 mln m³ specie werd ingebracht (bijlage 6), werd in dit gebied een belangrijke gemiddelde verdieping geconstateerd. Rekening houdend met de ingebrachte hoeveelheid kan de op natuurlijke wijze aan dit gebied onttrokken hoeveelheid specie op 10,8 mln m³ worden gesteld. Gelet op het voorafgaande is het duidelijk dat deze specie als het ware in stroomopwaartse richting naar de vakken I en II zal zijn "aangezogen". Uit deze constatering kan worden geconcludeerd dat: de zandbalans in het ter hoogte van de uitloop van de

Zimmermangeul gelegen vak III in belang-
rijke (en vermoedelijk overheersende)
mate beïnvloed wordt door de onderhouds-
baggerwerken (baggeren, storten en af-
voeren van specie) in het onmiddelijk
bovenstrooms gelegen gebied.

veroorzaakt door een grote "natuurlijke
aanzanding"). Een eveneens zeer sterke
verondieping blijkt zoals hiervoor reeds
vermeld in het nabijgelegen vak VI te
zijn opgetreden.

Over de periode 1955 t/m 1971 beschouwd



foto 7 Overbrugging van een kreek in het Land van Saaftinge, onderdeel van het looppad naar de schaapskooi (26 juni 1958).

De in vak IV gedurende de periode 1955 -
1971 waar te nemen aanzanding (16,2 mln
 m^3) stemt in belangrijke mate overeen
met de in dit gebied ingebrachte hoeveel-
heid specie (14,6 mln m^3 ; bijlage 6).
In dit verband is van veel belang dat
binnen vak IV de belangrijke stortplaats
boei 63/Speelmansgat is gelegen (par.
3.1; bijlage 3).

Blijkens bijlage 6 is in het ter hoogte
van Walsoorden gelegen vak V in de peri-
ode 1964 t/m 1971 de verondieping nog
groter geweest dan ze in de periode 1955
t/m 1963 reeds was (in beide gevallen

vertonen de meest oostelijk gelegen vak-
ken I, II en III als rechtstreeks gevolg
van of in samenhang met de verrichte
baggerwerken een belangrijke gemiddelde
reële verondieping (bijlage 6). In de vak-
ken IV, V en VI is daarentegen van een
belangrijke reële verondieping sprake;
deze verondieping is in vak IV groten-
deels het gevolg van het storten van
specie, in de vakken V en VI echter van
natuurlijke aanzanding. De hiernavolgen-
de staat (tabel V) biedt van de resulterende
veranderingen een nadere illustra-
tie.

Tabel V. GEMIDDELDE JAARLIJKSE VERONDIEPING (cm/jr)

Periode	vak A		vak B		vak C	
1878-1931	+0,02		+1,2		-0,04	
1931-1952	-0,9		-0,3		+1,7	
1955-1971	-8,0	-6,5	-5,1	+6,4	+2,3	+2,9
1955-1963	-1,4	-3,6	-4,2	+4,4	+1,7	+2,7
1963-1971	-15,5	-9,9	-6,0	+8,5	+3,0	+3,1
Vak	I	II	III	IV	V	VI

De thans aanwezige deels door natuurlijke ontwikkeling deels door menselijk ingrijpen gewijzigde gemiddelde diepteligging in het bovenstroomse deel van de Westerschelde zal in beginsel mede van invloed zijn geweest op de ontwikkelingen in de getijbeweging in het bewuste riviergedeelte.

3.4 Veranderingen van getijvolumina en geuldoorsneden

3.4.1. Volumina

De wijzigingen in de getijvolumina die in het oostelijk deel van de Westerschel-

de sinds de dertiger jaren hebben plaatsgevonden, zullen in het hiernavolgende worden besproken aan de hand van de in dit gebied verrichte debietmetingen. Het betreft hier metingen verricht in een viertal raaien A, B, C en C', die staan aangegeven op bijlage 4 en wel in de situaties 1931, 1955 e.v. (raai A), 1931 en 1963 (raai B) en 1931 en 1971 (raaien C en C'). De hierna vermelde gegevens hebben betrekking op de tot het z.g. standaardgetij 1927 herleide debieten; dit standaardgetij komt met grote benadering overeen met het gemiddelde getij.



foto 8 De schaapskooi in het noordoostelijk deel van het Land van Saftinge (26 juni 1958).



foto 9 Het meetvaartuig Welsinge van de studiedienst Vlissingen tijdens de debietmeting op 23 september 1975 in de meetraai Perkpolder-Waarde (d.i. raai A van bijlage 4).

In raai A (Perkpolder-Waarde) zijn de debieten achtereenvolgens bepaald in de jaren 1937, 1957, 1964 en 1970. De onderlinge verschillen tussen de volgens deze metingen berekende eb- en vloedvolumina zijn naar verhouding vrij klein, waardoor wat deze getijvolumina betreft geen duidelijke voor- of achteruitgang valt af te leiden. Aangenomen mag dan ook worden dat de geconstateerde verschillen, althans grotendeels, toegeschreven kunnen worden aan de onvermijdelijke meetonnauwkeurigheden. De volgens tabel IV in de periode 1931 - 1952 opgetreden achteruitgang van de rivierinhoud (op Nederlands gebied) ging dus blijkens de meetuitkomsten voor de jaren 1937 en 1957

niet gepaard met een duidelijke vermindering van het volume in raai A. Dit wijst er op dat de gevolgen voor het getij van deze achteruitgang geheel of goeddeels zijn opgeheven door de in die periode opgetreden wijzigingen in de HW- en vooral de LW-standen (par. 3.5). Op grond van de gegevens van vorengenoemde metingen kan het eb- resp. vloedvolume in raai A gesteld worden op 360 à 370 mln m³. Naast het totale eb- en vloedvolume zijn in raai A tevens de volumina voor het Zuidergat en het Schaar van Waarde afzonderlijk bepaald. De verdeling van de volumina over deze geulen is in procenten van het totale volume voor de verschillende jaren weergegeven in tabel VI.

Tabel VI. VERDELING EB- EN VLOEDVOLUMINA
RAAI A

Volumina Zuidergat (Z.G.) en Schaar van Waarde (S.v.W.) in procenten van het totale volume.				
jaar	vloed		eb	
	Z.G.	S.v.W.	Z.G.	S.v.W.
1937	33%	67%	42%	58%
1957	30%	70%	48%	52%
1964	36%	64%	53%	47%
1970	42%	58%	55%	45%

Uit de verhoudingscijfers in tabel VI volgt dat in de loop der jaren het Zuidergat een ebgeul en het Schaar van Waarde een vloedschaar bleef; in de verhoudingen van de volumina dezer beide geulen traden echter sinds 1937 belangrijke veranderingen op. Over het algemeen is daarbij zowel bij eb als bij vloed sprake van een belangrijke toeneming van de

volumina in het Zuidergat, dit uiteraard ten koste van het Schaar van Waarde. Aanvankelijk zal vooral het ontstaan (omstreeks 1940) van het Schaar van Walsoorden (par. 3.2) op deze ontwikkeling van invloed zijn geweest, maar na 1951 zullen de omvangrijke baggerwerken op de drempel van Hansweert en nabij Walsoorden alsmede het storten van grote hoeveelheden specie in het Schaar van Waarde deze ontwikkeling in belangrijke mate hebben bepaald. Zou men na het doorbaggeren van het Schaar van Walsoorden (1951) namelijk hebben afgezien van verder ingrijpen, dan zouden na het verhelen van het Schaar van Walsoorden met de onder de oever gelegen geul (omstreeks 1960) de volumina in het benedenstroomse deel van het Zuidergat (raai A) hoogstwaarschijnlijk geleidelijk aan weer in bete-

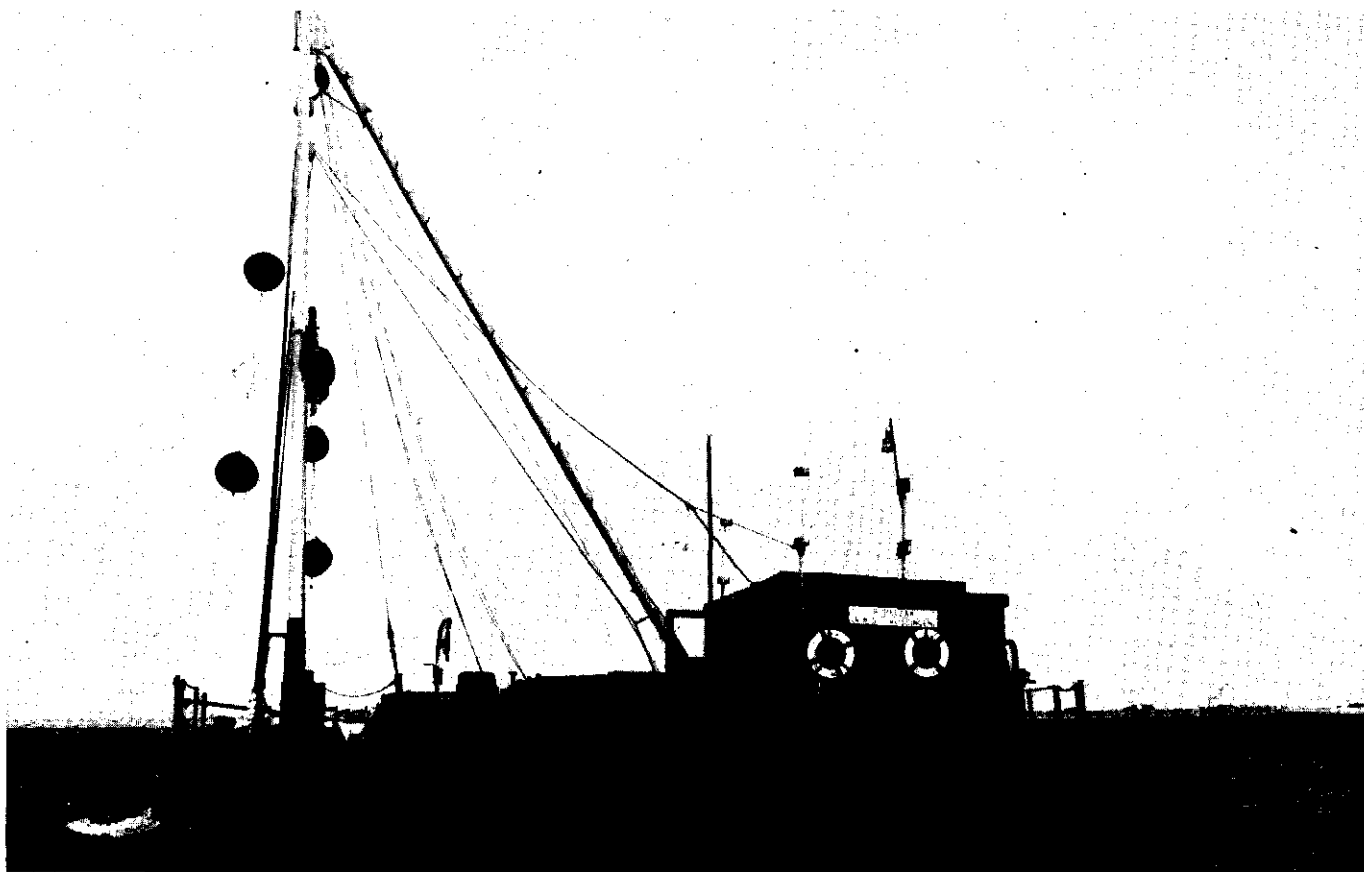


foto 10 De boorbak Appellzak van de studiedienst Vlissingen in bedrijf als meetvaartuig (dezelfde meting als foto 9).

kenis zijn afgenomen. Deze natuurlijke tendentie heeft mede de toeneming van deze baggerwerken (bijlage 3, grafieken 5 en 6) veroorzaakt. Daarentegen zal de inkorting (in 1966) van het Oude Hoofd plaatselijk een flinke weerstandsvermindering hebben teweeggebracht, die op zichzelf een gunstige invloed op de debieten en volumina in het Zuidergat zal hebben gehad.

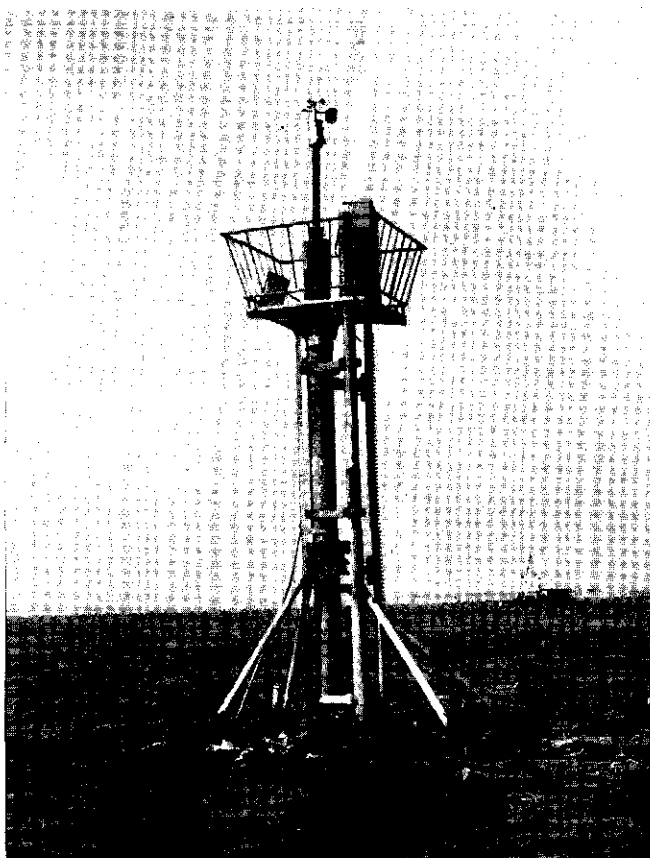


Foto 11 Meetopstelling op de Plaat van Walsoorden; op de achtergrond de Appelzak tijdens de meting van foto 10.

