

SCHELDE - RIJNVERBINDING

DEEL I

STROOMBEELDEN BIJ DE KREEKRAKSLUIS, DE ZUIDELIJKE EN DE NOORDELIJKE MOND VAN DE EENDRACHT

VERSLAG MODELONDERZOEK

AFGEHANDELD

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
DELFT

M 1106

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Schelde-Rijnverbinding

Deel I

Stroombeelden bij de Kreekraksluis,
de zuidelijke en de noordelijke mond
van de Eendracht

Verslag modelonderzoek

M 1106

april 1972



Overzicht model.

INHOUD

	blz.
<u>1. Inleiding</u>	
1.1. Omschrijving en opdracht	1
1.2. Aard van het modelonderzoek	2
<u>2. Conclusies</u>	2
<u>3. Model</u>	
3.1. Inrichting van het model	5
3.2. Randvoorwaarden	6
3.3. Instelling van het model	6
<u>4. Toetsing van de voor model M 956 berekende randvoorwaarden</u>	
4.1. Inleiding	10
4.2. Vergelijking van de uitgangspunten	11
4.3. Vergelijking van de metingen bij diverse fasen van M 1106	13
4.3.1. Inleiding	13
4.3.2. Afsluiting Volkerak; verschillen T01 - T02	15
4.3.3. Overgang naar bouwfase; verschillen T02 - T41 ...	16
4.3.4. Overgang naar eindtoestand; verschillen T02 - T32	18
4.3.5. Uitgebreide aanvullende meting	20
4.4. Vergelijking van de berekende randvoorwaarden bij diverse fasen van M 956	21
4.4.1. Inleiding	21
4.4.2. Afsluiting Volkerak; verschillen "open-" en "dicht Volkerak"	22
4.4.3. Overgang naar bouwfase; verschillen "9 aug. '67, dicht Volkerak" en "bouwfase"	23
4.4.4. Overgang naar eindsituatie; verschillen "9 aug. '67, dicht Volkerak" en "eindsituatie"	25
4.5. Vergelijking M 956 - M 1106 voor bouwfase en eindsituatie	26
4.6. Beschrijving van de situaties en randvoorwaarden	30
4.7. Samenvatting van de resultaten	34

INHOUD (vervolg)

blz.

5. Onderzoek zuidelijke mond Eendracht

5.1. Inleiding en overzicht metingen	36
5.2. Beschrijving T32	39
5.3. Beschrijving T35	42
5.4. Vergelijking T32 - T35	45
5.5. Samenvatting van de resultaten	47

6. Stroombeelden bij de Kreekraksluis

6.1. Inleiding	48
6.2. Waarnemingsresultaten	49
6.3. Samenvatting van de resultaten	51

7. Stroombeelden bij de noordelijke mond

7.1. Inleiding	52
7.2. Waarnemingsresultaten	52
7.3. Samenvatting van de resultaten	57

FIGUREN

1. Situatie.
2. Overzicht ladingen en oeverkaarten.
3. T01. Instelling vertikaal getij (prototype-meting 11 sept. 1968).
4. T03. Instelling vertikaal getij (prototype-meting 15 april 1970).
5. T01, T02, T03 en prototype. Vertikaal getij Razernijpolder.
6. T02 en prototype. Stroomsnelheden raai SR 99.
- 7 ... 10. T02 en prototype. Stroombanen bij de zuidelijke mond van de Eendracht.
11. T41, T32. Bouwfase en eindsituatie.
12. Bouwfase en eindsituatie volgens berekeningen permanentiemodel M 956.
13. Schema van vergelijkingen hoofdstuk 4.
- 14, 15, 16. Vergelijking van T01 (M 1106) met prototypemeting 9 augustus 1967. Vertikaal getij te Zierikzee, Vluchthaven Zijpe, St. Philipsland, Colijnsplaat, Gorishoek, OS V, Razernijpolder, SR 99, SR 129 en SR 173.
- 17, 18. Debieten in de raaien T15, AB, Theodorushaven, SR 99 en SR 173.
- 19, 20. Onderlinge vergelijking metingen T01, T02, T41 en T32 (M 1106). Vertikaal getij te OS V, Razernijpolder, SR 99, SR 173, St. Philipsland, Slaakdam en Steenbergse Sas.
- 21, 22. Debieten in de raaien T15, AB, SR 99, SR 173 en doorgraving Slaakdam.
23. Stroomsnelheden in SR 99 en referentiepunt bij Steenbergse Sas.
- 24, 25. Onderlinge vergelijking berekende randvoorwaarden model M 956. Vertikaal getij te OS V, Razernijpolder, SR 99, SR 173, St. Philipsland, Slaakdam en Steenbergse Sas.
26. Debieten in de raaien T15, SR 99, SR 173 en doorgraving Slaakdam.
27. Aanbevolen situatie T35^{**} zuidelijke mond Eendracht volgens M 956.
28. Situatie T35.

FIGUREN (vervolg)

Oppervlaktestroombeelden Razernijpolder 8.30, 10.30, 15.00 en 17.30 uur.

- 29 ... 32. T02.
- 33 ... 36. T32.
- 37 ... 40. T35.

Dwarsstroom kanaal-as bij Razernijpolder.

- 41. T32. Oppervlaktestroom.
- 42. T32. Stroom op N.A.P. - 4 m.
- 43. T35. Oppervlaktestroom.
- 44. T35. Stroom op N.A.P. - 4 m.

Vergelijking resultaten M 956 en M 1106.

- 45. T32. Oppervlaktestroombanen hoge eb en hoge vloed.
- 46. T35. Oppervlaktestroombanen hoge vloed.
- 47. T32. Dwarsstroom tijdens de hoge ebfase.
- 48. T32. Dwarsstroom tijdens de hoge vloedfase.
- 49. T35. Dwarsstroom tijdens de hoge vloedfase.

Vergelijking resultaten T32 en T35 (getijmodel M 1106).

- 50 ... 53. Dwarsstroom kanaal-as bij Razernijpolder bij vier getijfasen.
- 54. Dwarsstroom als functie van de tijd.

- 55 ... 58. Oppervlaktestroombeelden bij de Kreekraksluis (T35A).
7.30, 10.30, 14.30 en 17.30 uur.

- 59. Dwarsstroom kanaal-as bij de Kreekraksluis.

- 60 ... 69. Oppervlaktestroombeelden bij de noordelijke mond (T32 en T35A)
7.30, 8.30, 10.30, 13.30 en 17.30 uur.

- 70, 71. T32, T35A. Dwarsstroom kanaal-as bij de noordelijke mond.

- 72. Stroomsnelheden in de noordelijke mond als functie van de tijd.

FOTO'S

Oppervlaktestroombeelden bij de Razernijpolder.

1. T02. hoge eb, 8.30 uur.
2. T02. hoge vloed, 17.30 uur.
3. T32. hoge eb, 8.30 uur.
4. T32. hoge vloed, 17.30 uur.
5. T35. hoge eb, 8.30 uur.
6. T35. hoge vloed, 17.30 uur.

Oppervlaktestroombeelden bij de Kreekraksluis.

7. T35A. hoge eb, 7.30 uur.
8. T35A. hoge vloed, 17.30 uur.

9. Overzicht model bij noordelijke mond (T35A).

Oppervlaktestroombeelden bij de noordelijke mond.

10. T23. lage eb, 10.30 uur.
11. T32. lage vloed, 13.30 uur.
12. T32. hoge vloed, 17.30 uur.
13. T35A. lage eb, 10.30 uur.
14. T35A. lage vloed, 13.30 uur.
15. T35A. hoge vloed, 17.30 uur.

Schelde-Rijnverbinding

Stroombeelden bij de Kreekraksluis, de zuidelijke en de noordelijke mond van de Eendracht

1. Inleiding

1.1. Omschrijving en opdracht

Op 13 mei 1963 werd het "Verdrag tussen het Koninkrijk der Nederlanden en het Koninkrijk België, betreffende de verbinding tussen de Schelde en de Rijn", gesloten. De werken omvatten de aanleg van een 38 km lange vaarweg van de haven van Antwerpen via een doorgraving van de Kreekrakdam, een geul in de Oosterschelde, de Eendracht en een doorgraving van de Slaakdam naar het Volkerak (figuur 1). Vanaf 1967 zijn de werken voor deze vaarweg in uitvoering.

Ten noorden van de bij de Kreekrakdam te bouwen sluizen zal het kanaal tot de afsluiting van de Oosterschelde (1978) de invloed van de getijbeweging ondergaan. Het kanaal zal de bestaande situatie van de getijstromen en -geulen verstoren, zodat verwacht wordt dat bijzondere maatregelen noodzakelijk zullen blijken voor de periode tussen de voltooiing van het kanaal en de afsluiting van de Oosterschelde.

Ten behoeve van de vormgeving van het kanaal nabij de zuidelijke mond van de Eendracht is door het Waterloopkundig Laboratorium een onderzoek uitgevoerd waarvan de resultaten zijn vastgelegd in het verslag "M 956, Schelde-Rijnkanaal, Vormgeving zuidelijke mond Eendracht". Ter aanvulling van voornoemd onderzoek en tevens om inzicht te verkrijgen in een aantal andere facetten van de met de bouw en uitvoering van het kanaal samenhangende problematiek werd tijdens de bespreking van 3 december 1969 te Bergen op Zoom door Rijkswaterstaat, Deltadienst, Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding te Bergen op Zoom aan het Waterloopkundig Laboratorium mondeling opdracht verleend tot het verrichten van modelonderzoek in het bestaande getijmodel van de Oosterschelde. Deze opdracht werd bevestigd in de brief nr. 2475 d.d. 10 augustus 1970. Op 1 december 1970 werd aan het Waterloopkundig Laboratorium mondeling opdracht verleend tot het uitvoeren van een aanvullend onderzoek betreffende de speciebergingen op en bij de Molenplaat.

De onderzoeken werden uitgevoerd onder leiding van ir. A. Boogaard, die tevens de verslaggeving verzorgde.

1.2. Aard van het modelonderzoek

Het onderzoek is te splitsen in de volgende onderdelen:

- a. toetsing van de voor het model M 956 berekende randvoorwaarden,
- b. onderzoek van de zuidelijke mond van de Eendracht,
- c. stroombeelden voor de Kreekraksluis,
- d. stroombeelden bij de noordelijke uitmonding van het kanaal in het Volkerak,
- e. speciebergingen op de Molenplaat,
- f. afsluiting van de Krabbenkreek.

De onderdelen a en b (beschreven in de hoofdstukken 4 en 5 van dit verslag) vormen een aanvulling op het onderzoek in het permanentiemodel M 956, terwijl de onderdelen c en d worden beschreven in de hoofdstukken 6 en 7 van het onderhavige verslag. De laatste twee onderdelen, e en f, worden respectievelijk beschreven in de delen II en III van het verslag.

De onderzoeken zijn in het algemeen gericht op het bepalen van de meest gunstige vormgeving, alsmede de daartoe te volgen werkwijze. De waarnemingen in het model bestaan uit stroomsnelheden en -richtingen, waterstanden en stroombeeldfoto's. Meer gedetailleerde omschrijvingen van de probleemstelling bij de diverse onderdelen van het onderzoek worden gegeven als inleiding bij de betreffende hoofdstukken.

2. Conclusies

- a. De berekende randvoorwaarden (zie hoofdstuk 4):

- 1. De uitgangspunten van de getijberekeningen voor M 956 (getij van 9 augustus 1967) en van de metingen in M 1106 (T01) vertonen geen grote verschillen.

2. Over het algemeen toont het getijmodel M 1106 iets sterkere veranderingen ten gevolge van de afsluiting van het Volkerak dan in de berekeningen ten behoeve van M 956 tot uitdrukking komt.
3. De overgang naar de "bouwphase" geeft een toename van het horizontaal getij in de mond van de Eendracht (SR 99). Volgens de berekeningen (M 956) worden de debieten 3 à 3,5 maal zo groot. Volgens het model M 1106 is dit 2,5 à 3 maal. Er is ook verschil ten aanzien van onder andere het vertikaal getij in het noorden van de Eendracht. De verschillen tussen M 956 en M 1106 voor de bouwphase worden grotendeels veroorzaakt door verschillen in geometrie in het Eendrachtgebied en door verschillen in het vertikaal getij op de Oosterschelde.
4. De overgang van de uitgangssituatie naar de eindsituatie heeft zowel volgens M 956 als volgens M 1106 een toename van de debieten door SR 99 met een faktor 2,5 à 3 tot gevolg.
5. Aangezien de bouwphase in het prototype ongeveer dezelfde geometrie zal hebben als in het model M 1106 is onderzocht, moet worden gesteld dat de in M 956 voor de bouwphase onderzochte situaties niet representatief zijn, omdat de debieten in de zuidelijke mond van de Eendracht in M 956 20 à 30 ‰ te hoog waren.
6. In de eindsituatie kan een grote verscheidenheid aan stroomsituaties optreden waarvan de in de modellen M 956 en M 1106 uitgevoerde proeven een goede indruk geven.
7. De proeven zijn uitgevoerd voor ongeveer gemiddeld getij. Dit houdt in dat ook zowel gunstiger als ongunstiger situaties zullen optreden (doodtij en springtij).

b. Vormgeving van de zuidelijke mond van de Eendracht (zie hoofdstuk 5):

8. Er is geen aanleiding om de conclusies, zoals die geformuleerd zijn in het verslag M 956, hoofdstuk 2, te herzien.
9. Verschillen in stroombeelden en stroomsnelheden van M 956 en M 1106 worden veroorzaakt door verschillen in randvoorwaarden (onder andere de waterstanden) en geometrie (speciebergings op de Molenplaat).

10. Wanneer de maximale vloed bij een hogere waterstand optreedt heeft dat een toename van de dwarsstroom tot gevolg, alsmede een iets sterkere stroomaanval op de zuidwestpunt van de Auvergnepolder.
11. De aanwezigheid van een grote specieberging op de Molenplaat heeft afname van de debieten in het Thoolse Gat en de vloedschaar tot gevolg.
12. In de situaties T32 en T35 (in M 1106) bereikte de dwarsstroom hoogste waarden van 0,90 respectievelijk 1,05 m/s (oppervlactestroom, vloed, figuren 41 en 43).
13. Zowel bij T32 als bij T35 is de dwarsstroom aan de oppervlakte gedurende 2 uur sterker dan 0,50 m/s en gedurende 1 uur sterker dan 0,75 m/s.

c. Stroombeelden voor de Kreekraksluis (zie hoofdstuk 6):

14. De havendammen van de Kreekraksluizen oefenen alleen bij waterstanden hoger dan N.A.P. invloed uit op het stroombeeld.
15. Bij hoge vloed treedt bij de kop van de westelijke havendam een sterke dwarsstroom op : 0,8 m/s met een gradiënt van $0,55 \times 10^{-2}$ m/s per m¹ (oppervlactestroom). Deze dwarsstroom treedt gedurende 1 à 1,5 uur op. Een relatief voordeel is, dat de plaats van optreden vastligt en duidelijk kenbaar is.
16. Bij de andere getijfasen (vooral bij lage waterstanden) zijn de dwarsstromen slechts zwak tot matig.
17. De situatie is voor de scheepvaart evenwel niet zonder risico. Dit is ten dele te ondervangen door plaatselijk de bevaarbare breedte te vergroten (figuur 58, paragraaf 6.2.).
18. Bij de hoge vloed kan uitschuring van de bodem bij de westelijke havendam optreden.

d. Stroombeelden bij de noordelijke mond (zie hoofdstuk 7):

19. De dwarsstroom heeft zowel bij T32 als bij T35A bij eb maxima in de orde van 0,35 à 0,50 m/s en bij vloed 0,40 à 0,60 m/s. Afwijkend

hiervan is de lage vloedfase (13.30 uur) bij T35A, waar bij een matig sterke dwarsstroom een zeer sterke gradiënt optreedt. Deze situatie kan enige uren duren.

20. De oplossing volgens T35A biedt de scheepvaart in de mond van het kanaal iets meer ruimte, maar de neiging tot neervorming in de mond (vooral bij vloed op het Volkerak) is bij T35A sterker dan bij T32.
21. Bij de in het model onderzochte omstandigheden (gemiddeld tij) treedt in de noordelijke mond van het kanaal gedurende grote delen van het getij slechts zwakke stroom op. Andere getijomstandigheden en andere geometrieën zullen een ander verloop van de stroom veroorzaken. Niettemin kan worden gesteld dat in de noordelijke mond van het kanaal sedimentatie te verwachten is.

3. Model

3.1. Inrichting van het model

Het onderzoek is uitgevoerd in het getijmodel van de Oosterschelde (figuur 1) dat de volgende schalen heeft: horizontaal $n_l = 400$ en vertikaal $n_h = 100$. De snelheidsschaal bedraagt volgens de regel van Froude $n_v = n_h^{\frac{1}{2}} = 10$. De tijdschaal bedraagt $n_t = 40$. Voor een uitvoeriger beschrijving van het model wordt verwezen naar het verslag "M 1000, M 1001, Afsluiting Oosterschelde, Getijmodel zuidelijk bekken en detailmodel sluitgaten, deel I, Ontwerp en bouw modellen".

Ten behoeve van het onderzoek voor de Schelde-Rijnverbinding is het multiplenet (dat voor het aansluiten van meetinstrumenten reeds in M 1000 aanwezig was) plaatselijk sterk uitgebreid, zodat voor de registratie en verwerking van de meetgegevens gebruik kon worden gemaakt van de apparatuur van M 1000. De stroomsnelheden werden gemeten met micromolens, terwijl in een aantal gevallen gebruik kon worden gemaakt van gecombineerde stroomsnelheids-richtingsmeters. De waterstanden werden continu waargenomen met wavo's (waterstandsvolgers). Voorts werden oppervlaktestroombeelden bepaald door middel van oppervlaktedrijvertjes en registreer-kamera's. De op veel plaatsen in het onderzoek-

gebied zeer geringe waterdiepte, gepaard gaande aan een relatief grote getij-amplitude, alsmede de veelal relatief lage stroomsnelheden bemoeilijkten in veel gevallen het doen van stroomsnelheids- en stroomrichtingswaarnemingen.

De oevers en de bodem in het model zijn ten behoeve van het onderzoek op een aantal punten nader gedetailleerd. Hiertoe werden de oeverkaarten en lodingen gebruikt, die zijn aangegeven in figuur 2.

3.2. Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor de diverse delen van het onderzoek werden bepaald door:

- a. instelling van M 1000 (gemiddeld tij of doodtij),
- b. mate van afsluiting van de mond van de Oosterschelde,
- c. Volkerak open of dicht.

In het model M 1000 kon men tijdens de uitvoering van het onderhavige onderzoek naar believen de getijden opwekken overeenkomend met de prototypemetingen van 11 september 1968 (gemiddeld tij) en van 15 april 1970 (doodtij).

Bij de diverse onderdelen van het onderzoek golden uiteenlopende combinaties van randvoorwaarden. Voor een beschrijving daarvan wordt verwezen naar de betreffende hoofdstukken.

3.3. Instelling van het model

Voor het onderhavige onderzoek is het model M 1000 ingesteld op een prototypemeting van 11 september 1968 (gemiddeld tij, open Volkerak: T01) en op een prototypemeting van 15 april 1970 (zwak doodtij, afgesloten Volkerak: T03). Voor een gedetailleerde beschrijving van de instelling van het model M 1000 wordt verwezen naar het verslag "M 1000, Afsluiting Oosterschelde, Getijmodel zuidelijk bekken, Deel II, IJking model". De situaties bij T01 en T03 worden uitvoerig beschreven in paragraaf 4.6. In figuur 3 worden als voorbeeld de instelresultaten gegeven van het verticaal getij voor T01 in een vijftal stations van het overzichtsmodel. Uit de figuur blijkt dat de overeenkomst tussen model

en prototype goed is, hoewel bij de Razernijpolder de eb iets te vroeg is in vergelijking met het prototype. Het verschil is echter slechts klein (ongeveer 10 minuten). Figuur 4 geeft de overeenkomstige waterstanden voor T03. Ook hier blijkt het model goed overeen te stemmen met het prototype. De afwijking bij het station Razernijpolder moet worden toegeschreven aan een onjuiste nulstelling van het meet-instrument.

De onderzoeken moeten worden uitgevoerd met afgesloten Volkerak. Daarom zijn in het model, in het gebied dat voor het onderhavige onderzoek van belang is, gegevens verzameld bij T02; T02 stemt geheel overeen met T01, behalve dat bij T02 het Volkerak is afgesloten. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de invloed van het afsluiten van het Volkerak. Voor het onderstaande is het van belang reeds hier te vermelden dat bij de zuidelijke mond van de Eendracht door de afsluiting van het Volkerak het getij in geringe mate versterkt wordt.

In het volgende zullen vergelijkingen getrokken worden tussen enige metingen in het model (bij T01, T02 en T03) en een groot aantal prototypemetingen. Achtereenvolgens worden beschouwd:

- het vertikaal getij bij de Razernijpolder,
- stroomsnelheden in de mond van de Eendracht,
- drijfverbanen bij de Razernijpolder.

Voor het vertikaal getij bij de Razernijpolder en de verschillen die daarin optreden zijn de waarnemingen van een groot aantal prototype-metingen en van T01, T02 en T03 verzameld in figuur 5. De diverse krommen zijn hier toe in de tijd verschoven, zodanig dat het eerste hoogwater (naar schatting) om 6.00 uur valt, of het tweede hoogwater om 18.25 uur. De krommen tonen grote verschillen in amplitude, middenstand en vorm. De verschillen in vorm en middenstand moeten voornamelijk worden toegeschreven aan lokale windinvloeden. De verschillen tengevolge van het afsluiten van het Volkerak zijn relatief klein. In tabel I zijn voor de Razernijpolder de aan het "Tienjarig Overzicht van de waterhoogten" ontleende slotgemiddelden 1961-0 voor dood-, gemiddeld- en springtij vermeld.

Tabel I Gemiddelde getij-karakteristieken Razernijpolder				
Getij	Hoogwater (m t.o.v. N.A.P.)	Laagwater	Vershil (m)	Coëfficiënt
doodtij	+ 1,50	- 1,67	3,17	0,84
gemiddeld tij	+ 1,88	- 1,88	3,76	1,00
springtij	+ 2,18	- 2,04	4,22	1,12

De in tabel I gegeven waarden gelden voor de situatie met open Volkerak !
 De waarden voor hoogwater en laagwater zijn in figuur 5 vermeld. De kromme voor T01 blijkt een relatief hoge middenstand te hebben. De amplitude van T01 (vloedtak) bedraagt ongeveer 3,80 m zodat T01 inderdaad als een gemiddeld getij kan worden gekenmerkt. Bij gevolg is ook T02 een gemiddeld getij, echter met grotere amplitude (bijna 4,00 m) als gevolg van het afgesloten Volkerak. De kromme voor T03 (figuur 5b) heeft een amplitude van ruim 2,50 m, terwijl een doottij bij afgesloten Volkerak naar schatting gemiddeld een amplitude van 3,30 m heeft. Het getij van T03 moet dus als een zeer zwak doottij worden gekenschetst.

