

MOD. 265 - 7
MODEL VAN DE KUST EN HET
SCHELDEESTUARIUM

HYDRAULISCH ONDERZOEK
UITBOUW VOORHAVEN ZEEBRUGGE
DEEL 2

(tekst)

INHOUD

- 3. Aanvullende en vergelijkende studie van de havenuitbouwen
1500 GVS - 1750 GVS - 1750 F en 1750 G.
 - 3.1. Inleiding.
 - 3.2. Vergelijking tussen 1500 GVS en 1750 F.
 - 3.2.1. Stroombanen.
 - 3.2.2. Snelheidsprofielen.
 - 3.2.3. Dwarskrachtenlijnen langs de Pas van
 het Zand.
 - 3.2.4. Procentuele snelheidsverandering t.o.v.
 T0.
 - 3.2.5. Samenvatting.
 - 3.3. Vergelijking 1750 GVS - 1750 G.
 - 3.3.1. Variante 1750 G (TR51 en 52).
 - 3.3.2. Stroombanen.
 - 3.3.3. Snelheidsprofielen.
 - 3.3.4. Dwarskrachtenlijnen.
 - 3.3.5. Procentuele snelheidsverandering t.o.v.
 T0.
 - 3.3.6. Samenvatting.
 - 3.4. Besluit.

4. Hydraulisch onderzoek in verband met verdedigingwerken voor de Oostkust.
 - 4.1. Inleiding.
 - 4.2. Invloed van de uitbouw grootte op de stroming voor de Oostkust.
 - 4.2.1. Snelheidsverandering bij eb.
 - 4.2.2. Snelheidsverandering bij vloed.
 - 4.2.3. Samenvatting.
 - 4.3. Kustverdediging met behulp van lage kribben bij de voorhavenuitbouw 1500 m GVS.
 - 4.3.1. Invloed op de ebstroming.
 - 4.3.2. Invloed op de vloedstroming.
 - 4.3.3. Samenvatting.
 - 4.4. Kustverdediging met behulp van lage kribben en/of zandsuppletie bij een voorhavenuitbouw 1500 m GVS.
 - 4.4.1. Kustverdediging met enkel zandsuppletie.
 - 4.4.2. Kustverdediging met kribben en suppletie.
 - 4.4.3. Samenvatting.
 - 4.5. Verdediging van de Oostkust bij uitbouw 1750 F.
 - 4.5.1. Snelheidsverandering t.o.v. T0 bij eb.
 - 4.5.2. Snelheidsverandering t.o.v. T0 bij vloed.

- 4.5.3. Samenvatting.
- 4.6. Besluit.
- 5. Hydraulisch onderzoek i.v.m. bouwfasen.
 - 5.1. Inleiding.
 - 5.2. Oostkuststudie : uitbouwfasen TR17, 28, 39 en 40.
 - 5.2.1. Uitbouwfase TR17.
 - 5.2.2. Uitbouwfase TR28.
 - 5.2.3. Uitbouwfase TR39.
 - 5.2.4. Uitbouwfase TR40.
 - 5.2.5. Samenvatting.
 - 5.3. Interim LNG-haven.
 - 5.3.1. Stroombeeld bij eb.
 - 5.3.2. Stroombeeld bij vloed.
 - 5.3.3. Snelheidsprofielen.
 - 5.3.4. Procentuele snelheidsverandering t.o.v. T0.
 - 5.3.5. Samenvatting.
 - 5.4. Bouwfasetoestanden nieuwe voorhaven.
 - 5.4.1. Bouwfase TR49.
 - 5.4.2. Bouwfase TR50.

5.4.3. Bouwfase TR40.

5.4.4. Bouwfase TR39.

5.4.5. Samenvatting.

5.5. Besluit.

6. Algemene besluiten van het onderzoek uitgevoerd op het fysisch permanentiemodel van de Kust.

INLEIDING.

Onderhavig volume vormt het tweede deel *) van het verslag der modelproeven uitgevoerd op het permanentiemodel van de Kust en het Scheldeëstuarium voor rekening van de Tijdelijke Vereniging "ZEEBOUW-ZEEZAND" i.v.m. de uitbouw van de voorhaven van Zeebrugge.

In het eerste deel van dit verslag werden de resultaten van de gevoeligheidsstudie (hoofdstuk 1) en van de vormgevingsstudie (hoofdstuk 2) besproken.

Dit tweede deel bevat een aanvulling bij deze gevoeligheidsstudie en vormgevingsstudie (hoofdstuk 3) in verband met de variante 1750 G.

Verder worden de resultaten van de modelproeven met betrekking tot de oostkust weergegeven in hoofdstuk 4, terwijl de proeven in verband met enkele uitbouwfasen waaronder de interim LNG-haven worden besproken in hoofdstuk 5.

*) De nummering der bijlagen en de indeling in hoofdstukken sluit aan bij het eerste deel.

3. AANVULLENDE EN VERGELIJKENDE STUDIE VAN DE HAVEN-
UITBOUWEN 1500 GVS *) - 1750 GVS - 1750 F EN 1750 G.

3.1. Inleiding. (zie bijlagen 101 en 104)

In de 1e fase van de studie, nl. in de gevoeligheidsstudie (hoofdstuk 1) werd onderzocht voor welke grootte van uitbouw met de vorm GVS (zie bijlage 101) de snelheidstoename bij vloed gemiddeld in het globale gebied van Scheur-Wielingen tot 10 % beperkt blijft (zie zone "totaal", bijlage 104) terwijl gemiddeld 15 % snelheidstoename lokaal in de Wielingen, ten zuiden van de Bol van Heist (zie zone "zuidrand", bijlage 104) niet wordt bereikt. Op basis van deze aanname volgde uit het modelonderzoek dat 1750 GVS (TR10, zie bijlage 101) als de maximale uitbouwgrooete te aanzien is.

In de 2e fase van de studie werd de vorm in planzicht van de haven-dammen in model onderzocht. Deze vormgevingsstudie heeft geleid tot de vorm volgens variante F.

Combinatie van de uitbouw volgens de variante F met de grootte van de uitbouw 1750 GVS leidt tot de vorm 1750 G (bijlage 101). De westdam van deze uitbouw is ongeveer 200 m verder zeewaarts gelegen dan voor de uitbouw 1750 F (TR44).

De uitbouw 1750 G is zoals 1750 F voorzien van een brede zwaai-kom voor de havenmond op Z - 13 m, terwijl de oostkust verde-digd is m.b.v. zandsuppletie en twee onderwater kribben.

*) GVS staat voor vorm Gevoeligheidsstudie (zie hoofdstuk 1).

De uitbouw 1750 G werd onderzocht en er werd getracht een antwoord te geven op de volgende vragen :

- 1) Is de stromingstoestand voor de havenmond met de vorm zoals in de gevoeligheidsstudie en een uitbouw lengte van 1500 m (1500 GVS of TR1) vergelijkbaar qua stroming met 1750 F (TR44) ?
- 2) Is er eveneens zulke overeenkomst tussen de uitbouwen 1750 GVS (TR10) en 1750 G ?
- 3) Voldoet de uitbouw 1750 G aan het hoger gestelde criterium qua snelheidstoename ?

