

P. A. Peters



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout

DETAILMODEL
HAVENMOND ZEEBRUGGE

**ONDERZOEK
EINDFASE BUITENHAVEN**

1978

MOD. 387-1

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout antwerpen



ministerie van openbare werken
bruggen en wegen
bestuur der waterwegen

INHOUD.

	<u>bladz.</u>
1. Opdrachtsomschrijving.	1
2. Beschrijving van het model.	2
3. De ijking van het model.	3
4. Onderzoek eindfase buitenhaven.	7
4.1. Algemeen stroombeeld en aanstroming bij vloed.	9
4.2. Algemeen stroombeeld en aanstroming bij eb.	10
4.3. Gedetailleerd stroombeeld vobr de havenmond bij vloed en bij eb.	11
5. Conclusies.	12
 Bijlagen.	 14

FYSISCH DETAILMODEL HAVENMOND
ONDERZOEK EINDFASE BUITENHAVEN.
MOD. 387 - 1.

1. OPDRACHTSOMSCHRIJVING.

In het kader van de studie van de uitbouw van de voorhaven te Zeebrugge werd in april 1977 door de Tijdelijke Vereniging Zeebouw-Zeezand (TVZ 2) in haar nota 77.090 een voorstel en verantwoording gedaan tot de bouw van een "fysisch detailmodel met vaste bodem en met permanente stroming".

Dit model werd voorgesteld als aanvulling bij de resultaten komende van het fysisch overzichtstijmodel, teneinde daar, waar in het overzichtstijmodel vooral de vorm van de stroomroos zal bepaald worden, in het detailmodel dat op kleinere schaal en met kleinere schaalvertrekking wordt gebouwd, vooral de snelheidscomponent nauwkeuriger te definiëren.

De contractuele verbintenis voor het uitvoeren van deze studie werd op 21 mei 1977 namens de Minister van Openbare Werken ondertekend; het vrijmaken van de werkvloer voor het bouwen van het model nam een aanvang op 2 juni 1977, de eigenlijke bouw van het model startte op 5 september 1977, terwijl de modelstudie zelf een aanvang nam op 16 januari 1978.

In de nota 78.043 "Studieprogramma Fysisch Detailmodel WL-Borgerhout" dd. februari 1978 van de Tijdelijke Vereniging Zeebouw-Zeezand (TVZ 2) worden de doelstellingen van deze modelstudie als volgt beschreven :

- a) Detailonderzoek op het stromingspatroon in de onmiddellijke omgeving van havendammen en havenmond, teneinde in combinatie met het diffractie-, het golfgoot- en het nautisch onderzoek mede te leiden tot een definitieve keuze van :
 - tracé en dwarssectie van de havendammen (optimale stroomgeleiding en minimale ontgronding);
 - vormgeving van de havenmond (minimale uitwisselingsdebieten, maximale toegankelijkheid);
 - opeenvolging van de bouwfases (in tracé en in dwarssectie).
- b) Kwantitatieve benadering van de veranderingen in stroombeeld, neervormingen, enz. die in het permanentie-overzichtsmoedel eerder kwalitatief benaderd zijn.

Binnen dit kader wordt meer bepaald het onderzoek naar de optimale lay-out van de eindsituatie van de buitenhavendammen in deze rapportering beschreven.

2. BESCHRIJVING VAN HET MODEL.

Het "detailmodel havenmond" is een model met vaste bodem, gebouwd binnen een kuip van circa 45 x 20 m, aan de hand van de meest recente hydrografische gegevens. De volgende kaarten van de hydrografische dienst der kust werden hierbij gebruikt :

- Noordzee Wielingen-Scheur peilingen mei-september 1976;
- Pas van het Zand opname 21-6-77 (1/10 000);
- Inplanting strandhoofden langs de kust A3 791^F (Oostelijk) en A3 791^E (Westelijk);
- Voor de bestaande haven van Zeebrugge werden dezelfde plannen gebezigd als voor het diffractiemodel; de lijst hiervan staat weergegeven in rapport Mod. 320-4 pg 2 en 3.

De dieptelijnen werden uitgezet t. o. v. de Belgische rechthoekige coördinaten, Projectie Lambert, in meter t. o. v. H te Zeebrugge (lokaal GLLWS of Z - 0.08 m).

*
* *

Het model heeft een horizontale schaal 1/300 en een verticale schaal 1/100. Door toepassing van de wetten van Froude bedraagt de snelheidsschaal 1/10 en de debietschaal 1/300 000.

De Oostelijke modelgrens is circa 5500 m van Zeebrugge verwijderd en loodrecht op de kust te Knokke-Heist, ten Westen is het model begrensd op circa 6250 m van Zeebrugge, loodrecht op de kust van Blankenberge, terwijl de noordelijke modelgrens op circa 5500 m uit de kustlijn gelegen is. De modelgrenzen staan weergegeven op de principetekening van bijlage 1. Oost- en Westgrens zijn regelbaar met handbediende schuiven, terwijl de voeding geschied langs buizen, waarin slippen werden aangebracht. Deze voedingsbuizen strekken zich uit over de ganse Oost- en Westrand van het model, terwijl vermelde slippen, met een oppervlakte van 30 x 3 cm onderaan om de 30 cm zijn aangebracht. De debietsverdeling geschiedt met metalen stripjes, die vóór deze slippen zijn aangebracht, en waarmee de doorstroomsectie kan geregeld worden. De zeewaartse rand van het model is volledig gesloten.

*
* *

Het model is opgevat als model met permanente stroming bij constant waterpeil, waarbij eventueel samen met maximum vloed- en ebstroming nog tussen-gelegen getijcondities in permanentie kunnen uitgevoerd worden. In eerste instantie werden in het model uitsluitend permanente maximale vloed- en ebstroming voor gemiddeld springtij weergegeven (cfr. permanentie-overzichtsmodel rapport Mod. 265-2 pg 34).

De vloedtoestand in model simuleert de stroming op het ogenblik van maximum vloed vobr Zeebrugge, 0h40 vobr HW Zeebrugge bij een waterpeil GLLWS + 4m50. De ebtoestand simuleert de stroming op het ogenblik van maximum eb vobr Zeebrugge, 5h30 na HW Zeebrugge bij een waterpeil GLLWS + 0m80. Deze twee instellingen van het model worden in het verslag verder kortweg VLOED en EB genoemd.

3. DE IJKING VAN HET MODEL.

Daar de grenzen van het model gelegen zijn binnen de invloedszone van gelijk welke uitbouwtoestand van de voorhaven van Zeebrugge, dient de ijking van het model, door aanpassing van de randvoorwaarden, telkens opnieuw te geschieden, wanneer een nieuwe uitbouwtoestand in model wordt ingebracht. De gegevens daartoe komen van het permanentie-overzichtsmodel (Mod. 265), en hier wordt beschreven hoe bij die ijking (meer specifiek voor de To-situatie, huidige toestand) wordt tewerk gegaan.

Naast het algemene stroombeeld (bijlagen 2 en 3), levert het permanentie-overzichtsmodel tevens het snelheidsverloop (uitgaande van oppervlakedrijvermetingen) langs Oost-, West- en zeerand van het model. Voor de To-situatie beschikte men bovendien binnen de zone van het detailmodel (Mod. 387) over snelheidsgegevens, die in een 14-tal punten, waar ook natuurgegevens beschikbaar waren, met snelheids-richting micromolentjes werden ingemeten ten behoeve van de ijking van het overzichtsmodel.

- Uitgaande van het snelheidsverloop langs Oost- en Westrand worden aldaar de debietsprofielen en het totaal debiet bepaald. Uitgaande van het algemene stroombeeld (bijlagen 2 en 3) wordt de meest zeewaartse stroombaan binnen het detailmodel bepaald, die samen met de debietsbalans Oost-West leidt tot een zeewaartse begrenzing die in het detailmodel met schotten wordt aangebracht.

- Aan de afwaartse begrenzing (d. w. z. de Oostrand bij vloed en de Westrand bij eb) wordt de debietsverdeling bekomen door per klep volgende formule toe te passen

$$Q = 2.65 \left(\Delta + \frac{100v^2}{2g} \right)^{1.76} \quad \text{of nog} \quad \Delta = \sqrt[1.76]{\frac{Q}{2.65}} - \frac{100v^2}{2g}$$

waarbij (zie bijlage 4) Δ = overstorthoogte in cm boven de klep
 Q = gem. debiet over de klep in l/s model
 v = gem. snelheid vóór de klep in m/s model

zodat bij vloed $H_{\text{klep}} = Z + 4.50 - \Delta$ en bij eb $H_{\text{klep}} = Z + 0.80 - \Delta$

(deze overlaatformule werd bekomen uit oriëntatieproeven ten behoeve van de ijking van het getij-overzichtsmodel, waar identieke kleppen gebruikt worden, zij het hydraulisch gestuurd i. p. v. manueel).

- Aan de voedingsrand of opwaartse begrenzing (d. w. z. de Westrand bij vloed en de Oostrand bij eb) wordt de debietsverdeling bekomen door de strippen onderaan de voedingsbuis een dusdanige stand te geven dat vóór de kleppen een snelheidsprofiel bekomen wordt dat zo goed mogelijk overeenstemt met datgene, verkregen op het permanentie-overzichtsmodel. Bij deze debietsverdeling aan de voedingsrand kan de kleppenstand trouwens nog een bijkomende rol vervullen.

Bij de bepaling der debieten, uitgaande van oppervlaktesnelheden op het permanentie-overzichtsmodel, dient gesteld dat de verhouding die in dit model bestaat tussen oppervlaktesnelheid en gemiddelde snelheid over de verticaal eerder 1.35 bedraagt, waar deze verhouding in natuur ongeveer 1.20 is (cfr. rapport Mod. 265-2 pg 43).

Daar echter ten behoeve van deze studie op het detailmodel bijna uitsluitend met oppervlaktedrijvers wordt gewerkt, en kon verwacht worden dat het verticaal snelheidsprofiel in het detailmodel steiler zou verlopen dan in het overzichtsmodel (in het detailmodel werd geen bijkomende ruwheid aangebracht), leek het aangewezen, ter bepaling van de debieten, op de oppervlaktesnelheden komende van het permanentie-overzichtsmodel toch de coëfficiënt 1.20 toe te passen. Uitgaande van hogervermelde veronderstelling, moest dit dan normaal leiden tot grotere gemiddelde snelheden in het detailmodel, maar tot gelijke oppervlaktesnelheden tussen overzichts- en detailmodel.

Uit de ijkingsmetingen blijkt inderdaad dat met deze werkwijze de gemiddelde snelheden op het detailmodel circa 10 à 15 % hoger liggen dan op het overzichtsmodel (voor beide modellen geldt hierbij dat $v_{gem} =$ snelheid op 40 % van de waterdiepte vanaf de bodem - cfr. rapport Mod. 265-1 pg 9).

Uitgaande van deze gemiddelde snelheden (v_{gem}), op het detailmodel ingemeten in de verschillende meetpunten, waarvan de ligging is uitgetekend op de bijlagen 2 en 3, werden oppervlaktesnelheden berekend (v_{opp}) aan de hand van de parabolische formule

$$v_{opp} = v_{gem} \sqrt[4.2]{\frac{H_{opp}}{H_{gem}}} \quad (\text{cfr. rapport Mod. 265-1 pg 8})$$

waarbij $H_{opp} =$ de totale waterdiepte

$H_{gem} = 40 \%$ van de totale waterdiepte.

Een samenvatting van de aldus bekomen ijkingsresultaten staat, naast de snelheden en richtingen, ingemeten in situ en op het permanentie-overzichtsmodel, weergegeven in tabel 1, waaruit blijkt dat de berekende oppervlaktesnelheden van het detailmodel (M 387) circa 3 à 4 % hoger liggen dan deze van het overzichtsmodel (M 265).

Uit de vergelijking van de berekende oppervlaktesnelheden met de oppervlakedrijvermetingen bleek een zeer goede overeenkomst, zodat kan geconcludeerd worden dat de verhouding oppervlaktesnelheid - gemiddelde snelheid op het detailmodel inderdaad ongeveer 1.20 benadert, wat verklaard wordt door de afwezigheid van bijkomende bodemruwheid en leidt tot de snelheidsverticalen van bijlage 4 (principetekening).

Bijkomende metingen verricht met micromolentjes op 3 cm (3 m natuur) onder het wateroppervlak bevestigen deze conclusie.

TABEL 1. IJKINGSRESULTATEN To.

(() richting in ° t. o. v. N)

VLOED (debiet 64 200 m³/s nat)

Meetpunt	Oppervlakesnelheden				Gemiddelde snelheden			
	v _{nat}	v ₂₆₅	Δ	v ₃₈₇	v _{nat}	v ₂₆₅	Δ	v ₃₈₇
1 B7208	135 (58)	123 (64)	+9	132 (62)	110 (58)	99 (55)	+8	107 (64)
2 B7207	176 (77)	153 (72)	-4	149 (66)	143 (77)	113 (70)	+8	121 (64)
3 B7215	149 (74)	158 (69)	+2	160 (58)	121 (74)	112 (59)	+17	129 (62)
4 B7216	154 (85)	158 (74)	+9	167 (84)	125 (85)	123 (75)	+12	135 (84)
5 B7217	184 (78)	159 (78)	-7	152 (74)	149 (78)	112 (74)	+11	123 (74)
6 B7313	179 (80)	141 (78)	+11	152 (86)	146 (80)	102 (73)	+21	123 (84)
7 B7314	150 (90)	161 (76)	--	--	122 (90)	106 (69)	--	--
8 B7311	167 (78)	161 (77)	+6	167 (72)	136 (78)	129 (69)	+6	135 (76)
9 B7341	142 (78)	153 (65)	0	153 (60)	115 (78)	116 (64)	+8	124 (58)
10 B7342	131 (69)	155 (64)	+9	164 (74)	106 (69)	125 (57)	+8	133 (74)
11 N6901	115 (93)	60 (93)	+29	89 (108)	96 (93)	34 (97)	+39	73 (110)
12 N6902	140 (91)	157 (78)	+11	168 (92)	116 (91)	126 (77)	+10	136 (92)
13 N6903	139 (87)	157 (75)	+11	168 (72)	116 (87)	128 (72)	+8	136 (74)
14 N6904	139 (99)	158 (73)	--	--	116 (93)	120 (73)	--	--
			gem +3%				gem +10%	

EB (debiet 22 800 m³/s nat)

1 B7208	85 (246)	72 (248)	+10	82(250)	69(246)	59(244)	+8	67(254)
2 B7207	128 (269)	75 (262)	--	--	104(269)	68(265)	--	--
3 B7215	117 (265)	92 (254)	+9	101 (264)	95(265)	70(254)	+12	82(263)
4 B7216	123 (259)	92 (259)	-1	91 (266)	100(259)	71(256)	+9	73(268)
5 B7217	137 (259)	92 (254)	+3	95 (268)	111(259)	68(261)	+12	76(263)
6 B7313	157 (251)	105 (255)	-5	100 (264)	128(251)	83(254)	-2	81(263)
7 B7314	119 (260)	99 (266)	--	--	97(260)	75(265)	--	--
8 B7311	134 (255)	--	--	--	109(255)	107(260)	--	--
9 B7341	97 (265)	90 (259)	+2	92 (266)	79(265)	69(259)	+11	74(264)
10 B7342	98 (256)	--	--	108 (260)	79(256)	77(259)	+11	88(265)
11 N6901	123 (264)	82 (262)	+9	91 (280)	103(264)	61(265)	+13	74(274)
12 N6902	114 (272)	102 (261)	+3	105 (268)	95(272)	78(260)	+13	85(268)
13 N6903	122 (263)	95 (249)	+2	97 (270)	102(263)	73(255)	+11	78(268)
14 N6904	121 (268)	105 (252)	--	--	101(268)	90(258)	--	--
			gem + 4%				gem +14%	

$$\Delta = v_{387} - v_{265}$$

Rekening houdend met hogervermelde conclusie, blijkt de overeenkomst qua stroombeeld tussen de resultaten van het overzichtsmodel (bijlagen 2 en 3) en deze van het detailmodel (bijlagen 5 en 6) degelijk, met als op te merken afwijkingen enerzijds te grote snelheden vóór de kust van Knokke-Heist bij vloed (tabel 1, meetpunt 11), wat trouwens dichter aansluit bij de natuurmetingen, anderzijds een kloksgewijze verdraaiing van iets meer dan 5° bij eb.

Hierbij dient opgemerkt dat de bodemconfiguratie niet volledig overeenstemt met deze van het overzichtsmodel, wat meer speciaal geldt voor de Pas van het Zand, daar in het permanentie-overzichtsmodel de hydrologische kaarten van 1970-1971 werden gebezigd (cfr. rapport Mod. 265-2 pg 3), waar dit voor het detailmodel 1976-1977 betrof.

Waar voor de ijking van de huidige situatie werd uitgegaan van de resultaten van het permanentie-overzichtsmodel voor de modeltoestand To, werd voor de ijking van de eindsituatie uitbouw voorhaven in het detailmodel op analoge wijze tewerk gegaan, uitgaande van de gegevens van het overzichtsmodel voor de modelsituatie TR51-TR52, m. a. w. de toestand kustverdediging Oostkust met 2 kribben (2-17) + suppletie bij havenuitbouw van 1750 m - vormvariante G (cfr. rapport Mod. 265-7 deel 2). Bij inbouw van de krib vóór Blankenberge werden voor de westrand nogmaals nieuwe randvoorwaarden opgelegd, uitgaande van het overzichtsmodel toestand TR37.