Om een indruk te krijgen van het verloop van de stroomsnelheden (in de mond van de Eendracht) en de variaties die daarin optreden, zijn in figuur 6 stroomsnelheidswaarnemingen van enige prototypemetingen en van T02 van het model verzameld (er zijn hiervoor geen metingen van T01 en T03 beschikbaar). Uit figuur 6 blijkt dat ook de stroomsnelheden in het prototype variëren qua verloop en grootte. De in het model bij T02 waargenomen stroomsnelheden zijn groter dan bij de beschikbare prototypemetingen. Dit moet ook worden verwacht omdat de afsluiting van het Volkerak (T02!) een lichte getijversterking geeft. Wind-invloeden kunnen verschillen tussen de prototypemetingen veroorzaken, terwijl ook een gering verschil in plaats van waarneming een vrij groot verschil in de gemeten snelheid kan opleveren. Ook kunnen er verschillen zijn in de snelheidsverdeling over de breedte. Uit de situatie op figuur 6 blijkt dat de getoonde metingen vrijwel niet verschillen qua plaats van waarneming in de mond van de Eendracht.

Op 16 november 1967 en 27 september 1968 zijn bij de Razernijpolder en de zuidelijke mond van de Eendracht drijvermetingen uitgevoerd (Nota's H 633Z en H 643Z). Het getij van 16 november was een gemiddeld getij (qua amplitude) met een verhoogde middenstand. Het getij van 27 september 1968 was een springtij. In het prototype werden stokdrijvers met lengtes van 1 en 2 m gebruikt. In het model zijn bij T02 (gesloten Volkerak) met behulp van oppervlaktedrijvers en fotokamera's oppervlaktestroombeelden waargenomen. In de figuren 7 ... 10 worden voor een viertal fasen uit het getij de stroombanen volgens genoemde metingen vergeleken met de in het model waargenomen oppervlaktestroombeelden. Bij de vergelijking moet (naast het verschil in drijvers) in aanmerking worden genomen dat het stroombeeld uit het model een momentopname is, terwijl de getoonde drijverbanen in een tijdsverloop van soms enige uren zijn afgelegd.

Bij de hoge eb (ebstroming bij hoge waterstand, figuur 7) blijkt ten zuiden van de Razernijpolder een neer te ontstaan welke in het model iets groter is dan uit de meting van 27 september 1968 blijkt. Dit kan goeddeels verklaard worden uit het feit dat in het model oppervlaktedrijvers en in het prototype dieptedrijvers zijn gebruikt. Dit kan vooral veel invloed hebben als, zoals in de onderhavige situatie, een ondiepe geul (de Nieuwe Haven) dwars op een diepe geul (Thoolse Gat - Vloedschaar) uitmondt. Bij de lage eb (ebstroming bij lage waterstand, figuur 8) vinden we eenzelfde verschil als bij de hoge eb. Overigens kan gesteld worden dat de neer ten zuiden van de Razernijpolder voor het onderzoek van slechts weinig belang is.

Bij de lage vloed (figuur 9) is de overeenkomst tussen model en prototype zeer goed. Bij de hoge vloed (figuur 10) komen model en prototype ook goed overeen hoewel de waterstand in het model gemiddeld iets hoger was (gevolg van verschil in randvoorwaarde).

Samenvattend kan worden gesteld dat het model M 1000 een betrouwbaar beeld van het prototype geeft. Voor het onderhavige onderzoek is het daarbij niet van belang of het in het onderzoek-gebied gemeten getij nauwkeurig met een bestaande prototypemeting overeenkomt, aangezien in het prototype ook grote verschillen in zowel het vertikaal als het horizontaal getij

optreden. Wel moeten de in het model waargenomen getijden bij T02 en T03, welke als uitgangspunt dienen voor het verdere onderzoek, worden gekwalificeerd als gemiddeld getij respectievelijk zeer zwak doottij, beide met een verhoogde middenstand; T02 en T03 gelden voor afgesloten Volkerak.

4. Toetsing van de voor model M 956 berekende randvoorwaarden

4.1. Inleiding

Het onderzoek in het permanentiemodel M 956 werd uitgevoerd met behulp van door berekening bepaalde randvoorwaarden. De berekeningen werden uitgevoerd door de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst. Het toetsen van deze berekeningen is om twee redenen van belang: ten eerste kan meer informatie worden verkregen over de gevolgde methode van berekening en ten tweede kan meer zekerheid worden verkregen over de betrouwbaarheid van de resultaten van het permanentiemodel M 956. De toetsing zal in dit verslag beperkt blijven tot het vergelijken van een aantal grootheden ter beoordeling van enige aannamen.

De procedure, welke voor M 956 is gevolgd, kan als volgt worden geschematiseerd (zie ook figuur 13).

- a) Uitgaande van de prototypemetingen van 9 en 10 augustus en 22 en 23 augustus 1967 werd een getijberekening opgezet.
- b) Er werd een aanname gedaan voor de invloed die de afsluiting van het Volkerak op het getij zou hebben.
- c) Door met behulp van de genoemde aanname de getijberekening van a aan te passen werd een getijberekening (debieten en waterstanden) verkregen voor de situatie met afgesloten Volkerak.
- d) Er werd een aanname (schatting) gedaan van de invloed die het graven van het kanaal in zijn "uiteindelijk" vorm op het getij zou hebben.
- e) Door, met behulp van de onder d genoemde aanname, de getijberekening van c aan te passen werd een overzicht van randvoorwaarden (debieten en waterstanden) verkregen voor de situatie met voltooid kanaal.

- f) Er werd een aanname (schatting) gedaan van de invloed die het gedeeltelijk graven van het kanaal (bouwfase) op het getij zou hebben.
- g) Door, met behulp van de onder f genoemde aanname, de getijberekening van c aan te passen werd een overzicht van de randvoorwaarden (debieten en waterstanden) verkregen voor de betreffende bouwfase.

Voorafgaand aan de beschrijving van de diverse vergelijkingen moet er op worden gewezen dat om meettechnische redenen in het model waarnemingen van waterstanden veel nauwkeuriger zijn dan de waarnemingen van debieten. De waterstanden vertonen over het algemeen afwijkingen van ten hoogste enige centimeters (prototype), maar voor de debieten welke gemeten worden, moet rekening worden gehouden met afwijkingen van 5% of soms meer. Het vergelijken van waterstanden biedt dan ook meer houvast dan het vergelijken van debieten.

Figuur 13 biedt een overzicht van de diverse te vergelijken grootheden van M 956 en M 1106. In het schema is ook aangegeven in welke paragrafen bepaalde fasen vergeleken worden.

4.2. Vergelijking van de uitgangspunten

Om te beginnen worden de getijden vergeleken welke voor de beide modellen M 956 en M 1106 als uitgangspunt hebben gediend. Voor M 956 is dat het getij volgens de meting van 9 augustus 1967, aangevuld met de meting van 23 augustus 1967. Voor M 1106 is niet het prototypegetij van 11 september 1968 gekozen, maar het instelresultaat daarvan in M 1000, omdat dit laatste de meting is waarmee volgende metingen vergeleken worden. Vergeleken worden de volgende grootheden:

TABEL II Uitgangstoestand, vergelijking M 956 - M 1106			
Waterstanden		Debieten	
station	figuur	raai	figuur
Zierikzee	14a	T15	17a
Zijpe	14b	AB (Thoolse Gat)	17b
St. Philipsland	14c	AB (Bergse Diep)	17c
Colijnsplaat	15a	AB (totaal)	17d
Gorishoek	15b	Theodorus haven	18a
OS V	15c	SR 99	18b
Razernijpolder	16a	SR 173	18c
SR 99	16b		
SR 129	16c		
SR 173	16d		

De ligging van de stations en meetraaien is gegeven in de figuren 1 en 11. Tabel II geeft ook de nummers van de figuren waarop de diverse krommen voorkomen.

Uit de figuren 14, 15 en 16 blijkt dat situatie T01 van M 1106 qua waterstanden sterk overeenkomt met 9 augustus 1967. Bij de meting van 9 augustus 1967 is de eb-tak iets sterker dan bij T01. Het laagwater en het tweede hoogwater zijn bij T01 iets hoger dan op 9 augustus 1967. Het debiet door raai T15 (Thoolse Gat ten westen van de mond van het Bergse Diep) is in T01 iets groter dan in het prototype op 23 augustus 1967 is waargenomen (figuur 17), maar de vorm van de kromme komt, de meetnauwkeurigheid in aanmerking nemend, goed overeen. Het wat kleinere debiet is in overeenstemming met de wat geringere getij-amplitude van 23 augustus 1967 vergeleken bij T01. De ebdebieten in raai AB in het Thoolse Gat stemmen nauwkeurig overeen, de maximale vloeddebieten zijn bij T01 weer iets groter dan bij de meting van 23 augustus 1967. In raai AB in het Bergse Diep zijn zowel bij eb als bij vloed de modeldebieten iets groter dan de prototypedebieten (23 augustus 1967). Op 9 augustus 1967 is het totaaldebiet van raai AB bepaald. Het verloop van dit totaal (figuur 17d) komt bij T01 en 9 augustus 1967 zeer goed overeen.

Het debiet dat bij de Theodorus haven door het Bergse Diep gaat (figuur 18a) was in het model moeilijk te meten door de lage stroomsnelheden en geringe waterdiepten ter plaatse. Niettemin kan worden gesteld dat zowel bij eb als bij vloed bij T01 iets hogere maxima worden bereikt dan bij de meting van 9 augustus 1967.

Figuur 18b toont het verloop van het debiet in de mond van de Eendracht (raai SR 99). Er is duidelijke overeenkomst tussen T01 en de meting van 9 augustus 1967, maar de debieten bij T01 bereiken iets hogere maxima, met name bij vloed. Het verloop van de debieten door raai SR 173 bij Oud-Vossemeer (figuur 18c) vertoont bij T01 en de meting van 9 augustus 1967 een treffende overeenkomst. Volgens beide metingen treedt er alleen omstreeks hoogwater gedurende korte tijd een vrij sterke, maar het noorden gerichte, stroom op voorafgegaan door een kortdurende (maar wel duidelijk meetbare) stroom in zuidelijke richting.

Samenvattend kan worden gesteld dat het getij van T01 (M 1106) sterke overeenkomst vertoont met de getijden van 9 en 23 augustus 1967 (M 956), waarbij de vloedwaterstanden bij T01 een weinig hoger waren. De debieten komen ook vrij goed overeen, waarbij over het algemeen de modeldebieten iets groter zijn. Met andere woorden: de uitgangspunten van de getijberekeningen voor M 956 en van de metingen in M 1106 vertonen geen grote verschillen.

4.3. Vergelijking van de metingen bij diverse fasen van M 1106

4.3.1. Inleiding

In deze paragraaf zullen de volgende metingen van M 1106 met elkaar worden vergeleken (zie ook figuur 13):

- a. oorspronkelijke toestand met open Volkerak (T01),
- b. idem, met afgesloten Volkerak (T02),
- c. bouwfase (T41),
- d. eindsituatie (T32).

Voor een beschrijving van de bij de diverse toestanden geldende omstandigheden en randvoorwaarden wordt verwezen naar paragraaf 4.6. Tabel III geeft een overzicht van de in paragraaf 4.3. vergeleken grootheden, met een verwijzing naar de bijbehorende figuren.

TABEL III Overzicht gemeten grootheden M 1106					
Grootheid	Plaats van meting (zie figuren I en II)	Toestand waarbij gemeten is figuurnummers			
		T01	T02	T41 bouwfase	T32 eindsituatie
Waterstand	OS V	19a	19a	-	19a
	Razernijpolder	19b	19b	-	19b
	SR 99	19c	19c	19c	19c
	SR 173	19d	19d	19d	19d
	St. Philipsland	20a	20a	20a ¹⁾	20a
	Slaakdam (tracé)	20b ²⁾	20b ²⁾	20b ³⁾	20b
	Volkerak (Steenbergse Sas)	20c	20c	-	20c
Debiet	raai T15	21a	21a	-	21a
	raai AB (Thoolse Gat)	21b	21b	-	21b
	raai AB (Bergse Diep)	21c	21c	-	21c
	raai AB (totaal)	21d	21d	-	21d
	raai SR 99	22a	22a	22a ⁴⁾	22a
	raai SR 173	22b	22b	22b	22b
	raai Slaakdam	-	-	-	22c
Snelheid	raai SR 99	23a	23a	23a	23a
	referentiepunt Volkerak (bij Steenbergse Sas)	23b	23b	-	23b

- 1) Waarneming niet bij St. Philipsland, maar op 100 m ten westen van de westelijke sluitdam van de Krabbenkreek.
- 2) Waarneming niet bij Slaakdam, maar in de Eendracht op ongeveer 1000 m ten zuiden van de Slaakdam.

- 3) Waarneming niet bij het kanaaltracé maar in een punt 100 m ten oosten van de westelijke sluitdam van de Krabbenkreek.
- 4) Aangezien bij T41 in SR 99 geen volledige debietmeting is uitgevoerd is het debiet afgeleid uit de stroomsnelheid van één snelheidsvertikaal welke bij T41 ter plaatse midden in de geul is gemeten (figuur 23a).

Ten behoeve van een door de opdrachtgever zelf uit te voeren vergelijking zijn nog enige series waterstandswaarnemingen gedaan, waarvan onder 4.3.5. een overzicht wordt gegeven.

4.3.2. Afsluiting Volkerak; verschillen T01 - T02

Beschouwd worden de invloeden van het afsluiten van het Volkerak (verschillen T01 - T02). De waterstanden zijn, doordat zij nauwkeurig kunnen worden waargenomen, het best geschikt om verschillen vast te stellen. Uit figuur 19 blijkt dat in het oostelijke deel van de Oosterschelde (OS V en Razernijpolder) en in de Eendracht (SR 99 en SR 173) een duidelijke invloed van de afsluiting van het Volkerak merkbaar is. De ebwaterstanden liggen bij T02 in de Eendracht (SR 99 en SR 173) globaal 0,1 m hoger. Bij vloed is er een flauwe vormverandering in de kromme maar de waterstanden wijken slechts weinig af, behalve aan het eind van de vloed waar weer een verhoging van ongeveer 0,1 m wordt waargenomen.

Bij St. Philipsland en bij de Slaakdam (figuren 20 a en b) is de invloed (via Krabbenkreek) uiteraard sterker. De verschillen als gevolg van de afsluiting van het Volkerak hebben hier vooral het karakter van een verhoging van de waterstanden, waarbij de verhoging bij laagwater zeer gering is, maar bij hogere waterstanden toeneemt tot 0,3 m. Op de Volkerak (Steenbergse Sas) is uiteraard de invloed nog veel sterker (figuur 20c). De getij-amplitude van T02 bedraagt hier ongeveer 1,4 maal de amplitude bij T01. Er zit ook een geringe faseverschuiving (vervroeging) in.

Uit figuur 21 blijkt dat de verschillen in de debieten ten zuiden van de Razernijpolder gering zijn. Gesteld kan worden dat de eb de neiging heeft tot een iets lagere, bredere top bij T02, maar dat de vloed bij T01 gelijk is aan de vloed bij T02. Het debiet door raai AB (totaal) zou ongeveer gelijk of

iets groter moeten zijn dan het debiet door raai T15. Dat dit niet uit de meting blijkt is vermoedelijk te wijten aan een niet geheel juiste schematisatie van de debietberekening en van de begrenzing van de raai. Aangezien het niet duidelijk was hoe dit zou moeten worden verbeterd, is geen vereffening toegepast.

De debieten in de Eendracht (raaien SR 99 en SR 173 in figuur 22) vertonen onder invloed van de afsluiting van het Volkerak geen significante verschillen. De stroomsnelheden in SR 99 (die nauwkeuriger zijn dan de debieten) worden gegeven in figuur 23a. Hierin is toch wel een geringe invloed van de afsluiting van het Volkerak zichtbaar: bij T02 (dicht Volkerak) is de eb iets sterker dan bij T01. De vloed vertoont weinig verschil. De veranderingen in het vertikaal getij op de Oosterschelde zijn kennelijk nog net voldoende om de eb-debieten in het Thoolse Gat te beïnvloeden. De veranderingen aan de noordelijke en de zuidelijke mond van de Eendracht compenseren elkaar grotendeels ten aanzien van de stroming door de Eendracht: de stroom door raai SR 173 (vlak bij het wantij van T01) verandert er niet noemenswaard door.

Op het Volkerak, voor de Steenbergse Vliet, is in een willekeurig gekozen referentiepunt de stroomsnelheid gemeten (figuur 23b). Zowel bij eb als bij vloed blijken de snelheden sterk af te nemen van ongeveer maximaal 0,90 m/s tot ongeveer 0,65 m/s. Ook treedt een fasevervroeging op van 1,5 à 2,0 uur.

Samenvattend kan worden gesteld dat in het hele gebied van onderzoek de invloed van de afsluiting van het Volkerak merkbaar is; ten zuiden van het Zijpe als een waterstandsverhoging, variërend van ongeveer 0,1 m bij de Razernijpolder tot 0,3 m bij St. Philipsland. Ten noorden van het Zijpe treedt een vergroting van de getij-amplitude op met een factor van ongeveer 1,4 op het Volkerak bij Steenbergen. Hier komt het vertikaal getij bij T02 ook ongeveer 25 minuten vroeger. Er is vrijwel geen invloed op de debieten bij de zuidelijke mond van de Eendracht.

4.3.3. Overgang naar bouwfase; verschillen T02 - T41

De veranderingen in de getijbeweging, als gevolg van de overgang van de uitgangstoestand (met afgesloten Volkerak; T02) naar de bouwfase met afge-

sloten Krabbenkreek en nog niet doorgebaggerde Slaakdam (T41), kunnen worden bepaald door vergelijking van de krommen van T02 en T41 (figuren 19 ... 23). Voor de beschrijving van de situatie wordt weer verwezen naar paragraaf 4.6. Men neme er goede nota van dat de in T41 onderzochte bouwfase op enige punten afwijkt van de bouwfase die uitgangspunt was bij de berekening ten behoeve van M 956. Figuur 11 geeft een overzicht van de situatie. Uit tabel III blijkt dat bij T41 in slechts 4 stations waterstanden zijn waargenomen. De figuren 19c, 19d en 20b geven het vertikaal getij in de Eendracht achtereenvolgens in de zuidelijke mond (SR 99), in het midden (SR 173) en in het uiterste noorden van het kombergingsgebied (bij de Slaakdam). De verandering in de zuidelijke mond heeft vooral het karakter van een verlaging van de eb-tak en het laagwater. Gedurende de eb neemt het verschil van ongeveer 0,05 m toe tot 0,25 m. Hierdoor is de eb-tak en het onderste stuk van de vloed-tak bij T41 wat steiler dan bij T02. In SR 173 (figuur 19d) heeft het verschil zich ontwikkeld tot een vergroting van de amplitude en een geringe faseverschuiving (verlating 20 minuten). Aan het eind van het kombergingsgebied is de hele getijkromme weer hoger komen te liggen en is er een verlating van ongeveer 1 uur.

Aan de andere kant van de Krabbenkreekdam, bij St. Philipsland, (figuur 20a) verandert het vertikale getij qua amplitude nauwelijks, maar wel krijgen de hoogwaters een dubbele top als gevolg van de terugkaatsing tegen de afsluitdam. De vervallen over deze dam worden beschreven in deel III van het verslag.

Voor het beoordelen van de stroom in de mond van de Eendracht (SR 99) is geen volledige debietmeting beschikbaar. Wel is bij T41 in het midden van de geul één snelheidsvertikaal gemeten (figuur 23a). Hieruit is het verloop van het debiet, zoals weergegeven in figuur 22a, bepaald. Uit de figuur blijkt dat de debieten ongeveer 2 à 2,5 maal zo groot worden bij de overgang van T02 naar de bouwfase (T41). In raai SR 173 zijn wel debieten gemeten (figuur 22b). Uit de figuur blijkt dat het oorspronkelijke verloop (T02) totaal is veranderd (zoals te verwachten), doordat bij T41 het gehele achterliggende gebied nog gevuld en geledigd wordt via SR 173, terwijl bij T02 deze raai vlak bij het wantij ligt. Bij T41 heeft het verloop van de debieten in raai SR 173 veel overeenkomst met het verloop in raai SR 99. Zowel bij eb als bij vloed zijn de maxima in SR 173 ongeveer $800 \text{ m}^3/\text{s}$.

Samenvattend kan worden gesteld dat bij de overgang van T02 naar T41 het vertikaal getij in de mond van de Eendracht slechts weinig verandert, terwijl in het uiterste noorden de hoogwaters ongeveer 0,3 à 0,4 m hoger worden en een faseverschuiving (verlating) van ongeveer een uur optreedt. De debieten worden bij T41 in de mond van de Eendracht ongeveer 2 à 2,5 maal zo groot als bij T02. Ook in raai SR 173 treden bij T41 gedurende lange tijd grote debieten op (maxima ongeveer $800 \text{ m}^3/\text{s}$).

4.3.4. Overgang naar eindtoestand, verschillen T02 - T32

De veranderingen in de getijbeweging, als gevolg van de overgang van de uitgangstoestand (met gesloten Volkerak; T02) naar de eindsituatie met geheel voltooid kanaal en doorgebaggerde Slaakdam (T32, figuur 11), kunnen worden bepaald door vergelijking van de krommen van T02 en T32 (figuren 19 ... 23). Voor de beschrijving van de situatie wordt verwezen naar paragraaf 4.6. Ten eerste wordt de invloed op het vertikaal getij gegeven. Het inbouwen van het kanaal heeft tot gevolg dat met name de laagwaters lager worden. Bij de Razerijpolder is er echter weinig verschil (figuur 19b). Bij SR 99 (figuur 19c) treedt een duidelijk verlaging van de laagwaters op. Bij SR 173 (figuur 19d) is de invloed vooral een vervroeging (half uur) en verlaging (0,4 m) van het laagwater. Bij de Slaakdam (figuur 20b) is, zoals te verwachten, de faseverschuiving andersom: bij T32 is het getij ongeveer een kwartier later dan bij T02 (bij T02 komt het getij uit de Krabbenkreek, bij T32 is de weg veel langer). Het laagwater bij de Slaakdam is bij T32 ook ongeveer 0,35 m lager. Op het Volkerak tegenover Steenbergse Sas (figuur 20c) is de invloed gering, hoewel bij T32 het laagwater toch duidelijk ongeveer 0,1 m lager komt dan bij T02. Uit figuur 20a blijkt dat bij St. Philipsland de afsluiting van de Krabbenkreek slechts kleine verschillen geeft: de eb-tak ligt iets vroeger en de hoogwaters krijgen een dubbele top bij T32 (en T41).

Als gevolg van het doorgraven van de Molenplaat-Speelmansplaten en van het bouwen van het kanaal in de Eendracht nemen de getijstromen bij de zuidelijke mond van de Eendracht toe. De verschillen zijn het sterkst bij lagere waterstanden. De figuren 21a en 21 d laten zien dat de maximum-eb in raai

T15 (Thoolse Gat) toeneemt van ongeveer $3250 \text{ m}^3/\text{s}$ (T02) tot ongeveer $4250 \text{ m}^3/\text{s}$ (T32). Het totale getijvolume neemt veel sterker toe (de kromme wordt voller). Uit figuur 21c blijkt het debiet door het Bergse Diep in raai AB bij T32 lager te zijn dan bij T02. Dit is het gevolg van de doorgebaggerde vloodschaar in combinatie met de doorbaggering van de Molenplaat-Speelmansplaten. In overeenstemming hiermee is het zeer sterke verschil in het Thoolse Gat in raai AB (figuur 21b): het Thoolse Gat verwerkt hier bij T32 een deel van het water dat bij T02 door het Bergse Diep ging alsmede de sterk toegenomen debieten van SR 99 (figuur 22a). Bij T32 is in raai SR 99 een maximum eb gemeten van ruim $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ (tegen $500 \text{ m}^3/\text{s}$ bij T02). Het maximum vloeddebiet verandert van $650 \text{ m}^3/\text{s}$ tot $1350 \text{ m}^3/\text{s}$. Het debiet in SR 173 (figuur 22b) verloopt ongeveer als het debiet in SR 99. De eb (stroom in zuidelijke richting) bereikt een maximum van $850 \text{ m}^3/\text{s}$ en het vloedmaximum (stroom in noordelijke richting) bedraagt $975 \text{ m}^3/\text{s}$. In de Slaakdamdoorbaggering (figuur 22c) is het horizontale getij weer iets zwakker dan in SR 173 en ook later ($1/4$ à $1/2$ uur). Merkwaardig is de extra kentering omstreeks 17.000 uur. De stroom in zuidelijke richting wordt maximaal $540 \text{ m}^3/\text{s}$ en de stroom in noordelijke richting kan oplopen tot $975 \text{ m}^3/\text{s}$. De in het referentiepunt op het Volkerak bij de Steenbergse Vliet gemeten stroomsnelheden veranderen van T02 naar T32 slechts weinig (figuur 23b).