Opmerking.

- Voor de vormen GVS was de vaargeul 400 m breed en tot op Z - 15 m uitgediept hetgeen qua stroming in de omgeving van de Pas van het Zand niet veel verschil uitmaakt t.o.v. een geulbreedte van 600 m en geuldiepte Z - 13 m, zoals aangetoond in Deel 1, paragraaf 2.1.
- Bij de situaties GVS ontbreekt de oostkustverdediging.
- De uitbouw volgens variante 1750 G werd tweemaal beproefd (TR51 en TR52). Dit geeft een idee van de spreiding van de modelresultaten van beide proeven, wat nuttig is bij de interpretatie van de waargenomen verschillen tussen de te vergelijken toestanden 1750 GVS en 1750 G.

3.2. Vergelijking tussen 1500 GVS (TR1) en 1750 F (TR44).

3.2.1. Stroombanen. (zie bijlagen 102 en 103)

De oostelijke havendam bij 1750 F is beduidend groter dan voor

1500 GVS. Zodoende ontstaat een aanzienlijk verschil in de stroming bij eb, zodat ter plaatse van de toegangseul de meest landwaartse stroombaan voor 1750 F circa 400 m verder zeewaarts ligt dan bij 1500 GVS (zie bijlage 102).

Bij vloed is in het algemeen beschouwd het verschil in stroombanen te verwaarlozen, aangezien de oriëntatie van de westdam van variante F aan de hand van het stroombeeld voor variante 1500 GVS is bepaald (bijlage 103).

3.2.2. Snelheidsprofielen. (zie bijlagen 104 tot 112)

Op bijlage 104 zijn de raaien getekend waarlangs het verloop van de snelheid is weergegeven in de bijlagen 105 - 110. In bijlagen 111 en 112 is het verloop van de procentuele snelheidsverandering t.o.v. T₀ weergegeven.

In de raai Blankenberge is bij eb (bijlage 105) het verloop van TR₁ niet erg regelmatig. Landwaarts km 5 is 1500 GVS 15 cm/s kleiner dan T₀, terwijl 1750 F daarvan weinig afwijkt.

Bij vloed is 1750 F nabij km 7 circa 15 cm/s kleiner dan 1500 GVS en T₀. Landwaarts km 5 wijken beide toestanden in gelijke mate af van T₀.

Langs de Pas van het Zand spelen verdieping van de vaargeul, vorm van de zwaairom en vorm van de oostdam een rol in het verloop van de snelheid bij eb. Zodoende zijn de snelheidsprofielen voor 1500 GVS en 1750 F sterk verschillend : de maximum snelheid bij 1750 F ligt circa 400 m verder zeewaarts dan bij 1500 GVS (bijlage 107). Bij vloed (bijlage 108) wijken de snelheidsprofielen weinig van elkaar af.

Voor Knokke-Heist (bijlagen 109 en 110) is zowel bij eb als bijvloed zo goed als geen verschil tussen beide profielen waar te nemen.

3.2.3. Dwarskrachtenlijnen langs de Pas van het Zand.

Bij eb (bijlage 113) zijn de dwarskrachtenlijnen totaal verschillend, zoals ook voor de snelheidsprofielen geldt. Bij vloed (bijlage 114) vallen de dwarskrachtenlijnen praktisch samen.

3.2.4. Procentuele snelheidsverandering t.o.v. T0. (115, 116)

In de bijlagen 115 en 116 is het procentueel verschil in snelheid t.o.v. de T0-situatie weergegeven. Sommige cijfers zijn met een asterisk gemerkt. Dit beduidt dat voor de betreffende toestand en het betreffende vakje het verschil in snelheid t.o.v. de T0-situatie niet significant is. Dit wil zeggen dat op basis van de statistische spreiding, de waarden van de vakgemiddelden en het aantal vlotters niet kan besloten worden dat de twee vakgemiddelde snelheden tot verschillende populaties behoren.

Zodoende wijst een asterisk erop dat :

- het verschil in snelheid inderdaad miniem is ;
- of de spreiding in het vak vrij groot is en dus geen zinvolle betekenis aan het verschil in snelheid kan geven ;
- of er te weinig vlotters aanwezig zijn.

Voor de vergelijking van 1500 GVS en 1750 F beschouwt men de cijfers op de bovenste lijn van elk vakje.

Bij eb (bijlage 115) merkt men aan de lagere snelheden nabij de oostkust dat voor 1750 F de oostkustverdediging is uitgebouwd. Nabij de havenmond verschilt de stroming omwille van de voor 1500 GVS kleinere oostdam. Dit blijkt ook uit de procentuele snelheidsverandering langs de Zandpas, getekend in bijlage 111.

De snelheidsverandering bij eb, gemiddeld in de "totale zone" van

Scheur-Wielingen (zie definitie bijlage 104) bedraagt 7.4 % voor 1500 GVS en 9.5 % voor 1750 F. Plaatselijk, langs de "zuidrand" van de Wielingen, t.p.v. de Bol van Heist, bedraagt de toename respectievelijk 10.8 en 12.5 %. Op de raai Knokke-Heist (bijlage 111) blijven de snelheidsverschillen t.o.v. T0 ten noorden van km 5 (zuidrand Wielingen) kleiner dan 10 %.

Bij vloed (bijlage 116) zijn de verschillen eveneens tot enkele procenten beperkt. In de "totale zone" is de toename gemiddeld 7 % voor 1500 GVS en 9 % voor 1750 F, terwijl in de zone "zuidrand" de toenames respectievelijk 11.5 % en 13 % bedragen. Op de raai Knokke-Heist blijven de procentuele toenames ten noorden van de zuidrand van de Wielingen tot 10 % beperkt (bijlage 112).

3.2.5. Samenvatting.

Voor de vloedstroming mogen de uitbouwen 1500 GVS en 1750 F in het algemeen beschouwd hydraulisch gelijkwaardig genoemd worden. Bij eb verplaatst de stroming zich meer zeewaarts voor 1750 F omwille van de verdere uitbouw van de oostdam.

De gemiddelde procentuele snelheidsveranderingen t.o.v. T0 zijn zowel bij eb als bij vloed, lokaal langs de zuidrand van de Wielingen gemiddeld kleiner dan 15 %, en in het globale Scheur-Wielingengebied gemiddeld kleiner dan 10 %. Er wordt dus voldaan aan de criteria gesteld onder 3.1.

3.3. Vergelijking 1750 GVS (TR10) - 1750 G (TR51/52).

3.3.1. Variante 1750 G (TR51 en TR52).

Deze variante werd tweemaal onderzocht. De onderlinge verschillen

kunnen afgelezen worden op bijlagen 111 en 112. Er zijn verschillen van circa 10 % bij eb in de raai Knokke-Heist (km 2 tot 3) en bij vloed in de raai Blankenberge (km 7) en de raai Knokke-Heist (km 5 tot 7).

De procentuele snelheidsveranderingen t.o.v. T0 zijn als volgt :

		<u>totale zone</u>	<u>zone zuidrand</u>
TR51	eb	5.4 %	5.5 %
TR52	eb	6 %	6.8 %
TR51	vloed	9.1 %	14.8 %
TR52	vloed	8.6 %	13 %

Plaatselijke verschillen ter zijde gelaten kan men zeggen dat de herhaalbaarheid van de uitslagen zeer bevredigend is.