4. ONDERZOEK EINDFASE BUITENHAVEN.

Volgende varianten van eindfase-uitbouwtoestand werden bij dit modelonderzoek betrokken (zie bijlagen 7 en 21) :

(*)

TABEL 2. Overzicht eindtoestanden voorhaven Zeebrugge onderzocht op detailmodel.

<u>Variante nummer</u>	<u>Model nummer</u>	<u>Onderzocht bij</u>		<u>Verklaring</u>
-	TD 0	EB	VL	huidige toestand.
1.2	TD 12	-	VL	basisvorm 1750 G, hoekige vorm met krib vóór Blankenberge.
1.3	TD 6	EB	VL	basisvorm 1750 G, hoekige vorm.
1.4	TD 10	EB	VL	basisvorm 1750 G, afronding Westdam 1000 m, en afronding Oostdam 500 m.

(*) Zoals weergegeven op bijlage 7 werd bij al deze uitbouwvarianten de Pas van het Zand ingebracht onder een hoek van 136° met het Noorden (huidige lichtenlijn) met een bodembreedte van 650 m (200 m westelijk en 450 m oostelijk van de huidige lichtenlijn) en taluds van 1/75 westelijk en 1/65 oostelijk.

<u>Variante nummer</u>	<u>Model nummer</u>	<u>Onderzocht bij</u>	<u>Verklaring</u>
1.5	TD 5	EB -	basisvorm 1750 G, hoekige vorm met koppen havenmond in mekaars verlengde.
1.6	TD 7	EB -	basisvorm 1750 G, hoekige vorm met recht- trekking knik Westdam.
1.7	TD 8	EB -	basisvorm 1750 G, hoekige vorm met max. uitbreiding LNG-terrein- fase 2.
1.8	TD 9	EB -	basisvorm 1750 G, maximale uitbreiding LNG-terrein- fase 2 en afronding Oostdam 500 m.
1.9	TD 11	EB	basisvorm 1750 G, min. uitbreiding LNG- terrein- fase 2, afronding Westdam 1000 m en Oostdam 500 m.
1.10	TD 30	- VL	basisvorm 1750 G, afronding Westdam 500 m en afronding Oostdam 500 m.
WL 1	TD 31 B	- VL	basisvorm 1750 G, kop Westdam 200 m land- waarts, afronding Westdam 1000 m en Oostdam 500 m.
WL 2A	TD 31 D	- VL	basisvorm 1750 G, hoekige vorm met kop Oostdam 200 m zeewaarts verschoven.
WL 2 B	TD 31 E	EB VL	basisvorm 1750 G, kop Oostdam 200 m zee- waarts, afronding Westdam 1000 m en Oostdam 500 m.

Bij het onderzoek werd vooral getracht een antwoord te verkrijgen op de volgende vragen, geformuleerd in de nota 78.043 "Studieprogramma Fysisch Detailmodel WL. Borgerhout" dd. februari 1978 van de Tijdelijke vereniging Zeebouw Zeezand (TVZ 2) :

- 1) Biedt een krib voor Blankenberge een betere stroomgeleiding dan uitbouwvorm zonder krib ? Wat is de invloed ter hoogte van het knikpunt in de Westdam vanuit oogpunt van ontgroning ?
- 2) Wat is de invloed van afronding der knikpunten in Oost- en Westdam op stroom-
snelheden en daarmee gepaard gaande ontgroning ?

- 3) Hoe groot is de neervorming voor de havenmond, welke gevolgen ?
- 4) Hoe ziet de stroomgradiënt vóór de havenmond eruit ?
- 5) Hoe ver kan het kopeinde van de Oostelijke havendam zeewaarts opgeschoven worden zonder dat het hydraulisch gunstige effect van het huidige tracé zoals vastgesteld op het permanentiemodel wordt tenietgedaan ?

We beschouwen in ons onderzoek dan ook drie onderdelen :

- Algemeen stroombeeld en aanstroming bij vloed.
- Algemeen stroombeeld en aanstroming bij eb.
- Gedetailleerd stroombeeld vóór de havenmond bij vloed en bij eb.

4.1. Algemeen stroombeeld en aanstroming bij vloed.

Zoals vermeld in tabel 2 werden bij vloed vier toestanden onderzocht, zijnde, telkens uitgaande van de basisvorm 1750 G, de hoekige vorm (TD 6), de afronding Westdam met straal 500 m (TD 30), de afronding Westdam met straal 1000 m (TD 10) en de hoekige vorm met krib vóór Blankenberge (TD 12). Voor TD 6 en TD 10 wordt het algemeen stroombeeld weergegeven in de bijlagen 8 en 9, alsook in bijlage 10 de oppervlakte-snelheden in m/s en de richting der stroming in ° ten opzichte van het Noorden ter hoogte van de toekomstige lichtenlijn.

Op bijlage 11 staan voor alle toestanden de dwarskrachten in de lichtenlijn uitgetekend ten opzichte van de dwarskrachten bij de huidige situatie.

Uit deze dwarskrachtenlijnen blijkt duidelijk dat zowel een afronding van de Westdam hetzij met een straal van 500 m, hetzij met een straal van 1000 m, als het uitbouwen van een krib vóór Blankenberge leiden tot een concentratie van de hoge snelheden vóór de havenmond.

Hierbij dient vermeld dat de uitbouw van een krib aanleiding geeft tot een zeer ruime neer met tegenneer tussen deze krib en de Westdam met een diameter van circa 1500 m en snelheden van ongeveer 0.5 m/s (bijlage 12). Bovendien gaat er zich in alle gevallen oostelijk van de haven een neer instellen die zich over ruim 2000 m uitstrekt met snelheden van circa 0.20 à 0.30 m/s.

Het nautische aspect van de stroomconcentratie dient nu te worden afgewogen tegen het probleem van de aanstroming der zeewaartse Westdam, zoals weergegeven op bijlage 13.

Waar bij de hoekige vorm (TD 6) de vloed ter hoogte van de knik in de Westelijke dam aanstroomt met een snelheid (*) van circa 2.20 m/s, lost deze onmiddellijk

(*) alle hogervermelde snelheden zijn oppervlaktesnelheden.

de zeevaartse Westdam en geeft aanleiding tot neervorming met snelheden van 0.50 à 1.00 m/s. Ook aan de kop van de dam blijven de snelheden lager dan 1.00 m/s.

Bij de afgeronde vorm daarentegen (zowel met straal 1000 m (TD 10) als met straal 500 m (TD 30) hoewel bij deze laatste in iets mindere mate) blijft de stroming met snelheden van 2.00 à 2.20 m/s tegen het damprofiel aanleunen en gaat pas ter hoogte van de kleine knik in de zeevaartse Westdam langzaam afnemen tot circa 1.00 m/s ter hoogte van de kop van de dam.

Met krib vobr Blankenberge tenslotte (TD 12) gaan de hoge snelheden (2.00 m/s en méér) de zeevaartse Westdam pas halverwege bereiken (mede afgeduwd door de neer) om naar de kop toe terug iets af te nemen tot circa 1.80 m/s.

Uit oogpunt van ontgroning vobr de westelijke havendam lijkt de hoekige vorm dan ook in eerste instantie meer aangewezen.

4.2. Algemeen stroombeeld en aanstroming bij eb.

Ter bepaling van het algemene stroombeeld en de aanstroming bij eb werden zes toestanden onderzocht zijnde (zie bijlage 7) de basisvorm 1750 G zonder (TD 6) en met afronding van de Oostdam (straal 500 m - TD 10), de toestand waarbij de beide koppen van de havenmond tegenover elkaar gelegen zijn (TD 5), de minimale uitbreiding van het LNG-terrein 2^e fase mét afronding van de Oostdam (straal 500 m - TD 11) en tenslotte de maximale uitbreiding van het LNG-terrein 2^e fase zonder (TD 8) en mét afronding van de Oostdam (straal 500 m - TD 9). Voor TD 6 en TD 10 wordt het algemene stroombeeld weergegeven in de bijlagen 14 en 15, terwijl op bijlage 16 de oppervlakesnelheden in m/s en de richting der stroming in ° ten opzichte van het Noorden ter hoogte van de toekomstige lichtenlijn staan uitgetekend. Op bijlage 17 tenslotte staan voor alle toestanden de dwarskrachten in de lichtenlijn weergegeven ten opzichte van de dwarskrachten bij de huidige situatie.

Uit dit dwarskrachtenverloop blijkt dat de maximale zeevaartse uitbouw van de Oostdam (TD 8 en TD 9) leidt tot een ernstige vergroting der dwarskrachten vobr de havenmond, terwijl anderzijds de invloed van een afronding van de Oostdam met een straal van 500 m op de dwarskrachtenlijn niet significant is (verlaging TD 10 t. o. v. TD 6, verhoging TD 9 t. o. v. TD 8). Bovendien lijkt een maximale zeevaartse uitbreiding van de Oostdam niet alleen uit nautisch oogpunt minder aangewezen, maar ook uit hydraulisch oogpunt, want wanneer men op bijlage 18

de aanstroming van deze Oostdam bij eb bestudeert, blijkt duidelijk dat de snelheden (oppervlakte !) vóór deze dam oplopen van 1.50 à 1.75 m/s bij TD 6 en TD 10 tot 2.00 à 2.25 m/s bij TD 8 en TD 9.

Ook hier kan, zoals bij vloed, besloten worden dat het afronden van de knik in de oostelijke dam de hogere snelheden dichterbij de teen van de dam brengt.

4.3. Gedetailleerd stroombeeld vóór de havenmond bij vloed en bij eb.

Uit de bijlage 19 blijkt dat de vloedstroming vóór de havenmond bij de basisvorm 1750 G respectievelijk hoekig (TD 6) en afgerond (TD 10) in beide gevallen aanleiding geeft tot neervorming tussen de twee havenkoppen. Ten gevolge van de verschillende aanstroomrichting is deze neer bij de afgeronde vorm met straal 500 m iets meer zeewaarts en oostwaarts gelegen dan bij de hoekige vorm, wat bij de afgeronde vorm met straal 1000 m nog meer uitgesproken is, zodat hier zelfs een tegenneer ontstaat binnen de haven.

Ook het rechte trekken van de zeewaartse Westdam (TD 7) doet de neer zeewaarts en oostwaarts verschuiven, zodat deze zich zelfs iets vóór de kop van de Oostdam uitstrekt, terwijl bij TD 5 (beide koppen in mekaar verlengde) een gedeelte van de vloedstroming de haven binnendringt.

Op de bijlage 20 is te merken dat de ebstroming duidelijk de kop van de westelijke havendam aanstroomt, wat weer aanleiding geeft tot lichte neervorming, doch dit keer binnen de haven. Dit doet zich trouwens nog meer uitgesproken voor bij rechte trekking van de zeewaartse Westdam (TD 7). Bij TD 5 daarentegen (beide koppen in mekaar verlengde) geeft de ebstroming vóór de havenmond aanleiding tot een kleine uitgesproken neer tussen beide koppen (snelheden van 0.30 à 0.50 m/s).

Hogervermelde problemen hebben ertoe geleid dat meer specifiek de vormgeving van de eigenlijke havenmond aan nader onderzoek werd onderworpen, waarbij werd uitgegaan van de uitspraak op pagina 6 van de nota 78.043 van TVZ 2 :

"Thans zijn de koppen circa 400 m uit elkaar verschoven (gemeten loodrecht op "de kust). Uit nautische overwegingen zou het aangewezen zijn deze afstand in "te korten tot circa 200 m".

Drie bijkomende toestanden werden daartoe onderzocht (zie bijlage 21), zijnde de basisvorm 1750 G met afgeronde West- en Oostdam waarbij de kop van de westelijke havendam 200 m landwaarts werd verschoven (TD 31 B), anderzijds de

basisvorm 1750 G waarbij de kop van de oostelijke havendam 200 m zeewaarts werd verschoven, respectievelijk met hoekige (TD 31 D) en met afgeronde Oosten Westdam (TD 31 E) (de afrondingen zijnde met straal 1000 m voor de Westdam en 500 m voor de Oostdam).

Op bijlage 22 blijkt dat het achteruitbrengen van de Westdam (TD 31 B) niet tot het gewenste resultaat leidt, daar door het verleggen van deze dam de aanstroomrichting bij vloed niet gewijzigd wordt ten opzichte van TD 6 - TD 10 en aldus voor de kop van deze Westdam een ruime neervorming ontstaat. Het zeewaarts verschuiven van de Oostdam leidt bij de hoekige vorm (TD 31 D) ook niet tot het gewenste resultaat (situatie vergelijkbaar met TD 6 op bijlage 19) doch bij de afgeronde vormgeving (TD 31 E) wordt door de iets meer noordelijk gerichte aanstroomrichting het uitwisselingsdebiet tot een minimum herleid. De afronding van de Westdam met een straal van 500 m (TD 31 C - niet weergegeven in bijlage) leidt tot een identiek vloedbeeld als TD 31 E. Bij eb tenslotte wordt er binnen in de haven een neer aangedreven door de langsgaande stroming, echter weer met een minimum aan uitwisseling. Voor TD 31 E werd de dwarskrachtenlijn bij eb langs de lichtenlijn bepaald en in bijlage 23 vergeleken met deze voor TD 10 (basisvorm 1750 G, afgerond) en TD 9 (basisvorm 1750 G met afronding en maximum uitbreiding LNG 2° fase). Hieruit blijkt dat de dwarskrachtenlijn een steiler verloop vertoont dan TD 10 alsook hogere waarden bereikt met een toename van ongeveer 20 % ten opzichte van TD 10, m. a. w. een snelheidstoename vóór de havenmond van circa 10%. Deze toename blijft echter merkkelijk kleiner dan bij de maximale zeewaartse uitbreiding LNG 2° fase (TD 9) waar deze voor de dwarskracht ten opzichte van TD 10 circa 55 % bedraagt.

5. CONCLUSIES (*).

1°) Uit dit eindfase-onderzoek blijkt dat een afronding der knikpunten in Oosten Westdam in vergelijking met de hoekige vorm bij vloed een grotere stroomconcentratie tot gevolg heeft en dus ook de piek in de dwarskrachten over een kleinere vaarlengte spreidt, terwijl de eb tot iets lagere dwarskrachten leidt. Het afronden der knikpunten geeft eveneens hogere stroomsnelheden langs de

(*) Teneinde vergelijkbare toestanden te bekomen werd steeds gewerkt met een Pas van het Zand met bodembreedte van 650 m op een diepte Z-13 m, daar waar de koppen der beide havendammen slechts op 500 m van elkaar gelegen zijn, zodat deze gedeeltelijk in de Pas uitsteken. Hierbij dient echter vermeld dat de resultaten van dit eerste hydraulische onderzoek thans als basisgegevens dienen voor een nautische evaluatie, en een terugkoppeling naar het hydraulisch onderzoek hoogstwaarschijnlijk in de nabije toekomst noodzakelijk zal blijken.

teen der zeewaartse dammen; bij vloed oppervlaktesnelheden groter dan 2.00 m/s langs de Westdam, bij eb oppervlaktesnelheden groter dan 1.50 m/s langs de Oostdam, snelheden die bij de hoekige vorm slechts van de orde van grootte van 1.00 m/s en kleiner zijn.

2°) Het uitbouwen van een krib voor Blankenberge leidt inzake stroombeeld vóór de havenmond, alsook inzake aanstroming van de Westdam bij vloed tot een verloop dat tussen afgeronde en hoekige vorm gelegen is, doch geeft aanleiding tot sterke neervorming tussen de krib en de westelijke havendam.

3°) Een maximale zeewaartse uitbouw van de Oostdam ten opzichte van de basisvorm 1750 G lijkt noch uit oogpunt van dwarskrachtenverloop, noch uit oogpunt van aanstroming der Oostdam bij eb wenselijk, grotere dwarskrachten zijn het gevolg, terwijl de oppervlaktesnelheden langs de Oostdam oplopen tot 2.00 m/s en meer.

4°) Wat de havenmond zelve betreft, leidt de vloed bij de oorspronkelijke ontwerpen tot een neer vlak vóór de ingang, soms met tegeneer binnen de haven, terwijl de eb binnen de haven een vrij uitgestrekte neer doet ontstaan. Ook het zeewaarts verleggen van de kop van de Oostdam tot op gelijke hoogte met deze van de Westdam doet de neervorming niet volledig verdwijnen.

5°) Een beperkte zeewaartse uitbouw van de Oostdam (kop 200 m zeewaarts verlegd t. o. v. 1750 G - bijlage 24) leidt bij de afgeronde vormgeving (zowel met straal 500 m als met straal 1000 m voor de afronding der Westdam) hydraulisch tot de meest optimale situatie inzake neervorming en uitwisselingsdebiet. Hierbij dient echter rekening gehouden met de zwaardere aanstroming van Oost- en Westdam door de afronding zoals vermeld onder punt 1. Bovendien dient vermeld dat op het detailmodel met permanente maximale vloed- respectievelijk ebstroming werd gewerkt en dat vulling en lediging van het havenbekken tijdens het getij zekere wijzigingen in dit beeld kunnen veroorzaken.

Borgerhout, juli 1978.