Samenvattend kan worden gesteld dat de bouw van het kanaal op de hoogwaters niet veel invloed heeft maar op de laagwaters wel. De laagwaters verlagen bij T32 in het noorden van de Eendracht sterker dan in het zuiden met het gevolg dat de horizontale getijbeweging in de zuidelijke mond van de Eendracht (figuur 22a) zeer sterk toeneemt (faktor 2,5 à 3). Er is geen wintij meer aan te wijzen in de Eendracht. Op het Volkerak is in het laagwater 0,1 m verlaging waar te nemen maar de stroomsnelheden veranderen nauwelijks (figuren 20c en 23b). In het zuiden neemt de stroom door de westelijke tak van het Bergse Diep af (figuur 21c) en de stroom door het Thoolse Gat bij raai AB sterk toe (figuur 21b). Het debiet in de zuidelijke mond van de Eendracht (SR 99) bereikt bij T32 maximumwaarden van $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ bij eb en $1350 \text{ m}^3/\text{s}$ bij vloed; dit is dus globaal het 2,5-voudige van de debieten bij T02.

4.3.5. Uitgebreide aanvullende meting

Voor een meer gedetailleerde bestudering van de getijbeweging in het oostelijke deel van de Oosterschelde, uit te voeren door de opdrachtgever, werden in het model in aparte metingen de waterstanden in een groot aantal stations in het model M 1000/M 1106 waargenomen. Tabel IV geeft een overzicht van de waarnemingsstations en de metingen. Figuur 1 toont de ligging der stations.

TABEL IV Overzicht aanvullende meting			
Plaats waar waterstand is waargenomen (ligging zie figuur 1)	Toestand (+ = gemeten, - = niet gemeten)		
	T01 (open Volkerak)	T02 (dicht Volkerak)	T32 (eindsituatie)
Zierikzee	+	+	+
Colijnsplaat	+	+	+
Stavenisse	+	+	+
Wemeldinge	+	+	+
Gorishoek	+	+	+
Schakerloopolder	-	-	+
Razernijpolder	+	+	+
SR 99	-	-	+
OS V	-	-	+
SR I	+	+	-
Bergen op Zoom	-	-	+
St. Philipsland	+	+	+
Mond Krabbenkreek	-	-	+
Vluchthaven Zijpe	+	+	+
Steenbergse Sas	+	+	+
Hellegatdam	+	+	+

De resultaten van de metingen zijn bij brief nr. V3700/LV201 d.d. 4 augustus 1970 verzonden aan Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling.

4.4. Vergelijking van de berekende randvoorwaarden bij diverse fasen van M 956

4.4.1. Inleiding

In deze paragraaf zullen de volgende fasen met elkaar worden vergeleken (zie ook figuur 13):

- oorspronkelijke toestand met open Volkerak,
- idem met afgesloten Volkerak (M 956 - randvoorwaarden 0),
- bouwfase met Eendrachtkanaal, Slaakdam nog dicht en Krabbenkreek afgesloten (M 956 - randvoorwaarden 1),
- eindsituatie (M 956 - randvoorwaarden 2).

Uit het vergelijken van de waterstanden, stroomsnelheden en -beelden bij de diverse toestanden is af te leiden welke invloed is toegekend aan bijvoorbeeld de afsluiting van het Volkerak of het overgaan naar de eindsituatie. Aansluitend wordt de gevonden invloed vergeleken met de in M 1106 gevonden invloed (beschreven in 4.3.).

Een uitgebreide beschrijving van de bij de verschillende metingen geldende omstandigheden en randvoorwaarden wordt gegeven in paragraaf 4.6. Tabel V geeft een overzicht van de beschikbare vergelijkbare grootheden, onder verwijzing naar de figuren waar het verloop van deze grootheden is uitgezet.

TABEL V Overzicht randvoorwaarden berekend voor M 956					
Groot- heid	Plaats (zie figuren I en II)	Toestand; figuurnummers			
		9 aug. '67 open Volkerak	9 aug. '67 dicht Volkerak (randv. 0)	bouwfase (randv. 1)	eindsituatie (randv. 2)
Water- stand	OS V	24a	24a	24a	24a
	Razernijpolder	24b	24b	24b	24b
	SR 99	24c	24c	24c	24c
	SR 173	24d	24d	24d	24d
	St. Philipsland	25a	25a	25a	25a
	Slaakdam	-	25b	25b	-
	Steenbergse Sas	25c	25c	25c	25c
Debiet	raai T15	-	-	26a	26a
	raai SR 99	26b	26b	26b	26b
	raai SR 173	26c	26c	26c	26c
	raai Slaakdam	(Q=0)	(Q=0)	(Q=0)	26d

4.4.2. Afsluiting Volkerak

Allereerst wordt nagegaan welke invloed is toegekend aan het afsluiten van het Volkerak. Uit de figuren 24a en 24b blijkt dat aangenomen is dat bij de Razernijpolder en bij de Kreekraksluizen (OS V) geen veranderingen in het vertikaal getij zullen optreden. Dit stemt niet geheel overeen met wat gevonden is in M 1106 (zie paragraaf 4.3.2.). In de Eendracht is in SR 99 een zeer geringe en in SR 173 een iets sterkere verandering berekend (figuren 24c en 24d). Bij St. Philipsland geeft de afsluiting van het Volkerak een vergroting van de amplitude met 9 %, waarbij het hoogwater iets méér verandert dan het laagwater.

Hoewel achter in de Oosterschelde het vertikaal getij slechts verwaarloosbaar weinig verandert, hebben de veranderingen van het vertikaal getij in de Eendracht tot gevolg dat ook de debieten bij de zuidelijke mond van de Eendracht en in de Eendracht een weinig veranderen (figuren 26b en c): de afsluiting van het Volkerak heeft tot gevolg dat in SR 99 de maximale eb-debieten toenemen van $400 \text{ m}^3/\text{s}$ tot $550 \text{ m}^3/\text{s}$. Bij vloed is er vrijwel geen verschil. Dit stemt goed overeen met wat in M 1106 gemeten is. In SR 173 wordt de omstreeks hoogwater optredende stroom door de afsluiting van het Volkerak iets zwakker.

Op het Volkerak ondervindt het getij uiteraard een aanzienlijke verandering. Figuur 25c geeft het resultaat van de berekening voor het vertikaal getij bij het station Steenbergse Sas: er treedt vrijwel geen verschuiving op, maar wel neemt de amplitude met globaal 35 % toe. In M 1106 werd hier een iets sterkere invloed (40 %) gevonden, terwijl ook een geringe vervroeging optrad.

Samenvattend kan worden gesteld dat de berekende randvoorwaarden de invloeden van het afsluiten van het Volkerak goed weergeven, zij het dat in het model M 1106 iets sterkere invloeden op het verticale getij worden waargenomen. Met name is opvallend dat in het oostelijke deel van de Oosterschelde in M 1106 toch een kleine invloed van de afsluiting is vastgesteld.

4.4.3. Overgang naar de bouwfase; verschillen "9 aug. '67, dicht Volkerak" en "bouwfase"

Uit figuur 24a en b blijkt dat in de berekeningen is aangenomen dat de overgang naar de bouwfase (zie beschrijving onder 4.6.) géén invloed heeft op het vertikaal getij bij de Razernijpolder en in OS V. Ook op het Volkerak wordt de invloed nihil gesteld (figuur 25c). Aangezien in deze bouwfase de Krabbenkreek is afgesloten wordt het vertikaal getij bij St. Philipsland en ten oosten van de Krabbenkreekdam bij de Slaakdam wel sterk beïnvloed. Bij St. Philipsland veroorzaakt de afsluiting van de Krabbenkreek een geringe vervroeging en verlaging van de hoogwaters. Bij laagwater is er geen verschil. In M 1106 werden ook slechts geringe verschillen gevonden, behalve dat het hoogwater tengevolge van de dam een dubbele top kreeg. Het meest belangwekkend zijn de waterstanden in de Eendracht, omdat die in deze bouwfase de

sterkte van de stroom in de zuidelijke mond bepalen. Figuur 25b toont het verloop van de waterstanden in het uiterste noorden, tegen de Slaakdam. De overgang naar de bouwphase heeft blijkens die figuur tot gevolg dat het vertikaal getij ongeveer drie kwartier later komt, terwijl de amplitude toeneemt met ongeveer 15 ‰. In het eerste stuk van de vloedtak treedt ook een vervorming op. In het model M 1106 zijn iets afwijkende invloeden waargenomen: de faseverschuiving was iets geringer en het laagwater hield ongeveer dezelfde waarde. Alleen het hoogwater werd sterker. Dit verschil in invloed tussen de berekening en de resultaten van M 1106 wordt veroorzaakt door de verschillen in geometrie in het Eendrachtgebied en door verschillen in het vertikaal getij op de Oosterschelde. Bij M 1106 was het kanaalprofiel in het noorden smaller dan in de berekening is ingevoerd terwijl bovendien in M 1106 alle speciebergingen in de Eendracht reeds aan de getijbeweging onttrokken waren (zie voor gedetailleerde beschrijving onder 4.6.). Dit speelt ook nog mee aan de zuidelijke mond van de Eendracht (SR 99). In figuur 24c blijkt dat door de overgang naar de bouwphase volgens de berekening het vertikaal getij in SR 99 nauwelijks beïnvloed. Het horizontaal getij echter (debieten) in SR 99 verandert zeer sterk zoals blijkt uit figuur 26b: de debieten worden 3 à 3,5 maal zo groot. In de bouwphase is, blijkens de berekening, het maximale ebdebiet $1580 \text{ m}^3/\text{s}$ terwijl de vloed tot $1950 \text{ m}^3/\text{s}$ gaat. Deze enorme vergroting van de debieten wordt veroorzaakt door de in rekening gebrachte vergroting van het kombergend oppervlak. Op dit punt is er verschil met M 1106 (zie voor de situaties onder 4.6.) waardoor de debieten slechts 2 à 3 maal zo groot worden. In SR 173 verandert het vertikaal getij slechts weinig (figuur 24d). Het horizontaal getij verandert zeer sterk omdat in de uitgangstoestand de raai vlak bij het "wantijs" ligt terwijl in de bouwphase het wantijs (denkbeeldig) tegen de Slaakdam ligt. Uit figuur 26c blijkt een wel zeer ingrijpende verandering waarbij de maximum debieten oplopen tot meer dan $1000 \text{ m}^3/\text{s}$. Er is sterke overeenkomst met het verloop in SR 99 (figuur 26b). Het karakter van de veranderingen als gevolg van de overgang naar de bouwphase volgens de berekeningen stemt goed overeen met wat in M 1106 gemeten is (paragraaf 4.3.3.). Tengevolge van verschillen in geometrie en getij werden de debieten in M 1106 echter minder groot (namelijk tot $800 \text{ m}^3/\text{s}$).

Samenvattend kan worden gesteld dat de berekende randvoorwaarden de invloeden van de overgang naar de bouwfase volgens M 956 goed weer-geven. De verschillen tussen de berekeningen en de modelmetingen (M 1106) zijn terug te voeren op verschillen in de geometrie in het Eendrachtgebied en verschillen in het vertikaal getij op de Oosterschelde. Opgemerkt dient te worden dat de situatie welke in het prototype zal ontstaan ongeveer met de in M 1106 onderzochte situatie zal overeenkomen. De berekende randvoorwaarden geven dus te grote debieten in de mond van de Eendracht, en de met deze randvoorwaarden in M 956 uitgevoerde proeven voor de bouwfase geven dus een te ongunstig beeld.

4.4.4. Overgang naar de eindsituatie; verschillen "9 aug. '67, dicht Volkerak" en "eindsituatie"

Uit de figuren 24a en b blijkt dat in de berekeningen is aangenomen dat de overgang naar de eindsituatie (zie beschrijving van de situatie onder 4.6.) géén invloed heeft op het vertikaal getij bij de Razernijpolder en in OS V. Hetzelfde geldt voor Steenbergse Sas (figuur 25c). Het vertikaal getij bij St. Philipsland (ten westen van de Krabbenkreeksdam) is in de eindsituatie hetzelfde als in de bouwphase (figuur 25a). Door het doorgraven van de Slaakdam wordt in de eindsituatie de getijbeweging in het Eendrachtgebied bepaald door het getij bij de zuidelijke mond en het getij op het Volkerak. Het vertikaal getij bij SR 99 verandert nauwelijks (figuur 24c). Bij SR 173 (figuur 24d) is een vervorming waar te nemen, vooral gekenmerkt door het vervroegen en verlagen van het laagwater. Zoals hierboven is gesteld, is de invloed op het Volkerak nihil gesteld. In M 1106 werd bij de zuidelijke mond een duidelijke verlaging van de laagwaters gevonden die veel sterker is dan uit de berekeningen voor M 956 blijkt. Ook de vervroeging en verlaging van het laagwater in SR 173 was in M 1106 veel sterker.

Het horizontaal getij wordt uiteraard sterk beïnvloed door de overgang naar de eindsituatie. Het debiet door SR 99 (figuur 26b) wordt bij eb ongeveer 3 maal zo groot en bij vloed ongeveer 2,5 maal, waarbij de maxima op 1400 à 1500 m³/s komen. Het debietverloop in SR 173 (figuur 26c) neemt ook hier

de vorm aan van het verloop in SR 99. De maxima komen tot $800 \text{ m}^3/\text{s}$. De debieten door de Slaakdamdoorgraving (figuur 26d) worden niet groot. Omstreeks hoogwater wordt een maximum van $600 \text{ m}^3/\text{s}$ bereikt. In M 1106 wordt een iets geringere verandering van de debieten in SR 99 waargenomen. Overigens stemmen de veranderingen goed overeen (SR 173 en de doorbaggering van de Slaakdam).

Samenvattend kan worden gesteld dat de metingen in M 1106 over het algemeen een wat sterkere invloed van de overgang van de uitgangstoestand naar de eindtoestand laten zien dan de berekeningen ten behoeve van M 956. De tendenzen stemmen wel overeen.

4.5. Vergelijking M 956 - M 1106 voor bouwfase en eindsituatie

In deze paragraaf worden vier getijfasen, welke in M 956 zijn onderzocht, vergeleken met fasen uit het in M 1106 gemeten getij. Voor het kiezen van vergelijkbare fasen is als tijdbasis genomen het aantal "maanuren" na hoogwater. Een maan-uur is hier, overeenkomstig de door de opdrachtgever gevolgde methode, gedefinieerd als een twaalfde deel van het tijdsverloop tussen de twee opeenvolgende hoogwaters van de betrokken meting. Genoemd tijdsverloop bedraagt voor de meting van 9 augustus 1967 (gemeten voor M 956) 12 uur en 16 minuten; voor M 1106 bedraagt het 12 uur en 25 minuten.

De randvoorwaarden voor M 956 werden door de opdrachtgever verstrekt in de vorm van overzichten van debieten en waterstanden, geldend voor een viertal fasen uit het getij, aangeduid als eb $2\frac{1}{2}$, eb $4\frac{1}{2}$, vloed $8\frac{1}{2}$ en vloed 11. Hierbij is eb $2\frac{1}{2}$ de getijfase op $2\frac{1}{2}$ maan-uur na hoogwater te Razernijpolder. In tabel VI wordt een overzicht gegeven van vier getijfasen, welke in M 956 zijn onderzocht, en de vergelijkbare tijdstippen uit het getij van M 1106.

TABEL VI Vergelijkbare tijdstippen M 956 - M 1106		
Getijfase (maan-uren)	M 956, tijdbasis 9 aug. 1967 (uren M.E.T.)	M 1106, tijdbasis 11 sept. 1968 (uren M.E.T.)
eb $2\frac{1}{2}$ (hoge eb)	8.21	8.35
eb $4\frac{1}{2}$ (lage eb)	10.24	10.40
vloed $8\frac{1}{2}$ (lage vloed)	14.29	14.49
vloed 11 (hoge vloed)	17.03	17.24

Enige van de belangrijkste grootheden die als randvoorwaarden voor M 956 dienden, zullen in het volgende vergeleken worden met de in M 1106 geme-
ten waarden. Tabel VII geldt voor de bouwphase en tabel VIII voor de eind-
situatie.

TABEL VII Randvoorwaarden bouwphase								
Getijfase	eb $2\frac{1}{2}$		eb $4\frac{1}{2}$		vloed $8\frac{1}{2}$		vloed 11	
Model (proef)	M956	M1106 (T41)	M956	M1106 (T41)	M956	M1106 (T41)	M956	M1106 (T41)
Tijdstip	8.21	8.35	10.24	10.40	14.29	14.49	17.03	17.24
Waterstanden (m t.o.v. N.A.P.)								
Razernijpolder	+0,70	+0,55	-1,18	-1,48	-0,27	-0,17	+1,49	+1,80
Debiten (m ³ /s)								
raai SR 99	1540	1270	805	900	570	600	1950	1350
raai SR 173	970	700	480	660	260	440	850	725

TABEL VIII Randvoorwaarden eindsituatie								
Getijfase	eb $2\frac{1}{2}$		eb $4\frac{1}{2}$		vloed $8\frac{1}{2}$		vloed 11	
Model (proef)	M956	M1106 (T32)	M956	M1106 (T32)	M956	M1106 (T32)	M956	M1106 (T32)
Tijdstip	8.21	8.35	10.24	10.40	14.29	14.49	17.03	17.24
Waterstanden (m t.o.v. N.A.P.)								
Razernijpolder	+0,71	+0,62	-1,18	-1,25	-0,27	-0,28	+1,49	+1,80
Steenbergse Sas	+1,06	+1,06	-0,53	-0,80	-0,56	-0,32	+1,22	+1,55
Debieten (m^3/s)								
raai T15 (Thoolse Gat)	5375	3500	2940	2900	2110	2330	7160	5150
raai SR 99	1485	1350	855	980	670	850	1350	1350
raai SR 173	850	850	370	500	400	500	450	725

Als eerste beschouwen we de bouwfase (Tabel VII). De getijfasen eb $2\frac{1}{2}$ en vloed 11 blijken voor M 956 zeer goed de maximum eb en de maximum vloed weer te geven (zie verloop met de tijd in figuur 26). Bij vergelijking met M 1106 treden enkele verschillen aan het licht:

- Eb $2\frac{1}{2}$ was in M 1106 ongeveer 20 % zwakker bij een 0,15 m lagere waterstand.
- Eb $4\frac{1}{2}$ was in M 1106 ongeveer 10 % sterker bij een 0,30 m lagere waterstand; hierdoor zal het model M 956 ten aanzien van bijvoorbeeld erosie in de geulen een gunstiger beeld geven dan de resultaten van het model M 1106.
- Vloed $8\frac{1}{2}$ stemt voor beide modellen goed overeen.
- Vloed 11 was in M 1106 ongeveer 30 % zwakker dan in M 956, gepaard gaande met een 0,40 m hogere waterstand. Zoals reeds eerder is betoogd is dit grote verschil goeddeels terug te voeren op het verschil in geometrie (zie onder 4.6.), waarbij tevens gesteld moet worden dat in het prototype ongeveer de geometrie volgens M 1106 (T41) zal worden aangehouden.

Geconcludeerd kan worden dat met name de randvoorwaarden voor de hoge getijfasen (eb $2\frac{1}{2}$ en vloed 11) voor de bouwfase in M 956 20 à 30 % te hoge debieten aangeven. De in M 956 voor de bouwfase uitgevoerde proeven geven dus een te ongunstig beeld. Men bedenke hierbij dat bij springtij zich toch wel omstandigheden kunnen voordoen die lijken op wat in M 956 gevonden is.

De randvoorwaarden voor de eindsituatie (tabel VIII) voor M 956 geven zeer goed de maximum eb en maximum vloed weer (zie verloop met de tijd in figuur 26). Bij vergelijking met M 1106 valt het volgende op:

- Eb $2\frac{1}{2}$ was in M 1106, voornamelijk gelet op de stroom in raai SR 99, ongeveer 10 % zwakker dan in M 956. Het debiet in SR 173 stemt goed overeen. Het verval tussen de noordelijke en de zuidelijke mond is in M 1106 echter iets groter dan in de berekeningen voor M 956. Het debiet door raai T15 is voor M 956 veel groter dan voor M 1106, wat ten dele veroorzaakt wordt doordat in M 1106 het maximum debiet ($4200 \text{ m}^3/\text{s}$) ongeveer een uur later pas optreedt (figuur 21a). Voor het overige kan het verschil worden toegeschreven aan de aanwezigheid (bij T32) van de grote specieberging op de Molenplaat, die immers het kombergend oppervlak verkleint, maar tevens de stroom van en naar het gebied ten zuidoosten van de Molenplaat stagneert.
- Eb $4\frac{1}{2}$ toont voor raai T15 goede overeenstemming. Deze getijfase had in M 1106 in de Eendracht grotere debieten (10 à 30 %). Het verval tussen de noordelijke en de zuidelijke mond is echter in M 1106 veel kleiner dan in de berekeningen voor M 956.
- Vloed $8\frac{1}{2}$ toont ongeveer dezelfde verschillen als de eb $2\frac{1}{2}$.
- Vloed 11 toont verschillen die sterk lijken op de verschillen die voor de hoge eb zijn gevonden. Ook in deze getijfase speelt de aanwezigheid van de specieberging op de Molenplaat daarbij een belangrijke rol. Men mag niet zonder meer stellen dat M 956 in deze getijfase ongunstiger is dan M 1106 omdat (zoals uit hoofdstuk 5 blijkt) de dwarsstroom op het kanaal juist tengevolge van de hogere waterstand zeer ongunstige waarden kan aannemen ondanks het feit dat het debiet in het Thoolse Gat dan al niet meer maximaal is.

Geconcludeerd kan worden dat er diverse verschillen zijn tussen de berekeningen voor M 956 en de metingen in M 1106. De verschillen moeten voor een groot deel worden toegeschreven aan verschillen in de randvoorwaarden, de speciebergings op de Molenplaat en een iets ander verloop van het verval tussen de noordelijke en de zuidelijke mond van het kanaal. Hieraan kan tevens de conclusie verbonden worden dat een grote verscheidenheid aan stroomsituaties kan optreden, waarbij met name bij springtij situaties met hogere stroomsnelheden kunnen optreden. De stroombeelden welke in M 956 en in M 1106 zijn waargenomen kunnen beide vóórkomen bij gemiddeld of iets sterker dan gemiddeld tij.