Met betrekking tot de eventuele veranderingen in de waterverdeling over de geulen ter hoogte van de Zimmermanpolder staan slechts weinig gegevens ter beschikking. In de op bijlage 4 in de situaties 1931 en 1963 aangegeven raai B werden debietmetingen verricht in 1933/34 en in 1963. Het totale vermogen voor eb en vloed werd voor 1933/34 bepaald op 250 à 260 mln m³. Volgens de metingen van 1963 was

in deze raai t.o.v. 1933/34 sprake van een achteruitgang van de volumina met 6 à 7%. Deze verkleining der volumina is zo gering dat ze geheel verklaard kan worden uit de meeton nauwkeurigheden en deze verklaring ligt voor de hand omdat de overeenkomstige metingen in de raaien A en C-C' geen aanwijzingen geven dat er sprake zou zijn van een vermindering der getijvolumina. Tabel VII geeft de verdeling der volumina bij eb en vloed over de geulgedeelten a, b, c en d van raai B. Gedeelte a omvat het noordelijke geulgedeelte (Zimmermangeul c.a.), b de Platen van Valkenisse, c de zuidelijke geul (Overloop van Valkenisse) en d het Verdrongen Land van Saaf-tinge (voor elk der beide situaties zijn de lengten dezer gedeelten bepaald aan de hand van het toen aanwezige profiel).

Tabel VII. VERDELING EB- EN VLOEDVOLUMINA RAAI B

Volumina Zimmermangeul- Overloop van Valkenisse c.a., in procenten van het totale volume.								
jaar	vloed				eb			
	a	b	c	d	a	b	c	d
1933/34	24%	1%	68%	7%	21%	1%	74%	4%
1963	25%	1%	69%	5%	23%	1%	72%	4%

Blijkens tabel VII was zowel in 1933/34 als in 1963 sprake van een zeer gering vloedoverwicht in de noordelijke (a) en een klein eboverwicht in de zuidelijke geul (c). In het procentuele aandeel van zowel de noordelijke als de zuidelijke geul blijkt voorts slechts weinig te zijn veranderd. Het verdient hierbij wel de aandacht dat bij metingen in 1933/34 het eb- en het vloedvolume in het noordelijk geulgedeelte (a) tot afstroming kwam in

de Zimmermangeul en via de onmiddellijk ten zuiden hiervan gelegen uitloop van het Schaar van Valkenisse terwijl in 1963 deze volumina volledig op de Zimmermangeul waren geconcentreerd. Dit betekent uiteraard dat het vermogen van deze geul (en van haar uitloop) vrij sterk was toegenomen.

In de op bijlage 4 in de situatie 1931 aangegeven raai C (ongeveer 2 km benedenstrooms Bath) is het totale eb- en vloedvolume bij de metingen van 1933/34 voor het standaardgetij 1927 vastgesteld op 200 à 210 mln m³. Bij de in 1972 verrichte debietmetingen in raai C' (even benedenstrooms raai C, bijlage 4, situatie 1971) bleken de totale volumina in vergelijking met de metingen van 1933/34 vrijwel ongewijzigd. Van belang is verder nog de verdeling der volumina over de geulgedeelten Nauw van Bath en Schaar van de Noord c.a.; tabel VIII geeft hiervan voor de beide metingen een overzicht.

Tabel VIII. VERDELING EB- EN VLOEDVOLUMINA RAAI C RESP. C'

Volumina Nauw van Bath (N.v.B.) en Schaar van de Noord (S.v.d.N.) in procenten van het totale volume.				
jaar	vloed		eb	
	N.v.B.	S.v.d.N.	N.v.B.	S.v.d.N.
1933/34	37%	63%	58%	42%
1972	32%	68%	60%	40%

De huidige waterverdeling over het Nauw van Bath en het Schaar van de Noord vertoont blijkens tabel VIII geen ingrijpende wijzigingen ten opzichte van 1933/34 al was het vloedvolume van het Schaar van de Noord in 1972 bijna 10% groter dan in 1933/34. Daar voor de eb een geringe toeneming van het Nauw van Bath (ebgeul)

werd vastgesteld trad het vloodschaarkarakter van het Schaar van de Noord in 1972 nog eens te duidelijker aan den dag. Hierbij valt op te merken dat het Schaar van de Noord zowel bij de metingen van 1933/34 als tijdens die van 1972 een naa-verhouding diepe ligging vertoonde (bijlage 4). Tot voor enkele jaren vertoonde deze geul als gevolg van het vooral na 1950 storten van grote hoeveelheden baggerspecie echter een belangrijk ondieper ligging; eerst na het staken van dit storten, d.w.z. na 1965, zijn de diepten aldaar geleidelijk weer toegenomen (par. 3.2). Omtrent de eventuele invloed van de toen aanwezige ondiepe ligging van het Schaar van de Noord op de waterverdeling in het bewuste gebied staan geen gegevens ter beschikking. Een zekere tijdelijke beïnvloeding van de debieten door deze ondiepe ligging (achteruitgang Schaar van de Noord, toeneming Nauw van Bath) lijkt echter zonder meer waarschijnlijk.

3.4.2 Geuldoorsneden

Mede in samenhang met de op verschillende plaatsen opgetreden wijzigingen in de eb- en vloedvolumina zijn in de loop der jaren ook de oppervlakten van de geuldoorsneden niet constant gebleven. Het verloop van de profieloppervlakten ten opzichte van GHW en GLW is voor de raaien I, V en PQRS vanaf 1951 weergegeven op bijlage 7. De ligging van deze raaien is op de sleuteltekening van bijlage 7 aangegeven; raai I (evenals raai V een der raaien van geologische profielen, bijlage 2) ligt vrij oostelijk over het Schaar van de Noord (oostelijk ook van de stortplaats, vermeld in par. 3.1).

Uit de grafieken voor raai I blijkt dat de profieloppervlakten over het Nauw van Bath tot omstreeks 1967 een min of meer regelmatige toeneming vertonen; nadien is van enige teruggang sprake. De ontwikkeling van de profielen over het Schaar van de Noord blijkt in deze raai min of meer tegengesteld aan die over het Nauw van Bath, hetgeen duidelijk op een zekere samenhang tussen deze geulen wijst. Naast de invloed van de reeds eerder genoemde baggerwerken op de drempels van Bath en Valkenisse zal dus ook het storten van grote hoeveelheden specie in het Schaar van de Noord tot de profielverruiming van het Nauw van Bath hebben bijgedragen. Immers, na het beëindigen van het storten in het bewuste vloed-schaar in 1965 gaat het profiel van het Nauw van Bath reeds spoedig wat achteruit en neemt dat van het Schaar van de Noord weer toe. Opmerkelijk is voorts dat in raai I de gezamenlijke profieloppervlakten van het Schaar van de Noord en het Nauw van Bath vanaf 1959 een vrijwel ononderbroken toeneming ondergaan.

De na 1951 opgetreden veranderingen van de profielen der Zimmermangeul (raai V) lopen duidelijk parallel aan die van het Nauw van Bath (raai I), zij het dat de geuldoorsneden van de Zimmermangeul ook na 1967 nog wat zijn toegenomen. In de Overloop van Valkenisse waren de veranderingen van de profieloppervlakten ter plaatse van raai V betrekkelijk gering. Evenals in raai I vertoont ook de totale doorsnede van raai V na 1960 een aanzienlijke toeneming, voor een belangrijk deel het gevolg van de hiervoor genoemde toeneming van het profiel van de Zimmermangeul.

In par. 3.3 is geconcludeerd dat de vastgestelde gemiddelde verdiepingen van vak III in belangrijke mate het gevolg zijn geweest van bovenstrooms verrichte baggerwerken. Deze conclusie, de invloed van genoemde baggerwerken op de ontwikkeling van het Nauw van Bath en de duidelijke samenhang tussen de ontwikkeling van het Nauw van Bath en de Zimmermangeul maken het zeer aannemelijk dat ook de toegenomen ontwikkeling van de Zimmermangeul in belangrijke mate door de bewuste baggerwerken is beïnvloed.

In par. 3.4.1 werd reeds aangetoond dat ter plaatse van raai A het aandeel van het Schaar van Waarde in de eb- en vloedvolumina na 1937 gestaag is afgenomen (tabel VI). Op grond hiervan zal ook de zijdelingse af- en aanvoer van water via het onmiddellijk bovenstrooms van raai A gelegen geulen- en platenstelsel bij eb en vloed zijn afgenomen.

De invloed van deze achteruitgang op de verschillende gedeelten in het bewuste gebied kan voor een belangrijk deel uit het grafisch verloop van de profieloppervlakten in de op bijlage 7 weergegeven raai PQRS worden afgeleid. De afzonderlijk te beschouwen profielgedeelten PQ, QR en RS betreffen achtereenvolgens de uitlopen met "bijbehorende" platengebieden van de Zimmermangeul, het Schaar van Valkenisse en het Schaar van Waarde.

De ontwikkeling van de profieloppervlakten in de uitloop van de Zimmermangeul (PQ) toont in tegenstelling tot de geleidelijke toeneming in het meer benedenstrooms gelegen deel van deze geul (raai V) een nogal onregelmatig verloop. Aanvankelijk vertoonden de oppervlakten in

raai PQ slechts geringe wijzigingen; van 1959 tot 1962 en vooral van 1962 op 1963 was echter van een zeer sterke toeneming sprake. Na een betrekkelijk geringe achteruitgang tot 1965 is de oppervlakte van doorsnede PQ sindsdien stabiel gebleven. De natte doorsnede van het profielgedeelte QR (uitloop Schaar van Valkenisse) ging tussen 1951 en 1959 voortdurend achteruit. Van 1959 tot 1963 bleef deze doorsnede vervolgens vrijwel stabiel om daarna weer een doorgaande achteruitgang te vertonen; bij de opneming van 1971 was de oppervlakte van deze doorsnede op het peil van laagwater zelfs tot nul teruggelopen. De onderbreking van de achteruitgang tussen 1959 en 1963 loopt parallel met de reeds genoemde toeneming van de doorsnede van raaigedeelte PQ. De oppervlakten van het profielgedeelte RS (uitloop Schaar van Waarde) blijken in de loop der jaren slechts weinig te zijn veranderd. Door de sterke veranderingen in de gedeelten PQ en QR heeft de ontwikkeling van de uitloop van het Schaar van Waarde de oppervlakteveranderingen in het totale profiel PQRS slechts in geringe mate beïnvloed.

Het verloop van de oppervlakten in het totale profiel PQRS vertoont van 1951 tot 1959 een sterke achteruitgang. Van 1959 tot 1963 is duidelijk van een sterke toeneming sprake, gevolg van de ontwikkelingen in de uitloop van de Zimmermangeul en de stagnering van de achteruitgang van raaigedeelte QR (uitloop Schaar van Valkenisse). Nadien trad weer een doorgaande (aanvankelijk zeer sterke) achteruitgang van het totale profiel PQRS op.

Bij nadere beschouwing van de geschetste veranderingen der profieloppervlakten van raai PQRS lijkt de sterke achteruitgang na 1951 van het profiel van raai QR (uitloop Schaar van Valkenisse) op zichzelf wel te verklaren uit:

- enerzijds de afneming van het getij-aandeel van het Schaar van Waarde (in raai A volgens tabel VI⁶⁾ voor wat betreft het ebvolume sinds vermoedelijk 1937 en voor wat betreft het vloedvolume sinds ongeveer 1957);
- anderzijds de naar verhouding sterke toeneming van de Zimmermangeul sinds 1957 (raai V, bijlage 7).

De zeer opvallende toeneming van het profiel van raai PQ (uitloop Zimmermangeul) in de jaren 1959 - 1963 is deels verklaarbaar uit het feit dat zich toen in deze uitloop een stelsel van gescheiden geulen (ebschaar en - bescheiden - vloodschaar) heeft ontwikkeld, welke ontwikkeling in par. 4.1 nader ter sprake zal komen. De zojuist genoemde profieltoeneming is echter dermate groot dat het onaannemelijk is dat deze "schaarvorming" haar enige oorzaak is; bovendien ging deze profielverruiming merkwaardigerwijze gepaard met een onderbreking van de achteruitgang van het profiel van raaigedeelte QR. Het lijkt dan ook aannemelijk dat er sprake moet zijn geweest van een vermeerdering der getijvolumina, niet alleen van de Zimmermangeul (op welke mogelijkheid

6) In de toelichting op de tabel (par. 3.4.1) is er reeds op gewezen dat de achteruitgang van het Schaar van Waarde in belangrijke mate zal zijn bepaald door de baggerwerken in de hoofdgeul en het storten van grote hoeveelheden specie in het Schaar van Waarde (grafiek G, bijlage 3).

in par. 3.4.1 reeds is geweest), maar ook van het Schaar van Waarde.

Een dergelijke (tijdelijke) toeneming in het Schaar van Waarde volgt bepaald niet uit de gegevens der metingen in raai A uit de jaren 1957, 1964 en 1970 (par. 3.4.1), maar is daarom nog niet uitgesloten. Ze zou kunnen samenhangen met het storten in het Schaar van de Noord van een 13 mln m³ tussen 1948 en 1961 en van nog een 9 mln m³ in de jaren 1962 t/m 1965 en met de omvangrijke baggerwerken verder bovenstrooms (bijlage 3), welke baggerwerken immers volgens par. 3.3.3, een ontzandende werking op het bewuste gebied hebben gehad. Deze beide factoren kunnen echter niet de enige oorzaken zijn van de hiervoor genoemde ontwikkeling der profielen van de raaigedeelten PQ en QR tussen 1959 en 1963.⁷⁾ De bovenstroomse baggerwerken zijn namelijk na 1963 zeker niet verminderd (bijlage 3) en in de jaren 1963, 1964 en 1965 zijn eveneens grote hoeveelheden specie in het Schaar van de Noord gestort terwijl tegelijkertijd de profielen der beide raaigedeelten PQ en QR weer afnamen. Een geheel bevredigende verklaring kan hier dan ook niet worden gegeven. Misschien heeft nog een zekere rol gespeeld de vrijwel continue toeneming van het gemiddelde getijverschil van 1949 t/m 1960/61 met in totaal een 25 cm⁸⁾ en de daarna opgetreden ver-

minding ervan (e.e.a. was gevolg van de 18,6-jarige cyclus van de helling van de maanbaan).

In par. 4.3 zal op een en ander nog nader worden ingegaan.