De Ingenieur van Bruggen en Wegen, De Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen en Wegen,
belast met de studie, Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium,

ir. F. WENS.

ir. P. ROOVERS.

BIJLAGEN.

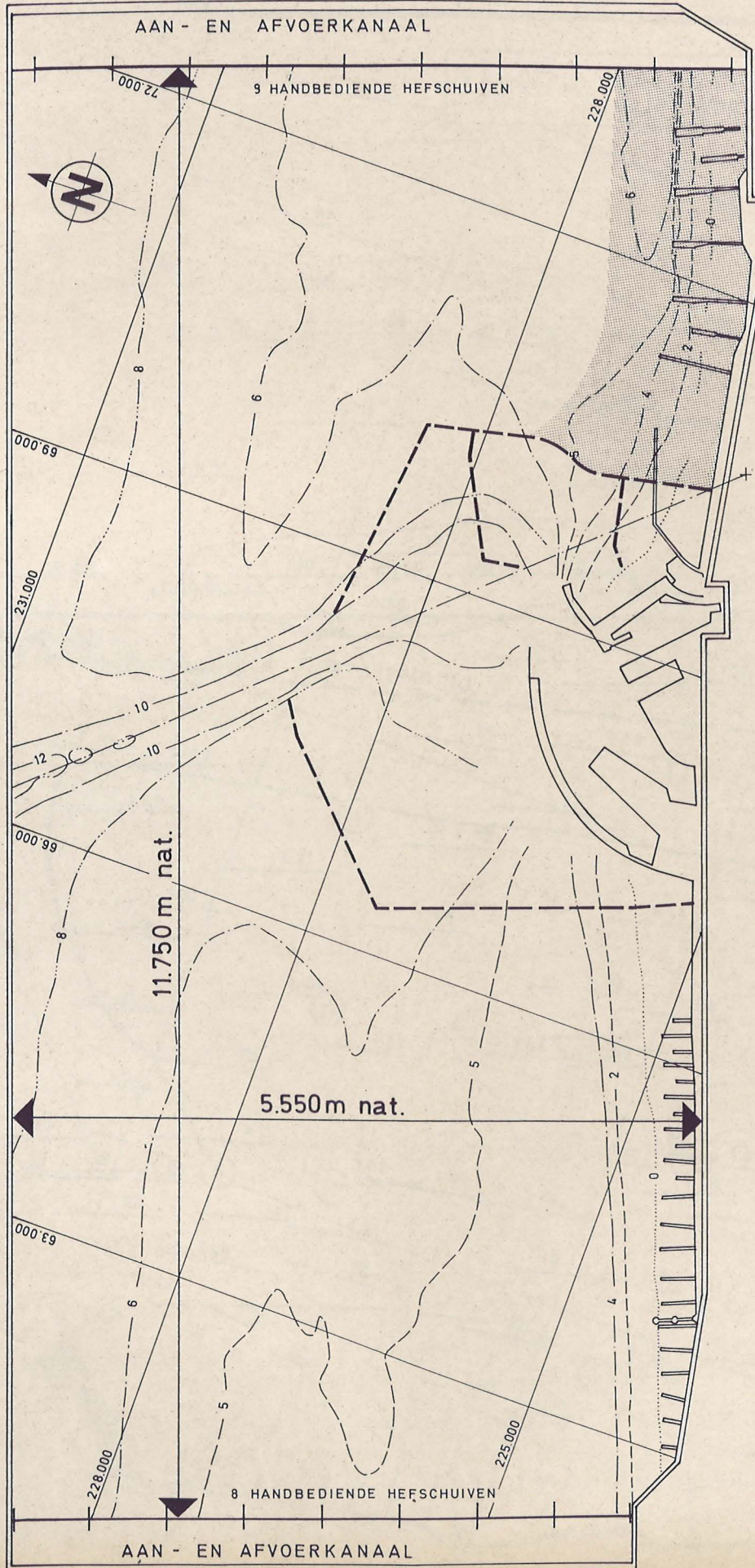
- 1 Principetekening model.
- 2 IJktoestand overzichtsmoedel To-vloed.
- 3 IJktoestand overzichtsmoedel To-eb.
- 4 Verticaal snelheidsprofiel in overzichts- en detailmoedel - principe.
- 5 IJktoestand detailmoedel To - vloed.
- 6 IJktoestand detailmoedel To - eb.
- 7 Overzicht eindfasetoestanden onderzocht op detailmoedel.
- 8 Stroombeeld uitbouwtoestand TD 6 - vloed.
- 9 Stroombeeld uitbouwtoestand TD 10 - vloed.
- 10 Snelheid en richting t. h. v. de lichtenlijn TD 6 en TD 10 - vloed.
- 11 Dwarskrachten langs de lichtenlijn bij vloed.
- 12 Stroombeeld met neervorming TD 12 - vloed.
- 13 Aanstroming Westdam bij vloed.
- 14 Stroombeeld uitbouwtoestand TD 6 - eb.
- 15 Stroombeeld uitbouwtoestand TD 10 - eb.
- 16 Snelheid en richting t. h. v. de lichtenlijn TD 6 en TD 10 - eb.
- 17 Dwarskrachten langs de lichtenlijn bij eb.
- 18 Aanstroming Oostdam bij eb.
- 19 Stroombeeld vóór de havenmond bij vloed.
- 20 Stroombeeld vóór de havenmond bij eb.
- 21 Buitenhaven varianten WL 1 WL 2A WL 2B - situatieplan.
- 22 Stroombeeld vóór de havenmond TD 31 - eb en vloed.
- 23 Dwarskrachten langs de lichtenlijn bij eb.
- 24 Buitenhaven variante WL 2B - situatieplan.



SCHALEN: 1/50.000 natuur
1/166,67 model

PRINCIPETEKENING MODEL

Dieptelijnen in m
t.o.v. Z.vlak
Lambert projectie

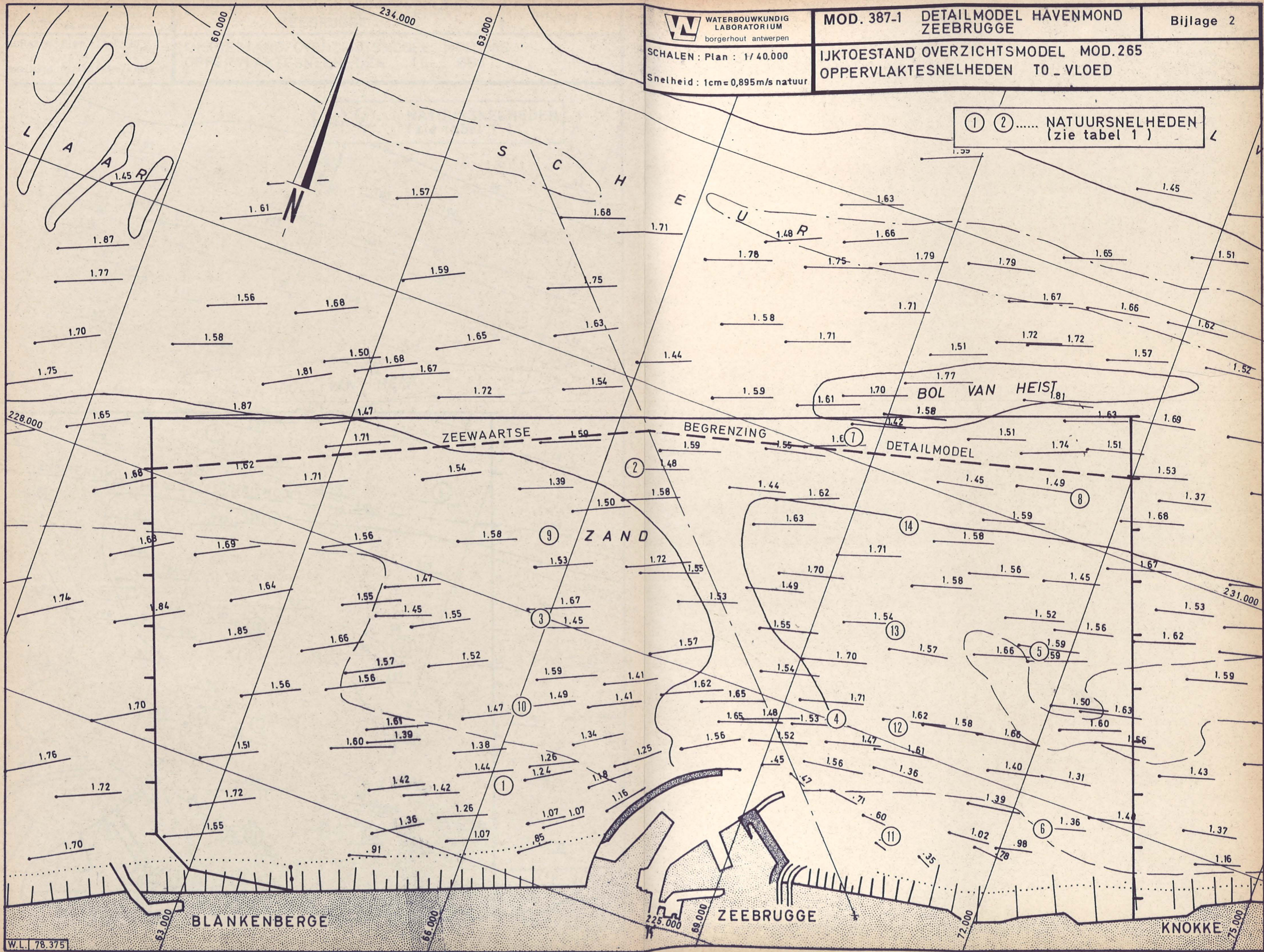


SCHALEN : Plan : 1/40.000

IJKTOESTAND OVERZICHTSMODEL MOD.265
OPPERVLAKTESNELHEDEN T0_VLOED

Snelheid : 1cm = 0,895m/s natuur

① ② NATUURSNELHEDEN
(zie tabel 1)

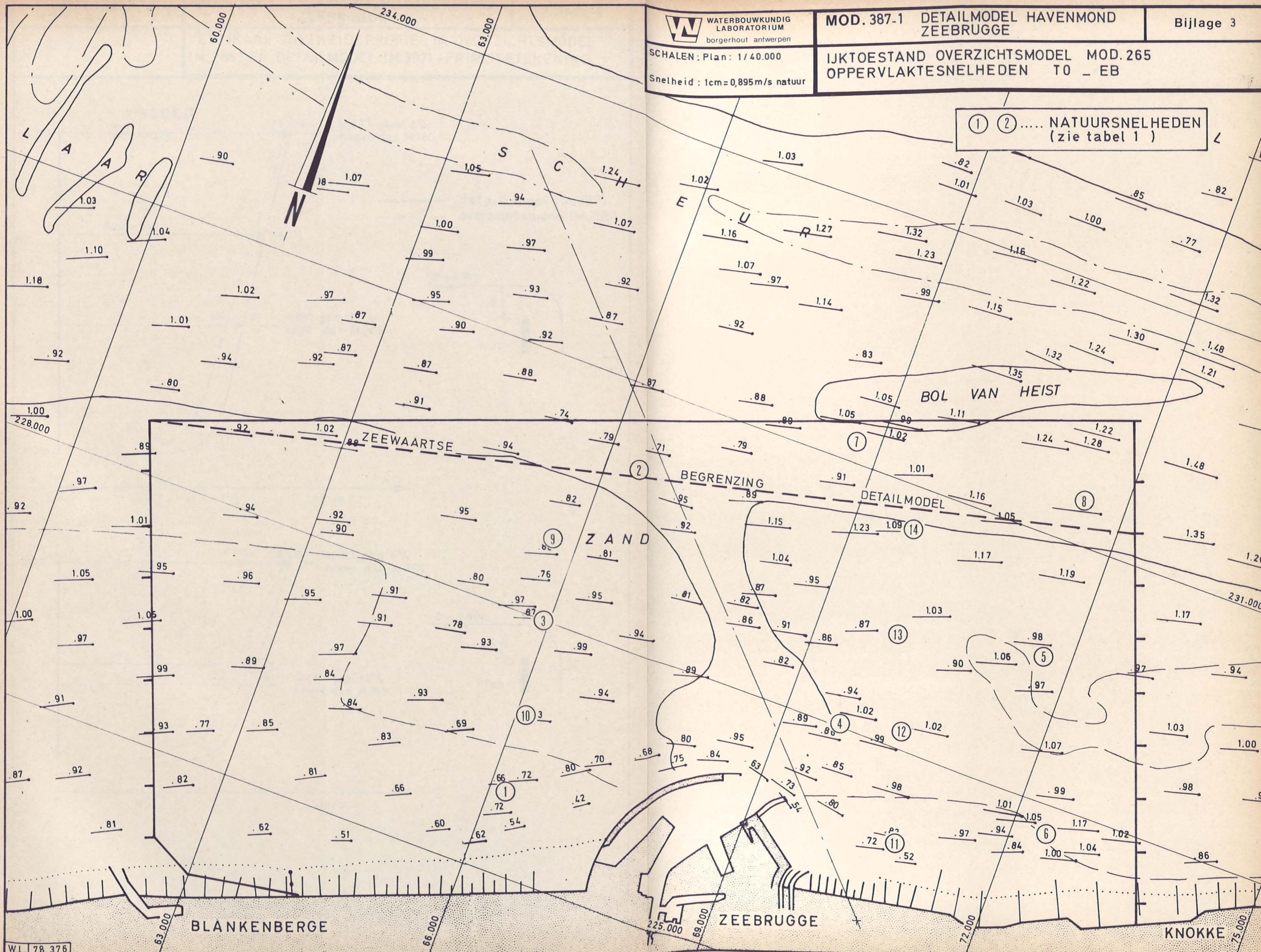


SCHALEN: Plan: 1/40.000

IJKTOESTAND OVERZICHTSMODEL MOD.265
OPPERVLAKTESNELHEDEN TO - EB

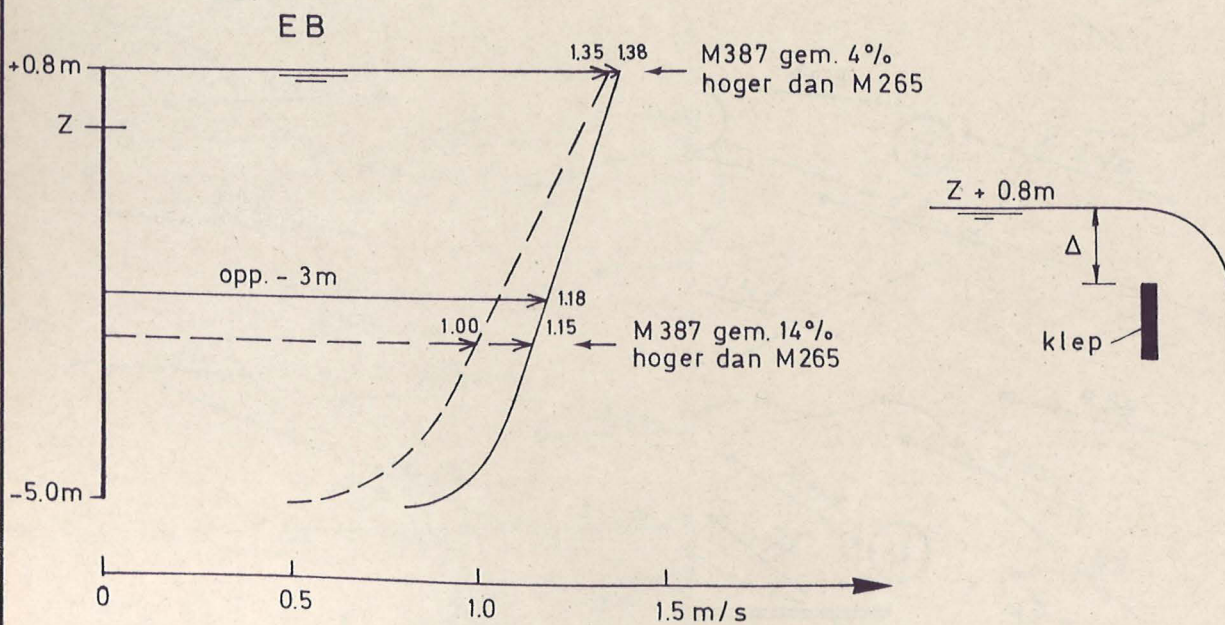
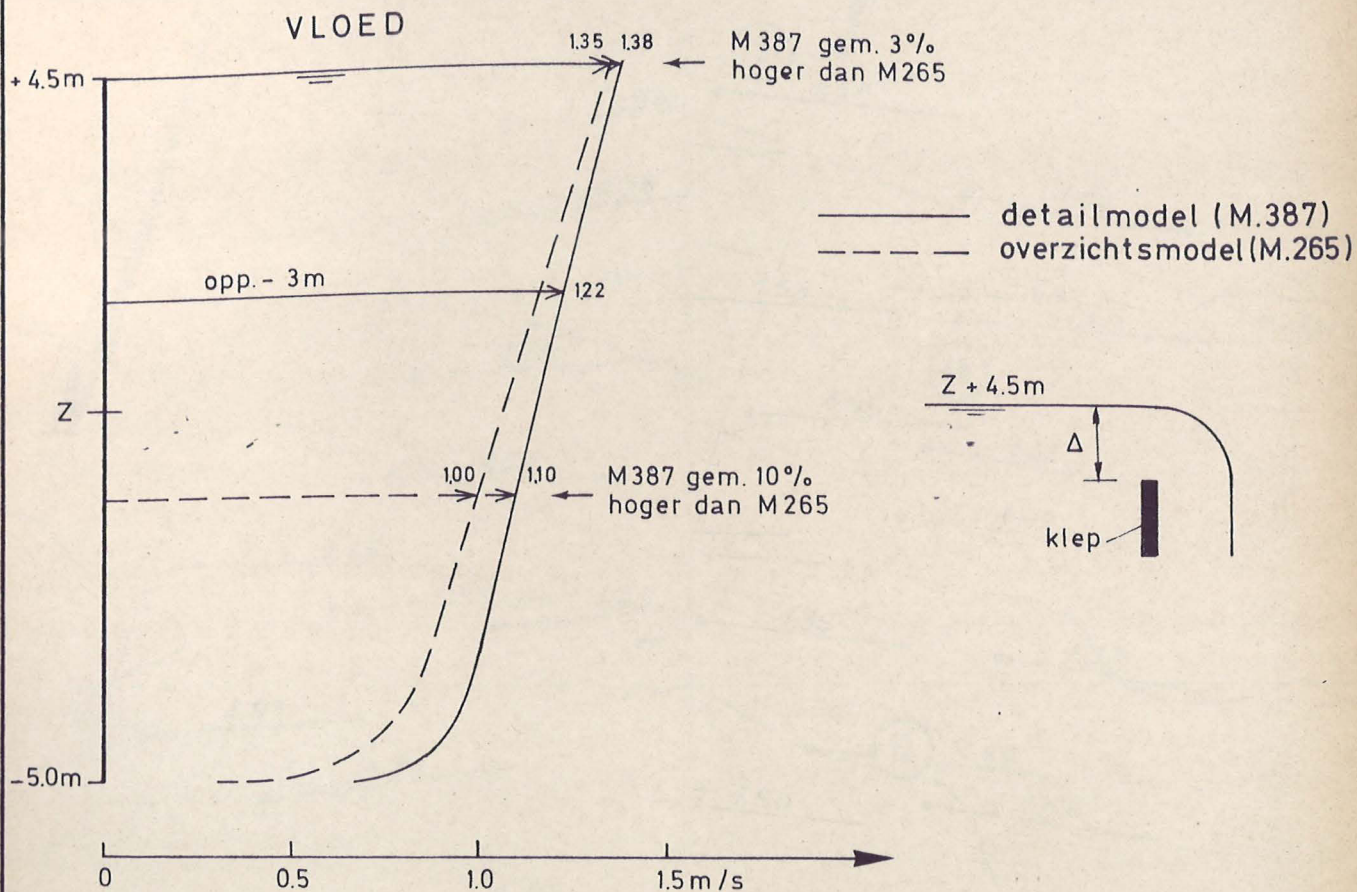
Snelheid: 1cm = 0,895m/s natuur