4.6. Beschrijving van de situaties en randvoorwaarden

In deze paragraaf worden de situaties (zowel van M 1106 als van M 956) beschreven welke in hoofdstuk 4 aan de orde komen. Ook de bijbehorende randvoorwaarden worden vermeld. Begonnen wordt met een vijftal situaties voor het onderzoek M 1106 en vervolgens wordt een vijftal situaties van het onderzoek M 956 beschreven (zie figuren 1, 11 en 12).

Onderzoek M 1106

1. Prototypemeting van 11 september 1968.
 - Voor de Schelde-Rijnverbinding is alleen het bouwdok voor de Kreekraksluis gebouwd.
 - Bij de zuidelijke mond van de Eendracht bestaat nog de oorspronkelijke toestand.
 - De Krabbenkreek is open en de Slaakdam is nog niet doorgebaggerd.
 - Het Volkerak is nog niet afgesloten.
 - In de mond van de Oosterschelde is nog géén werkeiland of damvak gebouwd.
2. Modelmeting getij met open Volkerak (T01).
 - Situatie in het model is geheel overeenkomstig de situatie bij de bovenstaande prototypemeting behalve:

- De modelbodem is gebouwd volgens lodingen van 1967.
- In de mond van de Oosterschelde is een wintersluitgatsituatie aanwezig. De vernauwing, welke veroorzaakt wordt door de werkeilanden en de wintersluitgatdrempels, heeft nog vrijwel geen invloed op het getij. Dit is uit metingen in het model gebleken. (Bij de in paragraaf 4.3.5. genoemde waterstandsmeting is in de mond van de Oosterschelde wel de juiste situatie aanwezig).
- Aan de zeerand en bij het Volkerak in M 1000 wordt het getij van 11 september 1968 opgewekt.

3. Modelmeting getij met dicht Volkerak (T02).

- Situatie in het model is geheel overeenkomstig de bovenbeschreven situatie behalve bij het Volkerak:
Het Volkerak is afgesloten. (Door een mankement aan het drainage systeem van het model was de adsluiting niet volledig, waardoor de proef T02 een iets te zwakke invloed van de afsluiting van het Volkerak weergeeft. Bij de Steenbergse Sas is het hoogwater van T02 ongeveer 0,05 m te laag en het laagwater ongeveer 0,05 m te hoog. Bij het Zijpe en St. Philipsland is de afwijking te verwaarlozen).
- Aan de zeerand van M 1000 wordt het getij van 11 september 1968 opgewekt.

4. Modelmeting bouwphase (T41).

- Situatie in het model hoofdzakelijk volgens de tekening B9/70.10370 met de volgende kenmerken (figuur 11):
- Het kanaal is gereed vanaf het Bergse Diep tot aan raai SR 158 in de Eendracht. Het deel van SR 123 tot SR 158 heeft dus bij T41, in afwijking van tekening B9/70.10370, reeds het profiel volgens de eindsituatie.
- Het kanaal heeft ten zuiden van SR 99 een bodembreedte van 150 m (N.A.P. - 7 m) en taluds van 1 : 7; tussen SR 99 en SR 158 een bodembreedte van 120 m (N.A.P. - 6 m) en taluds van 1 : 5.
- Vanaf SR 158 tot aan de sluitdam van de Krabbenkreek ligt een werkgeul met een bodembreedte van 30 à 50 m (N.A.P. - 5,0 respectievelijk - 5,5 m).

- De speciebergingen in de Eendracht zijn bedijkt. Op de Molenplaat ligt een grote specieberg.
- De Slaakdam is nog dicht en de Krabbenkreek is afgesloten met de westelijke sluitdam (zie figuur 11). Het Volkerak is dicht.
- De oude geul van de Eendracht bij Tholen is afgesloten.
- In het sluitgat van de Oosterschelde is de wintersluitgatrempel voor de geleidelijke sluiting aanwezig (heeft nog bijna geen invloed op het getij).
- Aan de zeerand van M 1000 wordt het getij van 11 september 1968 opgewekt.

5. Modelmeting eindtoestand (T32).

- Situatie met voltooid kanaal (tekeningen nrs. 70.10180, 70.10225, 70.10231); in de Oosterschelde is de bodembreedte 150 m en zijn de taluds 1 : 7 (N.A.P. - 7 m), in de Eendracht is de bodembreedte 120 m en zijn de taluds 1 : 5 (N.A.P. - 6 m).
- De speciebergingen in de Eendracht zijn bedijkt.
- De Krabbenkreek is afgesloten met een specieberg tusschen twee dammen (zie figuur 11).
- Er ligt een specieberg op de Molenplaat volgens de tekeningen 70.10001 en 70.10003.
- De oude geul van de Eendracht bij Tholen is afgesloten.
- De Slaakdam is doorgebaggerd.
- Het Volkerak is gesloten.
- In de mond van de Oosterschelde ligt de wintersluitgatsituatie.
- Aan de zeerand van M 1000 wordt het getij van 11 september 1968 opgewekt.

Onderzoek M 956

1. Prototypemetingen van 9 en 10 augustus en 22 en 23 augustus 1967.

- Voor de Schelde-Rijnverbinding zijn nog vrijwel geen werken uitgevoerd of in uitvoering.
- Het Volkerak en de Krabbenkreek zijn open; de Slaakdam is nog niet doorgebaggerd.
- In de mond van de Oosterschelde is nog geen werkeiland of damvak gebouwd.

2. Getijberekening open Volkerak ("9 augustus 1967").
 - De situatie is geheel overeenkomstig augustus 1967, voorzover voldoende recente peilingen beschikbaar zijn.
 - De berekening is gebaseerd op de prototypemeting van 9 augustus 1967, welke is aangevuld met de metingen van 10, 22 en 23 augustus 1967.
3. Berekenende randvoorwaarden voor dicht Volkerak (M 956 - randvoorwaarden 0).
 - De situatie is geheel overeenkomstig augustus 1967 (voorzover voldoende recente peilingen beschikbaar zijn), behoudens het Volkerak.
 - Het Volkerak is afgesloten.
 - In de mond van de Oosterschelde is nog geen werkeiland of damvak gebouwd.
 - De getijberekening voor open Volkerak (zie 2), welke uitgaat van de meting van 9 augustus 1967, is aangepast aan het afgesloten Volkerak.
4. Berekenende randvoorwaarden voor de bouwfase (M 956 - randvoorwaarden 1).
 - Het kanaal is gereed vanaf de vloodschaar (raai SR 80) bij de zuidelijke mond van de Eendracht tot aan de Slaakdam (figuur 12). Het kanaal heeft in het gedeelte van de vloodschaar tot aan de zuidwestpunt van de Auvergnepolder (raai SR 99) een bodembreedte van 150 m (N.A.P. - 7 m) en taluds van 1 : 7. Vanaf de Auvergnepolder tot de nieuwe brug bij Tholen is de bodembreedte 120 m (N.A.P. - 6 m) en het talud 1 : 4. Ten noorden van de nieuwe brug tot aan de Slaakdam is de bodembreedte 90 m (N.A.P. - 6 m) en het talud 1 : 7 (later bodem van 120 m breed bij taluds 1 : 4).
 - In de Eendracht zijn nog geen speciebergingen afgesloten. Ook op de Molenplaat ligt geen specieberging.
 - De Slaakdam is nog niet doorgebaggerd.
 - De Krabbenkreek is afgesloten volgens het westelijk tracé.
 - Het Volkerak is afgesloten.
 - De oude loop van de Eendracht bij Tholen is nog niet afgesloten.
 - De vloodschaar (in het verlengde van het Thoolse Gat) is door middel van een relatief smalle doorbaggering met het kanaal verbonden.
 - In de mond van de Oosterschelde is nog geen damvak of werkeiland gebouwd.
 - Het getij van 9 augustus 1967 is aangepast aan de bovenbeschreven veranderingen in de geometrie.

5. Berekende randvoorwaarden voor de eindtoestand (M 956 - randvoorwaarden 2).
 - Het kanaal is gereed vanaf de Kreekraksluizen tot het Volkerak (figuur 12). Het kanaal heeft in het gedeelte van de Kreekraksluizen tot aan de zuidwestpunt van de Auvergnepolder (SR 99) een bodembreedte van 150 m (N.A.P. - 7 m) en taluds van 1 : 7. Van de Auvergnepolder tot de nieuwe brug bij Tholen is de bodembreedte 120 m (N.A.P. - 6 m) en het talud 1 : 4. Ten noorden van de nieuwe brug tot aan de noordelijke mond is de bodembreedte 90 m (N.A.P. - 6 m) en het talud 1 : 7 (later bodem van 120 m breed bij taluds 1 : 4).
 - De speciebergingen in de Eendracht zijn gesloten. Er ligt géén specieberging op de Molenplaat.
 - De Slaakdam is doorgebaggerd.
 - De Krabbenkreek is afgesloten volgens het westelijk tracé.
 - Het Volkerak is afgesloten.
 - De oude loop van de Eendracht bij Tholen is afgesloten.
 - In de mond van de Oosterschelde is nog geen damvak of werk-eiland gebouwd.
 - Het getij van 9 augustus 1967 is aangepast aan de bovenbeschreven veranderingen in de geometrie.

4.7. Samenvatting van de resultaten

1. De uitgangspunten van de getijberekeningen voor M 956 (getij 9 augustus 1967) en van de metingen in M 1106 (T01) vertonen geen grote verschillen.
2. In het model M 1106 is de afsluiting van het Volkerak ook bij de Razernijpolder nog merkbaar als een geringe waterstandsverhoging (0,1 m). Bij Steenbergse Sas wordt de amplitude van het vertikaal getij vergroot met een faktor 1,4. Het vertikaal getij is 25 minuten vervroegd.
3. De overgang naar de bouwfase geeft in M 1106 bij de zuidelijke mond van de Eendracht weinig verandering in het vertikaal getij, maar de debieten worden er 2 à 2,5 maal zo groot. In het noorden van de Eendracht worden de hoogwaters 0,3 à 0,4 m hoger.

4. De overgang in M 1106 van de uitgangssituatie (T02) naar de eindsituatie (T32) heeft tot gevolg dat de debieten door SR 99 toenemen met een faktor 2,5 à 3. De stroom in het Thoolse Gat neemt toe bij de lagere waterstanden. De maximum eb wordt er bijna 30 % sterker.
5. Voor het model M 956 is aangenomen dat de afsluiting van het Volkerak geen invloed heeft op het vertikaal getij bij de Razernijpolder en OS V. Dit wijkt af van wat gevonden is in M 1106 (zie 2). Er is nauwelijks invloed op het horizontaal getij bij de zuidelijke mond van de Eendracht. Bij Steenbergse Sas wordt de amplitude vergroot met een faktor 1,35, zonder faseverschuiving (zie ook 2). Over het algemeen vertonen de resultaten van het model M 1106 iets sterkere invloeden op het vertikaal getij.
6. Voor het model M 956 is aangenomen dat de overgang naar de bouwfase géén invloed heeft op het vertikaal getij bij de Razernijpolder, in OS V en bij Steenbergse Sas. Het horizontaal getij in de zuidelijke mond van de Eendracht wordt 3 à 3,5 maal zo sterk (In M 1106 2,5 à 3 maal). In het noorden van de Eendracht wordt de amplitude van het vertikaal getij 15 % groter en het getij komt ongeveer drie kwartier later. Dit stemt niet geheel overeen met de resultaten van M 1106. Verschillen in de invloeden, welke voor M 956 en M 1106 zijn gevonden, worden grotendeels veroorzaakt door verschil in geometrie in het Eendrachtgebied (figuren 11 en 12).
7. Aangezien de bouwphase in het prototype ongeveer dezelfde geometrie zal hebben als in het model M 1106 is onderzocht, moet worden gesteld dat de in M 956 voor de bouwphase onderzochte situaties niet representatief zijn, omdat de debieten bij de zuidelijke mond van de Eendracht 20 à 30 % te hoog waren. Men bedenke hierbij dat bij springtij zich toch wel omstandigheden kunnen voordoen die lijken op wat in M 956 gevonden is.
8. Voor het model M 956 is aangenomen dat de overgang van de uitgangssituatie (9 augustus 1967; dicht Volkerak) naar de eindsituatie géén invloed heeft op het vertikaal getij bij de Razernijpolder, in OS V en bij Steenbergse Sas. In M 1106 werd een sterkere beïnvloeding van de laagwaters

in SR 99 en SR 173 gevonden dan in M 956. Het horizontaal getij door SR 99 wordt 2,5 à 3 maal vergroot (zie ook conclusie 4).

9. De aanwezigheid van de speciebergings op de Molenplaat heeft een afname van de debieten bij de hoge eb en de hoge vloed in het Thoolse Gat tot gevolg. Dit is gunstig in verband met scheepvaart en erosiegevaar.
10. In de eindsituatie kan een grote verscheidenheid aan stroomsituaties optreden waarvan de in de modellen M 956 en M 1106 uitgevoerde proeven een goede indruk geven. Bij springtij kunnen situaties met nog hogere stroomsnelheden en debieten optreden.

5. Onderzoek zuidelijke mond Eendracht

5.1. Inleiding en overzicht metingen

Het onderzoek in het permanentie-model M 956 leidde tot de aanbeveling van een vormgeving zoals gegeven in figuur 27. Deze situatie (T35^{**}) is niet feitelijk in M 956 onderzocht, maar is afgeleid van de situatie T35 (figuur 28) die wel is onderzocht.

Nadat voornoemd onderzoek was beëindigd, bleven twee vragen onbeantwoord:

1. Treden onder getij-omstandigheden dezelfde stroombeelden op als in het permanentiemodel zijn gevonden?
2. Hoe lang treden de, ook in de aanbevolen situatie niet te vermijden, hinderlijke stromingen (vooral bij maximum vloed) op?

Om hierop een antwoord te geven, werden de situaties die in M 956 het gunstigst waren (T32 en T35) in het model M 1106 ingebouwd (zie voor de situaties figuren 33 en 37). Bij beide situaties werden stroomsnelheden gemeten en met behulp van foto's oppervlaktestroombeelden bepaald. De resultaten hiervan worden in het onderhavige hoofdstuk beschreven. Bij de beoordeling zijn de belangrijkste aspecten: hinder voor de scheepvaart alsmede optreden van erosie bij oevers en bodem. Er worden vergelijkingen getrokken met de overeenkomstige proeven in

M 956. In het onderzoek M 956 werden vier fasen uit het getij onderzocht. Voor de beoordeling van de stromingen in het getijmodel M 1106 worden ook vier fasen van het getij beschouwd, die zo goed mogelijk met de fasen van M 956 vergelijkbaar zijn. De in M 956 onderzochte getijfasen vielen op tijdstippen $2\frac{1}{2}$, $4\frac{1}{2}$, $8\frac{1}{2}$ en 11 "maanuur" na het tijdstip van hoogwater te Razernijpolder (5.48 uur op 9 augustus 1967), waarbij een "maanuur" is gedefinieerd als het één-twaalfde deel van het tijdsverloop tussen de twee opeenvolgende hoogwaters bij de betreffende meting. Op dezelfde wijze kunnen voor M 1106 vier tijdstippen bepaald worden. Om modeltechnische redenen werden in M 1106 de stroombeeldfoto's gemaakt met intervallen van 0,5 zonne-uur, te beginnen op het eerste hoogwater (6.00 uur) met het gevolg dat niet geheel qua tijd overeenkomstige stroombeelden beschikbaar zijn. Tabel IX geeft een overzicht van de diverse tijdstippen.

TABEL IX Vergelijkbare tijdstippen M 956 - M 1106					
Regel nummer	Getijfase	eb $2\frac{1}{2}$	eb $4\frac{1}{2}$	vloed $8\frac{1}{2}$	vloed 11
1	tijdstip in M 956 (tijdbasis 9 augustus 1967)	8.21	10.24	14.29	17.03
2	overeenkomstig tijdstip in M 1106 (tijdbasis 11 september 1968)	8.35	10.40	14.49	17.24
3	tijdstippen beschikbare stroombeelden in M 1106	8.30	10.30	15.00	17.30

Voor de beoordeling ten aanzien van de bevaarbaarheid zijn in de as van het Schelde-Rijnkanaal de stroomsnelheden en -richtingen gemeten. Hiertoe wordt het begrip "dwarsstroomsnelheid" (v_{dwars}) ingevoerd. Deze grootheid wordt bepaald, steeds ter plaatse van de kanaal-as, als de component van de stroomsnelheid loodrecht op de kanaal-as. Voor de beoordeling van de invloed op duwconvooien van 200 m lengte wordt de v_{dwars} in elk punt van de kanaal-as over 150 m langs die as gemiddeld. Voor schepen is, naast de dwarsstroomsnelheid

(opstuurhoek), vooral ook de gradiënt van de dwarsstroomsnelheid van belang, omdat die uiteindelijk bepaalt of de schepen de invloed van de optredende dwarsstroom voldoende snel zullen kunnen corrigeren. De dwarsstroom is op twee manieren bepaald:

- a. uit oppervlaktestroombeelden (tijdstippen 8.30, 10.30, 15.00 en 17.30 uur in M 1106).
- b. door meting met een micromolen op een diepte van N.A.P. - 4 m (tijdstippen 8.35, 10.40, 14.49 en 17.24 uur).

De resultaten van a. en b. vertonen over het algemeen verschillen doordat de stroom op N.A.P. - 4 m verschilt van de oppervlaktestroom, terwijl bovendien de tijdstippen niet geheel overeenkomen.

Voor de beoordeling ten aanzien van het optreden van erosie bij bodem en oevers bij de situaties T32 en T35 zijn ter vergelijking ook stroombeelden gewenst van enige fasen van het getij bij de huidige situatie (T01 of T02). Voor dit doel worden in de figuren 29 ... 32 de stroombeelden van T02 gegeven. In een groot aantal punten zijn stroomsnelheid en -richting direct afleesbaar.

De stroombeelden van T32, op de tijdstippen zoals genoemd op regel 3 van tabel IX, worden gegeven in de figuren 33 ... 36. De dwarsstroomsnelheden bij T32 worden gegeven in de figuren 41 en 42. Voor de bij T32 optredende debieten en waterstanden in diverse raaien en stations wordt verwezen naar hoofdstuk 4.3. en de figuren 19 ... 23.

De stroombeelden bij T35 worden gegeven in de figuren 37 ... 40 en de dwarsstroomsnelheden en -gradiënten zijn uitgewerkt in de figuren 43 en 44. Bij T35 zijn geen debieten en waterstanden waargenomen. De foto's 1 ... 6 tonen oppervlaktestroombeelden bij enige fasen van T02, T32 en T35 bij de Razernijpolder.

In de volgende paragrafen (5.2. en 5.3.) zullen de uitkomsten van M 1106 per proef en getijfase beschreven worden en, indien mogelijk, vergeleken worden met de resultaten van M 956. Alle daarbij genoemde tijdstippen zijn betrokken op dezelfde tijdbasis, namelijk van 11 september 1968. De tijden zijn dus direct vergelijkbare aanduidingen voor de fasen van het getij. In paragraaf 5.4. worden de stroombeelden bij de situaties T32 en T35 met elkaar vergeleken terwijl in paragraaf 5.5. conclusies over de vormgeving van de zuidelijke mond van de Eendracht gegeven worden.

5.2. Beschrijving T32

T32 - eb $2\frac{1}{2}$

Het stroombeeld van T32 in M 1106 om 8.30 uur (waterstand Razernijpolder N.A.P. + 0,68 m, figuur 33 en foto 3) toont een stroom met maximum snelheden in de Nieuwe Haven van ongeveer 0,8 m/s en in het kanaal ruim 1,2 m/s (in de mond van de Eendracht). Boven de plaatrest is het maximum ongeveer 0,9 m/s, zodat de grindbestorting voldoende stroombestendig is. Het overeenkomstige stroombeeld in M 956 verslag M 956, figuur 92) toont over het algemeen stroomsnelheden die zeer globaal 10 à 20 % hoger liggen in het gebied tussen de vloodschaar en de mond van de Eendracht. Dit verschil is ten dele te verklaren uit een verschil in debiet; dat bedroeg namelijk in M 1106 om 8.30 uur $1370 \text{ m}^3/\text{s}$ en in M 956 om 8.35 uur (eb $2\frac{1}{2}$) $1485 \text{ m}^3/\text{s}$ (de waterstand in M 956 was N.A.P. + 0,70 m). In figuur 45 zijn de stroombanen (oppervlakte!) door elkaar getekend, waardoor zichtbaar wordt dat er qua stroombeeld goede overeenkomst is.

De dwarsstroom ter plaatse van de kanaal-as bereikt in M 1106 slechts matige waarden (maximum 0,45 m/s aan de oppervlakte) en de gradiënten zijn vrij sterk (figuur 47). In M 956 werden ongeveer dezelfde waarden gevonden hoewel het verloop volgens de stroombeeldfoto's plaatselijk iets afwijkend is als gevolg van de afstroming van de droogvallende Prinsesseplaat.

T32 - eb $4\frac{1}{2}$

Het stroombeeld van T32 in M 1106 om 10.30 uur (figuur 34) toont maximum snelheden van 1,0 m/s in de Nieuwe Haven en ongeveer 1,5 m/s in het kanaalpand tussen de vloodschaar en de mond van de Eendracht. De stroom is bij deze getijfase als gevolg van de lage waterstand (N.A.P. - 1,12 m) geconcentreerd in de geulen. De plaatrest tussen het kanaal en de Nieuwe Haven wordt alleen aan de zuidzijde overstroomd met snelheden tot ruim 1,2 m/s. De waargenomen stroomsnelheden zullen vermoedelijk erosie in het kanaal veroorzaken, terwijl ook in de Nieuwe Haven erosie mogelijk is (vergelijk met T02, figuur 30). De dwarsstroom op het kanaal (zie figuur 41) bereikt in deze

fase blijkt het oppervlaktestroombeeld matige waarden namelijk maximaal 0,46 m/s met matige gradiënten. De micromolenmeting (waarneming op N.A.P. - 4 m) vertoont een sterk plaatselijke dwarsstroom van 0,7 m/s bij de kruising met het Bergse Diep. Het sterk plaatselijk karakter heeft een zeer sterke gradiënt van $0,48 \times 10^{-2}$ m/s per m¹ tot gevolg. Het stroombeeld op dit punt is in M 956 apart onderzocht met behulp van stroombeeldfoto's (verslag M 956, hoofdstuk 8). Het stroombeeld van M 1106 op dit punt kan vergeleken worden met T29 - eb 4¹/₂ van M 956 (verslag M 956, figuren 48 en 50). Hier werd in M 956 een maximale dwarsstroom (aan de oppervlakte) van 0,4 m/s gevonden met ook een zelfde gradiënt als in M 1106. Er is dus, voor zover de beperkte vergelijkbaarheid het toelaat, te stellen dat beide modellen in deze getijfase goed overeenstemmen.

T32 - vloed 8¹/₂

Het stroombeeld van T32 in M 1106 om 15.00 uur (figuur 35; waterstand Razernijpolder N.A.P. - 0,18 m) toont maximum snelheden van ongeveer 0,9 m/s in het kanaal in de omgeving van de mond van de Eendracht. Elders treden slechts lage stroomsnelheden op. De dwarsstroom in de kanaal-as (figuren 41 en 42) bereikt slechts lage waarden (0,38 m/s aan de oppervlakte en 0,22 m/s op N.A.P. - 4 m) evenals de gradiënten. Er is geen overeenkomstige proef uit M 956 ter vergelijking aanwezig.