3.3.2. Stroombanen (1750 GVS - 1750 G). (zie bijlagen 117 en 118)

Variante 1750 G is ontworpen aan de hand van de stroombanen bij vloed voor 1750 GVS. Zodoende is het verschil in stroombanen (bijlage 118) bij vloed in het algemeen beschouwd miniem. Bij eb is er enig verschil in stroombeeld vóór de havenmond, te wijten aan de oostkustverdediging en de hoekige vorm van de oostdam.

3.3.3. Snelheidsprofielen. (zie bijlagen 105 tot 112)

In de raai Blankenberge (bijlagen 105 en 106) is het verschil tussen 1750 GVS en 1750 G te verwaarlozen. Langs de Pas van het Zand is de snelheid bij eb respectievelijk groter (km 6) en kleiner (km 7.5) voor 1750 GVS. Bij vloed is er slechts weinig verschil, alhoewel de snelheid bij 1750 GVS iets groter is (zie ook bijlage 112). Langs de raai Knokke-Heist is het verschil bij eb te verwaarlozen.

Bij vloed is het snelheidsprofiel voor TR10 gelegen halverwege de profielen van TR51 en TR52, in de zone waar deze twee proefresultaten voor 1750 G van elkaar afwijken. In de bewuste zone is de snelheidstoename voor 1750 G gemiddeld beperkt tot 10 % t.o.v. T0 (zie bijlage 112).

Gezien de spreiding in de modelresultaten voor 1750 G kan men stellen dat ook langs de raai Knokke-Heist bij vloed de toestanden 1750 GVS en 1750 G niet tot wezenlijk verschillende snelheidsverlopen aanleiding geven.

3.3.4. Dwarskrachtenlijnen. (zie bijlagen 113 en 114)

Bij eb is er weinig verschil tussen de lijnen voor 1750 GVS en 1750 G, bij vloed is voor 1750 GVS het maximum enkele procenten hoger.

3.3.5. Procentuele snelheidsverandering t.o.v. T0. (zie bijlagen 115 en 116)

Bij eb bedraagt de gemiddelde snelheidstoename voor 1750 GVS in het Scheur-Wielingengebied (totale zone) 5.9 % en in de "zuidrand" zone 7.8 %, hetgeen praktisch gesproken overeenkomt met deze van 1750 G (zie 3.3.1.).

Bij vloed is de gemiddelde toename voor 1750 GVS respectievelijk 10 % en 14 % in de "totale" en "zuidrand" zone, wat ook praktisch gesproken overeenkomt met deze van 1750 G.

3.3.6. Samenvatting.

De globale vergelijking van variante 1750 G (toestanden TR51 en 52) met 1750 GVS (TR10) toont zowel voor vloed als voor eb geen duidelijk verschil aan.

De gemiddelde procentuele snelheidsveranderingen t.o.v. T0 zijn zowel bij eb als bij vloed, lokaal langs de zuidrand van de Wielingen, gemiddeld kleiner dan 15 % en in het globale Scheur-Wielingengebied gemiddeld kleiner dan 10 %. Er wordt dus voldaan aan de criteria gesteld onder 3.1.

3.4. Besluit.

- 1) De varianten 1500 GVS en 1750 F zijn gelijkwaardig bij vloed.
Bij eb verplaatst de stroming zich verder zeewaarts voor 1750 F aangezien de oostdam voor deze variante groter is.
- 2) Hetzelfde als hierboven kan gezegd worden bij onderlinge vergelijking van 1750 GVS en 1750 G.
- 3) In de globale Scheur-Wielingenzone (definitie bijlage 104) en de plaatselijke zone "zuidrand" zijn de procentuele toenames t.o.v. T0 bij vloed als volgt :

	totale zone	zuidrand zone
1500 GVS	7 %	11.5 %
1750 F	9 %	13 %
1750 GVS	10 %	14 %
1750 G (TR51)	9.1 %	14.8 %
1750 G (TR52)	8.6 %	13 %

Alle onderzochte varianten blijken dus te voldoen aan de gestelde criteria :

- A) in het globale Scheur-Wielingengebied is de snelheidstoename niet hoger dan 10 % ;
- B) plaatselijk in de Wielingen, ter hoogte van de Bol van Heist blijft de snelheidstoename gemiddeld beperkt tot 15 %.

4. HYDRAULISCH ONDERZOEK IN VERBAND MET VERDEDIGINGS- WERKEN VOOR DE OOSTKUST.

4.1. Inleiding.

In de verslagen MOD.265-4, 265-5 en 265-6 werd herhaaldelijk de aandacht getrokken op de ongunstige rol van de Appelzakgeul op het behoud van het strand tussen Zeebrugge en het Zwin. In het verslag 265-5 "Uitbouw van één of meerdere kribben in de Appelzak" werd onderzocht welke de invloed is van het dumpen van specie in de Appelzak, specie afkomstig van baggerwerken in het Scheur, Pas van het Zand en de voorhaven van Zeebrugge. Aangezien uit deze studie bleek dat circa een half miljoen kubieke meter specie 2e soort (densiteit 1,6 ton/m³) per maand weerom uit de Appelzak verdween, werd in het model de invloed onderzocht van lage onderwaterdammen op de tijstromingen in de Appelzak. De onderzochte dammen (zie bijlage 119) sluiten aan tegen een bestaande strandkrib en reiken over de Appelzakgeul tot op de vlakte van de Paardemarkt, waar ze met de bodem aansluiten. Zij zijn alzo 1 km lang, met de kruin op (Z + 1m) gelegen ter plaatse van de kop van de bestaande strandkrib, dus aan het worteleinde, en verlopend naar (Z - 4m) aan het uiteinde van de dam.

In het modelonderzoek (265-5) werden verschillende combinaties onderzocht van 1, 2 of 3 lage dammen die steeds dezelfde vorm hadden en een vaste ligging respectievelijk ter hoogte van de bestaande strandkribben nrs. 2, 9 en 17. In wat volgt zullen deze lage dammen kortweg "kribben" genoemd worden.

In de hier gerapporteerde studie wordt de invloed van diezelfde kribben op de stroming onderzocht voor de eindsituaties, waarbij

de voorhaven van Zeebrugge uitgebouwd is (zie bijlage 132 voor het overzicht der situaties).

Tevens werd de kustverdediging uitgebreid met een zandsuppletie waardoor o.a. de Appelzakgeul tegen het strand aan wordt opgevuld (zie bijlage 119).

De invloed van de uitbouw-grootte van de voorhaven van Zeebrugge op de stroming voor de oostkust wordt eerst besproken (§ 4.2).

Vervolgens wordt bij de uitbouw TR1 (1500 m Gevoeligheidsstudie) de invloed van enkel kribben (§ 4.3) en kribben plus zandsuppletie (§ 4.4) onderzocht. Tenslotte worden de proefresultaten voor de oostkust besproken bij een uitbouw van 1750 m volgens variante F (§ 4.5). In onderstaande tabel zijn de toestanden voor de oostkust-studie weergegeven (zie ook bijlage 132). De situaties met een tussentijds karakter worden besproken in hoofdstuk 5.