3.5 Verticaal getij

Naast veranderingen in de waterverdeling en de geuldoorsneden (par. 3.4.1 en 3.4.2) zijn in de loop der jaren tevens wijzigingen opgetreden in het verticale getij. Met betrekking tot het hoog- en laagwater en het getijverschil wordt hiervan voor de stations Vlissingen, Hansweert, Bath en Antwerpen voor enkele tienjarige perioden een overzicht gegeven in tabel IX (bijlage 8). In de eveneens op bijlage 8 weergegeven tabel X zijn voor de overeenkomstige stations gegevens opgenomen betreffende de eb- en vloedduur (gemiddelden over enkele tienjarige perioden) alsmede van de in de periode 1911/20 - 1961/70 opgetreden getijveranderingen. De desbetreffende gegevens zijn ontleend aan het "Tienjarig overzicht der waterhoogten" (Rijkswaterstaat) en aan het "Overzicht van de getijwaarnemingen in het Zeescheldebekken" (België).

Uit de tabellen IX en X volgt dat op de Westerschelde de gemiddelde hoogwaterstanden in de loop der jaren 20 cm hoger zijn geworden, de gemiddelde laagwaterstanden omstreeks 10 cm (variërend tussen 14 cm voor Bath en 9 cm voor Hansweert) zodat de gemiddelde tijamplituden 6 à 11 cm toenamen, terwijl de veranderingen in de vloedduur en de ebduur verwaarloosbaar zijn. Het station Antwerpen wijkt af van dit algemene beeld:

7) De stortingen in het Schaar van de Noord komen niet zonder meer tot uitdrukking in de desbetreffende grafiek voor raai I, bijlage 7, dit ten gevolge van haar oostelijke ligging.

8) Voor Vlissingen, Hansweert en Bath achtereenvolgens 25, 24 en 16 cm.

de GHW-stand werd 24 cm hoger, de GLW-stand 7 cm lager (m.a.w. de amplitude 31 cm groter), terwijl verder de vloedduur 12 minuten korter werd en de ebduur 12 minuten langer.

Het verloop van de relatieve veranderingen van de gemiddelde waterstanden aan de stations Hansweert, Bath en Antwerpen t.o.v. Vlissingen wordt voor de periode 1891/1900 - 1961/70 grafisch weergegeven op bijlage 9 (door het beschouwen van deze relatieve veranderingen is de invloed der 18,6-jarige periode van de variatie in de helling van de maanbaan geëlimineerd). Hieruit blijkt dat het tijverschil in deze periode te Antwerpen ongeveer 40 cm meer is toegenomen dan te Vlissingen; voor de stations Hansweert en Bath werd deze toeneming op ongeveer 10cm vastgesteld. De sterke toeneming van het tijverschil te Antwerpen (in vergelijking met Hansweert en Bath), die grotendeels na 1910 plaatsvond, is voornamelijk het gevolg van de belangrijke relatieve daling van het gemiddelde laagwater aldaar in de beschouwde periode (ongeveer 30 cm). De hoogwaters te Hansweert, Bath en Antwerpen vertoonden een relatieve stijging van ongeveer 10 cm. Op grond van de gegevens van de bijlagen 8 en 9 mag worden aangenomen dat:

- de onderhoudsbaggerwerken op de Westerschelde hoogstwaarschijnlijk het getij op Nederlands gebied niet hebben beïnvloed;
- de in dit gebied opgetreden getijveranderingen zijn terug te brengen tot natuurlijke omstandigheden (relatieve zeespiegelrijzing, klimatologische invloeden, 18,6-jaarscyclus e.d.);

- de onderhoudsbaggerwerken op de Westerschelde en de (Belgische) Schelde op het getij bovenstrooms van de grens wel invloed hebben gehad, tot uitdrukking komend in een versterking van de getijbeweging (waarop ook in lit. 8, blz. 4 wordt gewezen) en een verkorting van de vloedduur (welk aspect in lit. 8 onbesproken blijft).

Voor wat dit laatste betreft geeft tabel XI (bijlage 8) meer gedetailleerde informatie.

Met betrekking tot de in tabel XI vermelde tijverschillen voor laagwater valt op te merken dat de over de periode 1911/20 - 1961/70 aan het station Antwerpen waar te nemen verkorting van de vertraging ten opzichte van Vlissingen (14 minuten) voor een deel het gevolg is van de verkorting tussen de stations Vlissingen en Hansweert (6 min.). Op het bovenstroomse deel van de rivier (Hansweert-Antwerpen) is van een iets grotere verkorting (8 min.) sprake.

Voor hoogwater is de verkorting van de vertraging aan het station Antwerpen ten opzichte van Vlissingen over de periode 1911/20 - 1961/70 bepaald op 25 minuten. Deze verkorting werd voor het traject Hansweert-Antwerpen vastgesteld op 20 minuten en voor het gedeelte Vlissingen-Hansweert op 5 minuten. De verkorting van de vertraging voor hoogwater in het bovenstroomse deel van de rivier zal, zoals reeds opgemerkt, vooral een gevolg zijn van de door middel van baggerwerken in dit gebied veroorzaakte verdiepingen. Blijkens tabel XI was de bewuste verkorting in het meest bovenstroomse deel (Bath-Antwerpen) gedurende de periode

1921/30 - 1961/70 duidelijk groter dan in het gedeelte Hansweert-Bath (14 min. resp. 1 min.). In het benedenstroomse deel van de rivier (Vlissingen-Hansweert) zal de verkorting van de vertraging vooral gezien moeten worden in samenhang met de in de loop der jaren in het westelijk deel van de Westerschelde door natuurlijke ontwikkeling ontstane verdiepingen (par. 3.3; bijlage 5).

3.6 Samenvatting van par. 3

Uit de in par. 3 met betrekking tot de geulontwikkelingen in het oostelijk deel van de Westerschelde omschreven veranderingen is gebleken dat naast de natuurlijke ontwikkelingen vooral de invloed van de in dit gebied verrichte baggerwerken van groot belang moet worden geacht. Met name in het ter hoogte van de Zimmermanpolder gelegen vak III (bijlage 6) bleek de invloed van de bovenstrooms (o.a. ter hoogte van Bath) verrichte baggerwerken op de toeneming van de gemiddelde bodemdiepte aldaar duidelijk aanwezig. De uitvoering van laatstgenoemde baggerwerken ging gepaard met het afvoeren buiten de rivier of het elders storten van grote hoeveelheden specie. Naast de algemene verdieping van vak III moet ook rechtstreekse invloed der bovenstroomse baggerwerken op de sinds 1951 geleidelijk aan toegenomen ontwikkeling van de binnen vak III gelegen Zimmermangeul als zeer aannemelijk worden verondersteld.

De volumina van de Westerschelde vertoonden in de in beschouwing genomen raaien A, B en C-C' (bijlagen 4 en 7) sinds de dertiger jaren geen wijzigingen

van betekenis. Dit is vooral opmerkelijk gezien de in de loop der jaren opgetreden vermindering der (natte) inhoud van het Verdrongen Land van Saafdinge en de Schorren van Ossendrecht.

De verhoging der gemiddelde hoog- en laagwaterstanden in dit deel der Westerschelde en de vergrote komberging verder bovenstrooms (verlaging GLW en verhoging GHW) hebben deze invloed klaarblijkelijk geheel opgeheven. In de waterverdeling tussen de diverse geulen onderling was in de beschouwde periode vooral in de benedenstroomse raai A van een vrij belangrijke verandering sprake; zowel bij eb als bij vloed vertoonde het Zuidergat aldaar een vrij sterke toeneming ten koste van het Schaar van Waarde. Ook hierbij zullen de verrichte baggerwerken een belangrijke rol hebben gespeeld. Overigens is het niet uitgesloten dat omstreeks 1960 het Schaar van Waarde tijdelijk meer water heeft getrokken, wat dan mede de opmerkelijke profielverruiming in de uitloop van de Zimmermangeul in de periode 1959-1963 zou hebben teweeggebracht.

Ten tijde van het ongunstige stroombeeld in de uitloop van de Zimmermangeul (1963) zijn geen exacte gegevens betreffende de waterverdeling tussen het Nauw van Bath en het Schaar van de Noord (raai C-C') bekend. Gezien de ondiepe ligging van het Schaar van de Noord in de aan deze situatie voorafgaande jaren (gevolg van intensief gebruik als stortplaats voor baggerspecie) en de hiermee gepaard gaande toeneming van het Nauw van Bath is het echter waarschijnlijk dat de eb- en vloedvolumina van het Nauw van Bath

destijds ten koste van het Schaar van de Noord waren toegenomen.

Gelet op de veranderingen over de periode 1891/1900 - 1961/70 is de invloed van de in de loop der jaren in het bovenstroomse deel van de Westerschelde en de Belgische Schelde verrichte baggerwerken op het verticale getij voor wat het Nederlandse gebied betreft van weinig belang gebleken. Aan het station Antwerpen is de bewuste invloed daarentegen duidelijk merkbaar (o.a. daling laagwaters, toeneming tijverschil).

par.4 DE OOSTELIJKE UITLOOP VAN DE ZIMMERMANGEUL SEDERT 1951

4.1 De drempelgeulen

Zoals reeds in par. 3.2 werd vermeld is de oostelijke uitloop van de Zimmermangeul in vroeger jaren meermalen beïnvloed door ebschaartjes, die vanuit het Nauw van Bath tot ontwikkeling kwamen (bijlage 4; situaties 1931 en 1945). In hoeverre deze geultjes zich als gevolg van bochtafwerking in de loop van de tijd door het drempelgebied in stroomafwaartse richting verplaatsten en of er sprake was van een min of meer periodiek optreden ervan kan uit het betrekkelijk geringe aantal van voor 1951 ter beschikking staande peilkaarten niet worden vastgesteld.

Vanaf 1951 zijn een groot aantal opnamen verricht van het gebied van de uitloop der Zimmermangeul. Een aantal hiervan - vanaf 1961 één situatie per jaar - is voor de periode 1951 - 1973 weergegeven op bijlage 10. Over het algemeen geven de op deze bijlage getekende situaties de bodemligging omstreeks

het midden van het aangegeven jaar weer. Uit de diverse situaties van bijlage 10 kan de ontwikkeling van de geulen in de uitloop van de Zimmermangeul gedurende de bewuste periode duidelijk worden gevolgd.

Ter aanvulling op de situaties op bijlage 10 zijn op bijlage 11 voor de dwars over de uitloop geprojecteerde raai PQQ₁ de diverse profielen voor het tijdvak 1951-maart 1973 getekend; deze profielen geven het verloop van de in de loop der jaren opgetreden bodemveranderingen duidelijk weer. Het grafisch verloop van de profieloppervlakten in het geulgedeelte PQ is weergegeven op bijlage 7 en besproken in par. 3.4.2.

De Zimmermangeul vertoonde aanvankelijk (1951) een smalle, vrijwel op het oosten gerichte uitloop (bijlage 10). Geleidelijk aan (situaties 1955 en 1959) valt een door de ebstroom beïnvloede verruiming van deze drempel op te merken, hetgeen gepaard ging met verplaatsing van de linkeroever (tegen de oostzijde van de Platen van Valkenisse) in zuidwestelijke richting. De profieloppervlakten vertoonden in deze periode echter nog geen wijzigingen van betekenis (bijlage 7).

Na 1959 zijn de profieloppervlakten belangrijk toegenomen, waarbij het maximum werd bereikt in 1963 (in par. 3.4.2 is er reeds op gewezen dat deze toename mede een gevolg is van het ontstaan van een "tweegeulenstelsel"). De bewuste uitloop vertoont dan een ligging, die zich kenmerkt door een naar verhouding tot de geul ondiep oostelijk gedeelte (beïnvloed door een vloed-schaar-

tje nabij het haventje van de Zimmermanpolder) en door een (blijkens het verloop der dieptelijnen) duidelijk door de ebstroom beïnvloede sterk ontwikkelde westelijke geul, gelegen tegen de Platen van Valkenisse. Deze vanuit het Nauw van Bath tot ontwikkeling gekomen geul is op de bijlagen 10 en 11 aangegeven als 1e drempelgeul. Na 1963 zijn tot omstreeks 1965 de profieloppervlakten in de raai PQ geleidelijk wat afgenomen; sindsdien bleven deze oppervlakten vrijwel ongewijzigd.

Bijkens de situaties op bijlage 10 en de profielen op bijlage 11 heeft de 1e drempelgeul zich na 1963 door bochtwerking geleidelijk aan in zuidwestelijke richting verplaatst. Deze verplaatsing ging gepaard met een geleidelijke versmalling en verondieping, hetgeen ten slotte tot een totale verzanding (1966-1967) heeft geleid.

In samenhang met de achteruitgang van de 1e drempelgeul is in het oostelijk deel van de drempel geleidelijk aan een nieuwe ebgeul tot ontwikkeling gekomen. Op de opneming van 1965 tekent deze 2e drempelgeul zich reeds in beginsel af. Na een geleidelijke toeneming vertoont deze geul omstreeks 1967 een ongeveer overeenkomstige ligging als de 1e drempelgeul tijdens de maximale ontwikkeling van de drempel in 1963. Evenals de 1e drempelgeul vertoont ook de 2e drempelgeul een geleidelijke verplaatsing in stroomafwaartse richting. Omstreeks 1968 was de doorsnede van de 2e drempelgeul ter plaatse van raai PQ maximaal (bijlage 11). Uiteindelijk is ook deze geul in betekenis achteruitgegaan; volgens bijla-

ge 10 was de 2e drempelgeul in 1972 grotendeels verzand en in maart 1973 verdwenen.

Omstreeks 1970 - als de 2e drempelgeul zich reeds over een belangrijke afstand in zuidwestelijke richting heeft verplaatst - valt in het oostelijk deel van de drempel de ontwikkeling van een nieuwe drempelgeul (de 3e) waar te nemen. Zoals uit de situaties van 1970 - 1972 blijkt heeft deze geul zich in die periode in versneld tempo in zuidwestelijke richting verplaatst; ze bevindt zich in (augustus) 1972 ongeveer op dezelfde plaats als de 1e drempelgeul tijdens haar maximale ontwikkeling in 1963 om daarna (tot maart 1973) onder een geringe verdere verplaatsing snel in betekenis af te nemen.