① ② NATUURSNEELHEDEN
(zie tabel 1)





VERTIKAAL SNELHEIDSPROFIEL IN OVERZICHTSMODEL
(M.265) EN DETAILMODEL (M.387) - PRINCIPETEKENING



① ② NATUURSNELHEDEN
(zie tabel 1)

WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM
borgerhout antwerpen

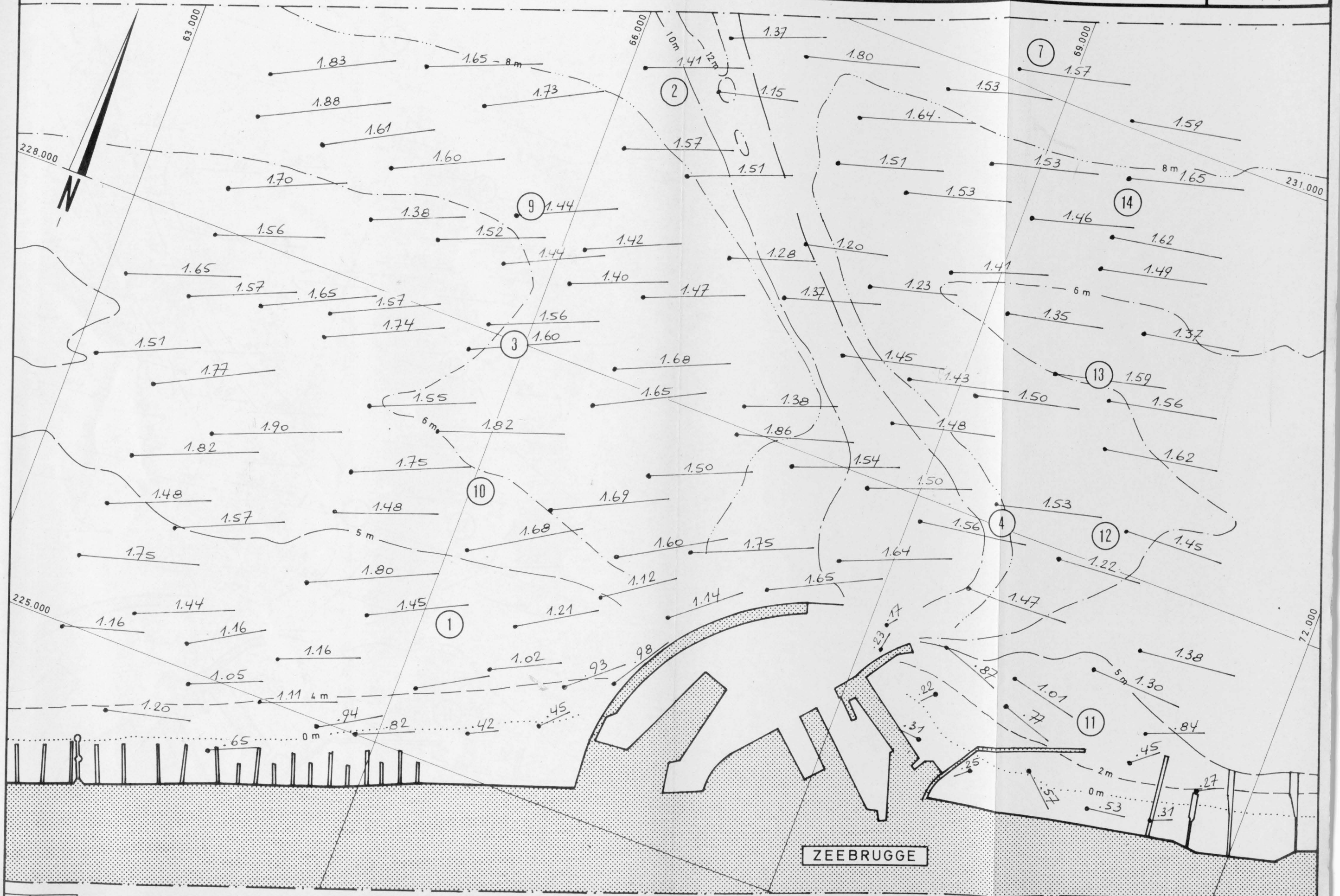
MOD. 387-1 DETAILMODEL HAVENMOND
ZEEBRUGGE

Bijlage 5

SCHALEN: Plan : 1/25.000

METINGEN MET OPPERVLAKTEDRIJVERS
IJKTOESTAND DETAILMODEL TO_VLOED

Dieptelijnen in m
t.o.v. Z-vlak
Lambert projectie



① ② NATUURSNELHEDEN
(zie tabel 1)

W WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM
borgerhout antwerpen

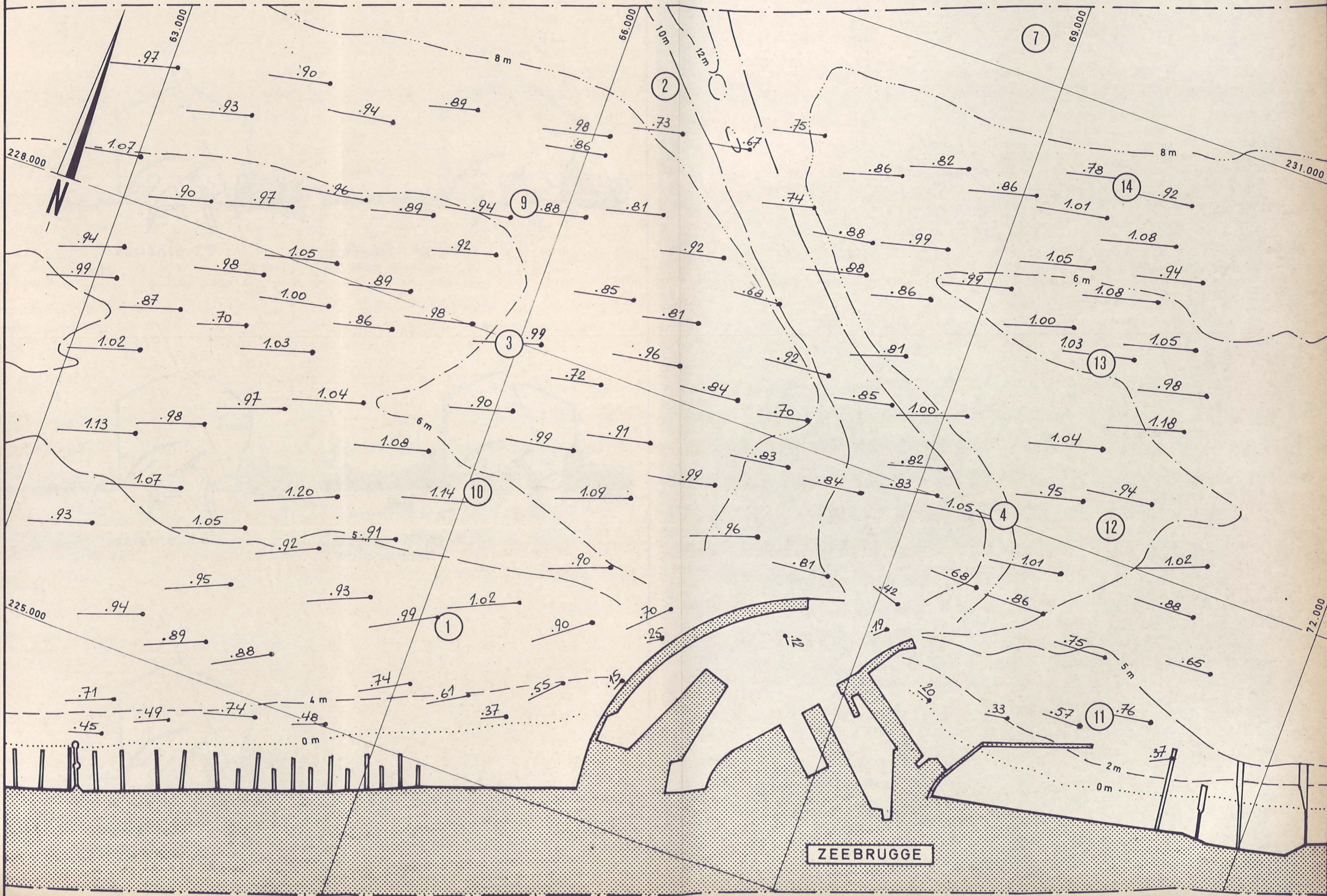
MOD. 387.1 DETAILMODEL HAVENMOND
ZEEBRUGGE

Bijlage 6

SCHALEN: Plan : 1/25.000

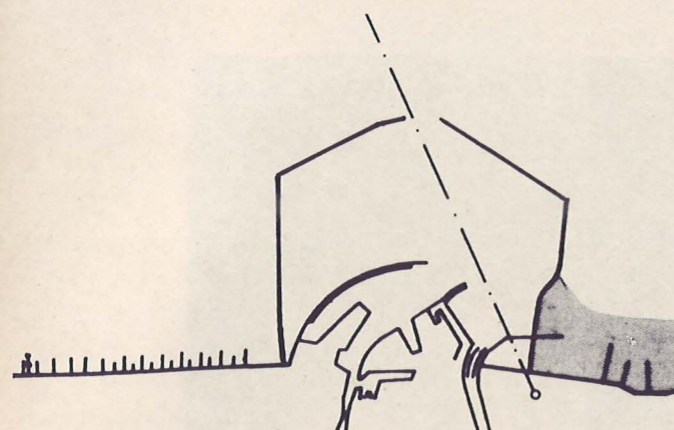
METINGEN MET OPPERVLAKTEDRIJVERS
IJKTOESTAND DETAILMODEL TO_EB

Dieptelijnen in m
t.o.v. Z-vlak
Lambert projectie

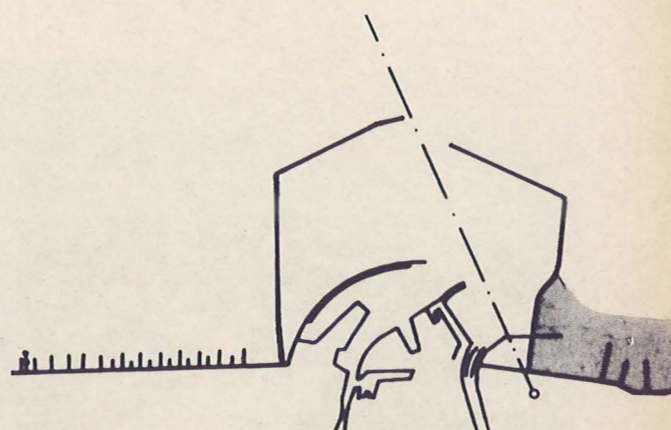


SCHAAL : 1 / 100.000

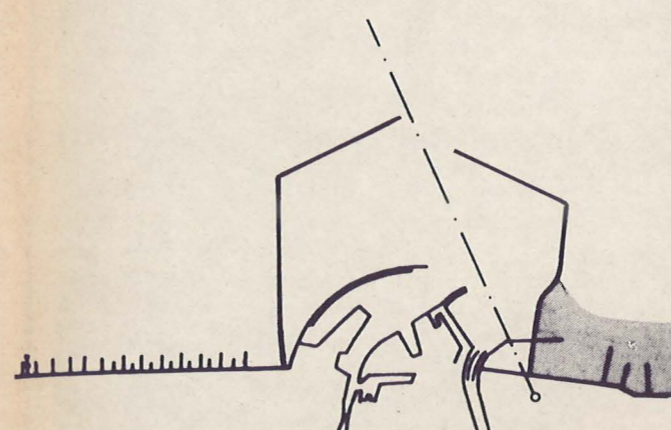
EINDTOESTANDEN VOORHAVEN ZEEBRUGGE ONDERZocht
OP DETAILMODEL



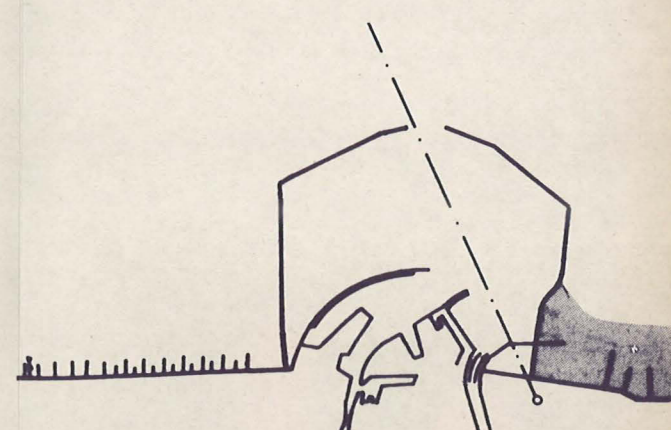
TD 05_EB - variante 1.5
cfr. Plan I41.0425



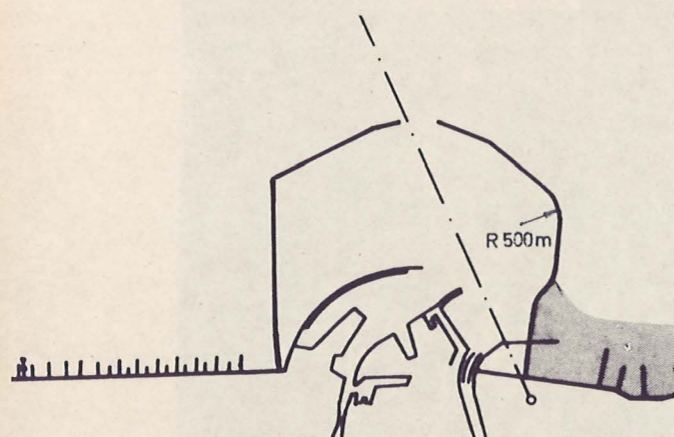
TD 06_EB - variante 1.3 (1750 G)
cfr. Plan I41.0421



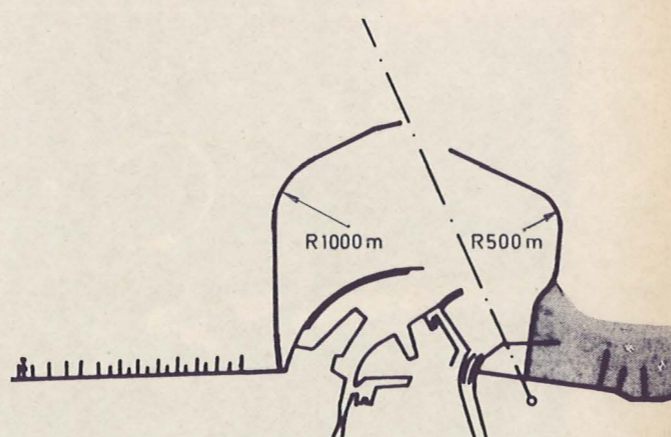
TD 07_EB - variante 1.6
cfr. Plan I41.0426