T32 - vloed 11

Het stroombeeld van T32 in M 1106 om 17.30 uur (figuur 36 en foto 4; waterstand Razernijpolder N.A.P. + 1,92 m) toont een sterke stroomconcentratie bij de zuidpunt van de Razernijpolder en in de mond van de Eendracht. Het oppervlaktestroombeeld wordt slechts in beperkte mate door de geulen bepaald, met het gevolg dat bijna geen water door de Nieuwe Haven trekt. Ter plaatse ligt wel een grote neer. In het Thoolse Gat bij de zuidpunt van de Razernijpolder treden stroomsnelheden op van meer dan 1,3 m/s, terwijl in de mond van de Eendracht de stroomsnelheden tot circa 1,0 m/s oplopen. Ongunstig is daarbij de wijze waarop de vloedstroom de zuidwestpunt van de Auvergnepolder aanstroomt (gevaar voor erosie) waarna de vloedstroom scheef de Eendracht in-

trekt (dwarsstroom voor scheepvaart). Het overeenkomstige stroombeeld in M 956 (verslag M 956, figuur 33) toont in het Thoolse Gat bij de zuidpunt van de Razernijpolder hogere snelheden als gevolg van een hoger ingesteld debiet ($5450 \text{ m}^3/\text{s}$ bij M 1106 en $6870 \text{ m}^3/\text{s}$ bij M 956). In de mond van de Eendracht (raai SR 99) zijn de debieten goed met elkaar in overeenstemming ($1350 \text{ m}^3/\text{s}$), hetgeen ook tot uitdrukking komt in de optredende oppervlaktestroomsnelheden. Het verschil in debiet in het Thoolse Gat kan grotendeels worden toegeschreven aan de aanwezigheid van de grote speciebergings op de Molenplaat die immers het kombergend oppervlak verkleint en tevens de vulstroom naar het gebied ten zuidoosten van de Molenplaat sterk belemmert (zie ook het verslag deel II). In figuur 45 zijn de stroombeelden van M 956 en M 1106 samengebracht. Bij de vergelijking valt op, dat in M 1106 de vloedstroom naar de mond van de Eendracht verder over de Prinsesseplaat trekt dan in M 956. Dit is het gevolg van de in M 1106 hogere waterstand (0,4 m) die het ontstaan van de bedoelde stroom boven de zeer hooggelegen plaat mogelijk maakt. Overigens is in het getijmodel gebleken dat hier sprake is van een typisch getijverschijnsel, waarvan de reproductie in een permanentiemodel als M 956 niet goed mogelijk is en dat evenmin goed met behulp van een getijberekening is te voorspellen.

In figuur 48 is het verloop van de dwarsstroomsnelheden (vloed II) bij T32 volgens de beide modellen samengebracht. De oppervlakte-dwarsstroom vertoont veel overeenkomst, maar in M 1106 worden iets hogere waarden bereikt doordat de stroom meer naar de Prinsesseplaat trekt. De stroom op enige diepte vertoont wel vrij grote verschillen, maar dat is te verwachten op grond van het verschil in diepte waarop gemeten is. In M 1106 stonden de micromolens bij de betrokken getijfase op 5,5 m onder de waterspiegel en in M 956 was dat slechts 2,0 m. In M 1106 werden bij de dwarsstroommetering op enige diepte dan ook slechts matige waarden gevonden. Een bijkomend aspect, waardoor de kromme van M 956 vrij steil is, is dat in M 956 bij T32 op enige afstand ten westen van het kanaal is gemeten.

Samenvattend kan worden gesteld dat beide modellen behoorlijk overeenstemmen, maar dat tevens blijkt dat een verhoging van de waterstand tijdens de maximale vloed de dwarsstroom vergroot en ook bij de mond van de Eendracht een dwarsstroom van oost naar west doet ontstaan. Voor het verloop van de dwarsstroom als functie van de tijd wordt verwezen naar paragraaf 5.4.

5.3. Beschrijving T35

T35 - eb $2\frac{1}{2}$

Figuur 37 en foto 5 tonen het stroombeeld van T35 in M 1106 op het tijdstip 8.30 uur (waterstand Razernijpolder N.A.P. + 0,68 m). De maximale stroomsnelheden in de Nieuwe Haven bedragen 0,7 à 0,8 m/s en in het kanaal (in de mond van de Eendracht) ruim 1,2 m/s. De stroom volgt de ver weggebaggerde plaatrest goed. Boven de grindbestorting blijven de snelheden lager dan 0,6 m/s (oppervlaktestroomsnelheden). De waargenomen stroomsnelheden zullen waarschijnlijk geen aanleiding tot erosie geven (vergelijk T02, figuur 20 en foto 1).

De dwarsstroom ter plaatse van de kanaal-as is zowel met de micromolen als met behulp van de oppervlaktestroombeeldfoto's bepaald (figuren 43 en 44). Met de micromolen werd op N.A.P. - 4 m een grootste dwarsstroom van 0,25 m/s gemeten en aan de oppervlakte 0,47 m/s. De gradiënten zijn matig, zodat de dwarsstroom niet erg hinderlijk is.

In M 956 is de hoge ebfase bij T35 niet onderzocht.

T35 - eb $4\frac{1}{2}$

Figuur 38 toont het stroombeeld van T35 in M 1106 op het tijdstip 10.30 uur (waterstand Razernijpolder N.A.P. - 1,12 m). De stroom volgt geheel de geulen. In de Nieuwe Haven is de hoogste stroomsnelheid ongeveer 0,9 m/s en in het kanaal bij de mond van de Eendracht plaatselijk 1,5 m/s zodat vermoedelijk erosie kan optreden (vergelijk T02, figuur 30). Deze stroomsnelheden treden daar ook op in de nabijheid van de van een grindbestorting voorziene plaatrest, waarbij de stroombestendigheid waarschijnlijk nog wel voldoende is, hoewel haalgolven van schepen en windgolven wellicht toch nog erosie kunnen veroorzaken. De dwarsstroom op de kanaal-as (zie figuren 43 en 44) bereikt aan de oppervlakte een hoogste waarde van 0,47 m/s en op N.A.P. - 4 m 0,23 m/s. De gradiënten bereiken waarden tot maximaal $0,24 \times 10^{-2}$ m/s per m¹, zodat al met al de dwarsstroom niet al te ongunstig is.

T35 - vloed 8¹/₂

Het stroombeeld van T35 in M 1106 om 15.00 uur (figuur 39, waterstand Razernijpolder N.A.P. - 0,18 m) toont maximumstroomsnelheden in de Nieuwe Haven van ongeveer 0,6 m/s en in het kanaal, bij de zuidwestpunt van de Auvergnepolder, tot bijna 1,1 m/s. De dwarsstroom ter plaatse van de kanaal-as (figuren 43 en 44) bereikt slechts lage waarden (0,34 m/s aan de oppervlakte en 0,22 m/s op N.A.P. - 4 m). De dwarsstroom op N.A.P. - 4 m heeft plaatselijk een sterke gradiënt van $0,36 \times 10^{-2}$ m/s per m¹, maar omdat deze behoort bij een niet hoge dwarsstroomsnelheid is er nog geen sprake van een gevaarlijke situatie. Er is geen overeenkomstige proef uit M 956 ter vergelijking aanwezig.

T35 - vloed 11

Het stroombeeld van T35 in M 1106 om 17.30 uur (figuur 40 en foto 6; waterstand Razernijpolder N.A.P. + 1,92 m) toont weer een vloedstroom welke langs de zuidpunt van de Razernijpolder met een wijde bocht langs de zuidwestpunt van de Auvergnepolder de Eendracht intrekt. Hierbij ontstaat een grote neer ten oosten van de Razernijpolder. Bij de zuidpunt van de Razernijpolder lopen de stroomsnelheden op tot ruim 1,3 m/s. In de mond van de Eendracht en bij de punt van de Auvergnepolder worden de snelheden ruim 1,2 m/s. Het stroombeeld bij de Auvergnepolder is niet erg gunstig. De Nieuwe Haven neemt niet aan de vloedstroom deel. Het "overeenkomstige" stroombeeld in M 956 (verslag M 956, figuur 61) toont bij de zuidpunt van de Razernijpolder hogere stroomsnelheden als gevolg van een hoger ingesteld debiet. In de mond van de Eendracht hebben beide modellen een niet geheel overeenstemmende snelheidsverdeling, maar de debieten zullen ongeveer even groot zijn. Gezien de stroomsnelheden, zowel bij de Razernijpolder als bij de Auvergnepolder, zal aandacht moeten worden gegeven aan de bescherming van de oevers. In figuur 46 zijn de stroombeelden van T35 in M 1106 en M 856 samengebracht. Hieruit blijkt dat ten aanzien van het belangrijkste kenmerk (waarin T35 zich ook van T32 onderscheidt), de neer ten oosten van de Razernijpolder, de overeenkomst tussen beide modellen zeer goed is. Het verschil in stroombeeld boven de Prinsesseplaat

is in T35, evenals in T32, voornamelijk het gevolg van de in M 1106 bij deze fase 0,4 m hogere waterstand.

In figuur 49 zijn de dwarsstroomsnelheden, zoals die in M 956 en M 1106 zijn bepaald, ter vergelijking bijeengebracht. Het verloop van de oppervlakte-dwarsstroom heeft een zeer goede overeenkomst qua vorm. In M 1106 worden echter hogere waarden bereikt omdat wat meer water naar en over de Prinsesse-plaat trekt, veroorzaakt door het verschil in waterstand. In M 1106 wordt hierdoor een zeer sterke dwarsstroom van ruim 1 m/s bereikt (aan de oppervlakte). In de mond van de Eendracht ontstaat een dwarsstroom van bijna 0,5 m/s. Bij het verloop volgens M 956 zijn de gradiënten gunstiger dan bij het verloop volgens M 1106, hoewel hierbij de waarden beperkt blijven tot ten hoogste $0,33 \times 10^{-2}$ m/s per m¹. De dwarsstroom die in beide modellen met een micro-molen op enige diepte onder de waterspiegel is waargenomen vertoont wel sterke verschillen. Waarschijnlijk is het grote verschil in meetdiepte (M 956 : N.A.P. - 0,5 m en in M 1106 : N.A.P. - 4 m) hieraan debet, maar ook is erg aannemelijk dat in M 1106 de neer in de omgeving van km 72.200 sterker is ontwikkeld dan in M 956. Als gevolg van de bij M 956 relatief lage waterstand liep de vulstroom van het Eendrachtgebied nog in hoofdzaak dóór het kanaal zodat voor het ontstaan van een grote neer ten zuidoosten van de plaatrest geen ruimte in dat profiel over was. In M 1106 blijkt door de hogere waterstand de genoemde stroom als een bovenstroom het kanaal over te steken waardoor in de diepte zich een grote neer kan ontwikkelen. Het hierdoor erg ongunstige beeld dat in M 1106 wordt gevonden is in feite voor de scheepvaart niet interessant omdat het geldt op een diepte van N.A.P. - 4 m (dit is 5,5 m onder de waterspiegel). Het beeld op N.A.P. - 0,5 m (2 m onder de waterspiegel) is voor de scheepvaart van belang. Het zal veel gelijkmatiger verlopen, meer overeenkomend met het oppervlactestroombeeld.

Samenvattend kan worden gesteld dat in M 1106 bij T35 de maximum vloed een zeer sterke dwarsstroom veroorzaakt, waardoor het beeld van M 1106 ongunstiger is dan het beeld van M 956. Het verschil wordt veroorzaakt door het verschil in waterstand. Voor het verloop van de dwarsstroom als functie van de tijd wordt verwezen naar paragraaf 5.4.

5.4. Vergelijking T32 - T35

In het verslag M 956 wordt de situatie T35^{**}, welke is afgeleid van T35, aanbevolen boven T32 omdat ten aanzien van de dwarsstroom T32 slechts weinig gunstiger was dan T35, terwijl als groot bezwaar van T32 werd aangevoerd dat er weinig extra bevaarbare ruimte beschikbaar was ter plaatse van de grootste dwarsstroom. De voorgaande vergelijkingen van de modelresultaten geven geen aanleiding tot twijfel aan de juistheid van de resultaten van M 956, maar wel is gebleken dat bij andere waterstanden en/of andere getij-omstandigheden graduele verschillen kunnen ontstaan. Om deze reden zullen thans de resultaten van M 1106 bij T32 en T35 met elkaar vergeleken worden ten einde na te gaan of de aanbeveling anders geformuleerd zal moeten worden. Aangezien de nautische aspecten als hoofdnorm moeten worden gehanteerd zullen in het volgende eerst de dwarsstroomsnelheden bij de diverse getijfase vergeleken worden.

Bij de hoge eb (eb $2\frac{1}{2}$) vertoont de dwarsstroom aan de oppervlakte vrijwel geen verschil (figuur 50). In T32 en T35 worden slechts matige waarden bereikt. Ook de stroom op N.A.P. - 4 m, welke met de micromolen is waargenomen, is voor beide toestanden ongeveer gelijk. Schuin tegenover het Bergse Diep (km 72.400) zijn de dwarsstromen en gradiënten het ongunstigst, maar gevaarlijke waarden worden niet bereikt (figuur 50).

Bij de lage eb (eb $4\frac{1}{2}$) wordt de dwarsstroom in de kanaal-as enigszins beïnvloed door de vorm van de plaatrest, maar ook in deze fase worden de dwarsstroomsnelheden aan de oppervlakte niet groter dan 0,46 m/s (figuur 51). Op grotere diepte wordt bij T32 en T35 bij km 72.800 plaatselijk een sterke dwarsstroom waargenomen waarbij ook de gradiënten zeer ongunstige waarden aannemen (tot $0,50 \times 10^{-2}$ m/s per m^1). Tussen T32 en T35 bestaan in deze getijfase ten aanzien van de dwarsstroom slechts graduele verschillen waarbij T35, vooral ten aanzien van de gradiënten, iets ongunstiger is dan T32.

Bij de lage vloed (vloed $8\frac{1}{2}$) zijn de dwarsstroomsnelheden slechts matig (figuur 52). Hierin vertonen de situaties T32 en T35 geen vermeldenswaardige verschillen.

Bij de hoge vloed (vloed 11) bereikt de dwarsstroom vooral aan de oppervlakte zeer hoge waarden (figuur 53). T32 en T35 vertonen weer veel overeenkomst, maar het verschil dat in de stroombanen zichtbaar is (figuren 36 en 40; foto's 4 en 6) blijkt ook uit het iets geprononceerder verloop van de dwars-

stroom bij T35: de toppen tegenover de vloedschaar en bij de mond van de Eendracht zijn in T35 steiler en hoger dan in T32. De gradiënten bij T35 zijn bijgevolg iets sterker. Overigens moet uitdrukkelijk worden gesteld dat de verschillen slechts gradueel zijn en dat beide stroomsituaties als zeer hinderlijk of zelfs gevaarlijk moeten worden gekenmerkt. Het stroombeeld op N.A.P. - m is bij een waterstand van N.A.P. + 1,50 m voor de scheepvaart slechts van weinig invloed, maar toch is ook hier de tendens zichtbaar dat T35 iets ongunstiger is dan T32. Met name het ontstaan van een neer op grotere diepte (ongeveer tussen km 71.500 en km 72.000) maakt het stroombeeld niet overzichtelijker.

In figuur 54 wordt het verloop gegeven van de dwarsstroom als functie van de tijd. De plaats van waarneming komt overeen met de plaats waar op de kanaal-as de sterkste dwarsstroom (vloed) optreedt. De dwarsstroom is bepaald uit de beschikbare oppervlaktestroombeelden. Om over voldoende waarnemingen te beschikken moest een stuk ter lengte van 350 m (tussen km 71.650 en km 72.000) worden beschouwd. De in de figuur weergegeven snelheden zijn gemiddeld over het genoemde stuk kanaal-as.

Uit de figuur blijkt dat de eb op de onderzochte plaats geen sterke dwarsstroom veroorzaakt. Op andere plaatsen worden nog wel iets sterker eb-dwarsstromen waargenomen, maar deze blijven ook bij T32 en T35 kleiner dan 0,50 m/s. De eb-dwarsstroom is wel betrekkelijk constant gedurende lange tijd: 0,1 à 0,3 m/s gedurende $4\frac{1}{2}$ uur (gemiddeld getij).

Bij vloed is het verloop van de dwarsstroom bij T32 en T35 vrij weinig verschillend (figuur 54). T35 blijft aanvankelijk een weinig achter bij T32, maar tijdens maximum vloed bereikt T35 de hoogste dwarsstroomsnelheid. De dwarsstroom met waarden groter dan 0,50 m/s (een vaak gehanteerde norm voor toelaatbare dwarsstroom) treedt zowel bij T32 als T35 op gedurende ongeveer twee uur per getij. Gedurende één uur is de dwarsstroom sterker dan 0,75 m/s (onder gemiddelde getijomstandigheden).

Samenvattend kan worden gesteld dat T32 en T35 ten aanzien van de maximale vloed dwarsstroom qua tijdsduur vrijwel gelijkwaardig zijn:

$v_{\text{dwars}} > 0,50 \text{ m/s}$ gedurende 2 uur per getij,

$v_{\text{dwars}} > 0,75 \text{ m/s}$ gedurende 1 uur per getij.

T35 bereikt een iets sterker maximum. Bij eb bereikt de dwarsstroom slechts lage waarden: op de hier beschouwde plaats 0,1 à 0,3 m/s gedurende 4 uur, waarbij T35 iets lagere stroomsnelheden geeft dan T32.

Vergelijken we T32 en T35 ten aanzien van de stroomaalval op de oevers dan is uit de beschikbare gegevens voor de zuidpunt van de Razernijpolder geen significant verschil af te leiden (figuren 33 ... 40). Bij de eb zijn de stroomsnelheden in de Nieuwe Haven (langs de oostzijde van de Razernijpolder) bij T32 iets hoger, maar deze stroomsnelheden zijn lager dan in de huidige toestand (T02, figuren 29 en 30). Bij de Auvergnepolder zal bij T35 het gevaar voor oeveraantasting iets groter zijn dan bij T32, maar dit verschil is slechts gering. Als bezwaar van T32 moet worden aangevoerd:

- Bij de hoge vloed en in mindere mate bij eb, is een uitgebreide bodembescherming op de plaatrest nodig.
- Ter plaatse van de sterkste dwarsstroom is het kanaal nauwelijks verbreed, waardoor de scheepvaart grote risico's loopt.

Ten aanzien van deze beide punten is T35 veel gunstiger.

5.5. Samenvatting van de resultaten

1. Er is geen aanleiding om de conclusies, zoals die geformuleerd zijn in het verslag M 956, hoofdstuk 2, te herzien.
2. Verschillen in stroombeelden worden veroorzaakt door verschillen in randvoorwaarden (o.a. waterstanden) en geometrie (speciebergings Molenplaat). De waargenomen en weergegeven stroombeelden hebben dus slechts betrekking op één bepaald getij bij één bepaalde geometrie.
3. Wanneer de maximale vloed bij een hogere waterstand optreedt heeft dat een toename van de dwarsstroom tot gevolg, alsmede een iets sterkere stroomaanval op de zuidwestpunt van de Auvergnepolder.

4. De aanwezigheid van een speciebergings op de Molenplaat heeft een afname van de debieten in het Thoolse Gat en de vloedschaar tot gevolg (komberging, stroomweerstand).
5. In de situaties T32 en T35 bereikt de dwarsstroom hoogste waarden van 0,90 respectievelijk 1,05 m/s (oppervlactestroom, vloed, figuren 41 en 43).
6. Het verloop van de dwarsstroom met de tijd is voor T32 en T35 weinig verschillend (figuur 54). In beide situaties is de dwarsstroom gedurende 2 uur sterker dan 0,50 m/s en gedurende 1 uur sterker dan 0,75 m/s (bij de in het model geldende omstandigheden van gemiddeld getij).

6. Stroombeelden bij de Kreekraksluis

6.1. Inleiding

Nadat door visuele waarneming in het model was vastgesteld dat de dwarsstroom bij de Kreekraksluis wellicht vrij hoge waarden zou kunnen bereiken, werd in overleg met de opdrachtgever besloten in het model hierop gerichte metingen te verrichten. De metingen vonden plaats in de eindsituatie (T35A), waarbij het kanaal in de Oosterschelde een bodembreedte heeft van 150 m en taluds van 1 : 7. De bodem ligt op N.A.P. - 7 m. De vormgeving van de voorhaven van de Kreekraksluizen is overeenkomstig tekening B5/70.10231 van Rijkswaterstaat, Deltadienst, Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding. De situatie bij T35A komt, behoudens enkele hier niet van belang zijnde details, geheel overeen met de situatie van T32 welke in paragraaf 4.6. uitvoerig wordt beschreven. Figuur 55 toont onder meer de situatie bij de noordzijde van de Kreekraksluizen.

Aan de zeerand van M 1000 werd het getij van 11 september 1968 (gemiddeld getij) opgewekt, terwijl in de mond van de Oosterschelde alleen de drie werkeilanden aanwezig waren.

De metingen bestonden uit het waarnemen van het vertikaal getij in het punt OS V (zie figuur 55) en het maken van foto's van oppervlactestroom-

beelden. Door de ligging van de geul tussen droogvallende platen was het niet zinvol stroomsnelheden met micromolens te meten. De dwarsstroom op het kanaal is uit de oppervlactestroombeelden bepaald.

6.2. Waarnemingsresultaten

Figuur 19a toont het verloop van het vertikaal getij in het punt van OS V (T32). De getij-amplitude bedraagt bij deze (gemiddelde) omstandigheden ruim 4 m. De grote getij-amplitude heeft tot gevolg dat de getijstroom gedurende een deel van het getij langs de havendammen trekt, terwijl ook gedurende een groot deel van het getij de geul van het kanaal tussen geheel droogvallende platen ligt. De stroombeelden zijn onder nummer T35A vastgelegd op foto's.

Voor de beoordeling van de stroombeelden is een viertal markante getijfasen gekozen waarvan tabel X een overzicht geeft:

TABEL X Beschouwde getijfasen onderzoek bij Kreekraksluizen		
Getijfase	Tijdstip (uren M.E.T.)	Waterstand OS V (m t.o.v. N.A.P.)
hoge eb	8.30	+ 1,52
lage eb	10.30	- 0,91
lage vloed	14.30	- 0,43
hoge vloed	17.30	+ 1,98

De stroombeelden bij de vier getijfasen worden gegeven in de figuren 55 ... 58. De foto's 7 en 8 tonen de oppervlakte-stroombeelden bij hoge eb en hoge vloed. De dwarsstroom ter plaatse van de kanaal-as (gedefinieerd overeenkomstig hoofdstuk 5.1.) wordt gegeven in figuur 59.

Bij de hoge eb (7.30 uur) staan de platen onder water en trekt de stroom schuin over het kanaal (figuur 55 en foto 7). Het snelheidsverloop is vrij gelijkmatig en er worden geen hoge stroomsnelheden bereikt (maximaal 0,6 m/s bij ongeveer 3 m waterdiepte). Opvallend is dat de oppervlactestroomsnelheden boven het kanaal niet afwijken van de snelheden ernaast. De dwarsstroom (figuur 59)

verloopt gelijkmatig, zodat geen sterke gradiënten ontstaan. De hoogste waarde van de dwarsstroom bedraagt 0,50 m/s, waarbij ter plaatse aan beide zijden van de geul 3 m water staat.