LIJST DER TOESTANDEN OOSTKUSTSTUDIE.

GVS = Vorm Gevoeligheidsstudie.

Toestand nr.	Havendammen		Bodem Pas van het Zand	Kribben			Zand- sup- pletie
	Uitbouw- grootte	Vorm volgens		III (2)	II (9)	I (17)	
4.2	T0	0					
	TR18	1250 m	GVS				
	TR1	1500 m	GVS				
	TR19	1750 m	GVS				
4.3	TR15	1500 m	TR1			ja	
	TR14	1500 m	TR1		ja	ja	
	TR16	1500 m	TR1	ja		ja	
	TR6	1500 m	TR1	ja	ja	ja	
4.4	TR11	1500 m	TR1				ja
	TR12	1500 m	TR1			ja	ja
	TR7	1500 m	TR1	ja	ja	ja	ja
4.5	TR41	1750 m	D0/E2	ja		ja	ja
	TR42	1750 m	D0/E2	ja	ja	ja	ja
	TR44	1750 m	D0/E2	ja		ja	ja

Opmerking : Voor al deze toestanden is de geuldiepte in de Scheurpas, ten westen van de S.scheur-Z.boei dezelfde als voor de Zandpas. Ten oosten van de Scheur-Z.boei bedraagt de diepte van het Scheur 12,5 m.

4.2. Invloed van de uitbouwgrootte op de stroming voor de Oostkust.

Uit de vergelijking van de proeven met de uitbouwen TR1 (1500 m GVS), TR18 (1250 m GVS) en TR19 (1750 m GVS), ieder met de vorm van de gevoeligheidsstudie, kan men nagaan welke invloed de uitbouw van de voorhaven heeft op de stroming voor de niet verdedigde oostkust.

4.2.1. Snelheidsveranderingen bij eb. (bijlagen 120 en 122)

De niet significante snelheidsveranderingen, aangeduid met een sterretje, bestrijken bij EB (bijlage 120) het ganse gebied ten noorden van de Paardemarkt. Het is niet mogelijk een onderscheid te maken tussen 1250, 1500 en 1750 m uitbouw, wat de snelheidsveranderingen langs de oostkust betreft bij eb. Vlak voor het strand te Heist bedraagt de afname van de snelheid ongeveer 25 % t.o.v. T0, ten oosten van de kerk van Knokke blijven de snelheidsdalingen tot ongeveer 10 % beperkt. De afname van de snelheid onder de kust van Cadzand ter hoogte van profiel nr. 7 van bijlage 122 vindt wellicht een verklaring in het feit dat de stroming naar de noordzijde van de Wielingen verplaatst wordt als een gevolg van het verdiepen van de Scheurpas.

4.2.2. Snelheidsveranderingen bij vloed. (bijlagen 121 en 123)

Bij vloed ontstaat ten oosten van de haven een luwe zone, waarvan de invloed zich tot voor het Zwin laat gelden. Deze luwe zone blijkt duidelijk uit het verloop van de snelheidsprofielen (bijlage 123) alsmede uit de snelheidsdalingen, in de vakken langs de kust op bijlage 121.

Voor het Zwin bedraagt de daling nog 15 %, voor Cadzand is ze te verwaarlozen. Uit de snelheidsprofielen blijkt dat bij de uitbouw

1750 m GVS de snelheid in de profielen 1 , 2 en 3 nabij de kust duidelijk lager is (ongeveer 0.3 m/s) dan bij de uitbouw 1250 m GVS. Verder oostwaarts worden de verschillen onderling gering en van de grootte orde van de meetnauwkeurigheid.

Ten noorden van de as van de Paardemarkt neemt de snelheid bij uitbouw toe, waarbij de grootste stijgingen (zie bijlage 121) te vinden zijn nabij de haven (1e kolom) en langs het Scheur.

4.2.3. Samenvatting. (bijlage 131)

Na uitbouw van de voorhaven en verdieping van de vaarpassen is zowel bij eb als bij vloed de snelheid langs de oostkust gedaald. De gemiddelden over verschillende vakken zijn weergegeven op bijlage 131. Hieruit blijkt dat voor de onverdedigde kust de snelheidsdaling in de zone's A , B , C en D bij eb 12 % niet overschrijdt. Bij vloed en bij uitbouw van 1500 à 1750 m bedraagt de daling in zone A circa 35 %, in zone B 28 %, in zone C 18 % en in zone D 7 %, voor een uitbouw van 1250 m bedraagt de daling in de zone's A , B en C ongeveer de helft van de hiervoor vermelde waarden, in zone D is het verschil gering voor de drie uitbouwtoestanden. Zodoende blijkt in de zone's A , B en C een onevenwicht tussen eb-en vloedstroom te ontstaan.

4.3. Kustverdediging met behulp van lage kribben bij de voorhavenuitbouw 1500 m GVS.

Teneinde het beschreven onevenwicht tussen eb-en vloedstroom te herstellen werd nagegaan in hoeverre een verdediging langs de oostkust aangebracht, in staat is de ebstroom af te remmen zonder de vloedstroom in belangrijke mate te hinderen. De in § 4.1. beschreven dammen voldoen qua vorm aan deze vereiste, aangezien de kruin

nabij de kust slechts enkele dm boven L.W. ligt.

Zodoende werden vier toestanden met toepassing van onderwaterkribben beschreven onder § 4.1. onderzocht (zie bijlage 132 en tabel in § 4.1.), nl. TR6 , TR14 , TR15 en TR16.

Daarbij stelde zich eveneens de vraag hoeveel kribben er nodig zijn en waar deze best dienen voorzien te worden.

4.3.1. Invloed op de ebstroming. (bijlagen 124 en 131)

In de zone A (strook van 0 tot 500 m uit de bestaande strandkribben) is de snelheidsafname veroorzaakt door de uitbouw van één enkele krib ter hoogte van het bestaande strandhoofd nr.17 groot : oostelijk van de krib daalt de snelheid 20 % t.o.v. T0 , westelijk over ongeveer 5 km daalt de snelheid met 40 à 50 %.

Bij uitbouw van een tweede krib, hetzij t.h.v. strandhoofd 2, hetzij t.h.v. strandhoofd 9 treedt een bijkomende snelheidsdaling op ten westen hiervan. Voegt men hier nog de derde krib, hetzij t.h.v. 9 of van 2 aan toe, neemt de ebstroom in zone A niet verder af.

In de zone B is er weinig verschil tussen de toestand met of zonder kribben (zie bijlagen 120 , 124 of bijlage 131).

Buiten de zone der kribben (zone C) is de snelheidsafname minder belangrijk dan in een toestand met enkel de havenuitbouw 1500 m GVS, t.t.z. de uitbouw van kribben verhoogt de snelheid op de Paardemarkt.

Voor de Nederlandse kust (zone D) blijft de snelheidsdaling onveranderd circa 10 % bedragen.