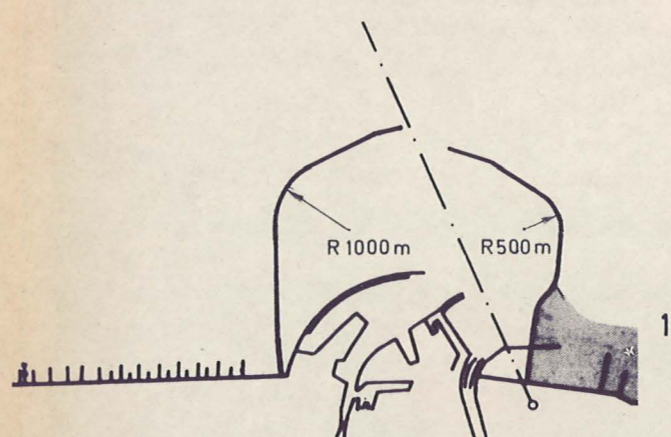
TD 08_EB - variante 1.7
cfr. Plan I41.0427



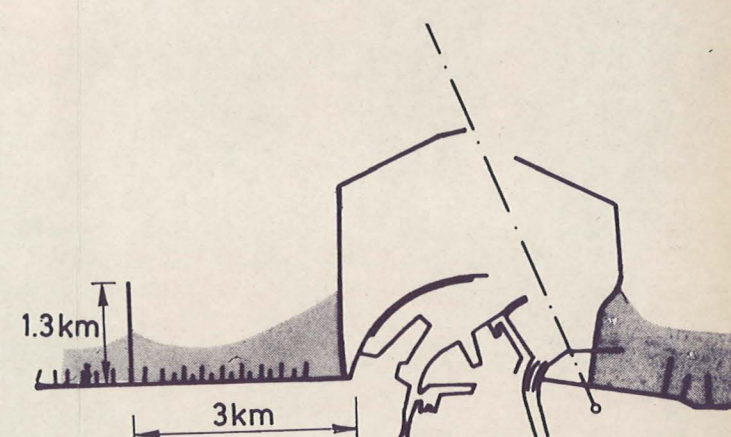
TD 09_EB - variante 1.8
cfr. Plan I41.0428



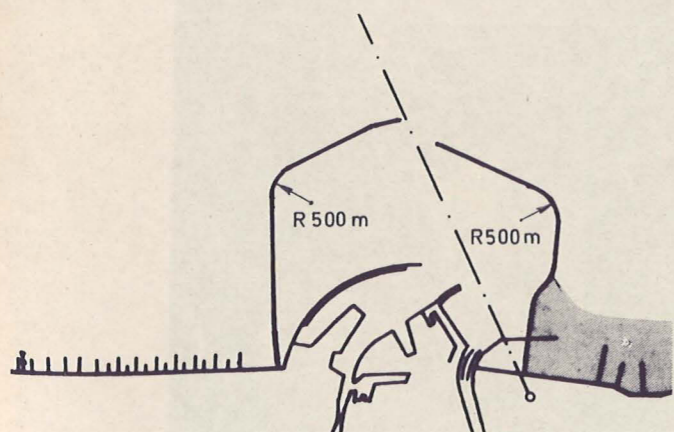
TD 10_EB - TD 10_VL - variante 1.4
cfr. Plan I41.042.2



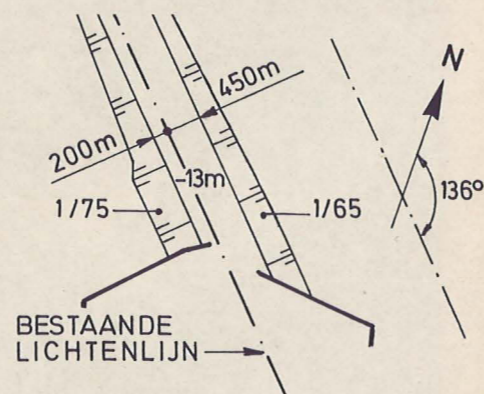
TD 11_EB - variante 1.9
cfr. Plan I41.042.9



TD 12_VL - variante 1.2
cfr. Plan I41.040.1



TD 30_VL - variante 1.10
cfr. Plan I41.042.10

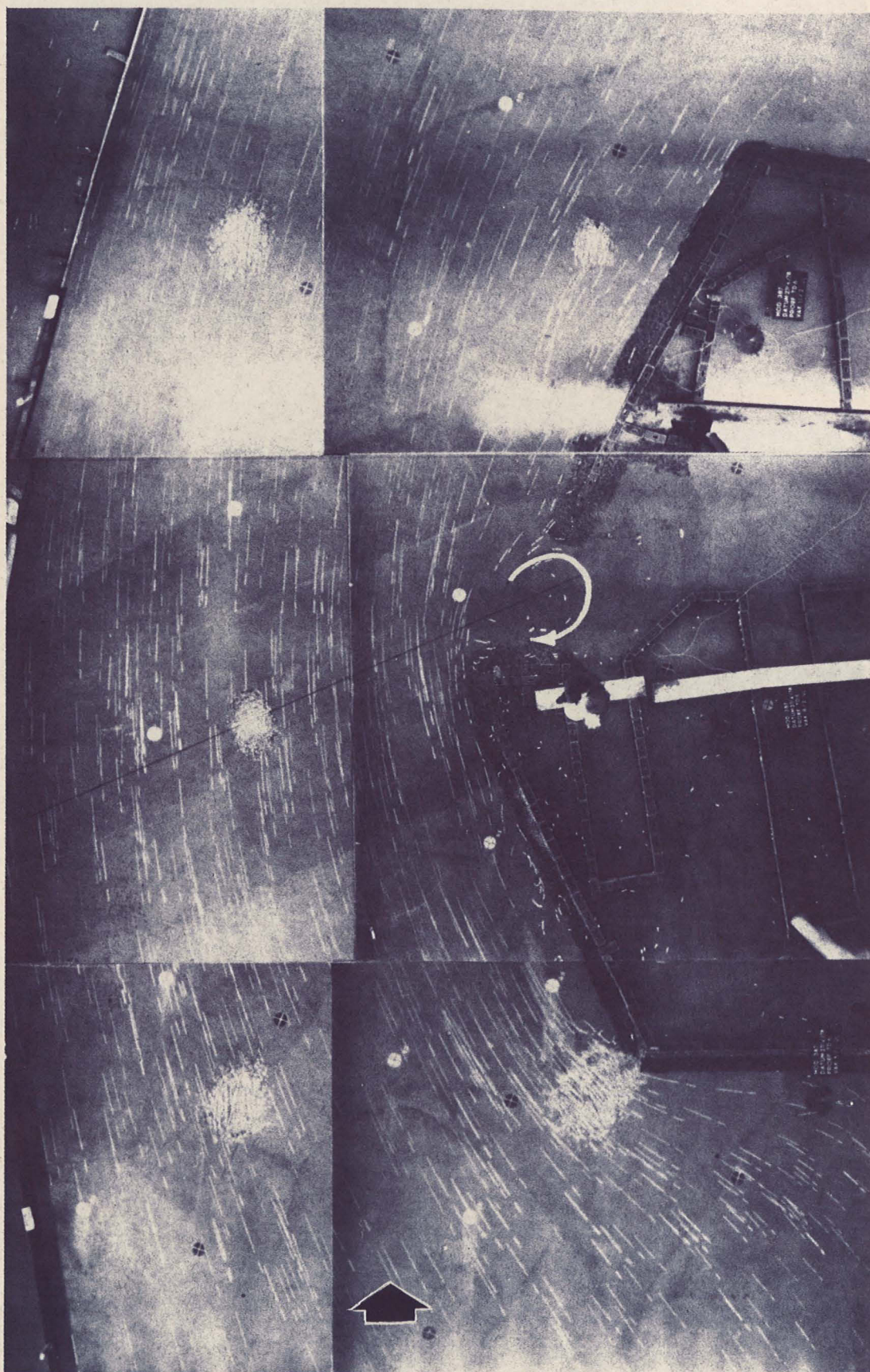




SCHALEN: Plan : 1 / 25.000

Snelheid : 0.6cm = 1m/s natuur

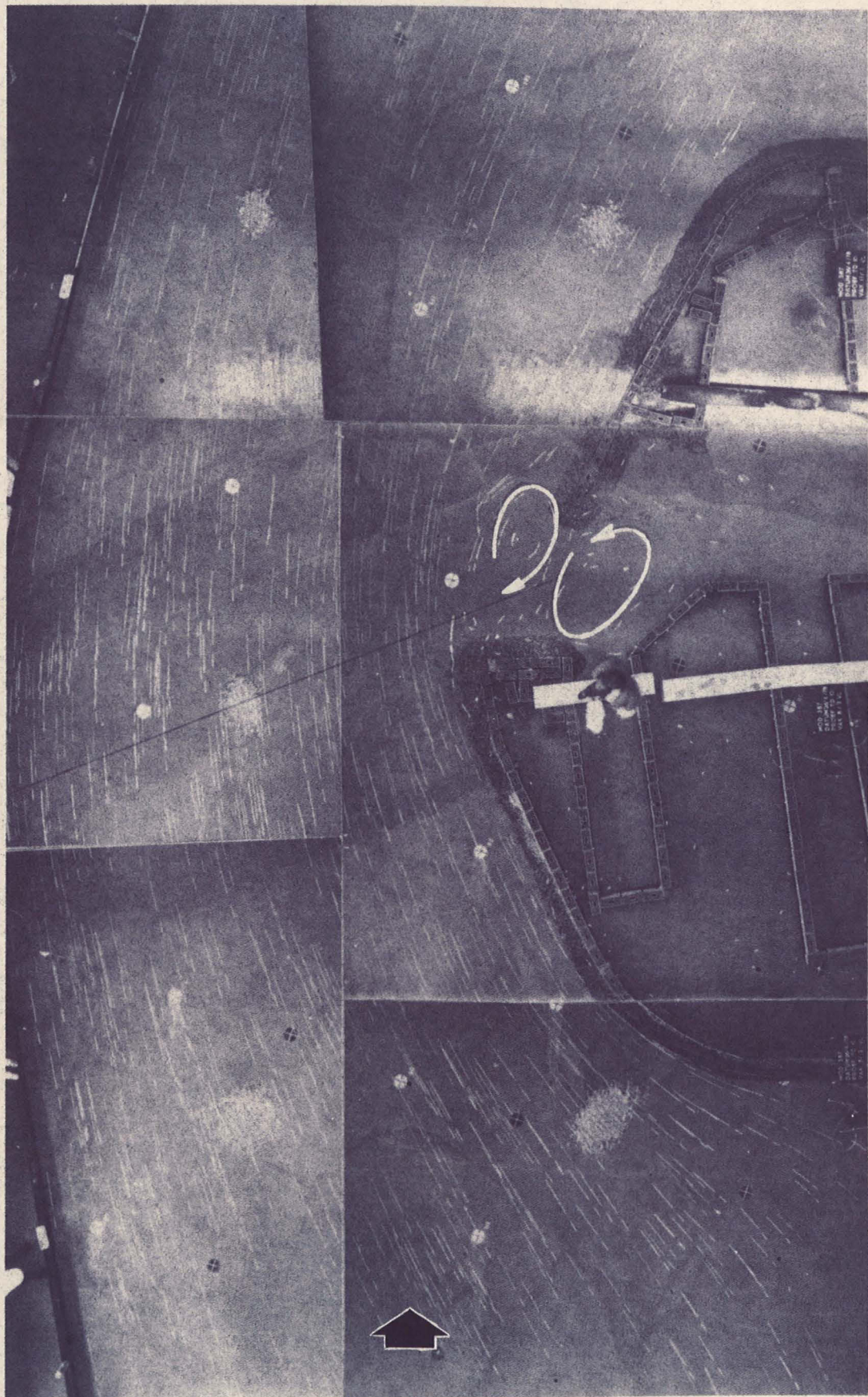
METINGEN MET OPPERVLAKTEDRIJVERS
UITBOUWTOESTAND TD 6 - VLOED (VARIANTE 1.3)

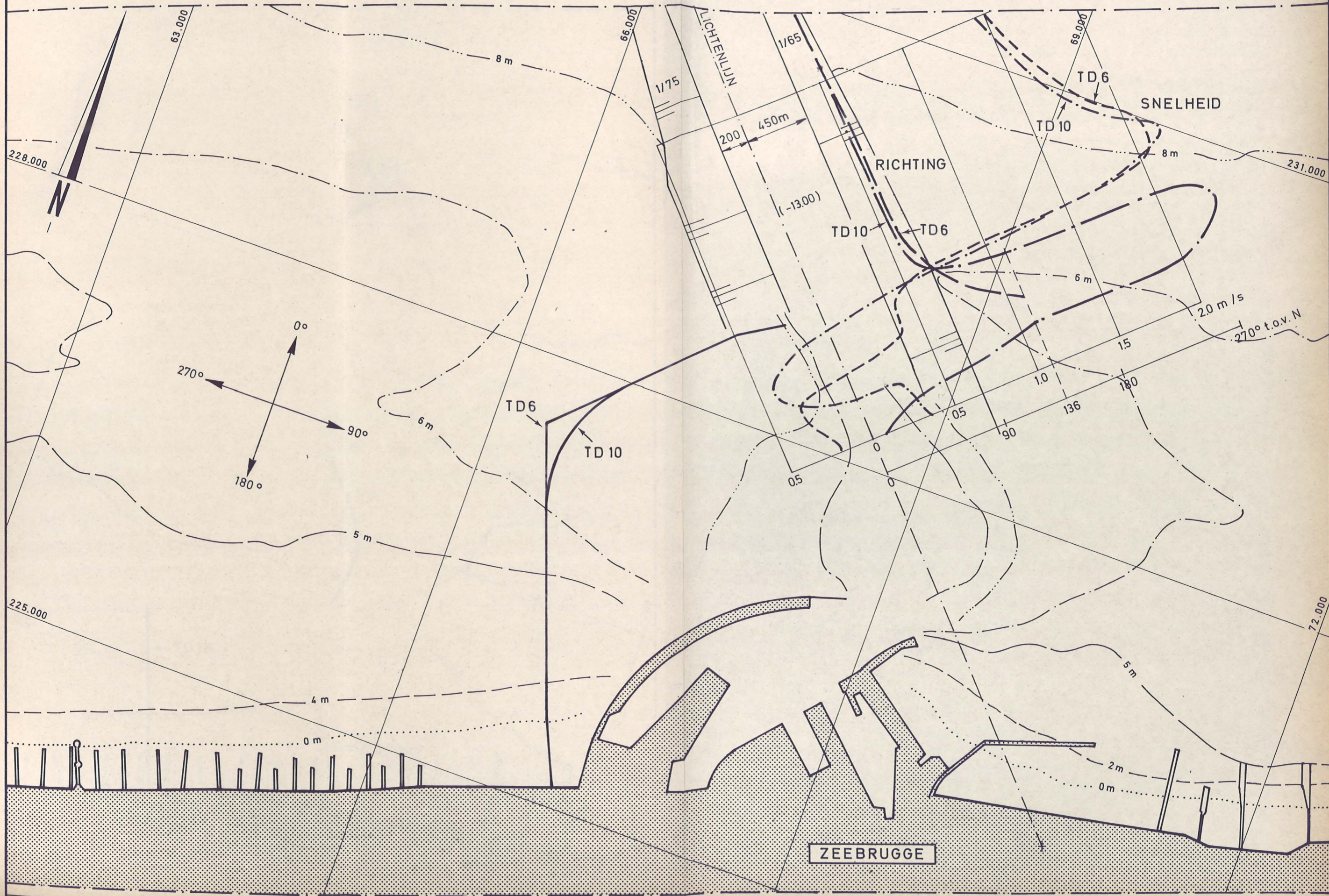




SCHALEN: Plan : 1/25.000
Snelheid : 0.6cm = 1m/s natuur

METINGEN MET OPPERVLAKTEDRIJVERS
UITBOUWTOESTAND TD10 - VLOED (VARIANTE 1.4)