Ervan uitgaande dat de 1e drempelgeul in elk geval al in 1961 in aanleg aanwezig was, kan de "levensduur" van deze geul (verzand 1966-1967) gesteld worden op ongeveer 6 jaar; de levensduur van de 2e drempelgeul (1965-1972/73) is ongeveer 7 jaar geweest. In de eerste fase vertonen beide geulen en de 3e drempelgeul voorts een vergelijkbare aangroeiing en een overeenkomstige verplaatsing in zuidwestelijke richting.

Uit de ter beschikking staande gegevens blijkt derhalve dat er na 1960 sprake is van een zekere periodiciteit in de ontwikkeling der drempelgeulen, die sindsdien zijn opgetreden in het gebied van de sinds 1951 sterk verruimde uitloop van de Zimmerangeul. Gesteld kan worden dat in de periode 1961 - 1973 deze drempelgeulen een "levensduur" vertoonden van 6 à 7 jaar, terwijl zich om de 4 à 5 jaar een nieuwe drempelgeul in het

oostelijk deel van de uitloop vormde; de voorgaande drempelgeul heeft zich dan inmiddels over een afstand van 800 à 1000 m in zuidwestwaartse richting verplaatst (situaties 1965 en 1970; bijlage 10).

De ligging van het ondiepere oostelijke deel van de uitloop van de Zimmermangeul wordt zowel door het periodiek optreden der reeds genoemde drempelgeulen als door het ter hoogte van het haventje van de Zimmermanpolder gelegen vloodschaartje beïnvloed. Bij de situatie van 1963 (sterk ontwikkelde 1e drempelgeul; bijlage 10) vertoonde dit schaatje een ongeveer op het zuidoosten gerichte ligging. Uit bijlage 10 volgt dat dit vloodschaartje bij het ontstaan van een nieuwe drempelgeul aan de noordzijde ervan ligt en zich daarna meeverplaatst in zuidwestelijke richting totdat de betrokken drempelgeul haar maximum heeft bereikt. Tijdens het erop volgende "afnemingsproces" van deze drempelgeul "buigt" het vloodschaartje zich vervolgens terug tot een oostelijke oriëntering. Blijkens de situaties vanaf 1963 (bijlage 10) gaat de maximale ontwikkeling van een drempelgeul voorts gepaard met een wat diepere ligging van het onmiddellijk ten oosten van de drempelgeul gelegen ondiepe gebied (situaties 1963, 1967/68 en 1972). Opmerkelijk is het feit dat de minste diepten aldaar bij het maximale optreden van de 1e drempelgeul in 1963 wat groter waren dan tijdens de overeenkomstige ligging van de 2e en 3e drempelgeul in 1967/68 resp. 1972, hetgeen wijst op een grotere stroominvloed in 1963 (bijlage 10).

4.2 Stroommetingen en peilschaalwaarnemingen

4.2.1 Stroomdrijvingen in 1962 en 1963

Met het oog op het stroombeeld in het Nauw van Bath moeten, gelet op de belangen van de scheepvaart, vooral de bij vloed optredende zijstromen uit de Zimmermangeul van belang worden geacht (par. 2.3).

Er is alle reden aan te nemen dat de vloedstroomsnelheden in de uitloop van de Zimmermangeul - in samenhang met de belangrijke verruiming van deze drempel in de periode 1959-1963; par. 3.4.2 en 4.1 - in de loop van de tijd geleidelijk aan zijn toegenomen. In elk geval was de in 1962 aanwezige situatie voor de Antwerpse Zeediensten aanleiding een onderzoek in te stellen naar het bij springtij optredende vloedstroombeeld. De resultaten van de door deze dienst op 15 oktober 1962 tijdens een sterk ontwikkeld springtij verrichte metingen zijn weergegeven op bijlage 12.

Bij de ter plaatse van de 1e drempelgeul in meetpunt P verrichte verticaalmeting werd de maximum-stroomsnelheid aan de oppervlakte ruim een uur voor hoogwater vastgesteld op ruim 2,2 m/s. Omtrent het verdere verloop van de stroom in meetpunt P tot de kentering van hoogwater geeft deze meting helaas geen volledige informatie, aangezien ze ongeveer 40 minuten voor hoogwater bij een stroomsnelheid van 1,2 m/s werd beëindigd. Voor het vastleggen van de stroombeelden is bij deze meting gebruik gemaakt van oppervlaktedrijvers; gemeten is gedurende drie fasen van de vloed bij waterstanden tussen NAP + 0,40 en + 2,40 m (gem. h.w. Bath = NAP + 2,95 m

bij een gemiddeld tijverschil van 4,53 m). Vergelijking van de verschillende stroombeelden toont een geleidelijke toeneming van de stroomsnelheden aan, waarbij de grootste stroomsnelheden steeds werden aangetroffen ter plaatse van het langs het Nauw van Bath gelegen en bij laagwater droogvallende oostelijke deel van de uitloop, terwijl de drijversnelheden in de drempelgeul daarbij ver ten achter bleven. In het ondiepe gebied werden de maximum-stroomsnelheden (2,78 m/s) bepaald omstreeks een uur voor hoogwater te Bath. Gedurende deze fase van het getij was de invloed van de vloedstroom uit de uitloop van de Zimmermangeul op het stroombeeld in het aangrenzende deel van het Nauw van Bath duidelijk aanwezig in de vorm van een vrij sterke dwarsstroming (max. 2,47 m/s). Deze dwarsstroming - waarvan de invloed uiteraard het sterkste merkbaar was aan de rechterzijde van het Nauw van Bath - maakte met dit vaarwater een hoek van ong. 30 graden; de getijrijzing beliep voor de onderhavige getijfase 5,29 m (getijfactor: $1,168 = 5,29\text{m} : 4,53\text{m}$).

Mede naar aanleiding van de ernstige scheepsramp van 25 februari 1963 (par. 2.3) zijn op 26 en 27 maart 1963 tijdens een zeer sterk ontwikkeld springtij uitgebreide metingen verricht in de omgeving van de uitloop van de Zimmermangeul ter vastlegging van de aldaar toen aanwezige stromingssituatie. Deze metingen zijn uitgevoerd door de Studiedienst Vlissingen, in samenwerking met de Antwerpse Zeediensten, tijdens iets krachtiger getijden dan die van 25 februari 1963 -

getijverschillen: 5,99 m en 5,85 m, resp. 5,54m.⁹⁾ Bij deze alleen tijdens vloed verrichte stroomdrijvingen (ongeveer vanaf halftij) is op 26 maart uitsluitend gebruik gemaakt van oppervlakedrijvers; op 27 maart zijn naast oppervlakedrijvers ook dieptedrijvers gebruikt. Bij de bewuste metingen zijn de verschillende drijverbanen vanaf een vaartuig door middel van snelliusmeting vastgelegd. Als gevolg van de hoge stroomsnelheden konden van de drijverbanen veelal slechts enkele punten worden bepaald. De resultaten van de verrichte oppervlakedrijvingen zijn voor 26 en 27 maart weergegeven op achtereenvolgens de bijlagen 13 en 14, terwijl de op 27 maart gemeten banen der dieptedrijvers zijn getekend op bijlage 15.

Reeds bij eerste vergelijking van de bijlagen 13 en 14 met bijlage 12 valt op dat de dwarsstromingen in het Nauw van Bath en afkomstig van de Zimmermangeul sinds de metingen van 15 oktober 1962 aanzienlijk sterker waren geworden. Bij nadere beschouwing blijkt het volgende.

Van 2½ tot 1½ uur voor hoogwater werden bij de metingen van 27 maart in het ondiepere oostelijke deel van de uitloop van de Zimmermangeul met de oppervlakedrijvers stroomsnelheden tot maximaal 1,30 m/s gevonden terwijl de drempelgeul vrijwel haaks gekruist werd door oostwaarts gaande drijvers. Gedurende deze

9) Van 25 februari 1963 staan voor dit deel der Westerschelde als gevolg van ijsgang geen behoorlijke registraties ter beschikking. Van Bath zijn wel de (overdag visueel waargenomen) HW- en LW-standen bekend: zij zijn ingetekend bij de getijkromme van bijlage 13.

fase van het getij (bijlage 14, fase 1a) was de invloed van de uitstroming uit de Zimmermangeul op het stroombeeld in het Nauw van Bath nog zeer gering. Zoals uit de bijlagen 13 en 14 blijkt namen de stroomsnelheden in de bewuste uitloop in een wat later stadium van het getij sterk toe; aan de oostzijde van de drempel werden van ongeveer 1½ tot 1 uur voor hoogwater (fase 1, resp. 2a) maximum-stroomsnelheden bepaald van 2½ à 3½ m/s. Deze onder een hoek van ongeveer 30 graden met de hoofdgeul uittredende stromingen veroorzaakten dan voornamelijk onder de rechteroever van het Nauw van Bath reeds een aanzienlijke dwarsstroming (max. 3,10 m/s; bijlage 14). In deze en de verdere fasen van de vloed blijken de oppervlaktedrijvers, uitgeworpen in de drempelgeul, meegevoerd te zijn door neerstromingen. Opvallend is verder dat de snelheden in het Schaar van de Noord erg hoog zijn (even voorbij de inloop gemiddeld 2½ m/s).

In vergelijking met de hiervoor beschouwde fase vertoonde de stroming in het Nauw van Bath ongeveer 1 tot ½ uur voor hoogwater een zeer sterk gewijzigd beeld (bijlage 13, fase 2; bijlage 14, fase 3a). Gedurende deze fase van het getij stak in het algemeen de dwarsstroom vanuit de uitloop van de Zimmermangeul het Nauw van Bath geheel over en wel onder een hoek van ongeveer 60 graden; deze dwarsstroom zette zich voort tot in het Schaar van de Noord. Helaas staan voor deze (en de volgende) fase geen drijvingsin dit schaar ter beschikking, maar aangenomen moet worden dat de stromingen in deze geul bijzonder sterk geweest

zijn. Overigens was er in de hier beschouwde getijfase sprake van een instabiel stroombeeld in het Nauw van Bath want op beide meetdagen worden de banen der dwars overstekende drijvers gekruist door die van bijna alle meer zuidelijk uitgeworpen en wat langzamer drijvende drijvers, die zich vervolgens bewogen in de richting van het Nauw van Bath.

De sterkte van de dwarsstroming over het Nauw van Bath bedroeg maximaal ruim 3 m/s; in het oostelijk deel van de uitloop van de Zimmermangeul werd plaatselijk een grootste stroomsnelheid van niet minder dan 4,15 m/s bepaald (bijlage 14, fase 3a).

In de laatste fase van de vloed, van ongeveer ½ uur voor tot omstreeks hoogwater (bijlage 13, fase 3; bijlage 14, fase 4a) bleken de stroomsnelheden in de uitloop van de Zimmermangeul sterk te zijn afgenomen. Ook toen was er evenwel nog een belangrijke stroming dwars over het Nauw van Bath, die vervolgens het Schaar van de Noord inschoot. In het Nauw van Bath bedroeg de sterkte van deze dwarsstroming toen maximaal ongeveer 1,50 m/s bij een stabiel stroombeeld (er was niet of nauwelijks sprake van stroming naar het Nauw van Bath). Merkwaardig is nog dat op 27 maart de drijvers uitgeworpen in de Overloop van Valkenisse zich via de drempelgeul noordwaarts bewogen.

Uit de op bijlage 15 weergegeven stroombanen der dieptedrijvers blijkt dat in de twee eerste der beschouwde fasen in het Nauw van Bath de stroming op grotere diepte slechts in geringe mate beïnvloed werd door de stroming uit de uit-

loop van de Zimmermangeul. Daarentegen was deze dwarsstroming in de beide laatste fasen wel degelijk tot op vrij grote diepte in het Nauw van Bath merkbaar. De met behulp van de oppervlaktedrijvers op diverse plaatsen vastgestelde neren (o.a. nabij het licht Westketel) werden op ongeveer overeenkomstige plaatsen ook door middel van de dieptedrijvers aangetoond.

Tenslotte verdient nog vermelding dat op alle drie de meetdagen de waterstand te Bath tussen NAP + $\frac{1}{2}$ à 1 m en NAP + $1\frac{1}{2}$ à 2 m relatief zeer snel (met 4 à 5 cm/min) en daarna slechts weinig langzamer opliep naar uit de getijkrommen op de bijlagen 12 t/m 15 blijkt. Dit wijst op relatief grote vervallen, die de stroming door het Schaar van de Noord krachtig zal hebben gestimuleerd.

4.2.2 Verticaalmetingen in 1963

Ter aanvulling op de stroomdrijvingen van 26 en 27 maart 1963 zijn op deze data tevens op enkele plaatsen stroomsnelheden (géén stroomrichtingen) gemeten. Het verloop van de op 27 maart tijdens vloed bepaalde oppervlaktesselheden in meetpunt A (oostzijde uitloop Zimmermangeul) is weergegeven op bijlage 16. Hieruit blijkt een opmerkelijk onregelmatig verloop van de stroom aldaar waarbij zeer hoge snelheden voorkwamen. Op het bereiken van een 1e maximum van de stroom (3,40 m/s) op ruim een uur voor het tijdstip van hoogwater volgde gedurende 20 minuten een daling tot 1,40 m/s waarna in 10 minuten tijds de snelheid toenam tot een 2e maximum van maar liefst 4,10 m/s. Op 26 maart 1963 had de vloedstroom in

meetpunt A een ongeveer overeenkomstig verloop vertoond als op 27 maart. De beide maxima van de vloedstroom vielen duidelijk samen met de perioden waarin bij de drijvermetingen de sterke dwarsstromingen in het Nauw van Bath werden bepaald, die zoals reeds vermeld wat instabiel waren.

Ook na 27 maart 1963 zijn ter bestudering van het stroombeeld in de uitloop van de Zimmermangeul nog diverse verticaalmetingen uitgevoerd. Uit de hierbij verkregen resultaten blijkt dat het op 26 en 27 maart aangetroffen zeer onregelmatige verloop van de vloedstroom ook later nog is opgetreden, zij het dat dit enkel bij de sterk ontwikkelde tijen werd vastgesteld. Bij de matig ontwikkelde getijden viel geen 2e maximum van de vloedstroom waar te nemen. Verwacht kan worden dat bij de dan aanmerkelijk lagere stroomsnelheden in de uitloop van de Zimmermangeul geen dwarsstromingen van betekenis in het Nauw van Bath zullen zijn opgetreden. Een overzicht van de in de periode 26 maart t/m 20 juni 1963 in meetpunt A bepaalde maximum-vloedstroomsnelheden geeft tabel XII.