4.3.2. Invloed op de vloedstroming. (bijlagen 125 , 131)

Zoals te verwachten is de invloed van de onderwaterkribben op de vloedstroom gering. Nabij de kust (zone A) blijft de snelheidsdaling

gemiddeld 40 % zoals voor TR1, voor het Zwin is de snelheidsafname toegenomen tot 20 à 30 %. De invloed bij vloed van de uitbouw van kribben, ongeacht hun aantal, lijkt het grootst oostelijk van krib 17.

Op de Paardemarkt (zone's B , C en ten noorden daarvan) stijgt de snelheid met ongeveer 5 % t.o.v. TR1.

Voor de Belgisch-Nederlandse grens is de snelheidsdaling het belangrijkste bij uitbouw van 3 kribben (TR6) en bij uitbouw van 2 kribben het minst belangrijk bij TR6 (kribben 2 en 17).

4.3.3. Samenvatting. (bijlage 131)

- Bij een uitbouw van één krib t.h.v. strandhoofd 17 blijkt dat de snelheid bij eb langs de kust (zone A) reeds met circa 25 % afneemt t.o.v. een toestand zonder kustverdediging. Toevoeging van een tweede krib doet de snelheid ten westen van strandkrib 9 verder dalen, waarbij de invloed het dichtst de haven van Zeebrugge benadert bij uitbouw van kribben 2 en 17 (TR16). Een derde krib geeft geen bijkomende snelheidsdaling.
- Bij vloed veroorzaakt de uitbouw van kribben een snelheidsdaling vóór het Zwin gaande tot 20 à 30 % bij 2 kribben.
- Zowel bij eb als bij vloed stijgen de snelheden op de Paardemarkt door het uitbouwen van kribben.

4.4. Kustverdediging met behulp van lage kribben en/of zandsuppletie bij een voorhavenuitbouw 1500 m GVS.

Drie toestanden met zandsuppletie (zie bijlage 132 en tabel § 4.1.), waarbij geen krib (TR11), één enkele krib (TR12) en drie kribben (TR7) werden voorzien met daarbij een uitbouw van de voorhaven volgens TR1 (1500 m GVS), werden bestudeerd.

4.4.1. Kustverdediging met enkel zandsuppletie (TR11). (bijlagen 126
----- en 131)

Bij eb wordt de laagwaterlijn tot buiten de bestaande strandkribben verlegd door het aanbrengen van de suppletie.

In de zone's A en D nabij de kust is de snelheidsdaling t.o.v. T0 bij eb praktisch gelijk aan deze van de onverdedigde oostkust (bijlage 120).

Vergelijkt men de snelheidsveranderingen t.o.v. T0 voor TR11 en TR1 in de zone's B en C, blijkt dat door het aanbrengen van suppletie de snelheid op de Paardemarkt in geringe mate is toegenomen t.o.v. de situatie zonder suppletie.

Bij vloed (bijlage 127) zijn de gevoelige snelheidsafnamen t.o.v. T0 nabij de kust (zone A en B) hooguit 5 % minder groot met suppletie t.o.v. TR1, terwijl voor het overige de verschillen verwaarloosbaar zijn.

4.4.2. Kustverdediging met kribben en suppletie (TR12 - TR7).

(bijlagen 126 , 127 , 131)

- Bij EB (bijlage 126) blijkt door de uitbouw van de krib t.h.v. strandhoofd 17 de snelheid langs de kust te dalen met circa 15 % (zone A) en 5 % (zone B) t.o.v. TR11. Zodoende is juist westelijk van de krib de snelheid 35 % lager dan voor de T0-situatie.
Bij verdediging met suppletie en drie kribben (TR7) is de snelheidsafname langs de kust t.o.v. T0 circa 40 % in de zone A. In de zone B is de snelheidsdaling t.o.v. T0 circa 10 % en circa 5 % in de zone C, zowel voor TR12 als voor TR17.
Voor de Nederlandse kust (zone D) is de snelheidsdaling t.o.v. T0 voor TR1 en TR12 gelijk en bedraagt circa 5 %, maar loopt op tot circa 10 % voor TR7.
- Bij VLOED (bijlage 127) is er voor de zone's A , B en C nauwelijks

verschil tussen TR11 en TR12 met een iets grotere snelheidsafname voor TR7. Voor de Nederlandse kust (zone D) merkt men als invloed van de uitbouw van 3 kribben een snelheidsreductie van circa 10 % t.o.v. T0.

4.4.3. Samenvatting.

Enkel en alleen suppletie langs het strand is niet bij machte de stroomsnelheid voor de oostkust bij eb en vloed te reduceren. Op de Paardemarkt zelve neemt de snelheid een weinig toe. Door suppletie aan te brengen bij uitbouw van een krib wordt de remmende werking voor de ebstroom enigermate teniet gedaan (10 % voor zone A, 2 à 5 % voor zone's B en C). Bij vloed is er nauwelijks verschil tussen toestanden met of zonder suppletie.

4.5. Verdediging van de Oostkust bij uitbouw 1750 F.

Voor de havenuitbouw met de vorm 1750 F werden twee proeven verricht, nl. oostkustverdediging bestaande uit suppletie en de twee kribben 2 en 17 (TR41) en oostkustverdediging bestaande uit suppletie en drie kribben (TR42).

Ter vergelijking wordt tevens TR44 (1750 F) besproken, toestand die enkel qua vaargeul van TR41 verschilt. Het stroombeeld voor TR44 wordt getoond in bijlage 130.

4.5.1. Snelheidsveranderingen t.o.v. T0 bij eb. (bijlagen 128 en 131)

Bij onderlinge vergelijking blijkt voor deze drie toestanden eenzelfde verschil t.o.v. T0 te bestaan.

Het effect van de bijkomende krib t.h.v. strandhoofd 9 bij TR42 is slechts te merken in de luwte van deze krib. Zodoende is voor

TR42 de gemiddelde snelheidsdaling voor zone A 6 % groter dan voor TR41.

4.5.2. Snelheidsverandering bij vloed. (bijlagen 129 en 131)

Er bestaat een goede overeenkomst tussen TR41 en TR44. Bij TR42 zorgt de derde krib t.h.v. strandhoofd 9 voor een iets grotere snelheidsafname in de omgeving van deze laatste.

4.5.3. Samenvatting. (bijlage 131)

Bij uitbouw van een voorhaven met vorm 1750 F, het aanbrengen van zandsuppletie en twee kribben (2 en 17) is de bouw van een derde krib (9) van marginaal nut voor de reductie van de stroming voor de kust.

4.6. Besluit. (bijlagen 130 en 131)

Na uitbouw van de voorhaven met circa 1750 m zal de snelheid langs de Belgische oostkust afnemen met circa 10 % bij eb en circa 30 % bij vloed. Langs de Nederlandse oostkust beloop de snelheidsafname zowel bij eb als bij vloed gemiddeld circa 10 %.

Aan dit onevenwicht voor de Belgische kust kan verholpen worden door de uitbouw van lage kribben.

De uitbouw van één enkele lage krib nabij het Zwin (bij strandkrib 17) doet voor de Belgische oostkust tijdens de eb de snelheid t.o.v. T0 met circa 40 % afnemen. Bij uitbouw van een tweede krib blijkt krib 2 aangewezen, waardoor bij eb de grootste snelheidsafnamen ontstaan juist oostelijk de haven, waar tevens de snelheidsdaling bij vloed het belangrijkste is ingevolge de havenuitbouw. De snelheidsdaling door uitbouw van een derde krib is marginaal.