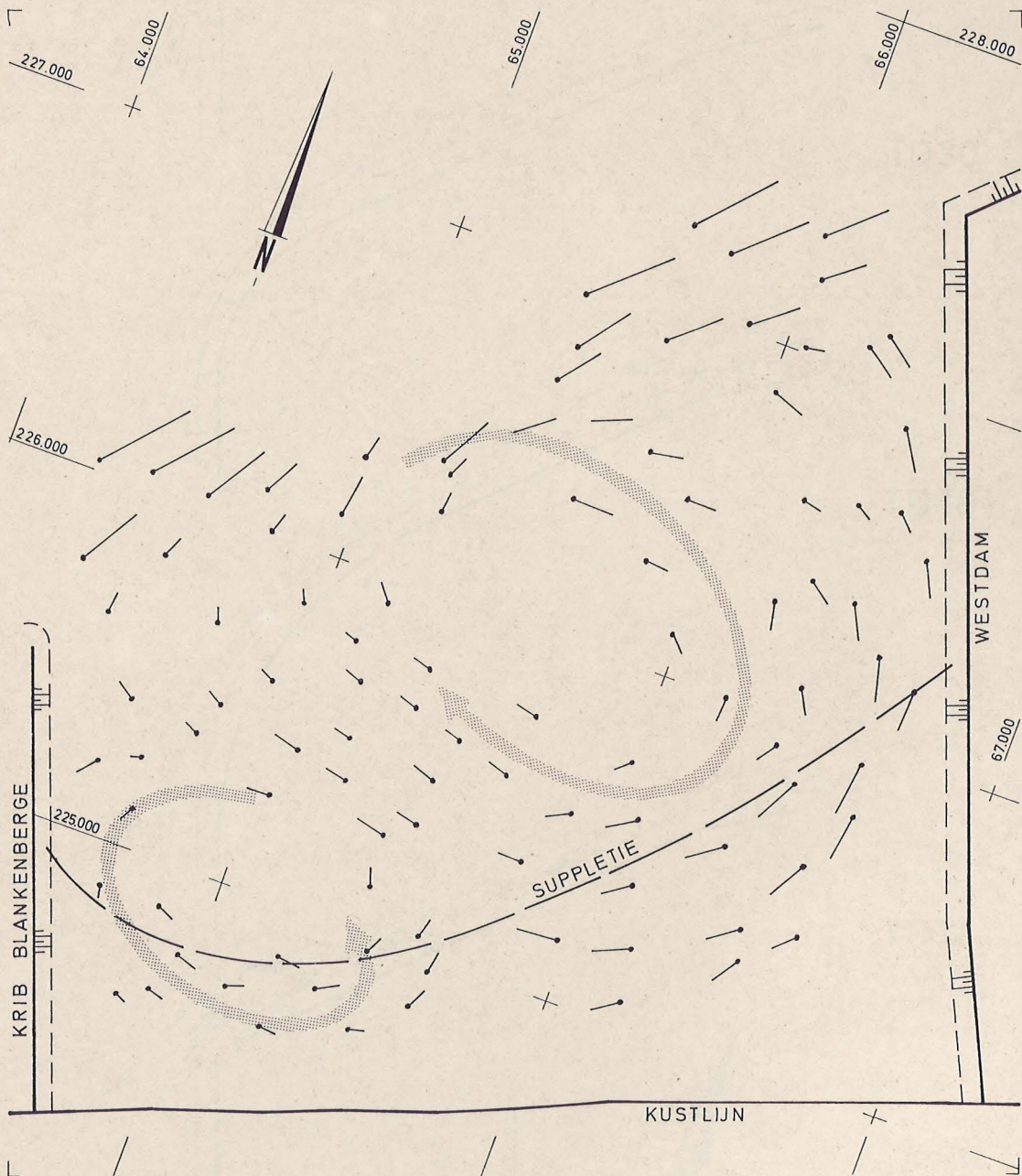






SCHALEN: Plan : 1 / 20.000
Snelheid: 0.75 cm \approx 1 m/s natuur

METINGEN MET OPPERVLAKTEDRIJVERS
NEERVORMING TD 12_VLOED (variante 1.2)

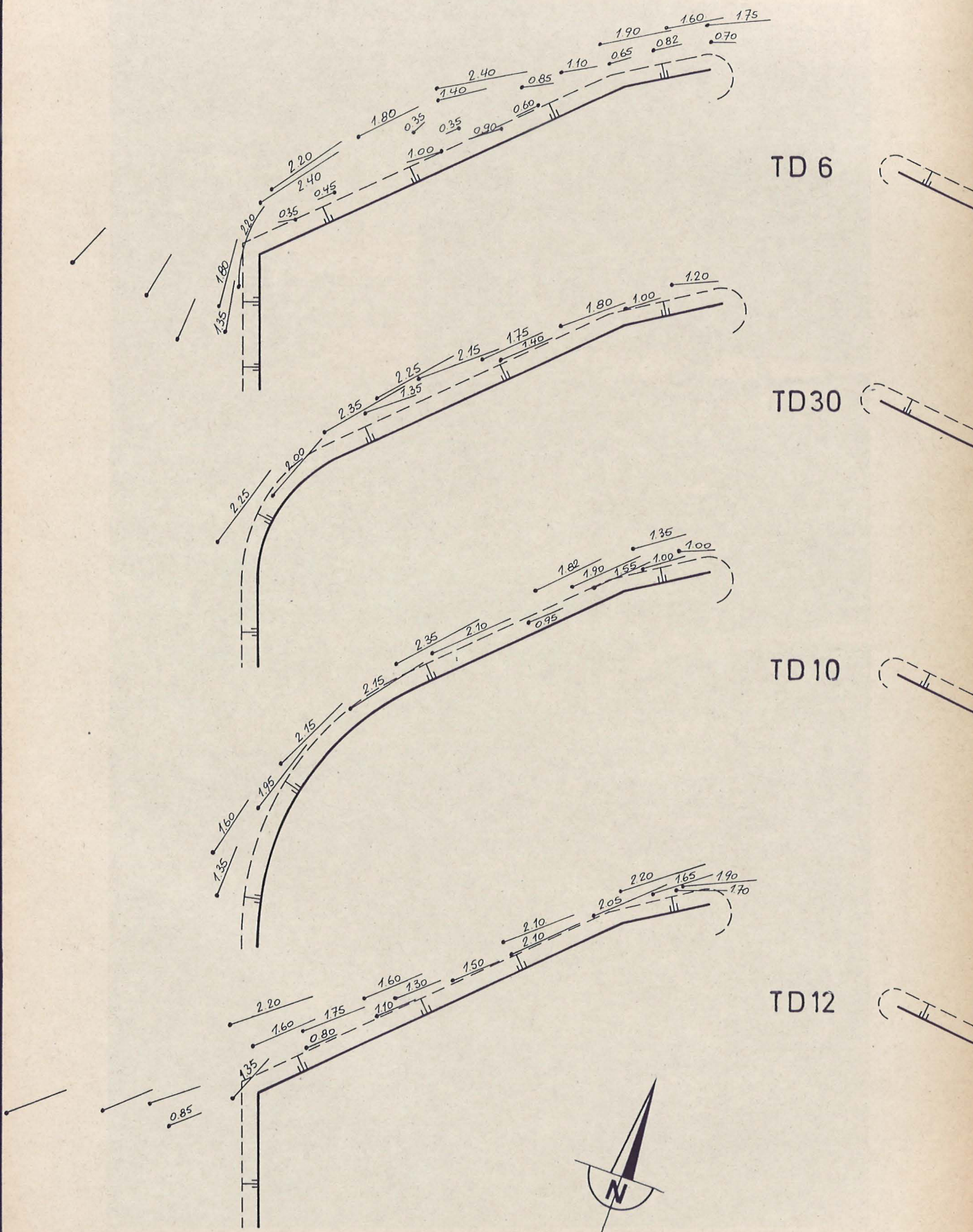




SCHALEN: Plan : 1 / 20.000

Snelheid : 0.75cm = 1m/s natuur

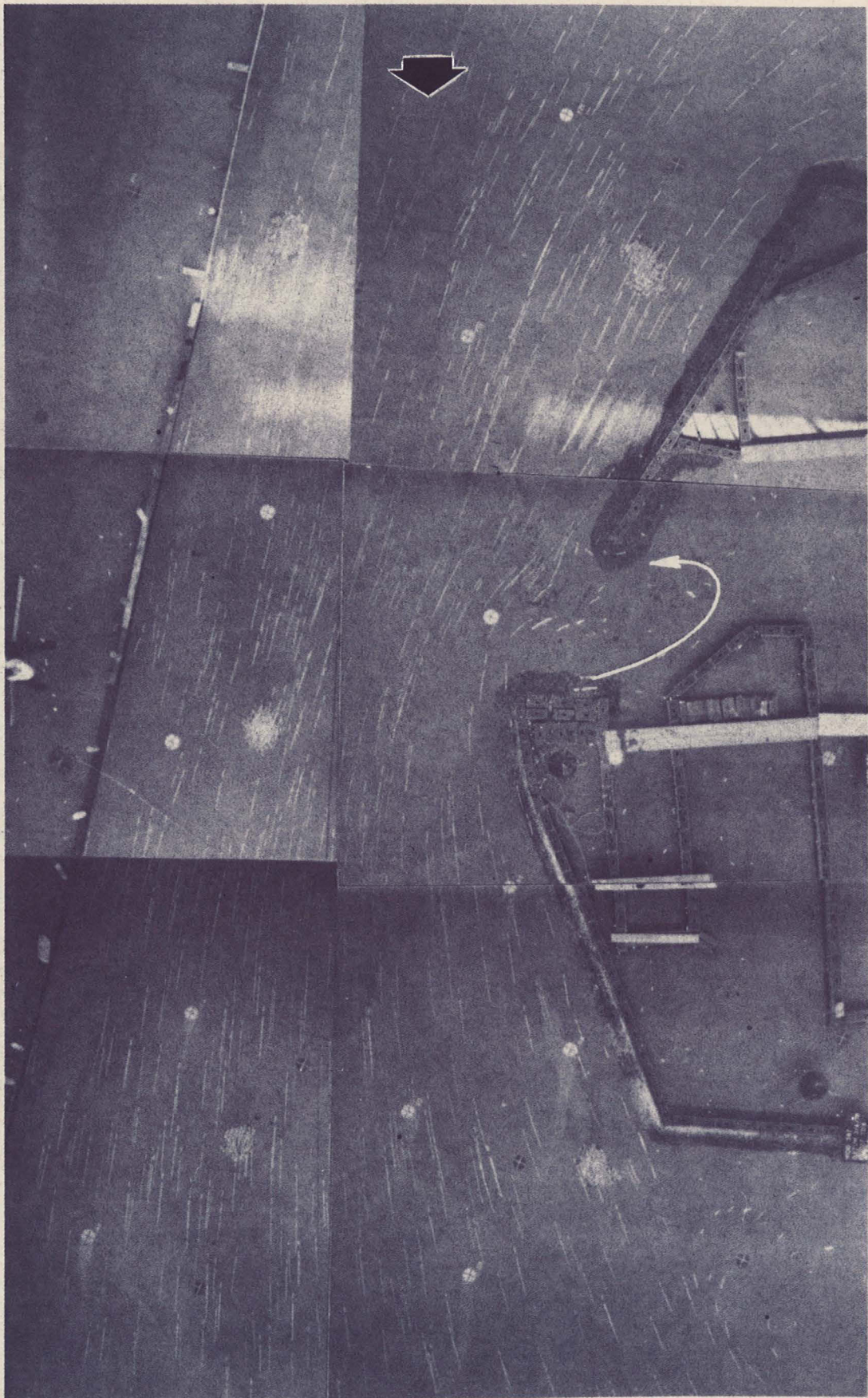
AANSTROMING WESTDAM BIJ VLOED





SCHALEN : Plan : 1/25.000
Snelheid : 0.6cm = 1m/s natuur

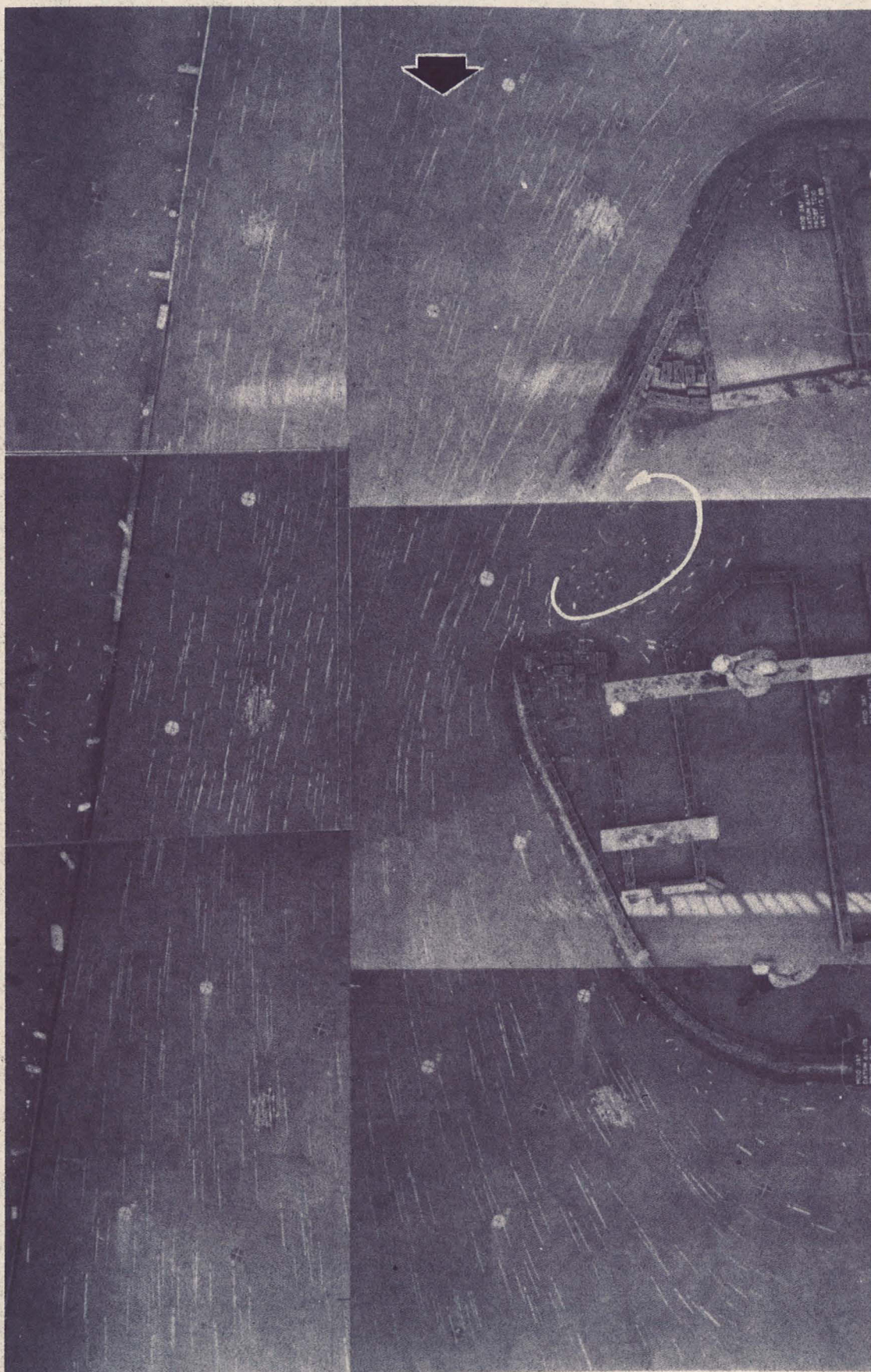
METINGEN MET OPPERVLAKTEDRIJVERS
UITBOUWTOESTAND TD 6 - EB (VARIANTE 1.3)