Bij de lage eb (10.30 uur) hebben de havendammen geen invloed meer op het stroombeeld (figuur 56). In deze fase worden aan de oostzijde van de geul boven de platen oppervlaktestroomsnelheden van ongeveer 0,8 m/s bereikt bij een waterdiepte van ongeveer 1,5 m. Hier is waarschijnlijk enige uitschuring te verwachten. Aan de westzijde van het kanaal en boven het kanaal zijn de stroomsnelheden lager. Kennelijk voert het kanaal een deel van het eb-debiet af naar het noorden. De dwarsstroom (figuur 59) bereikt waarden van ten hoogste 0,5 m/s, terwijl de gradiënt een grootste waarde bereikt van $0,24 \times 10^{-2}$ m/s per m¹ (bij $v_{\text{dwars}} = 0,3$ m/s). De waterdiepte terzijde van de geul is in de orde van 1,5 m, zodat gesteld kan worden dat voor een diepliggend schip (stel diepgang 4 m) de dwarsstroom minder hinderlijk zal zijn dan uit het oppervlakte-stroombeeld blijkt.

Het stroombeeld bij de lage vloed (14.30 uur, figuur 57) vertoont veel overeenkomst met de lage eb. De stroomsnelheden zijn echter nog lager en ook de dwarsstroom is relatief gunstig (figuur 59). Het verloop is vloeiend zodat ook slechts zwakke gradiënten ontstaan.

Bij de hoge vloed (17.30 uur, figuur 58 en foto 8) blijkt vooral de westelijke havendam een sterke invloed op de stroom te hebben. Waarschijnlijk zal bij de kop van deze dam wel door uitschuring een geultje ontstaan. Opvallend is weer dat de stroomsnelheden ten oosten van het kanaal wat hoger zijn dan aan de westzijde (aanvoer vanuit het noorden via het kanaal). De snelheden lopen op tot 0,9 m/s bij waterdiepten van 3 m. Vermoedelijk zullen echter alleen vlak ten noorden van de havendammen enige verdiepingen optreden. De dwarsstroom bereikt vrij hoge waarden, met name bij de kop van de westelijke havendam: bijna 0,8 m/s (figuur 59). Hierbij treedt een zéér sterke gradiënt op: $0,55 \times 10^{-2}$ m/s per m¹. De waterdiepte terzijde van de geul bedraagt ter plaatse 2,5 à 3 m zodat de genoemde dwarsstroom ook voor diepliggende schepen in belangrijke mate merkbaar zal zijn. Hierbij dient echter te worden opgemerkt dat de plaats van optreden van de dwarsstroom voor de scheepvaart steeds duidelijk te onderkennen is. De tijdsduur zal waarschijnlijk, zoals bij de zuidelijke mond van de Eendracht, kort zijn (1 à 1½ uur per getij). Op enige afstand ten

noorden van de havendam (ongeveer 400 m) wordt de dwarsstroom minder sterk (ongeveer 0,55 m/s) en heeft verder een zeer gelijkmatig verloop.

Samenvattend kan worden gesteld dat de dwarsstroom van dien aard is dat de scheepvaart er bij hoge vloed en in mindere mate bij hoge eb ernstige hinder van kan ondervinden. Aangezien het niet eenvoudig is het stroombeeld essentieel te verbeteren is het zinvoller om, indien nodig, de hinder voor de scheepvaart zo veel mogelijk te ondervangen door plaatselijk de bevaarbare breedte van het kanaal te vergroten. In het volgende wordt zeer globaal een oplossing daartoe aangegeven. Voor de situatie bij hoge vloed is voor een schip dat de haven binnenkomt direkt ten zuiden van de havendam aan stuurboord extra ruimte nodig (**(a)** in figuur 58) omdat het schip de neiging heeft naar stuurboord te draaien als gevolg van de dwarsstroom op het achterschip. Voor de situatie bij hoge vloed is, voor een schip dat de haven uitvaart, direkt ten noorden van de buitenste havendam aan stuurboord extra ruimte nodig (**(b)** in figuur 58) als het schip van te voren (bijvoorbeeld in verband met een tegenligger) niet voldoende heeft opgestuurd om de vloedstroom te kunnen pareeren. Bij de hoge eb kan het voor de scheepvaart erg nuttig zijn direkt ten noorden van de oostelijke havendam extra ruimte te hebben om op te sturen (**(c)** in figuur 58). Het is namelijk niet denkbeeldig dat een binnenlopend (dus tegemoetkomend) schip door het wegvallen van de druk op het voorschip te veel naar de oostzijde van het kanaal opdraait.

6.3. Samenvatting van de resultaten

1. De havendammen van de Kreekraksluizen oefenen alleen bij waterstanden hoger dan N.A.P. invloed uit op het stroombeeld. Hierin kan door uitschuiving van de bodem nog geringe verandering komen.
2. Bij de hoge eb is de dwarsstroom vrij gelijkmatig, met waarden van 0,4 à 0,5 m/s. Alleen vlak ten noorden van de oostelijke havendam treedt een zwak tot matige gradiënt op: $0,15 \times 10^{-2}$ m/s per m¹.

3. Zowel bij de lage eb als bij de lage vloed treden slechts matige dwarsstromen op. Bij de lage eb kunnen ondiep stekende schepen nog gradiënten van ruim $0,2 \times 10^{-2}$ m/s per m¹ verwachten.
4. Bij de hoge vloed kan uitschuring van de bodem bij de westelijke haven-dam optreden.
5. Bij de in het model onderzochte situatie was, behalve bij de westelijke havendam, bij de hoge vloed de dwarsstroom gelijkmatig (0,55 m/s). Bij deze dam treedt een sterke dwarsstroom op van 0,8 m/s met een gradiënt van $0,55 \times 10^{-2}$ m/s per m¹; derhalve een gevaarlijke dwarsstroom.
6. De onder 5 genoemde dwarsstroom treedt op gedurende 1 à 1½ uur. Een relatief voordeel is dat de plaats van optreden vast ligt en duidelijk kenbaar is.
7. De situatie is voor de scheepvaart niet zonder risico. Dit is ten dele te ondervangen door plaatselijk de bevaarbare breedte te vergroten. In figuur 58 is hiertoe zeer globaal een oplossing aangegeven.

7. Stroombeelden bij de noordelijke mond

7.1. Inleiding

Aangezien uit vantevoren uitgevoerde getijberekeningen reeds gebleken was dat bij de noordelijke mond van het kanaal uiteenlopende stroomsituaties te verwachten waren, werd reeds in een vroeg stadium besloten dat in het getij-model M 1106 ook aandacht aan de noordelijke mond zou moeten worden gegeven. In het model werden daartoe twee situaties onderzocht (beide met voltooid kanaal: de situaties T32 en T35A, figuren 64 en 65) welke onderling verschilden ten aanzien van de afrondingsstralen bij de noordelijke mond (andere verschillen tussen T32 en T35A zijn hier niet van belang). Bij T32 was de vormgeving van de noordelijke mond overeenkomstig tekening B3/70.10180. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van T32 en de situatie in demond van de Oosterschelde

wordt verwezen naar paragraaf 4.6. Het onderzoek was er op gericht de vormgeving volgens T32 ten aanzien van hinder voor de scheepvaart te beoordelen en eventueel te verbeteren. Foto 9 geeft een overzicht van het model bij de noordelijke mond.

Aan de zeerand van het model M 1000 werd het getij van 11 september 1968 opgewekt (gemiddeld getij). Bij T32 was in de mond van de Oosterschelde een wintersluitgatsituatie aanwezig. Bij T35A lagen in de mond van de Oosterschelde alleen de drie werkeilanden. De invloed van dit verschil op de getijbeweging in het gebied van onderzoek is verwaarloosbaar klein zodat T32 en T35A voor het onderhavige aspect (stroombeelden bij de noordelijke mond) volledig vergelijkbaar zijn.

De metingen bestonden uit het waarnemen van het vertikaal getij in het station Steenbergse Sas (zie figuur 60) en het maken van foto's van oppervlactestroombeelden. De dwarsstroom op het kanaal (gedefinieerd overeenkomstig paragraaf 5.1.) is uit de oppervlactestroombeelden bepaald. De beoordeling van de situaties wordt voornamelijk gebaseerd op de dwarsstroom ter plaatse van de kanaal-as en ter plaatse van het verlengde van de kanaal-as, dat als "as vaarroute" in de figuren 60 ... 71 staat aangegeven.

7.2. Waarnemingsresultaten

Figuur 20c toont het vertikaal getij in het station Steenbergse Sas (T32). Bij T35A wordt een identiek getij waargenomen. De getij-amplitude bedraagt bij deze (gemiddelde) omstandigheden bijna 4 m. Voor de beoordeling van de stroombeelden is een vijftal markante getijfasen gekozen waarvan tabel XI een overzicht geeft. De kwalificaties gelden zowel bij T32 als bij T35A.

TABEL XI Beschouwde getijfasen noordelijke mond				
Tijdstip (uren M.E.T.)	Waterstand Steenbergse Sas (m t.o.v. N.A.P.)	Stroomrichtingen T32/T35A		
		Volkerak eb/vloed	Kanaal-mond in/uit	Slaak zuid/noord
7.30	+ 1,86	eb	uit	noord
8.30	+ 1,16	eb	in	zuid
10.30	- 0,64	eb	"stroomloos"	zuid
13.30	- 1,32	vloed	"stroomloos"	noord
17.30	+ 1,63	vloed	grote neer	"stroomloos"

De stroombeelden bij de verschillende getijfasen worden gegeven in de figuren 60 ... 64 (T32) en 65 ... 69 (T35A). De foto's 10 ... 15 tonen de oppervlaktestroombeelden bij een drietal fasen van T32 en T35A. De dwarsstroom ter plaatse van de kanaal-as (gedefinieerd overeenkomstig paragraaf 5.1.) wordt gegeven in de figuren 70 en 71. In het volgende zullen de diverse stroomsituaties kort beschreven en vergeleken worden.

Bij T32 om 7.30 uur juist de eb-stroom op het Volkerak door te zetten (figuur 60). In de kanaalmond staat een stroom naar buiten (= naar het Volkerak), maar nergens treden hoge stroomsnelheden op. De dwarsstroom is nog niet sterk (0,4 m/s) en verloopt zeer gelijkmatig zodat geen ongunstige gradiënten optreden (figuur 70).

Een uur later, om 8.30 uur loopt er een vrij sterke eb-stroom op het Volkerak en trekt water de kanaalmond in (figuur 61). Dit is ten dele water dat van de platen komt, direkt ten zuidoosten van de mond. De dwarsstroom die hierbij ontstaat (figuur 70) is matig (0,4 m/s), maar heeft wel een plaatselijk sterke toename, waardoor in de mond een matig sterke gradiënt ontstaat ($0,20 \times 10^{-2}$ m/s per m^1).

Om 10.30 uur (figuur 62 en foto 10) is de mond van het kanaal vrijwel stroomloos. De waterstand is intussen zó laag geworden dat de schorren en slikken geheel droog liggen. De eb-stroom op het Volkerak trekt met snelheden tot 0,7 m/s langs de kanaalmond. In deze situatie treedt een matig tot sterke dwarsstroom op (0,5 m/s) met een sterke gradiënt ($0,27 \times 10^{-2}$ m/s per m^1). Voor de

scheepvaart moet dit als een ongunstige stroomsituatie worden gekenschetst.

De lage vloed (13.30 uur, figuur 63 en foto 11) vertoont veel overeenkomst met de vorige fase; in de mond van het kanaal ontstaat een neer waarbij de grootste $v_{\text{dwars}} = 0,4 \text{ m/s}$ en de grootste gradiënt $= 0,26 \times 10^{-2} \text{ m/s per m}^1$ (figuur 70).

Bij de hoge vloed (17.30 uur, figuur 64 en foto 12) is de neer in de mond van het kanaal groter geworden en de vloedstroom op het Volkerak is nog niet afgenomen. Uit figuur 70 blijkt dat de v_{dwars} wel vrij hoge waarden bereikt (bijna $0,6 \text{ m/s}$) maar de gradiënt is relatief gunstig. Toch moet deze situatie als niet geheel zonder risico worden gekenschetst, vooral voor schepen die het kanaal in willen varen.

Omdat het waarschijnlijk moeilijk is het stroombeeld essentieel te verbeteren is in T35A getracht een oplossing te vinden waarbij de scheepvaart iets meer ruimte krijgt in de kanaalmond. Daartoe zal kleine afrondingen van de hoeken aangebracht (zie figuur 65). Zoals uit het volgende zal blijken worden de stroombeelden hierdoor slechts weinig beïnvloed.

Om 7.30 uur (figuur 65) trekt de stroom het kanaal uit en met de eb-stroom op het Volkerak mee (vergelijk met figuur 60). De dwarsstroom is niet sterk en heeft een gunstig verloop (figuur 71). De aangebrachte bocht-afronding lijkt goede geleiding te geven.

Om 8.30 uur trekt de stroom het kanaal in (figuur 66). De dwarsstroom (figuur 71) wordt maximaal ruim $0,4 \text{ m/s}$ met een gradiënt van $0,23 \times 10^{-2} \text{ m/s per m}^1$. Dit is iets ongunstiger dan bij T32 is waargenomen.

Bij de lage eb (10.30 uur) is er in het stroombeeld nauwelijks verschil met T32 te zien (figuur 67 en foto 13 vergeleken met figuur 62 en foto 10). Blijkens figuur 71 is de dwarsstroom echter iets gunstiger.

Bij de lage vloed (13.30 uur, figuur 68 en foto 14) ontwikkelt zich in de kanaalmond een neer die wat groter is dan bij T32. Dit blijkt een zeer sterke gradiënt van de dwarsstroom te veroorzaken (figuur 71). De gradiënt bedraagt $0,41 \times 10^{-2} \text{ m/s per m}^1$; de dwarsstroom is daarbij $0,5 \text{ m/s}$.

De sterkste dwarsstroom treedt ook nu weer op bij de hoge vloed (17.30 uur, figuur 69 en foto 15). De neer in de kanaalmond is zeer groot, maar de stroomsnelheden kanaal-inwaarts zijn gering. De grootste v_{dwars} bedraagt $0,6 \text{ m/s}$; de bijbehorende gradiënt is $0,20 \times 10^{-2} \text{ m/s per m}^1$, dus matig.

Om de onderlinge vergelijking beter mogelijk te maken, zijn de maximum waarden van de dwarsstroom en van de gradiënten verzameld in tabel XII.

TABEL XII Vergelijking dwarsstroom				
Tijdstip (uur M.E.T.)	T32		T35A	
	v_{dwars} (m/s)	gradiënt (10^{-2} m/s per m ¹)	v_{dwars} (m/s)	gradiënt (10^{-2} m/s per m ¹)
7.30	0,39	0,08	0,36	0,08
8.30	0,38	0,19	0,39	0,24
10.30	0,48	0,27	0,44	0,19
13.30	0,40	0,16	0,49	0,41
17.30	0,55	0,26	0,59	0,20

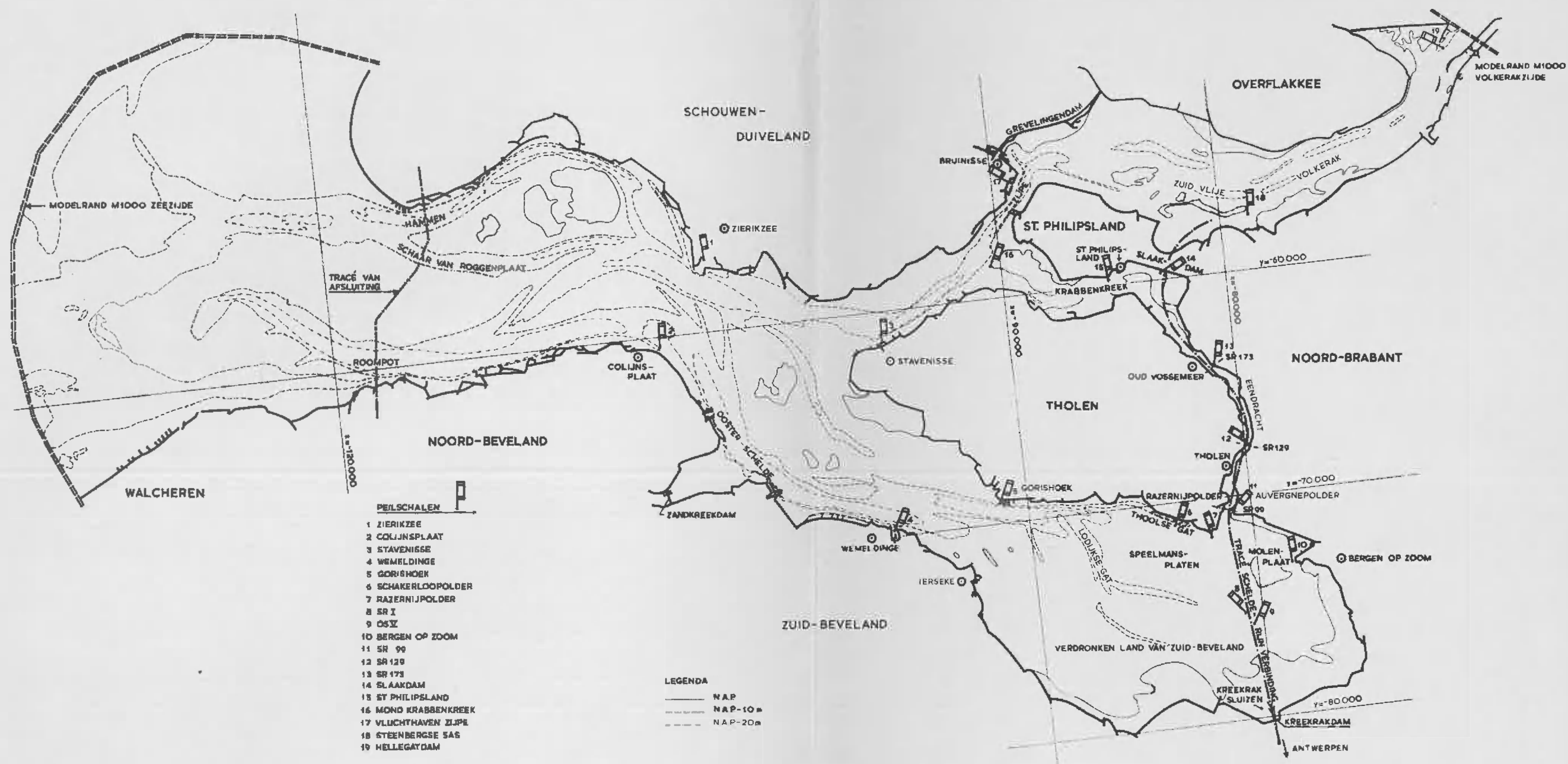
Uit de tabel blijkt dat gedurende vrij veel fasen van het getij gradiënten in de orde van $0,20 \text{ à } 0,25 \times 10^{-2}$ m/s per m¹ optreden, zowel bij T32 als bij T35A. De grootte van de dwarsstroom is bij eb voor T32 en T35A nagenoeg gelijk. Bij vloed echter is T35A iets ongunstiger, waarbij vooral om 13.30 uur een zeer ongunstige situatie ontstaat door het samengaan van een matig sterke dwarsstroom met een zeer sterke gradiënt. Uit de stroombeelden blijkt dat de neervorming, welke bij vloed in de mond van het kanaal optreedt, bij T35A veel sterker is dan bij T32. Hierdoor wordt de dwarsstroom ongunstiger. Er tegenover staat dat de schepen bij T35A iets meer ruimte hebben. Voor het bepalen van een essentieel betere oplossing zal verder model-onderzoek nodig zijn.

Uit de stroombeelden (figuren 60 ... 69) blijkt ook dat het noordelijkste deel van het kanaal gedurende een groot deel van het getij vrijwel stroomloos is. Figuur 72 geeft het verloop van de stroomsnelheden welke uit de oppervlaktestroombeelden zijn bepaald. De stroomsnelheden zijn gemiddeld over een kanaalpand van ongeveer 400 m lengte dicht bij de mond van het kanaal. Uit de figuur blijkt dat in het onderzochte geval (gemiddeld getij) de stroomsnelheden gedurende slechts 4 uur hoger zijn dan 0,3 m/s. De hoogste waarde is bijna 0,8 m/s. Verwacht moet worden dat in dit deel van het kanaal sterke

aanzanding kan optreden. Bij dit alles dient men tevens te bedenken dat afwijkende randvoorwaarden (getij in de mond van de Oosterschelde en lokale wind-effecten) geheel andere stroombeelden kunnen veroorzaken.

7.3. Samenvatting van de resultaten

1. dwarsstroom in de as van de vaarroute bereikt zowel bij T32 als T35A bij eb waarden in de orde van 0,35 à 0,50 m/s en bij vloed 0,40 à 0,60 m/s; de gradiënten worden daarbij maximaal $0,15 \text{ à } 0,25 \times 10^{-2} \text{ m/s per m}^1$. Afwijkend hiervan is de lage vloedfase (13.30 uur) bij T35A, waar bij een dwarsstroom van 0,5 m/s een zeer sterke gradiënt ($0,4 \times 10^{-2} \text{ m/s per m}^1$) optreedt. Deze stroomsituatie kan enige uren duren.
2. De oplossing volgens T35A biedt de scheepvaart in de mond van het kanaal iets meer ruimte, maar de neiging tot neervorming in de mond (vooral bij vloed op het Volkerak) is bij T35A sterker dan bij T32.
3. Voor het bepalen van een voor de scheepvaart essentiële betere oplossing is aanvullend modelonderzoek nodig.
4. Bij de in het model onerzochte omstandigheden (gemiddeld tij) treedt in de noordelijke mond van het kanaal gedurende grote delen van het getij slechts zwakke stroom op. Andere getijomstandigheden en andere geometriën zullen een ander verloop van de stroom veroorzaken. Niettemin kan worden gesteld dat in de noordelijke mond van het kanaal aanzanding te verwachten is.