Voor de Nederlandse kust heeft de uitbouw van deze lage kribben op Belgisch gebied geen invloed op de snelheden onder de kust, en dit zowel bij eb als bij vloed.

Aanbrengen van zandsuppletie alleen nabij de kust beïnvloedt de stroomsnelheden voor de oostkust niet noemenswaardig. Bij lage kribben in combinatie met zandsuppletie is de snelheidsreductie bij eb nabij de kust minder belangrijk ($\pm 10\%$) dan bij lage kribben alleen, bij vloed is er geen verschil.

5. HYDRAULISCH ONDERZOEK I.V.M. BOUWFASEN.

5.1. Inleiding. (bijlagen 133 en 154)

In de loop van de studie werden verschillende toestanden onderzocht welke nog niet een definitieve eindsituatie uitmaken.

Deze bouwfases kunnen verdeeld worden in drie categorieën :

1) de situatie met oostkustverdediging alleen (TR17 : T0 met suppletie en kribben 2 en 17) ;

2) interim LNG-haven juist voltooid :

TR28 : interim LNG-variante "3-oost" met suppletie en kribben 2 en 17 voor de oostkust ;

TR54 : interim LNG-variante "3-oost" zonder oostkustverdediging ;

TR55 : LNG-variante "D" met suppletie en kribben 2 en 17.

3) tenslotte zijn er de bouwfasetoestanden van de nieuwe westelijke en oostelijke havendam :

TR49 : TR28 + 1 km westdam (AB, zie bijlage 133) ;

TR50 : TR28 + 2,6 km westdam (AC) en 700 m oostdam (L M) ;

TR40 : TR28 + 3,5 km westdam (AD) en in totaal 3 km oostdam (K N) ;

TR39 : analoog aan TR40 maar voor een uitbouw van 1250 m (westdam AF en oostdam KQ).

De proeven TR49 en 50 werden enkel t.b.v. het nautisch onderzoek uitgevoerd (zie deel 1, § 2.5.).

Voor de oostkustproblematiek, behandeld in § 5.2. zijn buiten de toestand TR17 ook de toestanden TR28, 39 en 40 betrokken geworden.

De verschillende varianten voor de interim LNG-haven worden in § 5.3. besproken. De uitbouwfasen verder dan de interim LNG-terminal worden behandeld in § 5.4.

5.2. Oostkuststudie : uitbouwfase TR17 , 28 , 39 en 40.

5.2.1. Uitbouwfase TR17. (bijlagen 134 en 131)

Deze toestand heeft enkel belang als uitbouwfase voor de oostkust. Bij eb wordt de snelheid langs de kust t.o.v. T0 met 34 % à 54 % gereduceerd in de luwte van de kribben (zone A, bijlage 131). Ter hoogte van de noordelijke helling van de Appelzak (zone B) is de snelheidsdaling te verwaarlozen, terwijl verder zeewaarts er een snelheidstoename optreedt. Voor Cadzand is er 10 % snelheidsafname t.o.v. T0.

Bij vloed is de snelheidsafname gering in de zone's A en D, elders heerst een lichte snelheidstoename.

De verdieping van de Scheurpas ligt wellicht aan de basis van de toename van de oppervlaktesnelheid aldaar.

5.2.2. Uitbouwfase TR28. (zie bijlagen 135 en 131)

Bij eb blijkt t.o.v. TR17 geen verdere snelheidsdaling onder de oostkust voor te komen. Bij vloed daalt de snelheid in de zone A verder t.o.v. T0 (15 % meer dan voor TR17), omwille van de luwte van de LNG-oostdam. Men kan stellen dat de zone A naar een evenwicht gaat tussen de snelheidsverandering t.o.v. T0 voor eb en voor vloed. De snelheidswijzigingen in de andere zone's zijn uiterst gering.

5.2.3. Uitbouwfase TR39. (bijlagen 135 en 131)

Bij uitbouw van praktisch de volledige oostdam E2 (uitbouw-grootte 1250 m) van de nieuwe haven wordt de snelheid langs de oostkust ook bij eb verder gereduceerd t.o.v. TR17.

In de zone A bedraagt de afname 40 % en in zone B 10 % t.o.v. T0, in zone C is de snelheid ongewijzigd gebleven.

Bij vloed stelt men een belangrijke daling van de snelheid vast nabij de kust, gemiddeld 35 % in zone A, zodat het evenwicht langs de kust tusseneb- en vloedstroomveranderingen behouden blijft.

5.2.4. Uitbouwfase TR40. (bijlagen 136 en 131)

De oostdam voor TR40 reikt verder zeewaarts dan voor TR39, wat merkbaar is in een verdere daling van de snelheid langs de oostkust (zone's A, B en C). Deze uitbouwfase ligt reeds zeer dicht bij de eindtoestanden TR41 en TR44. Uit bijlage 131 blijkt dat ook de snelheidsveranderingen van TR40 t.o.v. T0 in de 4 deelgebieden bijna gelijk zijn aan deze van TR41 en TR44.

5.2.5. Samenvatting. (bijlage 131)

Na realisatie van de oostkustverdediging (strandsuppletie + twee kribben) neemt langs de Belgische oostkust de snelheid af naargelang de oostelijke dam verder zeewaarts wordt uitgebouwd, in geringe mate bij eb, maar zeer opvallend bij vloed. Waar er bij TR17 nog een sterk onevenwicht bestaat tussen de snelheidsverandering bij eb en vloed (in zone A) langs de kust, is dat praktisch niet meer het geval vanaf uitbouw TR28.

Voor de Nederlandse kust blijft de snelheidsafname voor alle fasen praktisch gesproken 10 % bedragen.

5.3. Interim LNG-haven (TR28, 54 en 55).

Twee vormen van de oostdam werden onderzocht m.b.t. het inplanten van een LNG-terminal (zie bijlage 133 en 153). Bij de variante "D" (TR55) is de LNG-dam circa 425 m verder zeewaarts uitgebouwd dan bij variante "3-oost" (TR28 - 54). Voor de variante "D" werden, omwille van een mogelijk golfpenetratie in de LNG-haven, eveneens toestanden gestroomd waarbij een dam, hetzij met een lengte van 200 m, hetzij van 400 m, is gebouwd aan het uiteinde van de bestaande westelijke havendam, loodrecht op deze laatste.

Het stroombeeld voor deze toestanden (TR55 bis en ter) is weergegeven op de figuren 140 en 141.

5.3.1. Stroombeeld bij eb. (bijlagen 138 en 139)

Bij eb ontstaat voor de havenmond een grote ellipsvormige neer. De afmetingen van de kleine en grote symmetrie-as bedragen 800 m (evenwijdig aan de vaargeul) op 1800 m voor TR28 en 1200 m op 2400 m voor TR55. Hieruit blijkt dat bij een zeevaartse verplaatsing van de interim LNG-terminal de afmetingen van de neer sterk toenemen, hetgeen de onderhoudsbaggerwerken in aanzienlijke mate zal verzwaren. Ook de snijding van de meest landwaartse stroombaan met de Zandpas is 400 m verder zeewaarts gelegen voor TR55 t.o.v. TR28.