Naast het verloop van de vloedstroom in meetpunt A op 27 maart 1963 is op bijlage 16 ook voor de springtijden van 24 april, 24 mei en 20 juni het verloop van de oppervlaktestroomsnelheden in dit punt weergegeven. Voor 24 mei en 20 juni 1963 is bovendien het verloop van de stroom in het eveneens in de uitloop van de Zimmermangeul gelegen punt B ingetekend; het 2e maximum van de vloedstroom bleek hier toen sterker merkbaar dan in meetpunt A, maar op 20 juni (de enige dag,

Tabel XII. MEETPUNT A, MAXIMUM-OPPERVLAKTESNELHEDEN VLOEDSTROOM

Datum	Opp.stroomsnelheden in m/s		Station Bath		Getijfactor t.o.v. gem. getij
	1e max.:ruim 1 uur voor hw	2e max.:ong. ½uur na 1e max.	h.w.in m t.o.v.N.A.P.	rijzing in m	
26-3-'63	3,22	3,50	+ 3,46	5,99	1,322
27-3-'63	3,40	4,10	+ 3,25	5,85	1,291
20-4-'63	1,56	-	+ 2,40	4,49	0,991
24-4-'63	2,90	3,30	+ 3,10	5,78	1,276
29-4-'63	1,65	-	+ 2,49	4,59	1,013
3-5-'63	1,40	-	+ 2,32	4,31	0,951
6-5-'63	1,75	-	+ 2,58	4,63	1,022
8-5-'63	2,30	1,25	+ 2,62	5,01	1,106
22-5-'63	2,60	2,90	+ 3,02	5,57	1,229
24-5-'63	2,75	2,75	+ 3,05	5,63	1,243
20-6-'63	2,30	0,70	+ 3,04	5,30	1,170

waarop ook de stroomrichtingen zijn gemeten) was de stroomrichting in B wel veel gunstiger dan in A.

De gemeten maximale oppervlaktesnelheden in de punten A en B zijn op bijlage 17 uitgezet tegen de getijfactor. Het algemene beeld der punten maakt het zeer waarschijnlijk dat de volgende stellingen juist zijn met betrekking tot de oppervlaktesnelheid boven de plaatrand aan de rechteroever van het Nauw van Bath op 500m (punt A), respectievelijk 900m (punt B) benedenstrooms van de Westketel:

- in de maanden maart tot en met mei 1963 was er in het algemeen een nauw rechtlijnig verband tussen de "eerste maximale oppervlaktesnelheid" en de getijfactor. Echter kan na één (of meer) voorgaande zeer zware tijden dit eerste maximum nog bijna 15% hoger zijn opgelopen (meting 27-3-1963);
- bij fors tot zeer sterk ontwikkelde getijden trad in de maanden maart tot

en met mei 1963 na dit eerste maximum eerst een sterke daling op van de stroomsnelheid, gevolgd door een snelle toeneming, leidend tot een tweede maximum in de oppervlaktesnelheid. Bij sterk tot zeer sterk ontwikkelde springtijden (getijfactor groter dan ongeveer 1,20) overtrof dit tweede maximum het eerste aanzienlijk (met 10 à 25%) d.w.z. dat buitengewoon hoge oppervlaktesnelheden dwars op de vaaras van het Nauw van Bath voorkwamen;

- in de tweede helft van juni 1963 was de toestand in zoverre aanzienlijk verbeterd dat het tweede maximum ver ten achter bleef bij de waarden van mei en aanzienlijk lager lag dan het eerste maximum.

Hoogstwaarschijnlijk heeft het hiervoor aangeduide stroombeeld ook geheerst tijdens de scheepsramp van 25 februari 1963, waarbij de getijfactor 1,222 was. Vermoedelijk is niet zozeer het eerste maximum van de oppervlaktesnelheid

(waarschijnlijk ongeveer 2,70 m/s) fa-
taal geweest, als wel de snelle opvol-
ging hiervan door eerst een verlaging
van de stroomsnelheid en daarna een
stijging, die leidde tot een tweede
maximum, dat het eerste belangrijk kan
hebben overtroffen - en deze verschijn-
selen deden zich juist voor omstreeks
de tijd toen de Mira Flores het kritieke
punt passeerde (ongeveer 30 minuten voor
hoogwater te Bath).

4.2.3 Peilschaalwaarnemingen 1963

Behalve de hiervoor besproken stroom-
drijvingen en verticaalmetingen zijn in
de loop van 1963 ook nog peilschaal-
waarnemingen verricht in de omgeving
van de uitloop der Zimmermangeul. Deze
waarnemingen zijn gedaan aan een aantal
op de stroom draaibare precisiepeil-
schalen, waarvan de posities zijn aan-
gegeven op de situatieschets van bijla-
ge 18. Op deze bijlage zijn verder ge-
tekend de volgens deze waarnemingen be-
kende gedeelten der getijkrommen van de
springtijden van 22 en 24 mei, 20 juni
en 22 juli 1963 en de overeenkomstige
gedeelten der beschikbare getijkrommen
van Bath (de registratie van 20 juni
was zeer ernstig gestoord). Voor 24 mei
en 20 juni 1963 zijn de krommen voor de
hulppeilschalen P1 en P3 met het daar-
tussen opgetreden verval tevens getekend
op bijlage 16.

Zowel op 22 als op 24 mei 1963 had het
verticale getij te Bath een regelmatig
verloop. De waterstanden langs de Zimmer-
mangeul (hulppeilschalen P1 en P2) en aan
de westoever der 1e drempelgeul (hulppeil-
schaal P3) vertoonden aanvankelijk alleen

een faseverschil van ongeveer 10 minuten
t.o.v. het getijverloop te Bath (bijlage
18). Omstreeks $1\frac{1}{2}$ à $1\frac{1}{4}$ uur voor het hoogwa-
ter te Bath begonnen de waterstanden aan
P1 en P2 echter langzamer te stijgen dan
te Bath en ongeveer $\frac{1}{4}$ uur later vertoon-
de de getijkromme van P3 een sterke ver-
traging van de was. In de grafiek voor
24 mei 1963 op bijlage 16 blijkt een en
ander uit de onregelmatigheid in het ver-
loop van het verval P1 - P3 tussen 15.00
h en 15.10 h. De drie betrokken getij-
krommen bieden verder eerst na de hoog-
waterstand weer een regelmatig en rustig
verloop; uitgaande van het zojuist genoem-
de faseverschil bleef door de vermelde
afwijkingen de waterstand aan de drie
hulppeilschalen ten hoogste een 20 cm
(P1) tot 30 à 35 cm (P3) ten achter.

De getijden van 22 en 24 mei (met getij-
factoren 1,229 en 1,243) zijn redelijk
vergelijkbaar met die van 26 en 27 maart
d.a.v. (getijfactoren 1,322 en 1,291),
wat volgens de verticaalmetingen ook met
de stromingen in de uitloop der Zimmerman-
geul het geval zou zijn. De geschetste
onregelmatigheden in de getijkrommen de-
den zich dan voor in situaties overeen-
komende met fase 1 van bijlage 13 en fase
2a (2b) van bijlage 14 (15). De opgetre-
den onregelmatigheden aan de peilschalen
P1 en P2 zijn dan althans grotendeels
verklaarbaar uit de toeneming der stroom-
snelheden in de Zimmermangeul en haar uit-
loop (daling van de waterspiegel ten gevol-
ge van sterk toegenomen snelheidshoogte).
Het verloop van de waterspiegel aan hulp-
peilschaal P3 zal hebben samengehangen
met de neervorming ter plaatse, die weer
veroorzaakt zal zijn door de zeer zware

stromen ten noordoosten van dit punt. Belangwekkend is een vergelijking van de krommen van 22 en 24 mei met die van 20 juni 1963 (getijfactor 1,170), al staat voor die laatste dag de getijkromme voor Bath niet ter beschikking. Het waterstandsverloop aan de hulpeilschalen P1 en P2 vertoont voor 20 juni veel minder en wellicht zelfs vrijwel geen onregelmatigheden, terwijl voor peilschaal P3 een aanzienlijk geringere afwijking van een vloeiend verloop van de waterstand opvalt (bijlage 18). Ook het verval P1-P3 toont voor deze dag een aanmerkelijk rustiger beeld dan op 24 mei (bijlage 16). Een en ander sluit aan op de laatste der stellingen van par. 4.2.2 dat in de tweede helft van juni 1963 de stroomsituatie aanzienlijk was verbeterd. Wel wijst de getijkromme voor P6 (aan de rechter oever van het Nauw van Bath in het verlengde van de eigenlijke Zimmermangeul) op enige schommelingen in de vloedstroom over dit slik gedurende de laatste 1½ uur voor hoogwater (bijlage 18). Dit laatste blijkt zelfs nog uit de kromme voor P6 van 22 juli 1963, toen een zwak ontwikkeld springtij optrad (getijfactor 1,097) en de waterstanden aan de peilschalen P1 en P2 geen opmerkelijke afwijkingen in hun verloop vertoonden terwijl bij hulpeilschaal P3^A alleen omstreeks hoogwater sprake was van een gering achterblijven van de waterstand.

4.2.4 Metingen van 1966 en 1967

De van eind 1962 tot medio 1963 aanwezige zeer ongunstige stromingssituatie in het Nauw van Bath viel duidelijk samen

met de sterke ontwikkeling van de 1e drempelgeul in de uitloop van de Zimmermangeul. Dat dit zeer ongunstige stroombeeld zich bij het tot ontwikkeling komen van de 2e drempelgeul opnieuw zou voordoen leek dan ook bepaald niet uitgesloten. In verband hiermee werden op 6 april 1966 bij een getijfactor 1,307 door de Antwerpse Zeediensten in enkele meetpunten in de uitloop van de Zimmermangeul stroommetingen in de verticaal verricht. Voor de meetpunten A1 en B1 is het verloop van de maximum-vloedstroomsnelheid aan de oppervlakte weergegeven op bijlage 19; op deze bijlage is tevens de stroomrichting tijdens maximum-vloedstroom voor beide meetpunten op de linkerinzetkening aangegeven. Hoewel bij deze

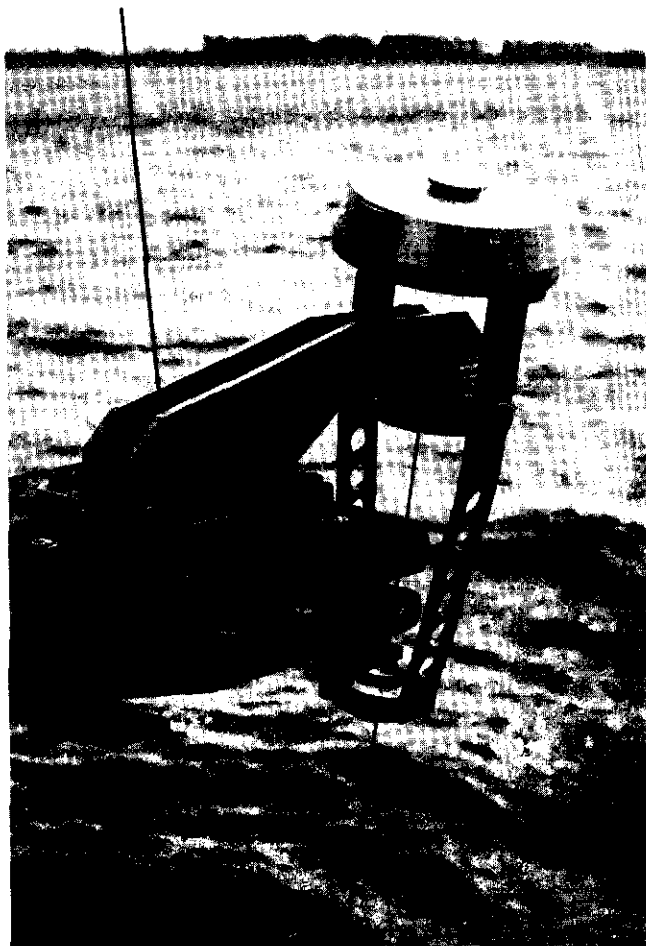


foto 12 Stroomrichtingsmeter, in bedrijf vanaf een meetschip.

metingen vrij hoge stroomsnelheden werden bepaald (max. 2,80 m/s) en de stroom uit de Zimmermangeul bij maximum-vloedstroom vrij sterk op het Nauw van Bath was gericht, was van een even ongunstige stromingssituatie als in 1962/63 geen sprake, naar o.a. uit bijlage 14, situatie 2^A en bijlage 17 blijkt. Bij op 28 maart 1967 door de Studiedienst Vlissingen in de punten A2 en B2 verrichte verticaalmetingen bleek de situatie m.b.t. zowel de stroomsterkte (max. 2,30 m/s) als de stroomrichting bij maximum-stroom gunstiger dan bij de metingen van 6 april 1966 (bijlage 19). De beide punten A2 en B2, die qua situering overeenstemden met de punten A1 en B1, staan aangegeven op de rechter inzettekening van bijlage 19, terwijl het getij van 28 maart 1967 (getijfactor 1,311) goed vergelijkbaar is met dat van 6 april 1966.

Op 29 maart 1967 (getijfactor 1,238) is nog in meetpunt A2 gemeten. De maximale stroomsnelheid lag toen bijna 20% lager dan de dag ervoor naar uit bijlage 19 blijkt, terwijl de bijbehorende stroomrichting dezelfde was gebleven; wel blijkt ongeveer 40 minuten later hier de nog forse stroom (1 m/s) haaks op de geulas van het Nauw van Bath te staan. Verder zijn die dag nog peilschaalwaarnemingen verricht aan de hulppeilschalen P1, P2, P3 en P6 en te Bath (bijlage 18, waarop voor de overeenkomende registratie aan de zelfregistrerende peilschaal te Bath, die foutief leek, volledigheidshalve nog het verschil met de peilschaalwaarnemingen is aangegeven). De getijkrommen voor de hulppeilschalen van 29 maart 1967 vertoonden in tegenstelling tot die van

mei 1963 geen opmerkelijk afwijkend verloop. Wel wijst ook het geleidelijk achterblijven dezer krommen t.o.v. die van Bath bij waterstanden boven NAP + 2 m op het ontstaan van sterke stromen in de uitloop der Zimmermangeul en over het slik ten oosten ervan.