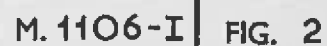


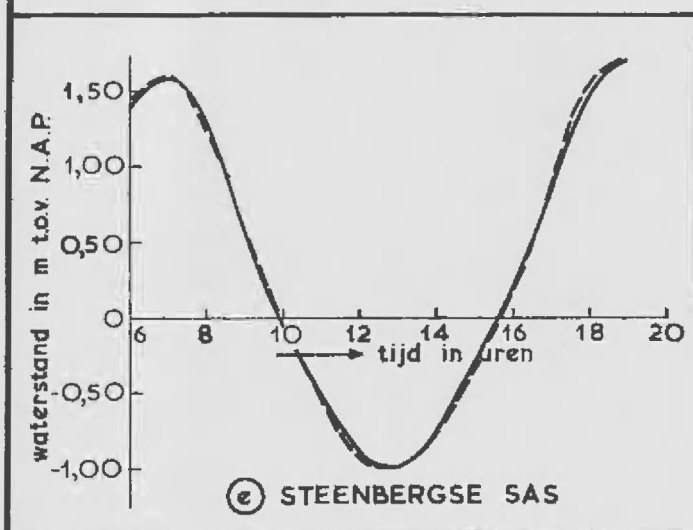
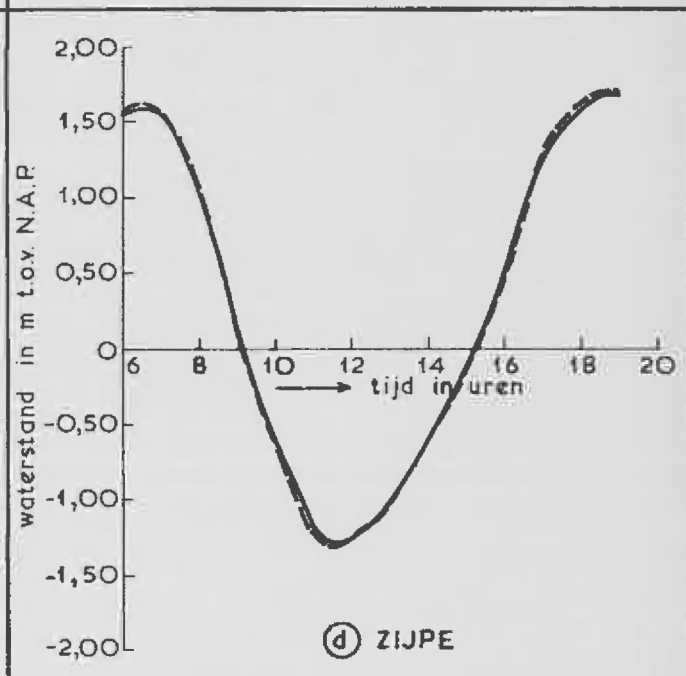
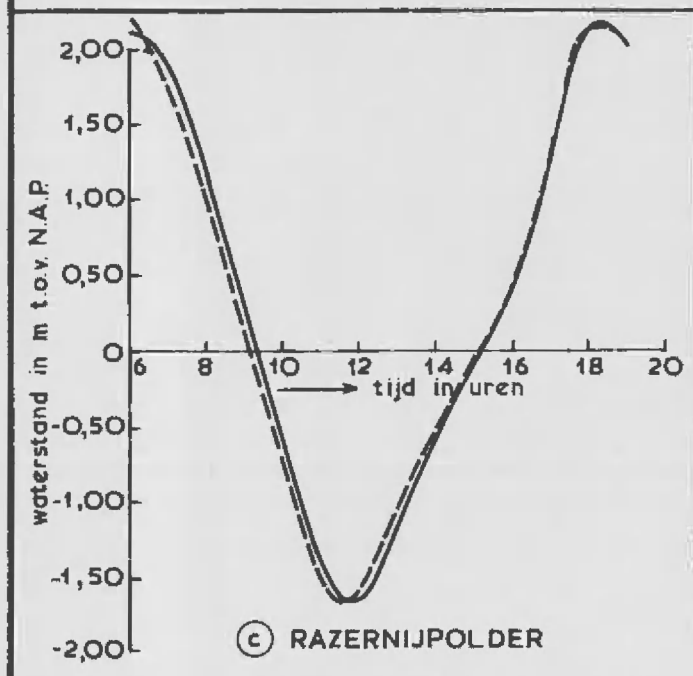
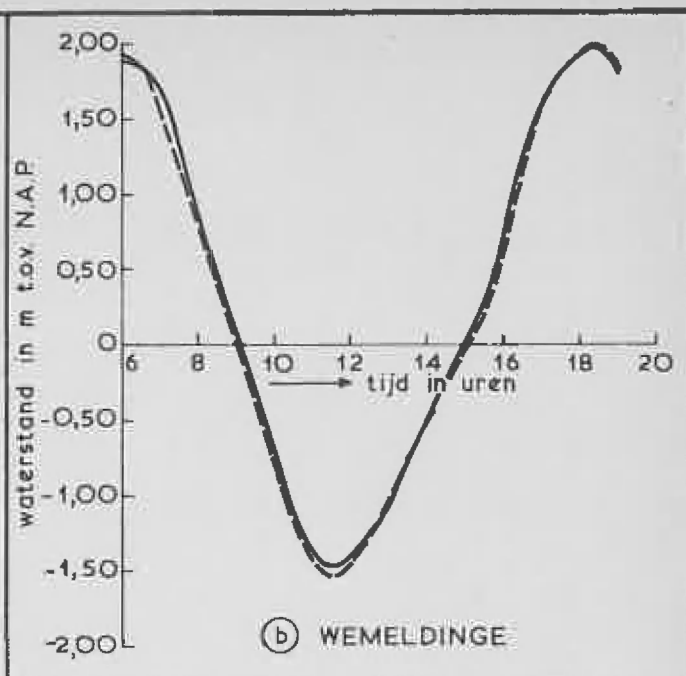
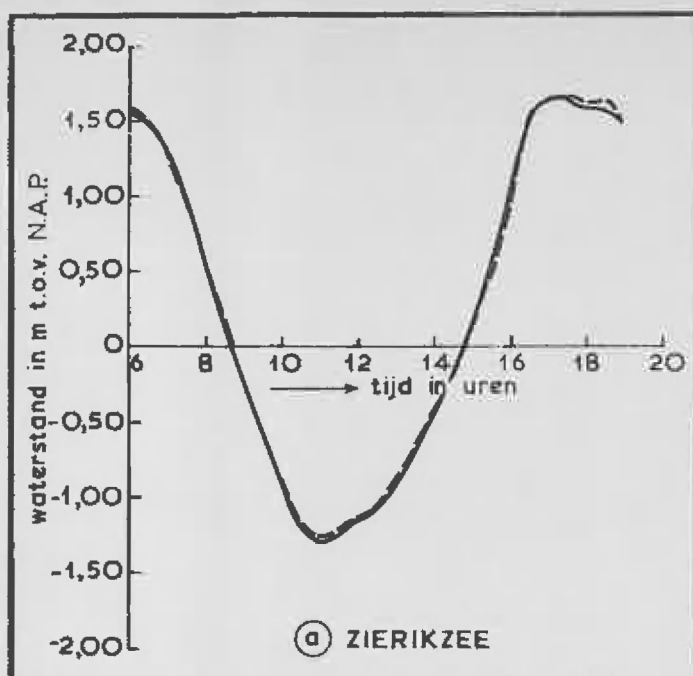
SITUATIE

SCHAAL 1:200.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I FIG. 1





Verklaring :

— Prototype 11 sept. 1968

- - - Model TO1

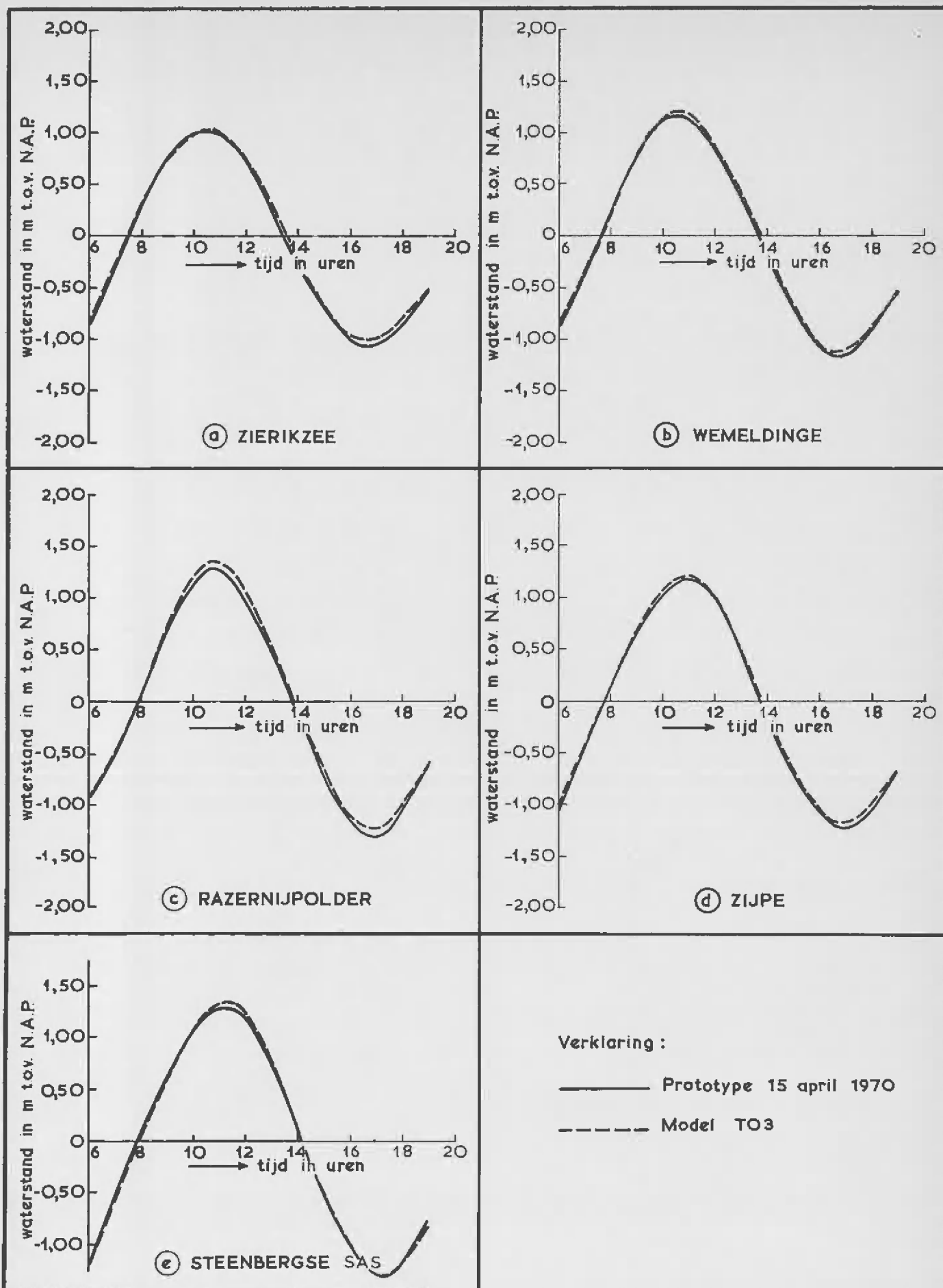
INSTELLING VERTIKAAL GETIJ

TO1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 3



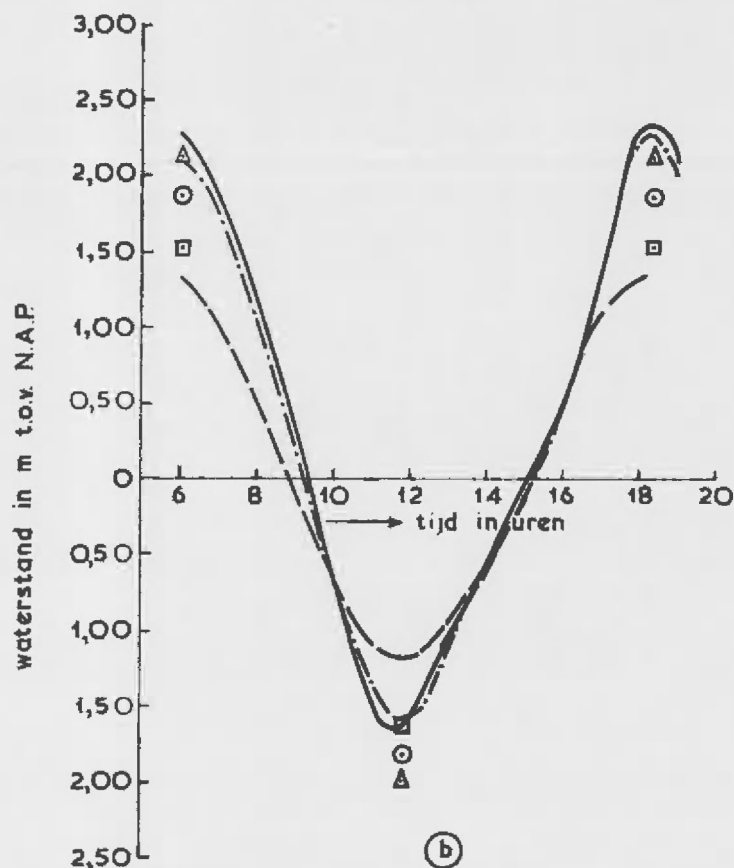
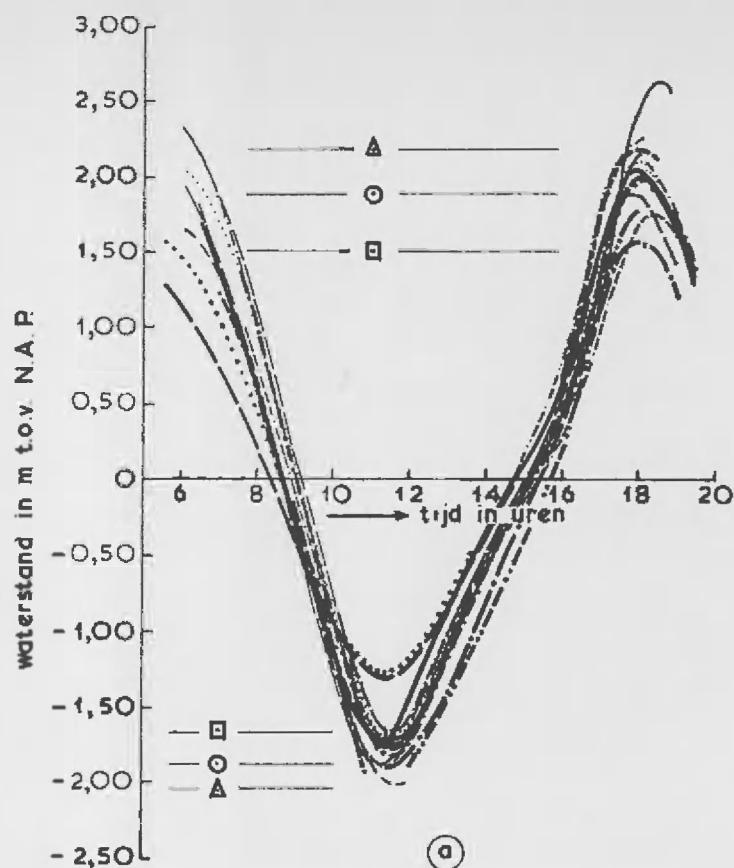
INSTELLING VERTIKAAL GETIJ