De N.O.-hoek van de LNG-dam wordt sterk aangestroomd.

5.3.2. Stroombeeld bij vloed. (bijlagen 138, 139, 140 en 141)

Bij een uitbouw volgens TR28 wordt de vloedstroom slechts licht afgebogen vóór de havenmond en treedt aldaar geen noemenswaardige neervorming op (bijlage 138, 141). Bij variante TR55 (bijlage

139 en 141) ontstaat in de haventoeegang een driehoekige stroomloze zone, opgevuld door een neer. Door het bouwen van een dam aan het uiteinde van het bestaande westelijke havenhoofd (TR55 bis en ter) vergroot de stroomloze zone en verplaatst de neer zich zeewaarts (zie bijlage 140, 141). Waar er tijdens de eb reeds een grote neerzone vlak voor de havenmond aanwezig is, voegt zich daar nog een neerzone bij vloed aan toe. In de aldus ontstane situatie valt voor een aanzienlijker sèdimentatie t.h.v. de havenmond te vrezen.

5.3.3. Snelheidsprofielen. (bijlagen 142, 143 en 144)

De snelheidsprofielen bij eb (bijlage 142) voor TR28 en TR54 (= TR28 zonder oostkustverdediging) vallen samen. De zeevaartse verplaatsing van het maximum voor TR55 t.o.v. TR28 bedraagt 400 m. Verder zeewaarts zijn de snelheden kleiner dan voor T0, gezien de vaargeul tot Z - 13 m is verdiept.

Bij vloed (bijlage 143) vindt men eveneens een afname van circa 0,25 m/s t.o.v. T0, omwille van deze verdieping. Zeewaarts km 4 verschillende vloedsnelheden voor TR28, 54 en 55 niet.

Ter illustratie van de invloed van de grootte van de oostdam op de stroming voor de oostkust zijn in bijlage 144 enkele snelheidsprofielen getekend van de vloedstroom. In de raaien 3 en 4 is de snelheid nabij de kust voor TR28 kleiner dan voor TR54, gezien de luwte van de twee kribben bij TR28. Bij TR55 is de zone met snelheidsdaling duidelijk groter dan voor TR28.

5.3.4. Procentuele snelheidsveranderingen t.o.v. T0. (bijlagen 145 en 146)

Bij eb is het gebied waarin de snelheidsafname t.o.v. T0 10 %

overschrijdt nabij de kust uitgesproken groter voor TR55 dan voor TR28/54. Ten rechte van de LNG-dam ligt een beperkte zone met grote snelheidstoename. De snelheidsverandering buiten de $\pm 10\%$ zone's zijn meestal niet significant.

Bij vloed is de snelheid gedaald in een vrij langgerekte zone langs de kust, die voor TR55 aanzienlijk groter is. De zone met snelheidstoename ligt op de Paardemarkt. Bij het tekenen der 10% lijnen is geen rekening gehouden met de snelheidsdaling boven de Pas van het Zand, te wijten aan de geulverdieping.

5.3.5. Samenvatting.

De interim LNG-haven volgens variante "3-oost" houdt reeds bepaalde hydraulische bezwaren in, aangezien er bij eb een uitgebreide neerzone in de buitenrede ontstaat en de N.O.-hoek sterk wordt aangestroomd, hetgeen inhoudt dat verdere havenuitbouw vrij snel dient te volgen.

Een verder uitbouw in zee zoals bij variante "D" veroorzaakt een zodanig grote ebneer dat de gevolgen daarvan (sedimentatie) onvoorspelbaar zijn. Mede hierdoor scheidt een verdere zeewaartse uitbouw van de interim LNG-terminal een nog grotere servitude tot gelijktijdige uitbouw van de voorhaven.

Tevens ontstaat bij variante "D" bij vloed een neer in de havenmond, zodat voor belangrijke aanslibbing in de haven, door horizontale wateruitwisseling, mag gevreesd worden.

5.4. Bouwfasetoestanden nieuwe voorhaven. (bijlagen 133 en 154)

De toestanden TR49, 50 en 40 zijn bouwfasen van de variante TR44 (1750 F). De bouwfase TR39 is analoog aan TR40, echter voor een uitbouw in de eindsituatie van 1250 m.

5.4.1. Bouwfase TR49. (bijlagen 147, 152 en 153).

De eerste toevoeging aan TR28 is de uitbouw van 1 km westdam (lijn AB op bijlage 133). Bij eb heeft deze uitbouw praktisch geen invloed, zoals ook blijkt uit het snelheidsverloop langs de vaargeul (bijlage 152). Bij vloed duwt deze dam de stroming t.h.v. de bestaande westelijke havendam circa 200 m meer zeewaarts. Deze verplaatsing is op het snelheidsprofiel bij vloed langs de Pas van het Zand (bijlage 153) terug te vinden. Voorts is het verschil in snelheid met TR28 gering.

5.4.2. Bouwfase TR50. (bijlage 148)

De westdam is reeds 2600 m uitgebouwd (AC) terwijl de oostdam 700 m verder zeewaarts dan de N.O.-hoek van de interim LNG-terminal "3-oost" gevorderd is (KM, bijlage 133).

Bij eb ontstaat een neer tussen de westdam en vaargeul. De stroming richt zich bijna pal west vanaf het punt M tot de Pas van het Zand, waarna de stroming terug naar de kust afbuigt. De maximum snelheid t.h.v. de Zandpas is op circa 4 km van het hooglicht gelegen (bijlage 152) en is circa 20 % hoger dan bij T0.

Bij vloed ontstaat eveneens een neer, gelegen boven de vaargeul. De oostdam ligt volledig in de luwte van de westdam. De snelheid langs de Zandpas heeft een maximum op 4,1 km van het hooglicht (15 % groter dan voor T0) en daalt dan om zeewaarts de "Zandboei" gelijk te worden aan de snelheid voor TR28.

5.4.3. Bouwfase TR40. (bijlagen 149 en 150)

In deze fase is de westdam 3500 m ver gevorderd (van A tot D - zie

bijlage 133) en de oostdam over 3000 m uitgebouwd (van K tot N). In model werd binnen de afgewerkte dammen reeds een deel aanvulling aangebracht tot boven HW.

Zowel bij eb als bij vloed ontstaat in de havenmond een neer met diameter 1,5 km (bijlage 149).

De procentuele snelheidsveranderingen t.o.v. T0 (bijlage 150) verschillen weinig van deze voor TR44 (1750 F).

Het snelheidsprofiel t.h.v. de Zandpas is bij vloed niet meer van dat van TR44 te onderscheiden (bijlage 153). Bij eb verschilt het snelheidsprofiel voor TR40 van dat van TR50 door een verder zee- waartse verplaatsing (+ 200 m) van het maximum (bijlage 152).

5.4.4. Bouwfase TR39. (bijlage 151)

TR39 is een bouwfase van een zeewaartse uitbouw over slechts 1250 m van de voorhaven, waarbij de westdam over 3500 en de oostdam over 3000 m reeds zijn uitgebouwd.