4.3 Slotsom m.b.t. het vloedstroombeeld van voorjaar 1963 t.o.v. latere situaties

Bij een vergelijking van de stroomsituatie tijdens de laatste 1½ uur van de vloed, zoals die in het voorjaar van 1963 nabij de uitloop van de Zimmermangeul aanwezig was, met latere stroomsituaties in dezelfde getijfase dient allereerst het volgende in beschouwing te worden genomen.

De uitloop van de Zimmermangeul is in de jaren 1959 t/m 1963 aanzienlijk verruimd (linker grafiek bijlage 7; paragraaf 3.4.2). Deze verruiming kan worden toegeschreven aan het ontstaan van een scharenstelsel in deze uitloop en aan een relatief lage ligging van het ondiepe gedeelte in het oostelijk gedeelte van deze uitloop (par. 4.1). Na 1963 is er sprake van enige achteruitgang van het natte profiel van de uitloop, dat sinds 1965 vrijwel constant is gebleven. Wel heeft het ontstane scharenstelsel zich gehandhaafd (zij het onder voortdurende verplaatsing en cyclische vernieuwing); de vermelde achteruitgang van het profiel moet dan ook - althans voor een goed deel - worden toegeschreven aan een hogere ligging van het platengebied in de uitloop.

De verruiming van de uitloop in de jaren 1959 t/m 1963 is vermoedelijk terug te

brenge tot een samenstel van de volgende factoren:

- a. de verruiming van de Zimmermangeul en een toeneming van de getijvolumina in deze geul (par. 3.4.1), in samenhang met het omhoogkomen van de Platen van Valkenisse (raai RS, linker grafiek bijlage 7);
- b. een ontzandende werking op het gebied ter hoogte van de uitloop der Zimmermangeul door baggerwerken bovenstrooms (par. 3.3.3);
- c. een ondiepe ligging van het Schaar van de Noord door omvangrijke stortingen van onderhoudsspecie in deze geul (paragraaf 3.4.2);
- d. een geleidelijke toeneming van het gemiddelde tijverschil, gevolg van de zogenaamde 18,6-jarige cyclus, welke toeneming in 1960/61 haar grootste waarde (25 cm) bereikte (paragraaf 3.4.2).

Het is overigens zeker niet onmogelijk dat nog andere, niet bekende factoren van invloed zijn geweest. Men zou nu de zeer sterke dwarsstromen, die in het voorjaar van 1963 in het Nauw van Bath ter hoogte van de Zimmermangeul optraden als volgt kunnen verklaren.

Ten gevolge van de verkorting van de vloedduur en de relatief zeer sterke vergroting van de getijamplitude boven Bath (par. 3.5; bijlage 9) treedt langs het Land van Saaftinge bij vloed boven NAP een vergroot verval op; de factoren b en c hebben resulterend dit verschijnsel waarschijnlijk nog versterkt. De weerstand van het Schaar van de Noord moet echter zijn afgenomen tijdens de hoge waterstanden gedurende de laatste

1 à 1½ uur van de vloed van zeer zware tijen, waardoor een zeer krachtige kortsluitstroom door deze geul mogelijk werd. Deze stroom had een sterke afzuigende werking op de uitloop van de Zimmermangeul, die een relatief groot debiet kon afvoeren doordat

- enerzijds de Zimmermangeul belangrijk verruimd was en meer water dan daarvoor trok;
- anderzijds het platengebied in de uitloop een lage ligging (dus naar verhouding weinig weerstand) had.

Bij zware tijen zullen de grote vloedstroomsnelheden het platengebied in de uitloop hebben verlaagd, waardoor het verschijnsel bij de opeenvolging van zware tijen in het voorjaar 1963 nog werd versterkt.

De buitengewoon ongunstige situatie van het voorjaar 1963 is vrij spoedig verbeterd door de verdere ontwikkeling in het gebied van de uitloop en met name door zandafzetting op de platen in het oostelijk gedeelte ervan.

Dat niets bekend is over extreem ongunstige stromingstoestanden ter plaatse tijdens de zware najaarstijen van 1963 (de 1e drempelgeul zal zich toen nog slechts een 50 m westwaarts hebben verplaatst t.o.v. de ligging van febr./mrt. 1963 - vgl. bijlagen 10 en 11) blijft ondertussen opmerkelijk. Het feit dat na de scheepsramp een zekere verkeersregeling voor de scheepvaart tot stand was gekomen heeft hier waarschijnlijk een rol gespeeld. Het lijkt verder aannemelijk dat na 1963 het Zuidergat meer vloeddebiet is gaan trekken gelet op de grafieken van bijlage 7 (i.h.b. voor QR en PQ),

waardoor in 1964 en later geen verlaging van het platengebied in de uitloop der Zimmermangeul optrad.¹⁰⁾

In de situatie eind 1966/ begin 1967, toen de 2e drempelgeul een ongeveer overeenkomstige ligging had als de 1e drempelgeul in 1963, bleek volgens par. 4.2.3 aanvankelijk bij maximum-vloed een vrij sterke stroom over de plaat in de uitloop der Zimmermangeul aanwezig, die schuin op het Nauw van Bath was gericht. Een uitzonderlijk slecht stroombeeld werd evenwel niet vastgesteld. Verschillen met 1963, die op deze relatieve verbetering van invloed kunnen zijn geweest, waren:

- een hogere ligging van het platengebied in de uitloop;
- een verruiming van de westelijke inloop van het Schaar van de Noord (bijlage 20), in welk schaar voor het laatst in 1965 een noemenswaardige hoeveelheid baggerspecie (bijna 800 000 m³) was gestort.

Op zichzelf maakt de tweede omstandigheid nog niet duidelijk waarom het platengebied in de uitloop der Zimmermangeul in 1967 een hogere ligging had dan in 1963. Voor dat jaar was immers sprake van een samenstel van factoren; welnu, de bovenstroomse baggerwerken waren na

10) Dat in de jaren 1961 t/m 1963 naar verhouding zeer veel baggerwerk op de drempel van Valkenijse moest worden verricht (1,5 mln m³ per jaar tegen 0,65 mln m³ per jaar in 1952 t/m 1960 en één mln m³ per jaar in 1964 t/m 1967 - vgl. grafiek 4, bijlage 3) hangt uiteraard rechtstreeks samen met de in die jaren ontstane verruiming van de uitloop der Zimmermangeul.

1963 onverminderd voortgezet, zowel op Nederlands (grafieken 1 t/m 4 van bijlage 3) als op Belgisch grondgebied, het profiel der Zimmermangeul was zeker niet verkleind (bijlage 7) en het afnemen van het gemiddeld tijverskil tussen 1961 en 1967 met ruim 5 cm¹¹⁾ lijkt secundair. Aan het slot van deze paragraaf zal dit probleem nogmaals ter sprake komen. De 3e drempelgeul, die in 1972 haar grootste omvang bereikte, heeft voor zover bekend niet tot het optreden van een sterk afwijkend stroombeeld in het Nauw van Bath geleid. De hiervoor genoemde gunstige factoren voor 1967 waren ook in 1972 aanwezig - voor wat betreft het Schaar van de Noord door het geheel staken van stortingen (tot medio 1972) zelfs in versterkte mate (bijlage 20). Overigens diende ook toen en dient eveneens in de toekomst in het Nauw van Bath bij sterk ontwikkelde getijden gedurende enige tijd voor hoogwater rekening te worden gehouden met hinderlijke dwarsstromen vanuit de uitloop der Zimmermangeul. Deze dwarsstromen zullen het sterkst zijn wanneer de drempelgeul in die uitloop haar grootste omvang heeft omdat het vloed-schaartje vanuit de Zimmermangeul dan zijn ongunstigste ligging heeft (par.4.1). In het voorgaande is er op gewezen dat de ongunstige stromingstoestand van 1963 gevolg was van een samenstel van factoren. Dat hij niet uitsluitend mag worden toegeschreven aan een ondiepe ligging van de westelijke inloop van het Schaar van de Noord moge ten overvloede worden

11) Voor Vlissingen, Hansweert en Bath achtereenvolgens 5,5 cm, 9 cm en 4 cm.

aangetoond met behulp van de toestanden 1955 en 1959.

In 1955 was deze inloop nog wat ondieper dan in 1963 (paragraaf 3.2); via het Schaar van Valkenisse (bijlage 4) stroomde in die situatie echter naar de Overloop van Valkenisse relatief veel vloedwater, dat toen plaatselijk niet verwaarloosbare dwarsstromen in het hoofdvaarwater veroorzaakte.

In 1959 was de westelijke inloop van het Schaar van de Noord niet veel groter dan in 1963, terwijl zijn oostelijke uitloop veel ondieper was (bijlage 20). Zowel de Zimmermangeul als haar uitloop hadden toen echter nog relatief kleine profieloppervlakten (bijlage 7); aangenomen moet worden dat hierdoor via de Zimmermangeul in 1959 belangrijk minder vloedwater kon stromen dan in 1963.

De beide situaties 1955 en 1959 beklemtonen nog eens te meer de uitzonderlijkheid van de situatie van 1963. Plaatst men deze situaties tegen de achtergrond van de gegevens van bijlage 6 dan rijst de vraag in hoeverre de snelheid, waarmee in de jaren 1962 t/m 1964 het Schaar van de Noord is "volgestort" nog een factor is geweest. Om dit toe te lichten zijn in tabel XIII enige gegevens van bijlage 6 verzameld; ten overvloede

zij daarbij aangetekend dat de uitloop van het Schaar van de Noord in vak II ligt, zijn inloop en het gebied der drempeleulen daarentegen in vak III.

Klaarblijkelijk is:

- de "natuurlijke" ontzanding in vak III vrijwel gelijk aan de "natuurlijke" aanzanding van vak II;
- de "natuurlijke" ontzanding in vak III in de eerste periode zeer groot t.o.v. die in de tweede periode (resp. 0,8 en 0,4 mln m³ per jaar), wat te opmerkelijker is aangezien het uiteindelijke zandverlies in vak II achtereenvolgens 0,3 en 0,9 mln m³ per jaar beliep.

Het lijkt niet ver gezocht als oorzaak van de genoemde grote "natuurlijke" ontzanding van vak III te zien de grote stortingen in vak III (inloop Schaar van de Noord) in de eerste periode, die de baggerhoevelheden in dit vak (Overloop van Valkenisse) belangrijk hebben overtroffen. De ontzandende uitwerking, die baggerwerken in vak II (Bocht van Bath) op vak III uitoefenen (par. 3.3.3), zou dan langs het Nauw van Bath een secundair vloed-schaar richting Plaat van Saaftinge hebben doen ontstaan (bijlage 20) en zich in sterke mate voelbaar hebben gemaakt op de platen in de uitloop der Zimmermangeul, e.e.a. omdat het

Tabel XIII. ZANDBALANSGEGEVENS VAKKEN II EN III IN MLN M³

periode	vak	storten minus baggeren	"natuurlijk effect"	zandbalans
1955 t/m 1963	III	+3,0	-7,4	-4,4
	II	-10,1	+7,3	-2,8
1964 t/m 1971	III	-2,1	-3,4	-5,5
	II	-11,0	+4,1	-6,9

Schaar van de Noord bij "normale" tijen te weinig water kon trekken om voldoende zand aan te voeren.

Wellicht zullen de voorgenomen gedetailleerde inhoudsberekeningen (par. 3.3.2), nog nader uitsluitel kunnen geven of inderdaad het hoge tempo van aanstorten van het Schaar van de Noord in de jaren 1962 t/m 1964 mede de verlaging van het platengebied in de uitloop der Zimmermangeul heeft bewerkstelligd, die als een der oorzaken van de slechte stroomsituatie van 1963 moet worden gezien.

par.5 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Het Nauw van Bath staat in scheepvaartkringen bekend als een moeilijk te bevaaren gedeelte in de vaarroute van en naar Antwerpen. Dit geldt sinds het begin der jaren zestig vooral voor het gedeelte ter hoogte van de uitloop van de Zimmermangeul, waar tijdens springtij (omstreeks maximum-vloed) met een sterke dwarsstroming moet worden gerekend. De verder bovenstrooms gelegen Bocht van Bath, die aanvankelijk zeer scherp was, is vooral gedurende de laatste jaren als gevolg van het verrichten van omvangrijke baggerwerken aanzienlijk verbeterd. Bij het sterk ontwikkelde springtij van 25 februari 1963 vond in het Nauw van Bath ter hoogte van de uitloop van de Zimmermangeul omstreeks maximum-vloedstroom een ernstige scheepsramp plaats. De met een diepgang van 38' naar Antwerpen opvarende tanker Mira Flores liep hierbij zware schade op en geraakte in brand. Reeds voor de bewuste aanvaring (oktober 1962) was vanwege de Antwerpse

Zeendiensten een onderzoek naar de aldaar aanwezige stromingssituatie ingesteld. Het verloop van de ontwikkelingen in dit gebied is vooral na het optreden van de ramp met de Mira Flores nauwlettend door middel van periodieke peilingen gevolgd; bovendien is een aantal stroommetingen en peilschaalwaarnemingen verricht. Van het ter zake door de Studiedienst Vlissingen ingestelde onderzoek brengt deze studie verslag uit.

Op de inleiding (par. 1) volgt in par. 2 naast een algemene beschrijving van het riviergedeelte boven Hansweert (par. 2.1, bijlage 1) en van de scheepvaart (par. 2.3) een korte geologische beschouwing (par. 2.2, bijlage 2).