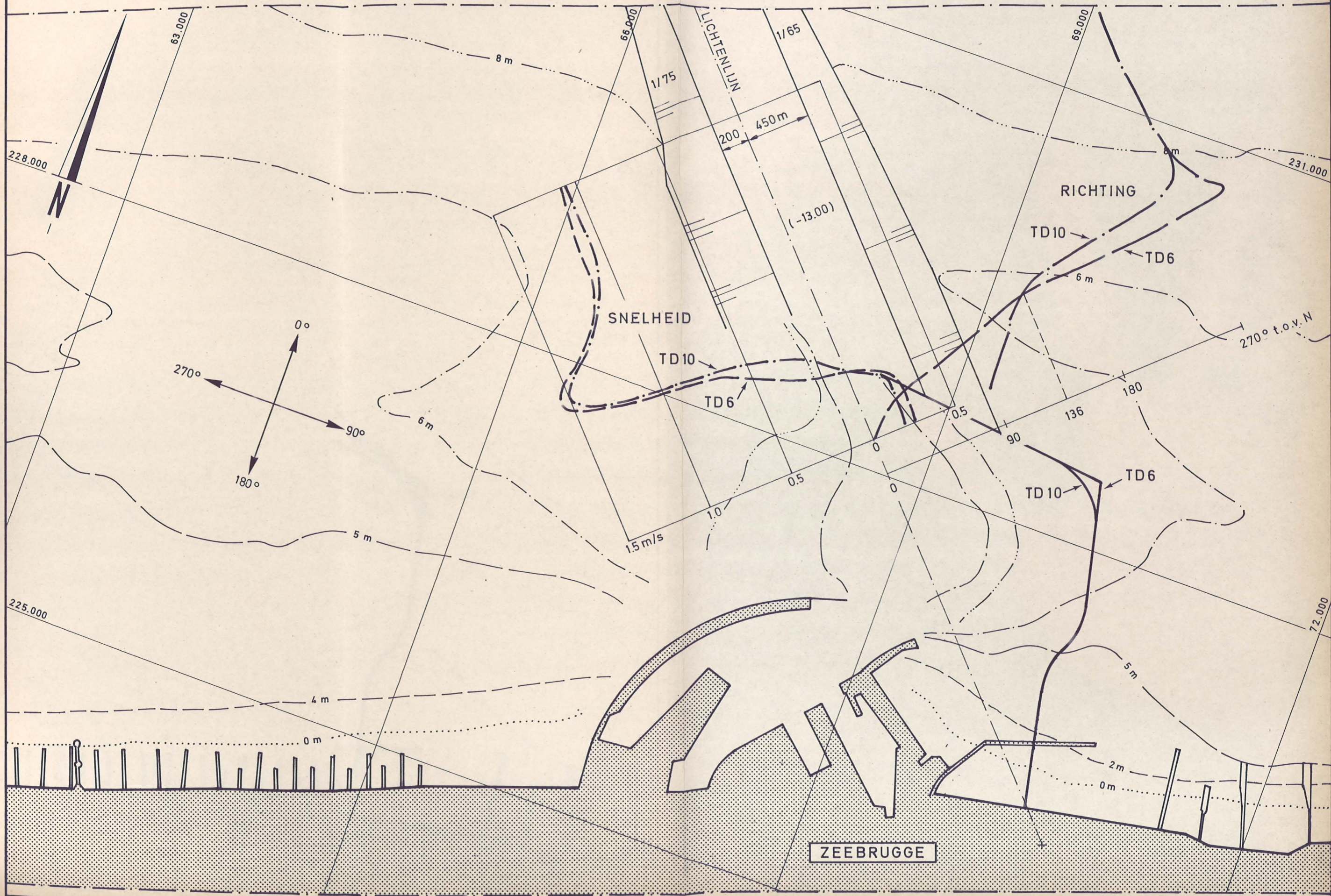


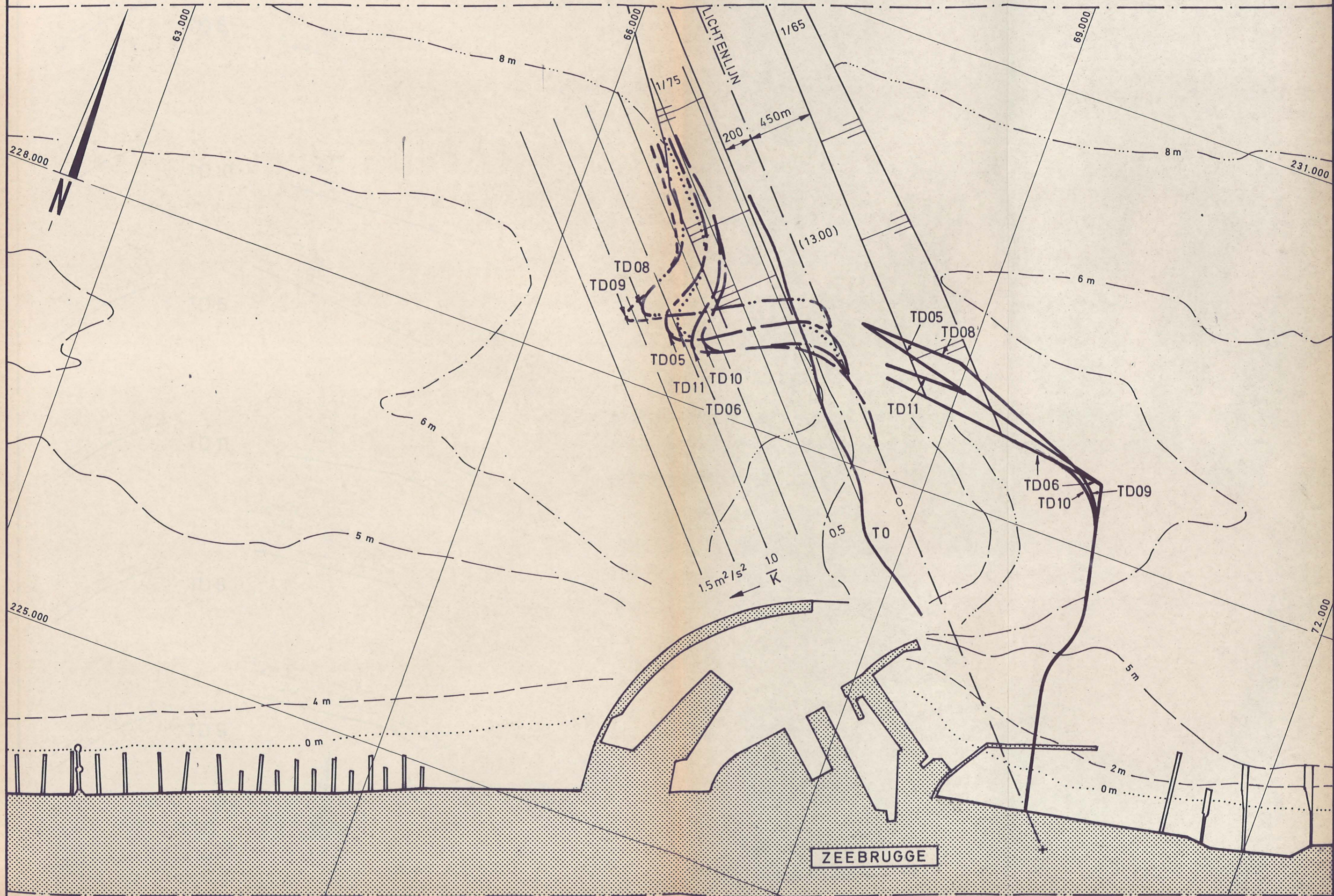


SCHALEN : Plan : 1/25.000
Snelheid : 0.6cm = 1m/s natuur

METINGEN MET OPPERVLAKTEDRIJVERS
UITBOUWTOESTAND TD 10 - EB (VARIANTE 1.4)