De procentuele snelheidsveranderingen (bijlage 151) verschillen bij eb en vloed weinig of niet van de eindtoestand.

5.4.5. Samenvatting.

- In de bouwfase TR49 is de westdam nog te kort om veel invloed te hebben op de stroming, zodoende verschilt deze bouwfase weinig van de interim LNG-terminal TR28.
- In de bouwfases TR50, 40 en 39 ligt bij vloed de oostdam in de luwte van de westdam, bij eb vice-versa. Zowel bij eb als bij vloed ontstaat een neer boven de vaargeul binnen de uitgebouwde havendammen.

5.5. Besluit.

- 1) Na realisatie van de oostkustverdediging met kribben ter hoogte

van strandkribben nrs. 2 en 17, en met zandsuppletie (TR17) ontstaat er voor de Belgische oostkust een belangrijke snelheidsafname bij eb en een geringe afname bij vloed.

Bij toenemende zeewaartse uitbouw van de nieuwe oostdam neemt de vloodsnelheid voor de Belgische oostkust sterk af, zodat vanaf TR28 bijna een evenwicht bereikt wordt tussen de snelheidsafname t.o.v. T0 voor eb en voor vloed.

- 2) Bij de interim LNG-haven volgens variante "3-oost" ontstaat bij eb een uitgebreide neerzone in de buitenrede, en wordt de N.O.-hoek sterk aangestroomd. Deze hydraulisch bezwaarlijke omstandigheden vereisen een snelle verdere havenuitbouw.

Bij uitbouw van de LNG-haven volgens variante "D" reikt de oostdam 400 m verder zeewaarts en wordt de neer zodanig groot dat sedimentologische gevolgen onvoorspelbaar zijn. De uitwisselingsneer in de havenmond bij vloed kan oorzaak zijn van verhoogde aanslibbing in de haven. Zodoende zou de uitbouw van de LNG-haven volgens variante "D" een nog grotere noodzaak scheppen tot gelijktijdige uitbouw van de volledige voorhaven.

- 3) Bij de verdere bouwfases TR50 , 40 en 39 ontstaat zowel bij eb als bij vloed een grote neerzone tussen de uitgebouwde havendammen. Gezien de schalen van het overzichtsmodel is het niet mogelijk de stroming in een beperkte zone nabij de kop van de uitbouw (kopeffect) te bestuderen, alsmede geringe vormwijzigingen te onderzoeken. Dit bouwfaseonderzoek dient verder op een detailmodel nader voortgezet te worden alsmede bij ogenblikken van het getij anders dan welke op het permanentiemodel werd gestroomd.

6. ALGEMENE BESLUITEN VAN HET ONDERZOEK OP HET FYSISCH PERMANENTIEMODEL VAN DE KUST.

1. Gevoeligheidsstudie i.v.m. de maximale zeewaartse haven-
uitbouw.

Gesteld dat een snelheidstoename in een zone van het Scheur-
Wielingengebied gemiddeld 10 % en in de Wielingen zelve
plaatselijk (t.h.v. de Bol van Heist) gemiddeld 15 % niet mag
overschrijden, blijkt uit het modelonderzoek dat de uitbouw
volgens variante 1750 m GVS (TR10, zie bijlage 101) nog juist
aan deze gestelde hydraulische criteria voldoet.

2. Uit de vormgevingsstudie werd een vorm volgens variante F
(1750 F, TR44, zie bijlage 101) weerhouden als meest opti-
maal tracé voor eventueel verder onderzoek op een meer ge-
detailleerd hydraulisch model.

3. Door de combinatie van de vorm volgens variante F met de
grootte van de uitbouw 1750 GVS werd de variante 1750 G ont-
worpen (zie TR51 - 52, bijlage 101). Uit het modelonderzoek
blijkt dat de variante 1750 G eveneens voldoet aan de hydrau-
lische criteria gesteld onder 6.1.

4.1. Oostkustverdediging na voltooiing van de uitbouw van de voor-
haven. (bijlage 119)

- Zandsuppletie alleen langs het strand heeft praktisch geen in-
vloed op de tijstromingen in de Appelzak.
- Uitbouw van één enkele lage krib nabij het Zwin (t.h.v. strand-
krib 17) doet voor de Belgische oostkust bij eb de snelheid met
circa 40 % afnemen t.o.v. T0, zodat er langs de kust een even-
wicht ontstaat met de snelheidsafname die bij vloed circa 40 %

bedraagt t.g.v. de havenuitbouw.

- Bij uitbouw van een tweede krib lijkt krib 2 aangewezen, daar deze bij eb de grootste snelheidsafname veroorzaakt juist oostelijk van de haven van Zeebrugge, waar ook de vloedsnelheid ingevolge de havenuitbouw het sterkst gedaald is.
- De snelheidsdaling door toevoeging van een derde krib is marginaal.
- Voor de Nederlandse kust bedraagt de snelheidsafname circa 10 % zowel bij eb als bij vloed en al of niet bij aanwezigheid van de oostkustverdediging.

4.2. Oostkustverdediging tijdens de uitbouwfasen van de voorhaven.

- Realisatie van de oostkustverdediging met kribben ter hoogte van strandkribben 2 en 17 en met zandsuppletie (TR17) leidt voor de Belgische oostkust tot een belangrijke snelheidsafname bij eb en een geringe afname bij vloed. Bij toenemende zee-waartse uitbouw van de nieuwe oostdam neemt de vloedsnelheid voor de Belgische oostkust sterk af, zodat vanaf TR28 bijna een evenwicht bereikt wordt tussen de snelheidsafname t.o.v. T0 voor eb en voor vloed.
- Voor de Nederlandse kust blijft de snelheidsafname voor alle bouwfasen praktisch gesproken 10% bedragen.

5. Uitbouwfasen. (bijlage 133)

- De interim LNG-haven volgens variante "3-oost" houdt reeds hydraulische bezwaren in omwille van de uitgebreide ebneer in de buitenrede en de stroomconcentratie nabij de N.O.-hoek van de uitbouw. Zodoende dient de verdere havenuitbouw vrij snel te volgen. Een verder zee-waartse uitbouw van de LNG-terminal volgens variante "D" veroorzaakt een zodanig grote

ebneer dat de gevolgen daarvan (sedimentatie) niet te voorspellen zijn. Mede daarom wordt door uitbouw van LNG-variante "D" een nog grotere servitude tot gelijktijdig uitbouwen van de voorhaven geschapen. Bij deze variante ontstaat tevens een vloedneer in de havenmond, zodat de horizontale wateruitwisseling tot belangrijke aanslibbing in de haven kan leiden.

- Bij de uitbouwfasen van de westdam en oostdam zeewaarts van de LNG-haven ontstaat een stroomloze zone tussen de uitgebouwde havendammen, opgevuld door een neer boven de vaargeul.

Borgerhout, november 1977.

De ingenieur van Bruggen
en Wegen,
belast met de studie,

De Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen
en Wegen,
Directeur van het Waterbouwkundig
Laboratorium,

ir. E. LAFORCE

ir. P. ROOVERS.