Uit die beschouwing blijkt dat de veranderingen in het rivierbed van het bovenstroomse deel der Westerschelde hoofdzakelijk plaatsvinden in (veelal losgepakt) jong zeezand, al zijn de hoofdgeulen plaatselijk uitgeschuurd tot op of in oudere grondlagen. Verder bestaat in de buitenbochten van het Vaarwater boven Bath, het Nauw van Bath en de Overloop van Valkenisse de geulwand uit z.g. oude kerngronden, die veel weerstand tegen uitschuring bieden, waardoor verdere uitbochting slechts langzaam plaatsvindt. De morfologische veranderingen tussen Zandvliet en Hansweert zijn mede beïnvloed door bagger- en stortwerkzaamheden (par. 3.1). Met onderhoudsbaggerwerken op de drempels was hier in de periode 1905 - 1939 een 46 mln m³ gemoeid, in de periode 1939 t/m 1971 echter 132 mln m³, waarvan 108 mln m³ in stortplaatsen (bijlage 3) werd teruggestort en 24 mln m³ uit het rivierbed werd verwijderd. Sinds

1950 werd verder nog 9 mln m³ gewonnen uit dit gebied, waaruit dus in totaal (sinds 1940) ruim 33 mln m³ specie, in middelen van vervoer gerekend, is afgevoerd, wat neerkomt op 27 mln m³ in profiel.

Voor 1925 waren de bagger- en stortwerken van zo weinig betekenis dat zij de ontwikkeling van het geulen- en platenstelsel (besproken in par. 3.2 aan de hand van bijlage 4) vrijwel niet beïnvloedden. In 1931 vertonen de hoofdgeulen en vloodscharen in grote lijnen een ligging overeenkomend met die van 1971, zij het dat het Schaar van Waarde toen wel veel belangrijker was. Op de verdere ontwikkelingen is de invloed der bagger- en stortwerken zeker niet verwaarloosbaar geweest. Van deze ontwikkelingen verdienen vermelding:

- voor wat betreft de hoofdgeulen: de verruiming en verdieping onder invloed van omvangrijke baggerwerken van het Vaarwater boven Bath, het Nauw van Bath en de benedenloop van het Zuidergat;
- voor wat betreft de nevengeulen: de sterke achteruitgang van het Schaar van Valkenisse, gepaard met een belangrijke toeneming der Zimmermangeul en de sterke schommeling in betekenis van het Schaar van de Noord. Na intensief gebruik als stortplaats (opnemingen 1955 en 1963) was dit schaar zeer ondiep, maar spoedig na het staken van dit storten (1965) namen de diepten sterk toe (situatie 1971).

Aan de hand van de opnemingen zijn berekeningen gemaakt van de veranderingen van de inhoud der rivier over de perioden 1878 - 1931, 1931 - 1952, 1955 t/m 1963 en 1964 t/m 1971 (par. 3.3, bijlagen 5 en 6). Daaruit blijkt dat in de loop

der jaren grote hoeveelheden bodemmateriaal in bovenstroomse richting zijn verplaatst. Aan het meest bovenstroomse deel der Westerschelde (vakken I en II van bijlage 6) blijkt nu in de periode 1955 t/m 1971 ruim 37 mln m³ door baggerwerk te zijn onttrokken en langs "natuurlijke" weg 16 mln m³ te zijn toegevoerd, welke laatste hoeveelheid grotendeels (11 mln m³) rechtstreeks werd ontleend aan vak III en overigens waarschijnlijk van verder benedenstrooms afkomstig was. Op de bijlagen 4 en 7 staan aangegeven de raaien A, B en C-C', waarin debietmetingen zijn verricht en wel in de jaren 1937, 1957, 1964 en 1970 in raai A (Waarde-Perkpolder), 1933/1934 en 1963 in raai B (Zimmermanpolder-Paal) en 1933/1934 en 1972 in de raaien C-C' (Nauw van Bath/Schaar van de Noord). Veranderingen van betekenis in de eb- en vloedvolumina konden voor geen dezer raaien worden vastgesteld (par. 3.4.1). Wel veranderde de verdeling der volumina over de geulen in de raaien A en B. Zo nam van het Zuidergat het aandeel in het totale volume bij vloed toe van 33% in 1937 via 30% in 1957 tot 42% in 1970 en bij eb van 42% in 1937 tot 55% in 1970 (tabel VI). Het aandeel van het Schaar van Waarde nam uiteraard overeenkomstig af, e.e.a. mede als gevolg van baggerwerken op de drempel van Hansweert en van het storten van zeer veel specie in dit schaar (bijlage 3, grafieken 6 en G). De reeds genoemde achteruitgang van de uitloop van het Schaar van Valkenisse zal rechtstreeks met de debietveranderingen en de stortingen in het Schaar van Waarde hebben samengehangen. Verder bleken in het



foto 13 Luchtfoto oostelijk deel Westerschelde (16 juli 1972; foto K.L.M.-Aerocarto).

noordelijk deel van raai B de getijvolumina in 1963 op de Zimmermangeul te zijn geconcentreerd, zulks in tegenstelling tot de situatie van 1933/1934.

Op bijlage 7 is voor een aantal raaien en raai gedeelten het verloop der profieloppervlakten weergegeven. Uit deze grafieken (par. 3.4.2) kan allereerst worden opgemaakt dat in elk geval tot 1969 de ontwikkeling van het Nauw van Bath ter hoogte van Rilland (raai I) tegengesteld verliep aan die van het naastgelegen deel van het Schaar van de Noord, m.a.w. dat het storpen van specie in dit schaar de ontwikkeling van de hoofdgeul in raai I bevorderde, wat vervolgens een stimule-

rende uitwerking had op de Zimmermangeul. Deze slotsom sluit goed aan op de reeds vermelde bevinding dat aan het riviergedeelte ter hoogte van de Zimmermanpolder (vak III, bijlage 6) veel bodemmateriaal is onttrokken door het afvoeren van onderhoudsbaggingspecie uit de vakken I en II. Van de geuldoorsneden over de uitlopen van de Zimmermangeul (PQ), het Schaar van Valkenisse (QR) en het Schaar van Waarde (RS) vertonen de eerste twee volgens bijlage 7 zeer opmerkelijke veranderingen. Tot 1959 namen beide profielen af, QR in sterke, PQ (gerekend t.o.v. GHW) in geringe mate. Tussen 1959 en 1963 stagneert de achteruitgang van QR en



neemt profiel PQ sterk (van 1962 op 1963 zelfs zeer sterk) toe. Na 1963 (het jaar van de scheepsramp met de Mira Flores!) neemt het profiel van QR weer voortdurend en snel af, dat van PQ in veel geringere mate en slechts tot 1965 om daarna vrijwel bestendig te blijven. In par. 3.4.2 wordt reeds een aantal factoren genoemd ter voorlopige verklaring van deze ontwikkelingen tussen 1959 en 1965; aan het slot van deze samenvatting zal e.e.a. nog nader aan de orde komen (conclusie 9).

De getijgegevens over de 10-jarige perioden 1911/1920 t/m 1961/1970 vertonen vol-

gens par. 3.5 en bijlage 8 voor Hansweert en Bath geen opmerkelijke verschillen vergeleken met Vlissingen (de drie stations ondergingen alle een stijging van het GHW en GLW van 20 cm, resp. ongeveer 10 cm). Te Antwerpen is echter sprake van een verkorting van de vloedduur van ruim 10 minuten, een vervroeging van het hoogwater van 25 min. t.o.v. Vlissingen (20 min. t.o.v. Hansweert) en een vergroting van het gemiddelde tijverschil van ruim 30 cm, deels teweeggebracht door een verlaging van het GLW (met 7 cm). Deze verschijnselen wijzen op een beïnvloeding van het tij door baggerwerken op de Belgische Schelde, wat door de grafieken

van bijlage 9 nader bevestigd wordt¹²⁾; een overeenkomstige beïnvloeding op Nederlands gebied door de baggerwerken aldaar kan niet worden aangetoond.

Na 1962 zijn veelvuldig opnamen van de uitloop der Zimmermangeul verricht; bijlage 10 geeft een deel ervan weer in de vorm van een film met situaties van 1951, 1955, 1959, 1961 en verder voor ieder jaar; de bijbehorende profielen van raai PQQ₁ treft men aan op bijlage 11.

Ook vroeger waren in dit gebied wel ebschaartjes aanwezig (bijlage 4, situaties 1931 en 1945) maar over hun ontwikkeling is niets bekend. Na 1951 is de toen smalle uitloop verruimd en in 1961 was een bescheiden ebschaartje (de 1e drempelgeul) met vloodschaartje ontstaan, het begin van een tot heden voortdurende cyclus van drempelgeulen, die (par. 4.1) als volgt kan worden beschreven.

In haar eerste fase van 2 à 3 jaar verplaatst een drempelgeul zich door bochtwerking in zuidwestelijke richting over een 500 m en bereikt daarbij haar grootste omvang; te zelfder tijd buigt het vloodschaartje vanuit de Zimmermangeul als het ware mee en ondergaat het platengebied ten noordoosten van de drempelgeul een verlaging, die met name in 1963 naar verhouding aanzienlijk was. In de tweede fase van 4 à 5 jaar zet de

drempelgeul haar verplaatsing nog over 500 à 700 m voort, maar daarbij gaat ze in betekenis achteruit tot totale verandering toe. Het vloodschaartje buigt daarbij aanvankelijk snel noordwaarts terug tot halverwege deze tweede fase, wanneer een nieuwe drempelgeul zich aftekent, de plaat weer omhooggekomen is en de herhaling van het gehele proces met de nieuwe drempelgeul begint. Zo bereikte de 3e drempelgeul in 1972 haar hoogtepunt.

De levensduur van een drempelgeul is dus 6 à 7 jaar, terwijl om de 4 à 5 jaar een nieuwe drempelgeul wordt gevormd. De reeds gesignaleerde toeneming van de oppervlakte van profiel PQ na 1959 is toe te schrijven aan de vermelde schaarvorming en de verlaging van het platengebied, die in 1963 maximaal was.

In het gebied van de uitloop zijn enkele malen tijdens de tweede fase van de vloed drijfvermetingen verricht en wel op 15 oktober 1962 (door de Antwerpse Zee-diensten) bij een flink ontwikkeld springtij en op 26 en 27 maart 1963 bij zware springtijden (par. 4.2.1).

Op 15 oktober 1962 (getijfactor 1,168) was er een forse stroom uit de 1e drempelgeul en over het platengebied waarbij (bijlage 12) oppervlaktedrijvers met een snelheid van maximaal 2,5 m/s het Nauw van Bath indreven onder een hoek van 30 graden met de geulas. Bij de veel zwaardere getijden van 26 en 27 maart 1963 (getijfactoren 1,322 en 1,291) was deze stroom tussen 1½ en ½ uur voor hoogwater ruim 3 m/s, waarbij zijn hoek met de geulas schommelde tussen 30 graden en 60 graden (bijlagen 13 en 14); daar-

12) Het getij bij Antwerpen kan ook zijn beïnvloed door de bouw van stuwen in de zijrivieren der Schelde en nabij Gent, maar deze factor kan moeilijk het feitelijke verloop der grafieken voor Antwerpen-Vlissingen (bijlage 9) hebben teweeggebracht.

bij werden op de platen veel hogere snelheden (tot 4,15 m/s) gevonden. De dwarsstroom, die het Schaar van de Noord in-trok, nam vervolgens, verder draaiend tot een richting haaks op de geulas, af tot 1,5 m/s omstreeks hoogwater en was ook in diepere lagen merkbaar (bijlage 15); in tegenstelling tot de situatie van 15 oktober 1962 had de 1e drempelgeul geen aandeel in deze dwarsstroom.

Op 26 en 27 maart 1963 en op nog een negental dagen in april, mei en juni 1963 zijn op twee plaatsen aan de rand der plaat nog verticaalmetingen verricht (par. 4.2.2).

Enkele uitkomsten betreffende de snelheden in de bovenste meetpunten treft men aan op bijlage 16; klaarblijkelijk traden het laatste uur voor hoogwater bij springtij snelle veranderingen van die snelheden op met daarbij twee maxima. Alle betrokken waarden zijn op bijlage 17 uitgezet tegen de getijfactor; voor meetpunt A blijkt voor alle meetdagen een goed verband te bestaan tussen het eerste maximum en de getijfactor met uitzondering van die van 27 maart 1963 toen na de voorgaande zeer zware tijen een bijna 15% hogere waarde werd gevonden. Voor het tweede maximum, dat bij zware tijen het eerste aanzienlijk overtreft, geldt eveneens een goed verband, maar op 20 juni blijft zijn waarde ver ten achter; het is alleszins aannemelijk dat de situatie toen belangrijk was verbeterd.

Peilschaalwaarnemingen in dit gebied, verricht in mei-juli 1963 geven een aanvullend beeld van de waterloopkundige verschijnselen (bijlage 18) en bevesti-

gen het hiervoor geschetste verloop ervan (par. 4.2.3).

De ontwikkeling der 2e drempelgeul, die sterke overeenkomst vertoonde met haar voorganger, noopte op 6 april 1966 (getijfactor 1,307) en op 28 en 29 maart 1967 (getijfactor 1,311 resp. 1,238) tot het verrichten van verticaalmetingen tijdens de vloed (steeds op 2 plaatsen langs de plaatrand). De uitkomsten zijn weergegeven op bijlage 19, die van peilschaalwaarnemingen op 29 maart op bijlage 18. Bij de eerste meting, verricht door de Antwerpse Zeediensten, bleek de situatie het ongunstigste (een grootste oppervlaktesnelheid van 2,80 m/s, die vrij sterk op het Nauw van Bath was gericht), maar toch aanzienlijk beter dan in 1963. Op elk der drie betrokken meetdagen was voorts slechts één maximum-stroomsnelheid aanwezig, terwijl de waterstanden evenmin een afwijkend beeld vertoonden (par. 4.2.4).

Klaarblijkelijk was in het voorjaar van 1963 (en bij gevolg bij de ramp met de Mira Flores) in het Nauw van Bath ter hoogte van de uitloop van de Zimmerman-geul een uitzonderlijk slecht stroombeeld aanwezig gedurende de laatste 1½ à 1 uur voor hoogwater bij flink ontwikkelde en zware springtij. In par. 4.3 is - voortbouwende op o.a. par. 3.4.2 en mede aan de hand van bijlage 20 - vrij uitvoerig op de mogelijke oorzaken hiervan ingegaan. Hieraan is conclusie 9 ontleend.