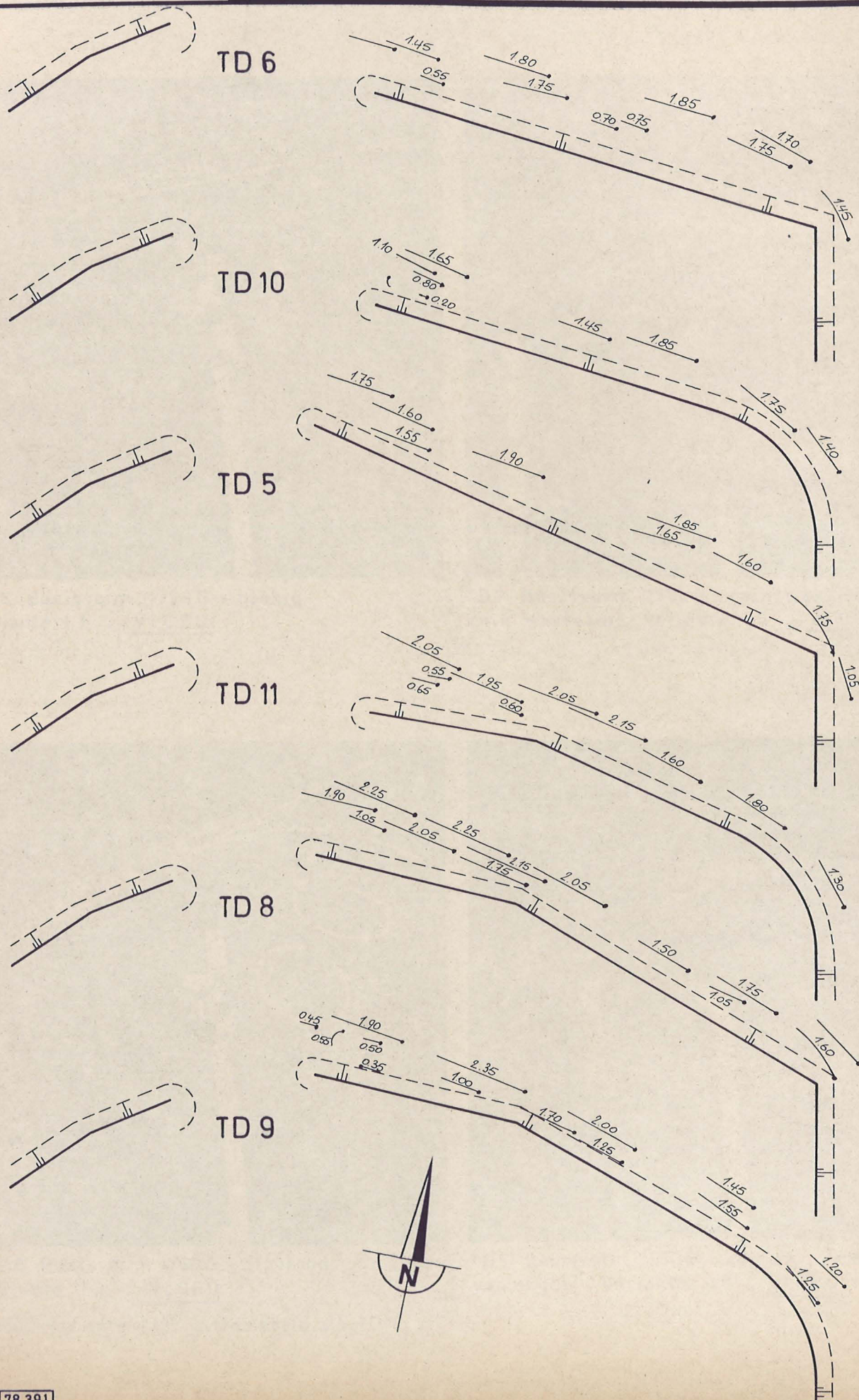




SCHALEN: Plan: 1/20.000

Snelheid: 0.75cm = 1m/s natuur

AANSTROMING OOSTDAM BIJ EB

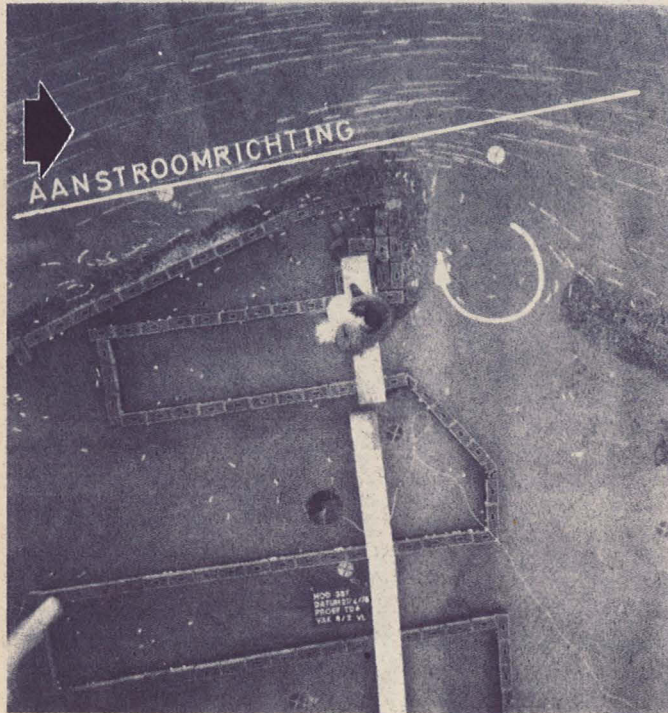




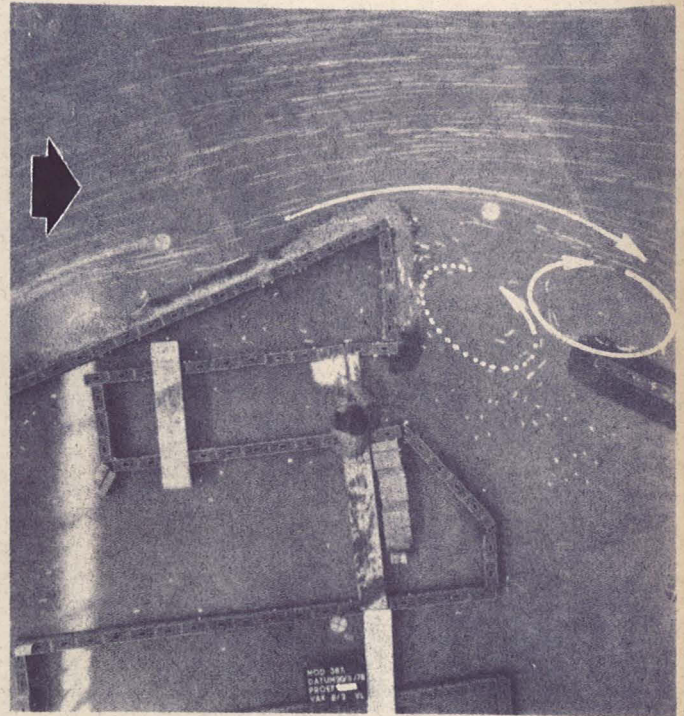
SCHALEN: Plan : 1/25.000

Snelheid : 0.6cm = 1m/s natuur

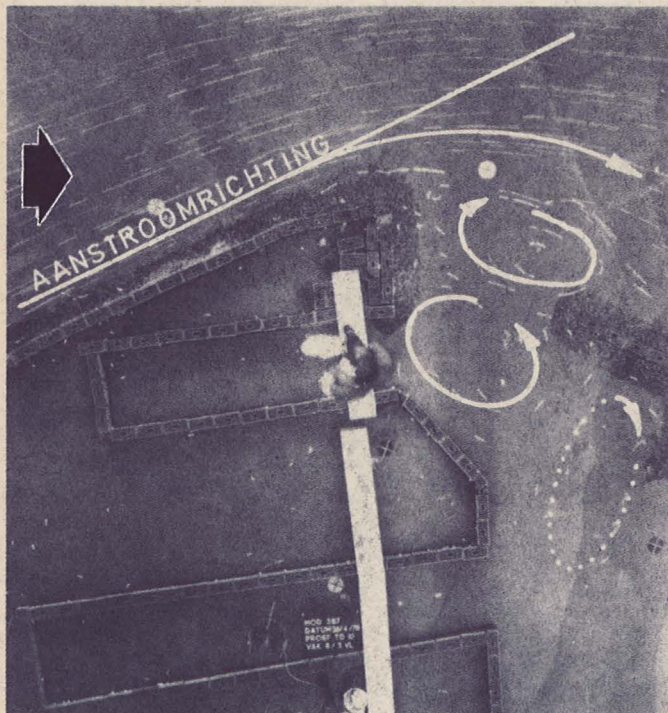
STROOMBEELD VOOR DE HAVENMOND BIJ VLOED



TD6 Basisvorm 1750 G - hoekig
Variante 1.3 - VLOED

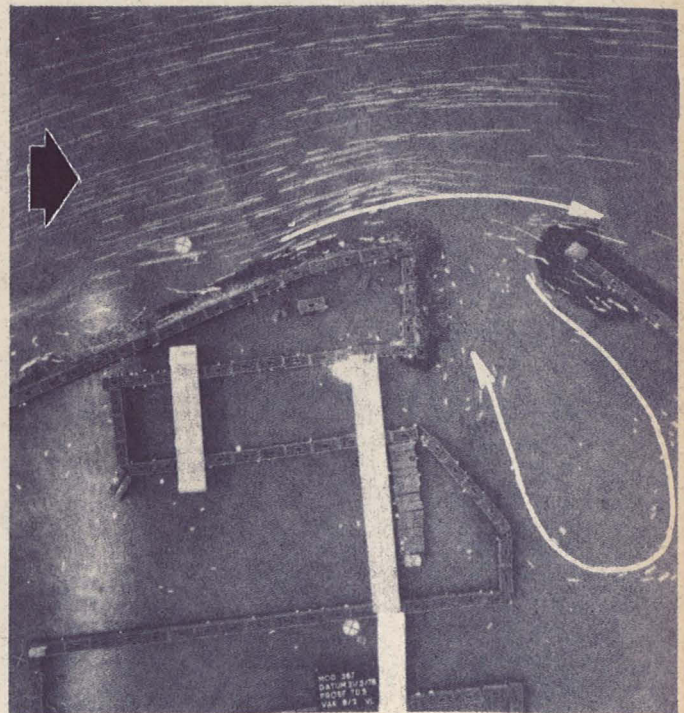


TD7 Basisvorm 1750 G - rechttrekking
knik westdam - Variante 1.6 - VLOED



TD10 Basisvorm 1750 G - afgerond
Variante 1.4 - VLOED

TD30 - Variante 1.10 - zelfde beeld als TD10

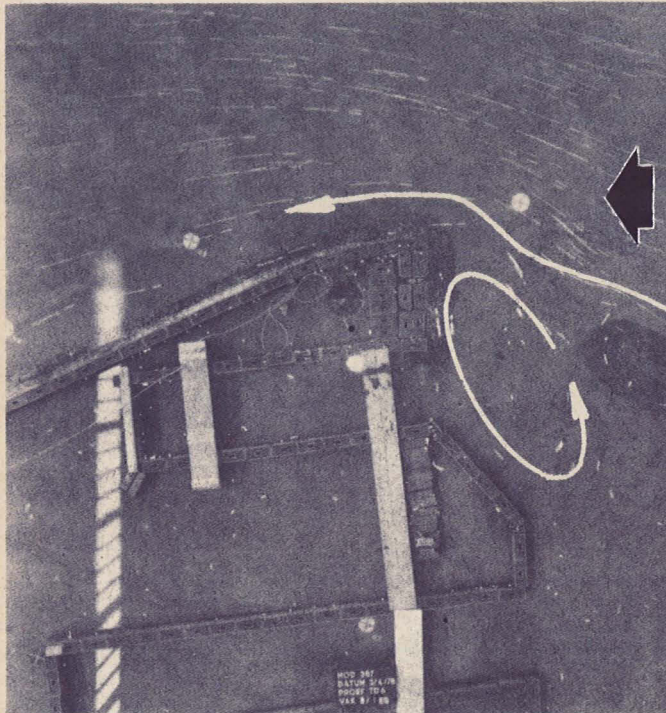


TD5 Basisvorm 1750 G - koppen in mekaars
verlengde - Variante 1.5 - VLOED

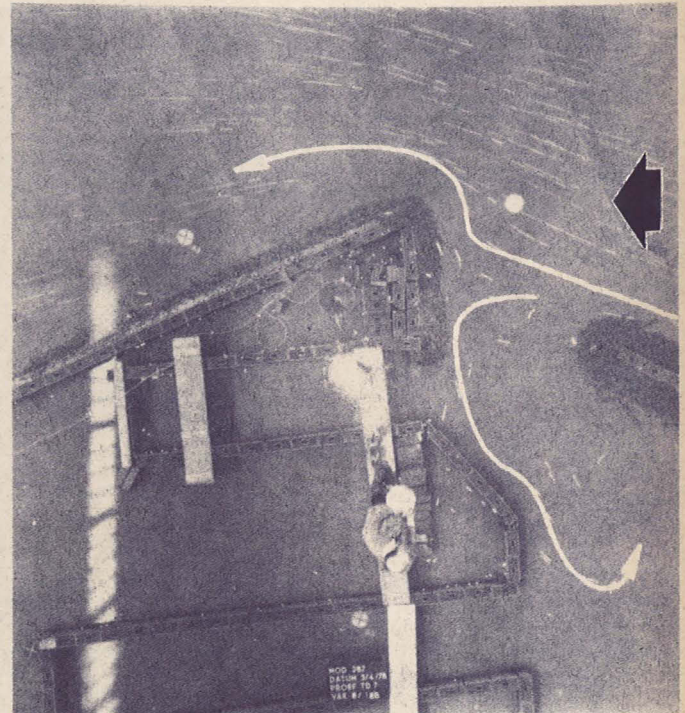
SCHALEN : Plan : 1/25.000

Snelheid : 0.6cm = 1m/s natuur

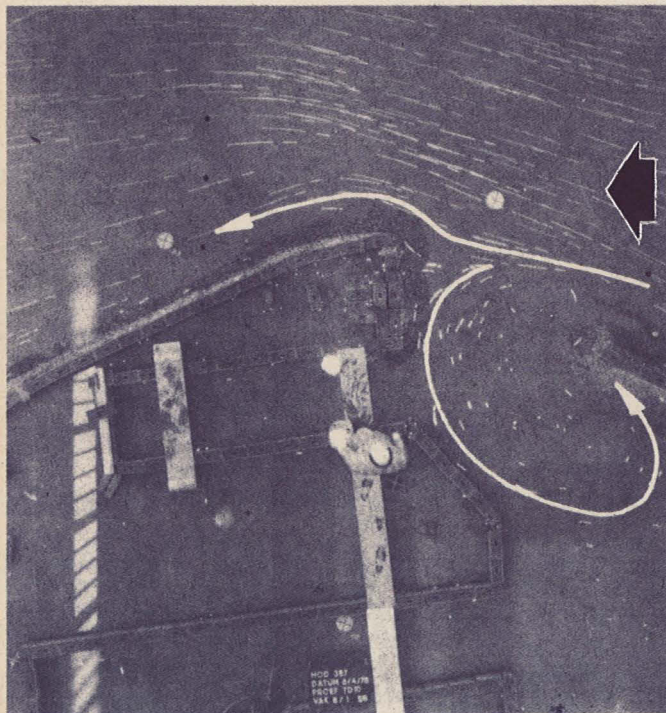
STROOMBEELD VOOR DE HAVENMOND BIJ EB



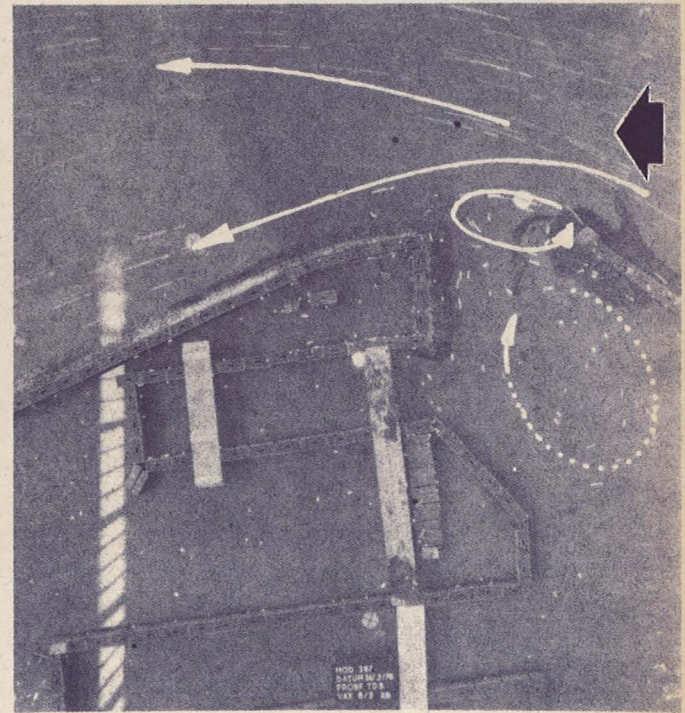
TD6 Basisvorm 1750 G - hoekig
Variante 1.3 - EB



TD7 Basisvorm 1750 G - rechttrekking
Knik westdam - Variante 1.6 - EB



TD10 Basisvorm 1750 G - afgerond
Variante 1.4 - EB



TD5 Basisvorm 1750 G - toppen in mekaar
verlengde - Variante 1.5 - EB

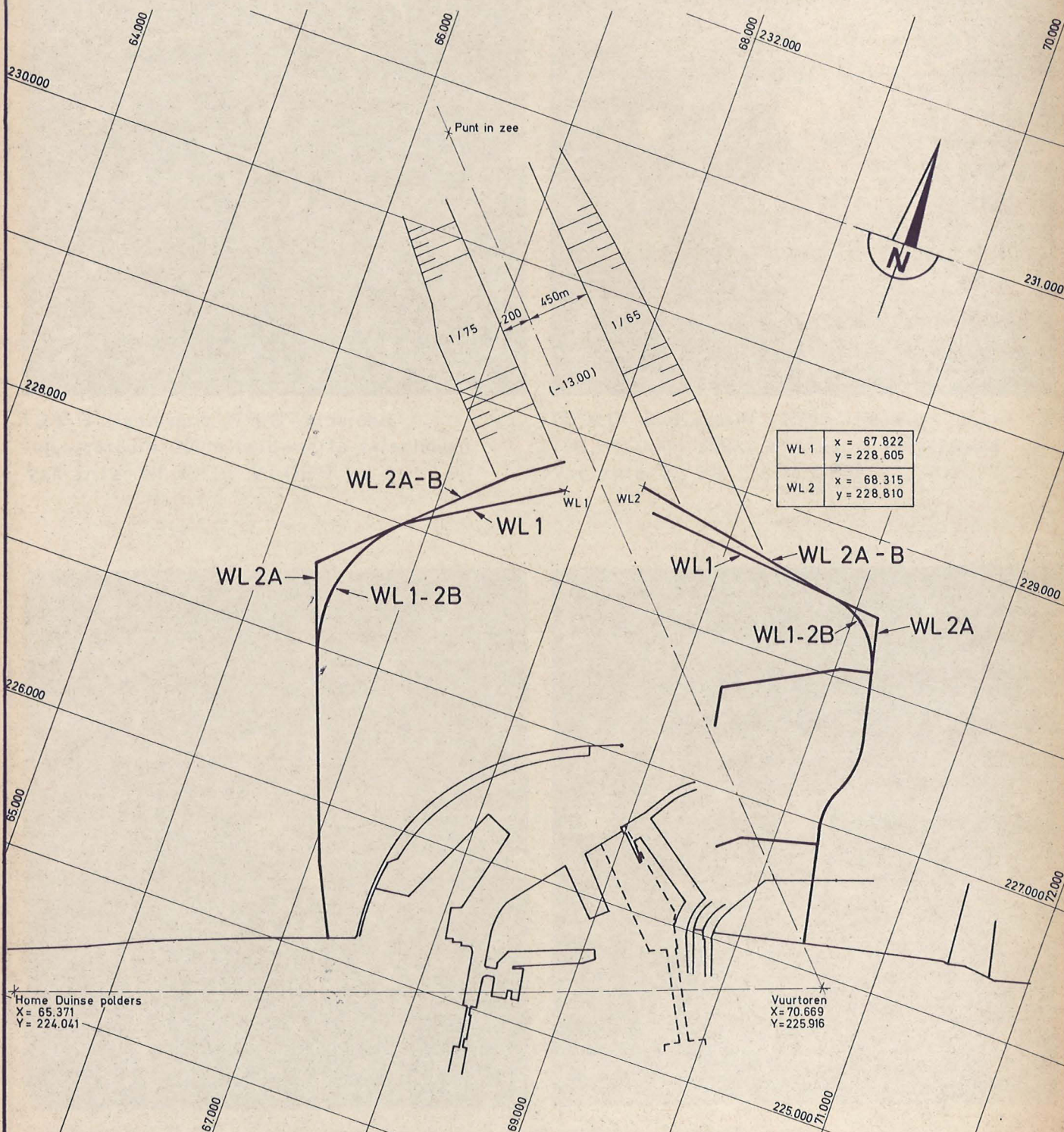


SCHAAL : 1/40.000

Lambert projectie

BUITENHAVEN - VARIANTEN WL1 - WL2A - WL2B
SITUATIEPLAN

Variante	Proef
WL 1	TD 31B
WL 2A	TD 31D
WL 2B	TD 31E

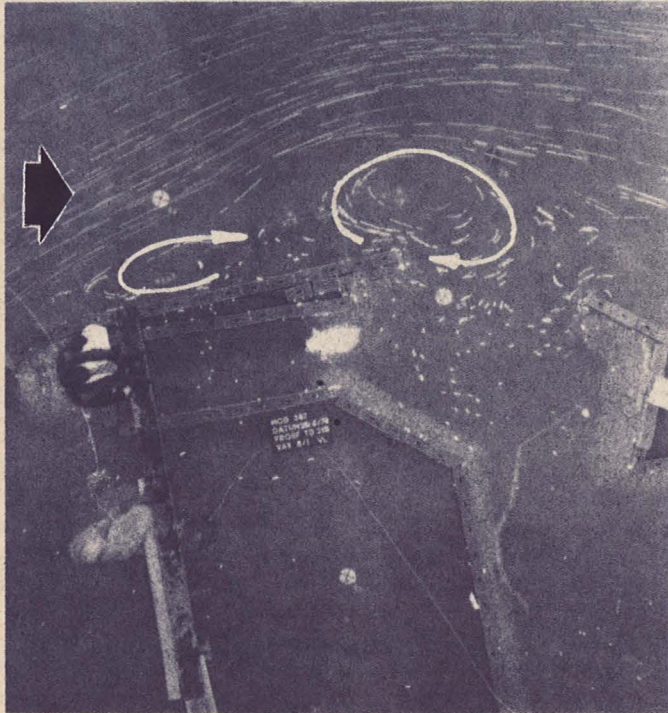




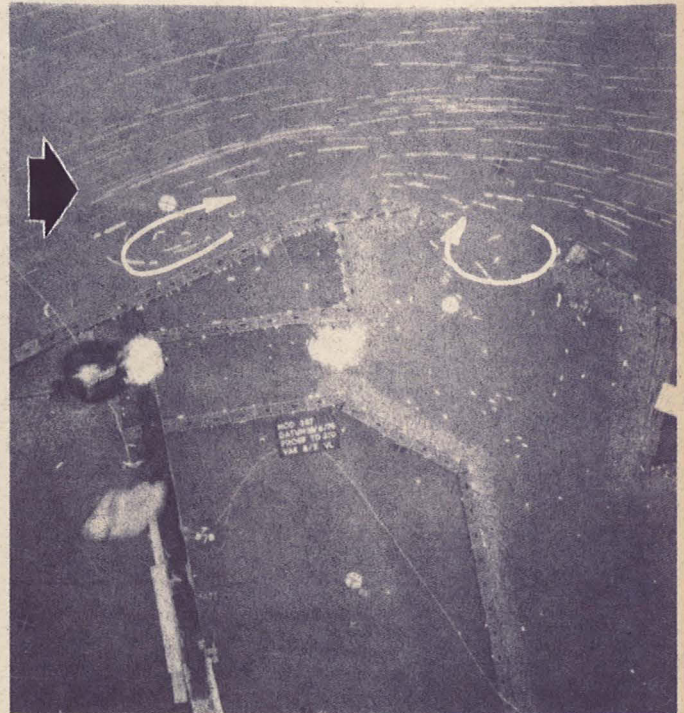
SCHALEN: Plan : 1/25.000

Snelheid : 0.6cm = 1m/s natuur

STROOMBEELD VOOR DE HAVENMOND TD 31



TD31B Basisvorm 1750G - afgerond
Top westdam 200m landwaarts verschoven
Variante WL1 - VLOED



TD31D Basisvorm 1750G - hoekig
Top oostdam 200m zeewaarts verschoven
Variante WL2A - VLOED

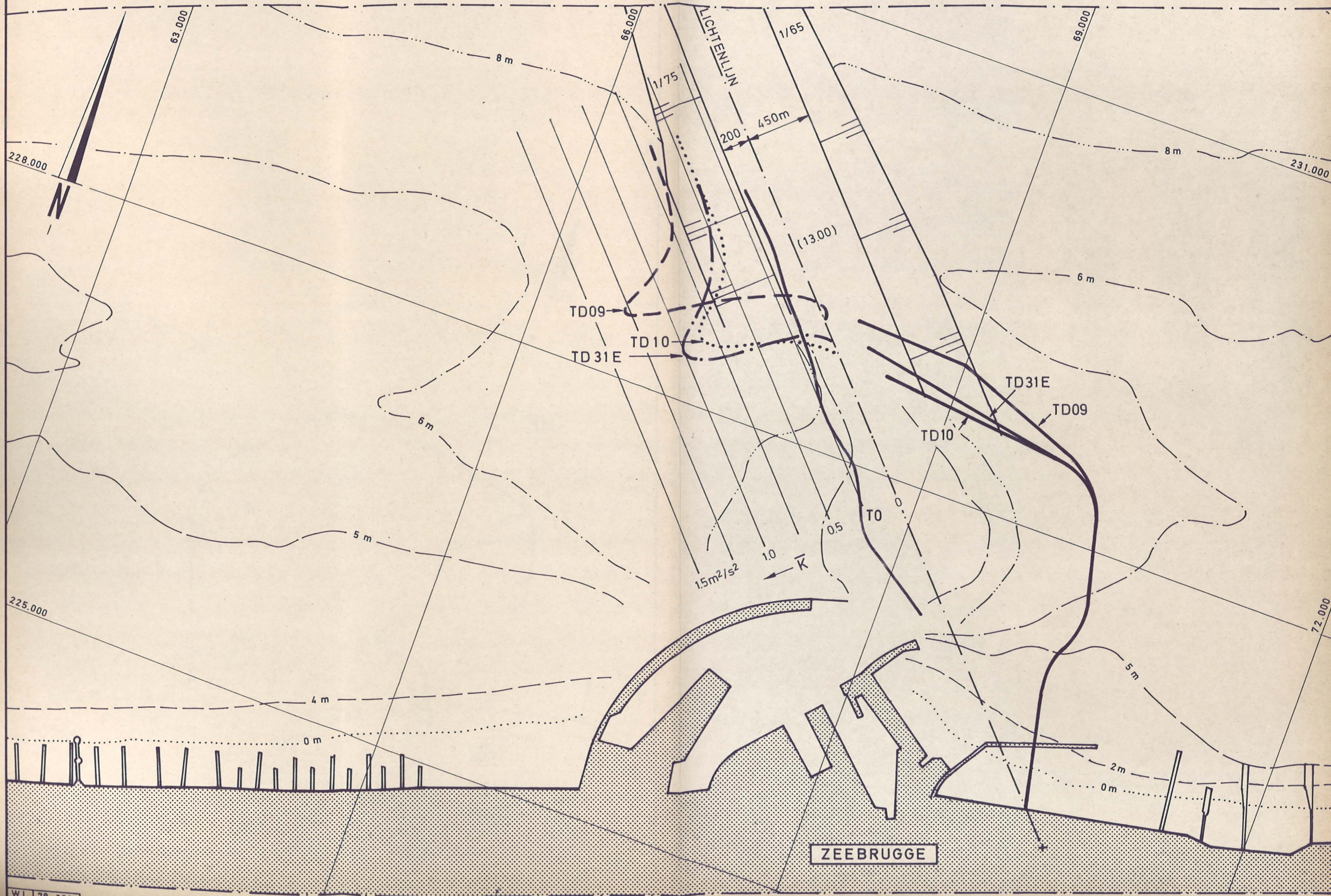


TD31E Basisvorm 1750G - afgerond
Top oostdam 200m zeewaarts verschoven

EB

Variante WL2B

VLOED





SCHAAL : 1/40.000

Lambert projectie

BUITENHAVEN - VARIANTE WL2 B (TD 31E)
SITUATIEPLAN