Op grond van het ingestelde onderzoek kunnen nu een negental gevolgtrekkingen worden gemaakt:

CONCLUSIE 1: Veranderingen in komberging op Nederlands gebied boven Hansweert zijn in de periode 1937 - 1970 niet belangrijk geweest, gevolg van het feit dat veranderingen in het getij (verhoging hoog- en laagwaterstanden, vergroten amplituden) de kombergingsverminderingen op schorren e.d. hebben opgeheven.

CONCLUSIE 2: Het getij doorloopt de Westerschelde en de Schelde tot Antwerpen wat sneller dan vroeger, vermoedelijk in belangrijke mate als gevolg van onderhoudsbaggerwerken.

CONCLUSIE 3: De onderhoudsbaggerwerken boven Bath van na de Eerste Wereldoorlog hebben te Antwerpen een verkorting van de vloedduur met ruim 10 minuten teweeggebracht en de toeneming van het gemiddelde tijverschil aldaar belangrijk vergroot (tot 3 dm); beneden Bath is wat dit betreft alleen sprake van een toeneming der gemiddelde amplituden van $\frac{1}{2}$ à 1 dm, gevolg van natuurlijke oorzaken.

CONCLUSIE 4: In het oostelijke deel hebben (voornamelijk ten dienste van de scheepvaart verrichte) bagger- en stortwerkzaamheden geleid tot:

- a. een belangrijke verruiming van de knelpunten in het hoofdvaarwater boven Hansweert;
- b. een achteruitgang van het aandeel in de getijvolumina van het Schaar van Waarde ten gunste van het Zuidergat (welks aandeel sinds 1937 met ongeveer $\frac{1}{4}$ toenam);
- c. wisselvalligheden in de stroom- en zandtransportverschijnselen in het

Schaar van de Noord en de omliggende hoofd- en nevengeulen.

CONCLUSIE 5: Gerekend over perioden van 8 à 9 jaar is er na 1955 een nauw verband tussen de zandhuishouding in de vakken I en II van bijlage 6 enerzijds en vak III anderzijds. Dit nauwe verband betekent dat voor elk der perioden 1955 t/m 1963 en 1964 t/m 1971:

- a. zandonttrekking t.b.v. onderhoudsbaggerwerk in de vakken I en II (Bocht van Bath, Drempel van Zandvliet) een ontzandende werking op vak III heeft gehad;
- b. de "natuurlijke" ontzanding van vak III (d.i. omgeving uitloop Zimmermangeul) vrijwel gelijk is geweest aan de "natuurlijke" aanzanding van het erboven gelegen vak II;
- c. omvangrijke stortingen in vak III (d.w.z. in het Schaar van de Noord) enerzijds halverwege het Nauw van Bath het profiel dezer hoofdgeul hebben verruimd en anderzijds de "natuurlijke" aanzanding van vak II hebben vergroot; zeer omvangrijke stortingen in dit schaar in de jaren 1962 t/m 1964 hebben hierdoor indirect ontzandingen elders in vak III in de hand gewerkt.

CONCLUSIE 6: Na 1959 is de uitloop der Zimmermangeul snel en aanzienlijk verruimd tot een maximum in 1963, waarop weer enige vermindering volgde tot 1965; sindsdien is de - uiteindelijk belangrijk vergrote - profieloppervlakte van deze uitloop vrijwel bestendig. De profielvergroting was gevolg van het ont-

staan van een systeem van een of twee eb-scharen (z.g. drempelgeulen) en een vloodschaar en van een verlaging van de plaat in dit gebied.

CONCLUSIE 7: In de uitloop der Zimmermangeul ontstaat sinds 1961 om de 4 à 5 jaar een nieuwe drempelgeul die, onder een geleidelijke verplaatsing in zuidwestelijke richting aan haar mond over ongeveer 1000 m gedurende haar bestaan van 6 à 7 jaar, eerst in 2 à 3 jaar haar maximum bereikt en vervolgens afneemt en verzandt.

CONCLUSIE 8: Ten tijde van de maximale ontwikkeling der drempelgeul komen tijdens de laatste 1 à 1½ uur van de vloed van springtijden via de uitloop dwarsstromen in het Nauw van Bath, die te hinderlijker zijn naarmate het springtij sterker is ontwikkeld.

CONCLUSIE 9: In het voorjaar van 1963 is de situatie, beschreven in conclusie 8, uitzonderlijk ongunstig geweest als gevolg van een samenstel van oorzaken, dat hoogstwaarschijnlijk bestond uit:

A. de tussen 1945 en 1965 optredende toeneming der getijvolumina in de Zimmermangeul, samenhangende met:

- 1e de speciëstortingen in het Schaar van Waarde en de daarmee verband houdende verzanding van de uitloop van het Schaar van Valkenisse;
- 2e de tot 1961 toegenomen tijverschillen, veroorzaakt door de 18,6-jarige cyclus van de helling der maanbaan;
- 3e een vermoedelijke en kortdurende

toeneming van het vloedvolume van het Schaar van Waarde;

- B. de ondiepe ligging van de inloop van het Schaar van de Noord door omvangrijke stortwerkzaamheden aldaar;
- C. de snelheid van "dichtstorten" van het Schaar van de Noord, wat (volgens conclusie 5 onder c) indirect een verlaging van de plaat in de uitloop kan hebben teweeggebracht;
- D. de relatief lage ligging der plaat in de uitloop der Zimmermangeul;
- E. de opeenhoping van zware tot zeer zware voorjaarsstijven, waardoor de plaat hoogstwaarschijnlijk onder invloed van buitengewoon hoge snelheden ter plaatse periodiek nog verlaagd werd;
- F. enig extra verval langs de rand van het Land van Saaftege door factor B, terwijl dit verval vermoedelijk toch al wat groter was en is dan vroeger (conclusie 3); hierdoor konden bij hoge waterstanden grote snelheden langs deze rand ontstaan, die mede de dwarsstroom in het Nauw van Bath veroorzaakten.

NASCHRIFT

Deze studie is een vrijwel ongewijzigde uitgave van de gelijknamige nota 73.4 van de Studiedienst Vlissingen van de Rijkswaterstaat, welke nota in augustus 1973 is verschenen. In enkele voetnoten zijn enige nadien opgedane bevindingen en verworven inzichten verwerkt. Voor wat betreft de ontwikkelingen der drempelgeulen is van belang dat de 4e drempel-

geul in het begin van 1975 is ontstaan; dit past dus geheel in de gevonden periode van 4 à 5 jaar. Medio 1975 liet het zich nog aanzien dat deze 4e drempelgeul zich op soortgelijke wijze zou ontwikkelen als haar voorgangers. Volgens latere opnemingen (meest recente: van januari 1976) heeft ze zich nadien echter niet verder verplaatst, terwijl bovendien sprake was van enige verondieping. De ebinloop der 3e drempelgeul daarentegen kreeg in de tweede helft van 1975 een opmerkelijke verbinding met het bovenstroomse deel van het Schaar van Valkenisse. Deze ontwikkelingen hangen ongetwijfeld samen met na 1972 geleidelijk optredende veranderingen in het scharenstelsel ter hoogte van Waarde.

Het storten in de inloop van het Schaar van de Noord is in 1972 weer hervat; in de jaren 1972 t/m 1975 werd aldaar aan specie gestort achtereenvolgens 1,04; 1,42; 0,52 en 1,66 mln m³ Toch kon in 1975 dit schaar (opnieuw) worden betond. Door verdieping van de benedenstroomse drempel kon dat jaar ook de Zimmermangeul (en wel voor de eerste maal) als nevenvaarwater worden opengesteld.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- 1 *Dr. F.F.F.E. van Rummen:* Geologisch onderzoek van de Westerschelde. Geologische stichting, afdeling Geologische Dienst, rapporten nrs. 233/58, 233/59, 233/60 en 233/61-62 (1959 t/m 1962).
- 2 *P. Roelse:* De bevaarbaarheid van de Westerschelde in 1971. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Studiedienst Vlissingen, nota 72.1 (1972).
- 3 Zeemansgids voor de Nederlandse kust en aangrenzend gebied. Uitgegeven door de Chef der Hydrografie (1974).
- 4 *D. de Looff en ir. J. van Malde:* Over de geulontwikkeling sinds 1800 in de Westerschelde i.v.m. tracébeplanning vaste oeververbinding. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Studiedienst Vlissingen, nota 68.2 (1968).
- 5 *Jac. Haring:* Inhouds- en diepteveranderingen in de Westerschelde over de periode 1878 - 1931. Rijkswaterstaat, Directie Benedenrivieren, rapport nr.8 (1948).
- 6 *Jac. Haring:* Inhouds- en diepteveranderingen in de Westerschelde over de periode 1931 - 1952. Rijkswaterstaat, Directie Benedenrivieren, rapport nr.1 (1955).
- 7 *ir. M. Meulenbergh:* Voorlopige schatting der aanzanding van het toekomstig noordelijk bekken der Westerschelde na voltooiing der bochtafsnijding bij Bath. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Studiedienst Vlissingen, nota 72.10 (1972).
- 8 *ir. I. Coen:* Nota over de evolutie van het getij in de Westerschelde. Antwerpse Zeediensten (maart 1973).

LIJST VAN BIJLAGEN

- 1 Riviergedeelte Hansweert-Zandvliet-sluis. Algemeen overzicht.
- 2 Geologisch onderzoek oostelijk deel Westerschelde. Overzicht en profielen I, II en V.
- 3 Riviergedeelte Hansweert-Zandvliet-sluis. Onderhoudsbaggerwerken sedert 1905 - Gebaggerde, gestorte en afgevoerde hoeveelheden specie.
- 4 Riviergedeelte Hansweert-Zandvliet. Opnemingen 1800 - 1971.
- 5 Inhouds- en diepteveranderingen beneden GHW (1878 - 1952).
- 6 Riviergedeelte Baarland-Zandvlietsluis. Zandhuishouding 1955 - 1971, inhouds- en diepteveranderingen.
- 7 Riviergedeelte Hansweert-Zandvlietsluis. Veranderingen geuldoorsneden sedert 1951.
- 8 Westerschelde-Schelde; getijgegevens 1911/20 - 1961/70.
- 9 Verschillen tienjaarlijkse getijgemiddelden Hansweert, Bath en Antwerpen t.o.v. Vlissingen 1891/1900 - 1961/70.
- 10 Zimmermangeul, oostelijke uitloop; situaties 1951 - 1973.
- 11 Zimmermangeul, oostelijke uitloop; profielen raai PQQ₁ (1951 - 1973).
- 12 Zimmermangeul, oostelijke uitloop; stroommetingen 15 oktober 1962.
- 13 Zimmermangeul, oostelijke uitloop; stroombanen bij vloed d.d. 26-3-1963, oppervlaktedrijvers.
- 14 Zimmermangeul, oostelijke uitloop; stroombanen bij vloed d.d. 27-3-1963, oppervlaktedrijvers.
- 15 Zimmermangeul, oostelijke uitloop; stroombanen bij vloed d.d. 27-3-1963, dieptedrijvers.
- 16 Zimmermangeul, oostelijke uitloop; verloop vloedstroomsnelheden bij sprijtj (maart-juni 1963).
- 17 Uitloop Zimmermangeul; verbanden voorjaar 1963 getijfactor Bath-maximum oppervlaktesnelheid meetpunt A.
- 18 Riviergedeelte Zimmermanpolder-Bath; peilschaalwaarnemingen 1963 en 1967.
- 19 Zimmermangeul, oostelijke uitloop; verloop vloedstroomsnelheden bij sprijtj (april 1966 en maart 1967).
- 20 Schaar van de Noord. Ontwikkelingen 1959 - 1972.

rijkswaterstaat-serie

- 1* Textuurdieptemetingen op
rijkswegen
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
februari '71
- 2 De brug over het Julianakanaal en
de Maas bij Elsloo
Directie Bruggen - Voorburg
mei '71
- 3 Proefstrepen van duurzame markerings-
materialen
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
september '71
- 4 Report of an oil control trial in
the North Sea
*Afdeling Havenmonden -
Hoek van Holland*
september '71
- 5 Verkeerstellingen in 1970
*Dienst Verkeerskunde -
's-Gravenhage*
november '71
- 6 Kunsttharsproefvakken op
rijksweg 4
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
januari '72
- 7** Drie bruggen over het Maas-
Waalkanaal
Directie Bruggen - Voorburg
februari '72
- 8 Proefvakken rijksweg 15 -
deel I
*Directie Wegen,
Afdeling Gorinchem*
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
maart '72
- 9 Over het berekenen van Delta-
profielen
*Directie Zeeland -
Studiedienst Vlissingen*
juli '72
- 10 Symposium Oosterbeek 1972
*Dienst Informatieverwerking -
's-Gravenhage*
september '72
- 11 Verkeerslawaai en wegontwerp
*Directie Wegen -
's-Gravenhage*
februari '73
- 12 Verkeersbruggen bij de Kreekrakdam
*Directie Bruggen -
Voorburg*
mei '73
- 13 Formalisme en inzicht
in mechanica-modellen
*Dienst Informatieverwerking -
's-Gravenhage*
september '73
- 14 Bijdrage tot de historische
geografie van de
Nederlandse kuststreek
*Directie Waterhuishouding
en Waterbeweging -
's-Gravenhage*
maart '74
- 15 Het wegbeeld als toetssteen
voor het wegenontwerp
*Hoofddirectie van de Waterstaat
en Dienst Verkeerskunde -
's-Gravenhage*
juli '74
- 16 De relatie tussen het kortingen-
systeem en de noodzakelijke
compensatiekosten
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
augustus '74
- 17 Verkeerstellingen in 1973
*Dienst Verkeerskunde -
's-Gravenhage*
december '74
- 18 Studie over de berekening van de
marginale verzwaringskosten en
de betekenis van de "deflectie-
factor" k
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
maart '75
- 19 Een statistische methode voor
kwaliteitscontrole in de
wegenbouw
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
september '75
- 20 Symposium Oosterbeek 1975
*Dienst Informatieverwerking -
's-Gravenhage*
december 1975
- 21 Verkeerstellingen in 1974
*Dienst Verkeerskunde -
's-Gravenhage*
december 1975

*tevens een Engelse uitgave
september '71

**tevens een Duitse uitgave
april '72 en
een Engelse uitgave
november '72