TO 3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 4



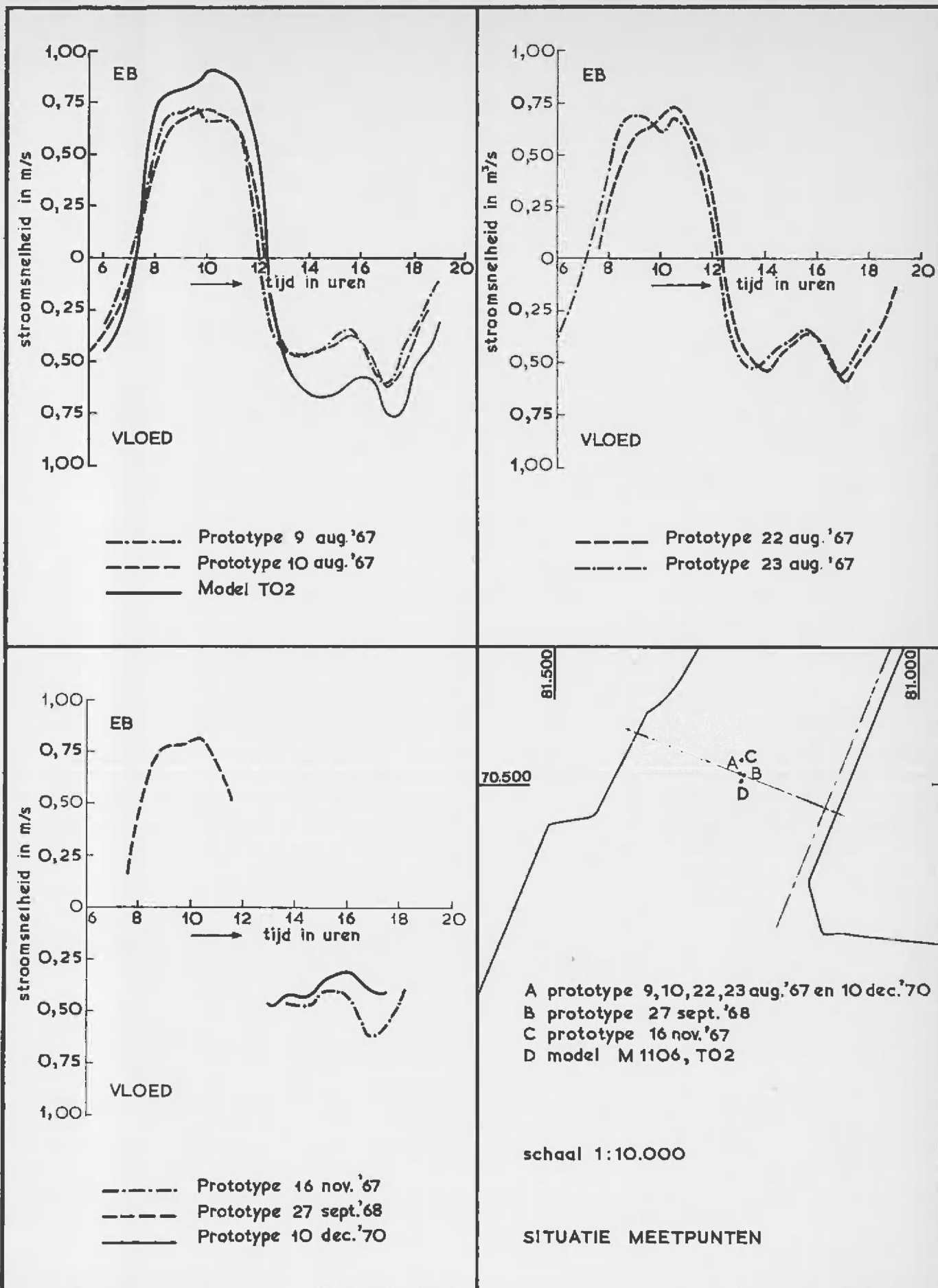
VERTIKAAL GETIJ RAZERNIJPOLDER

prototype,
TO1, TO2 en TO3

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 5



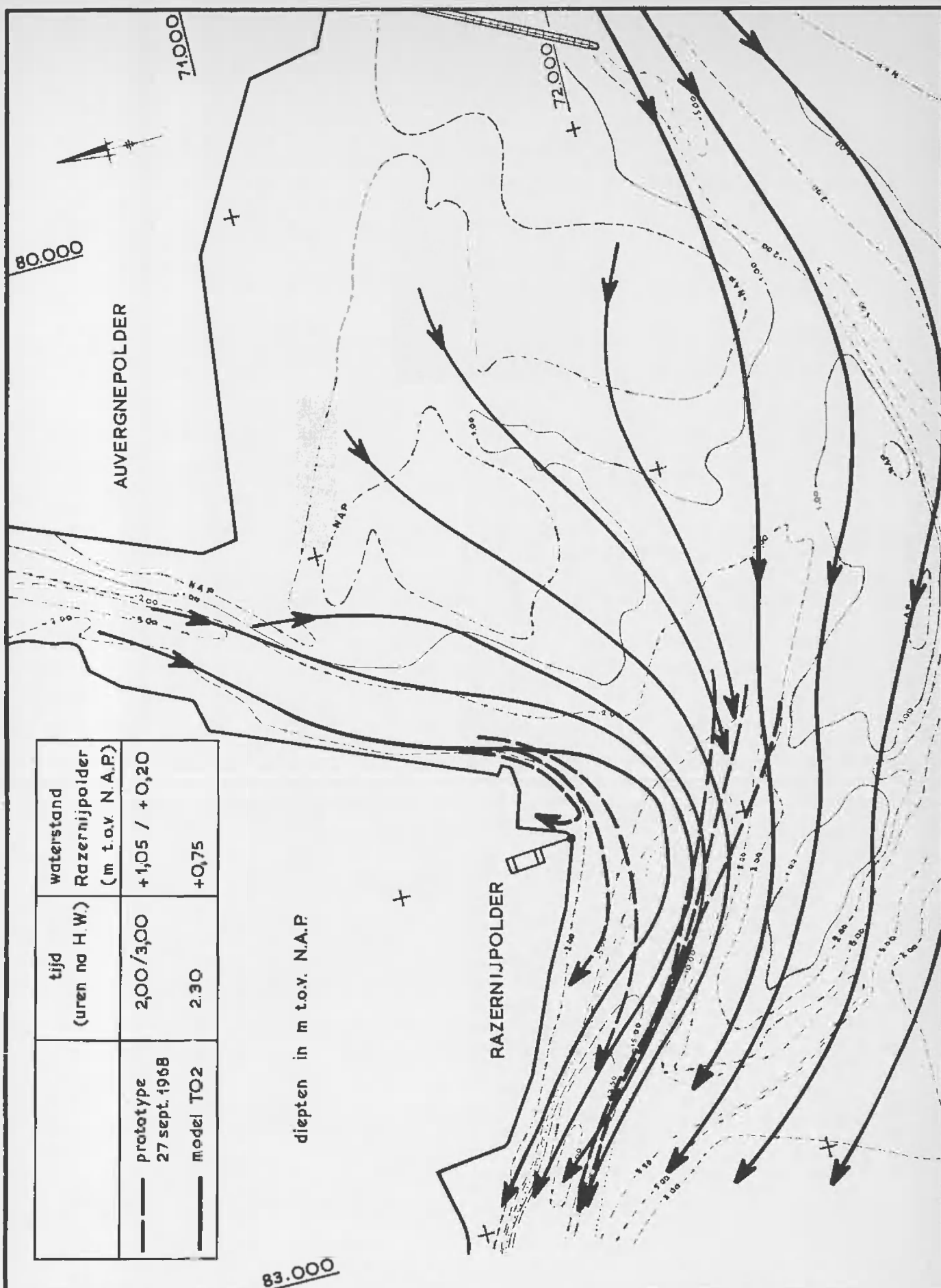
STROOMSNELHEDEN RAAI SR99

prototype en TO2

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 6



STROOMBANEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

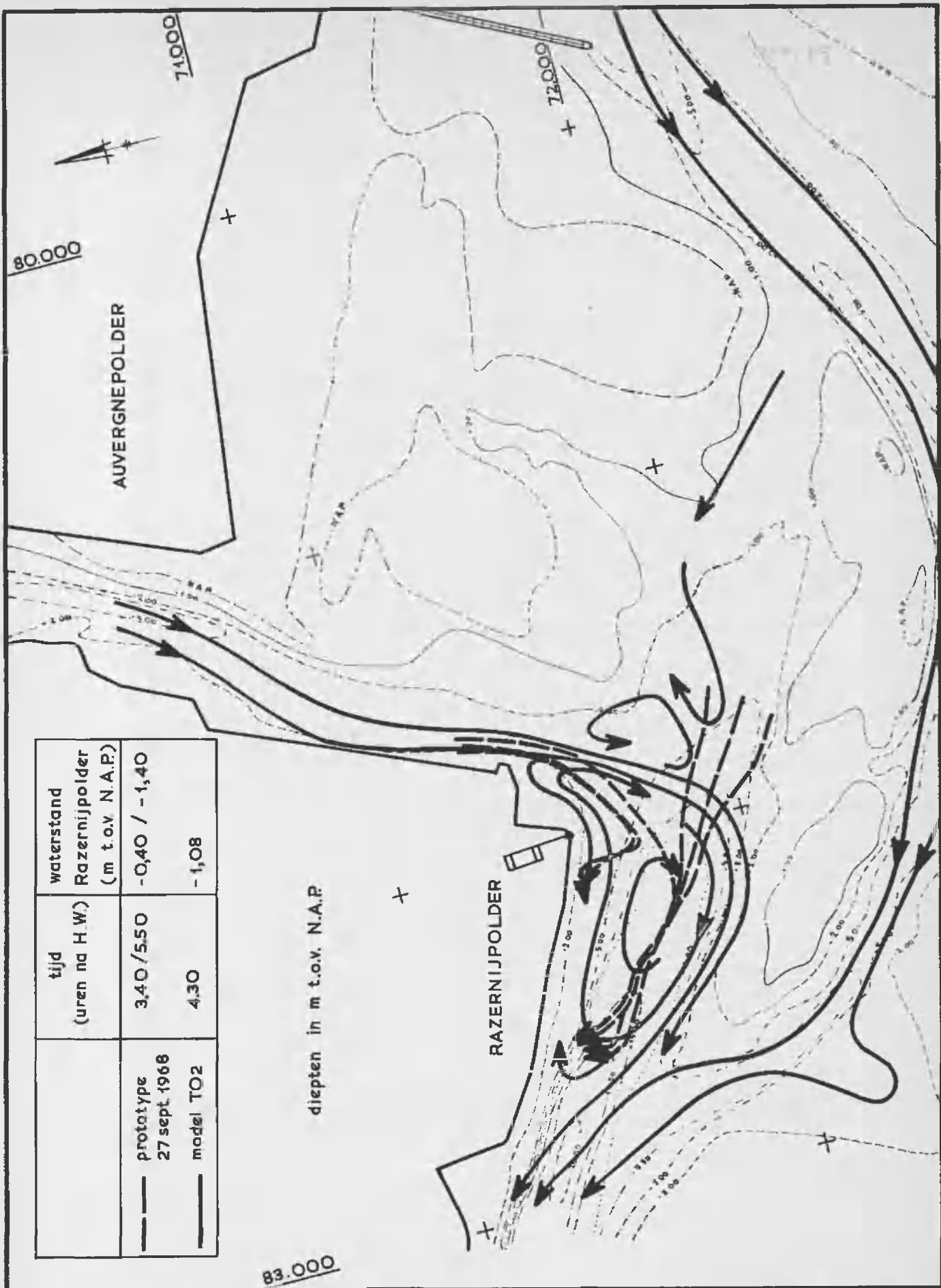
prototype
en TO2

hoge eb

SCHAAL 1 : 15.000

M.1106-I

FIG. 7

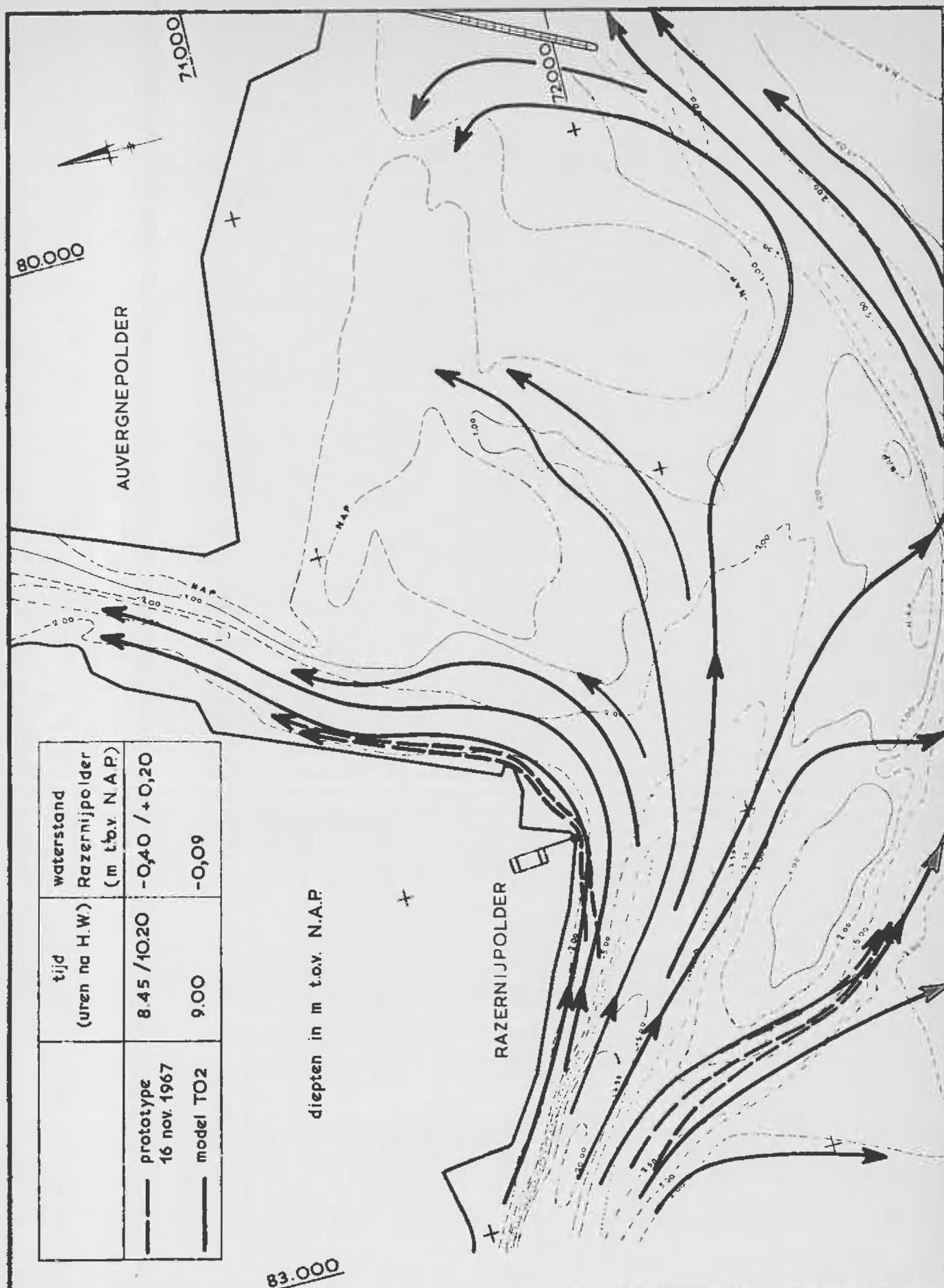


	tijd (uren na H.W.)	waterstand Razernijpolder (m t.o.v. N.A.P.)
— prototype 27 sept. 1968	3,40 / 5,50	-0,40 / -1,40
— model TO2	4,30	-1,08

STROOMBANEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

prototype en TO2	lage eb
SCHAAL 1 : 15.000	
M.1106-I	FIG. 8



STROOMBANEN

prototype
en TO2

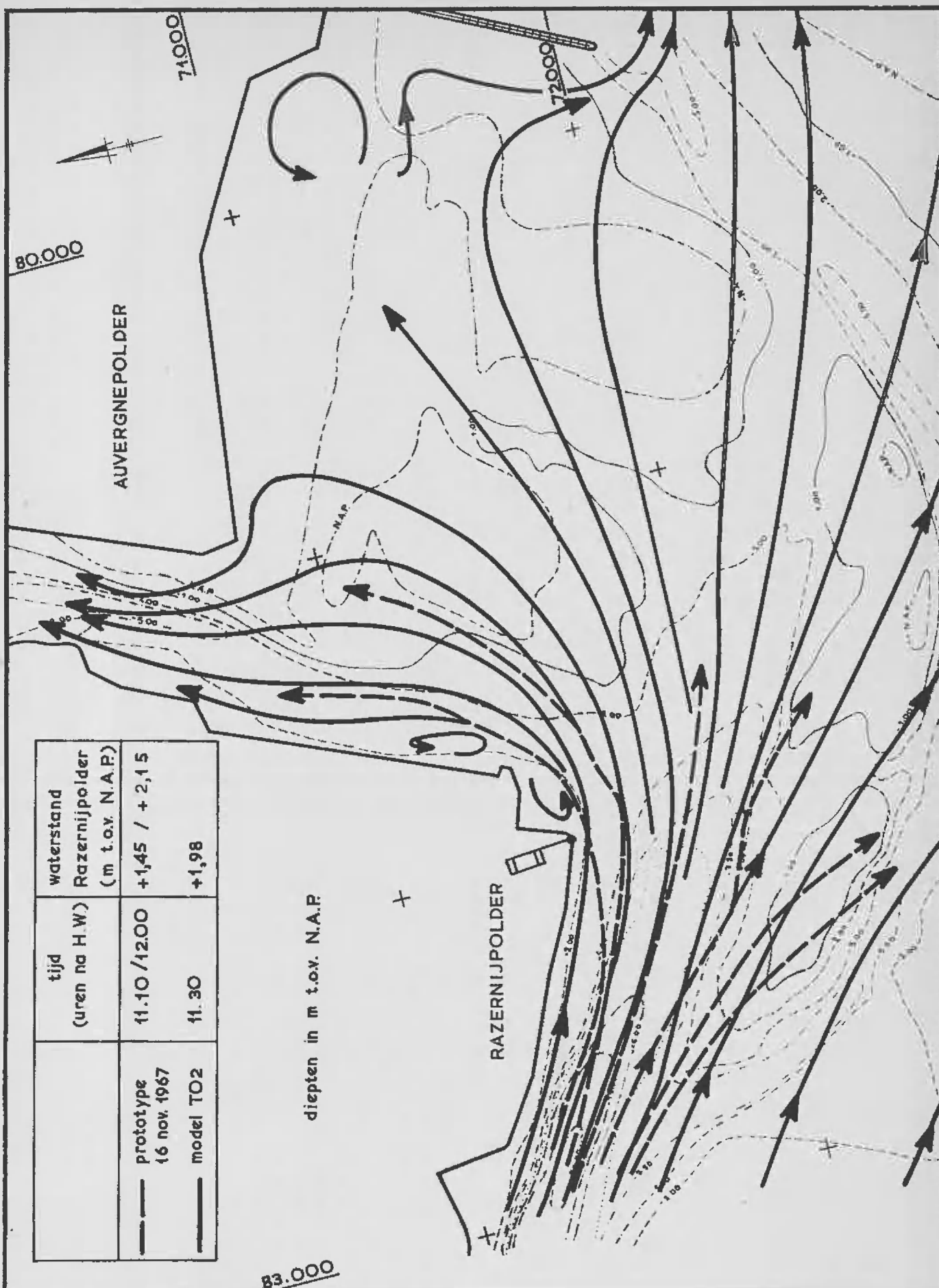
lage vloed

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 9



STROOMBANEN

prototype
en TO2

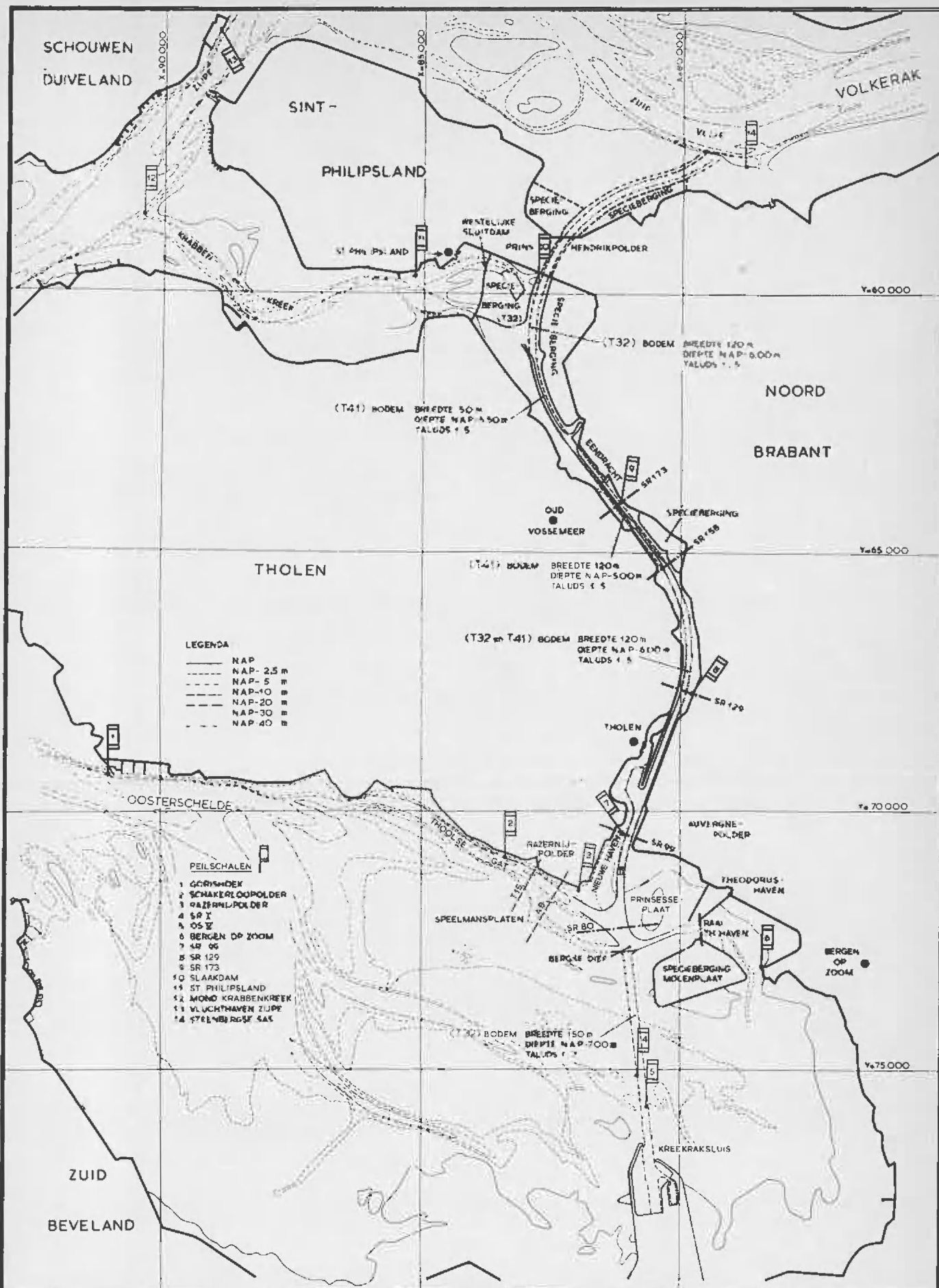
hoge vloed

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 10

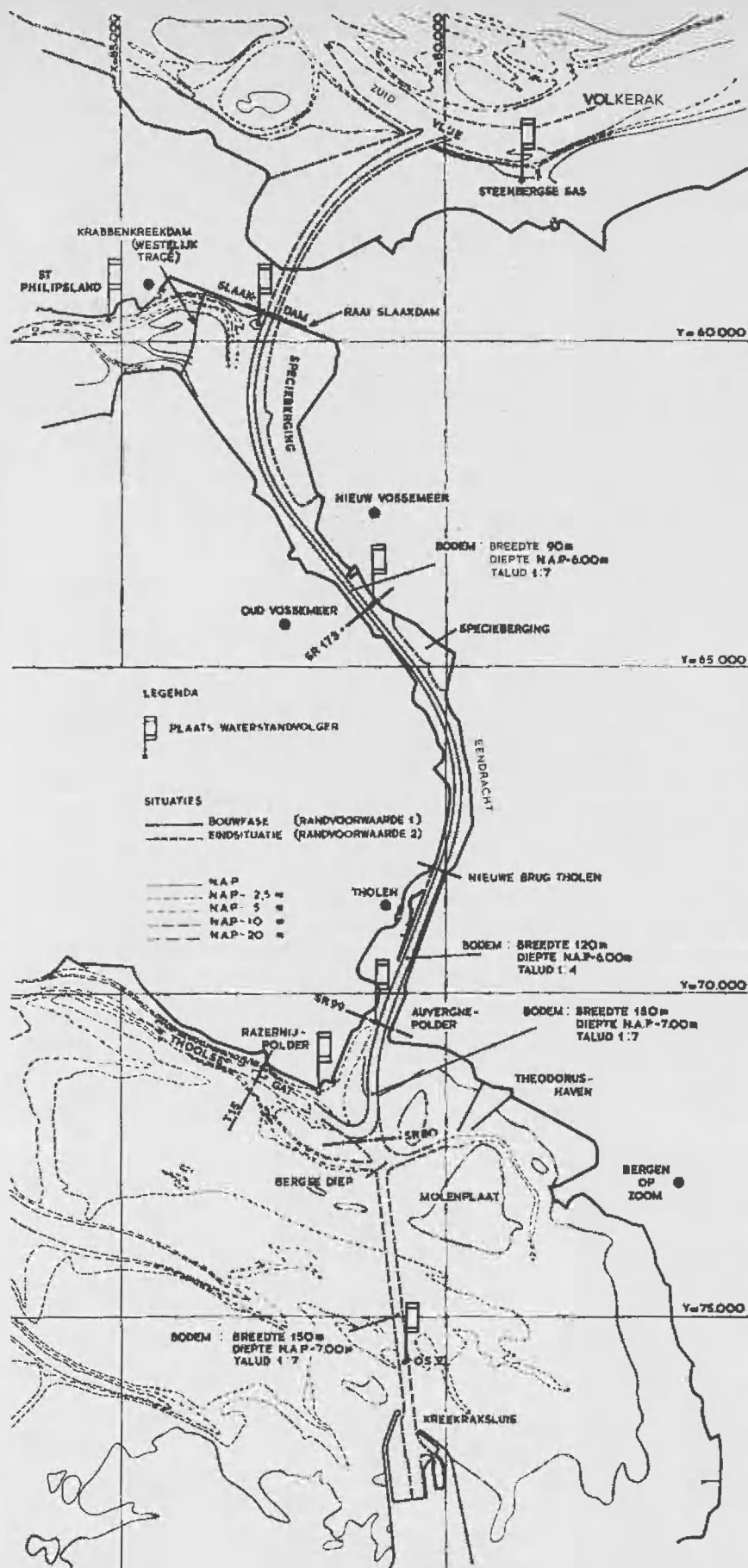


T41 en T32

SCHAAL 1:100.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I FIG. 11



BOUWFASE EN EINDSITUATIE VOLGENS
BEREKENINGEN PERMANENTIE MODEL M.956

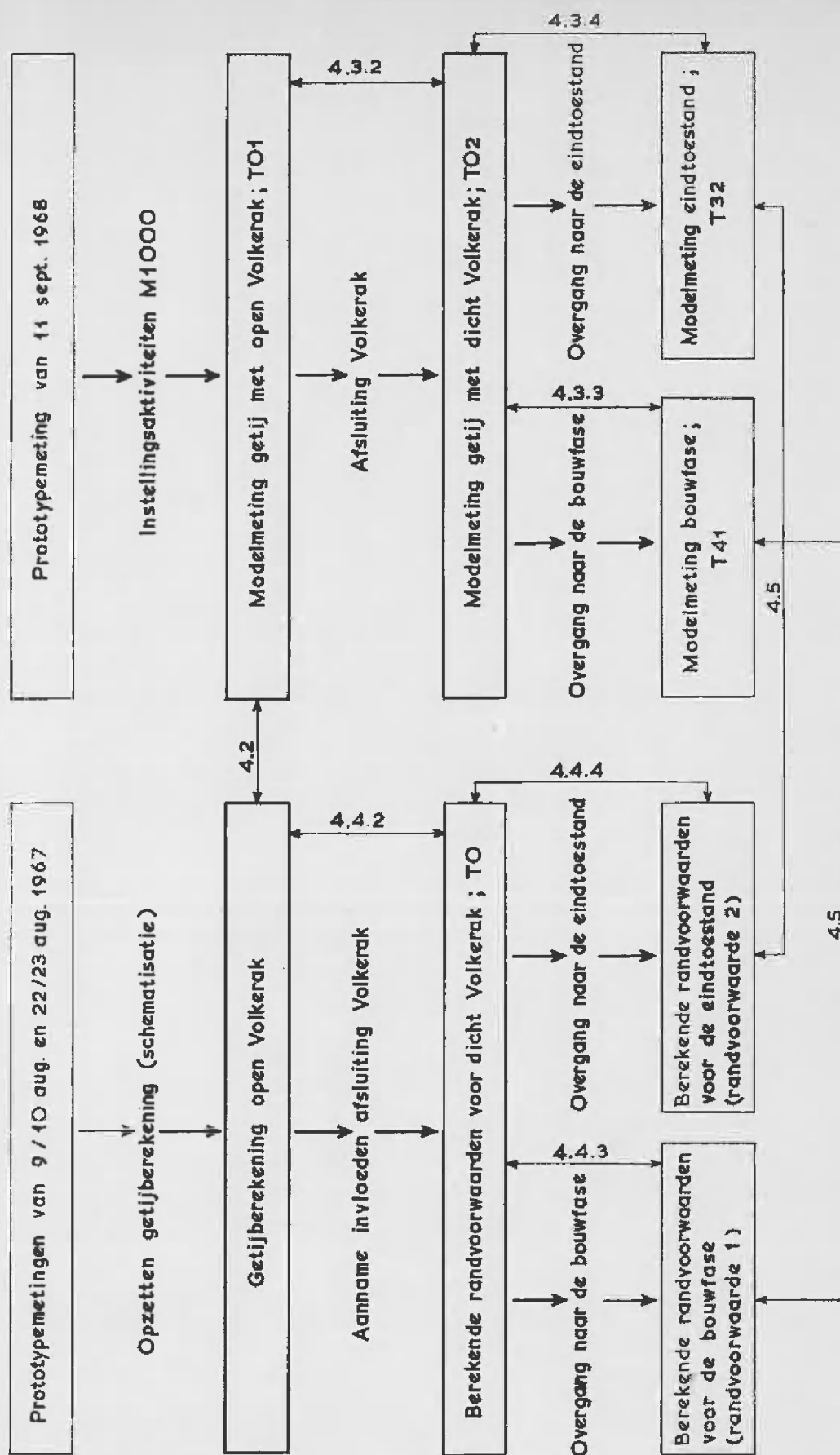
SCHAAL 1:100.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

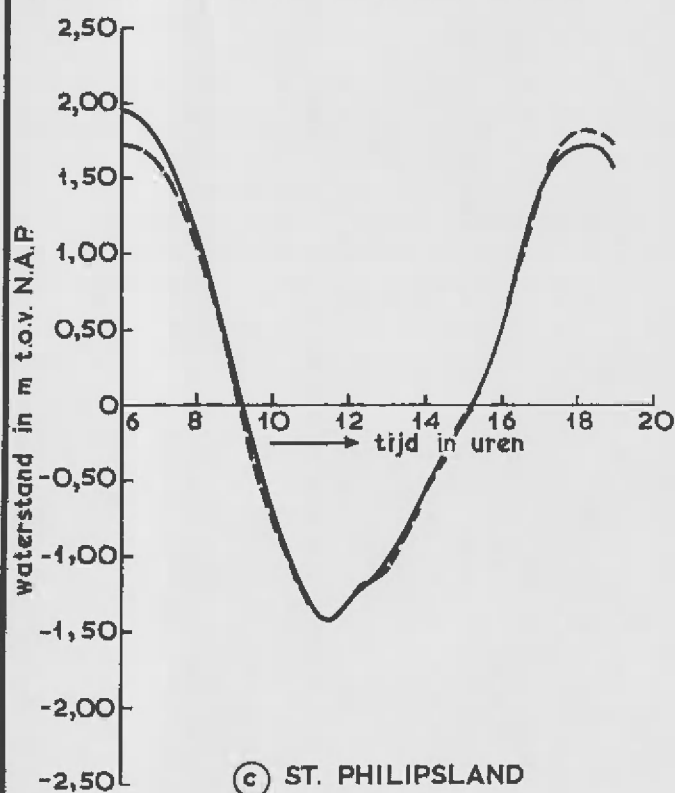
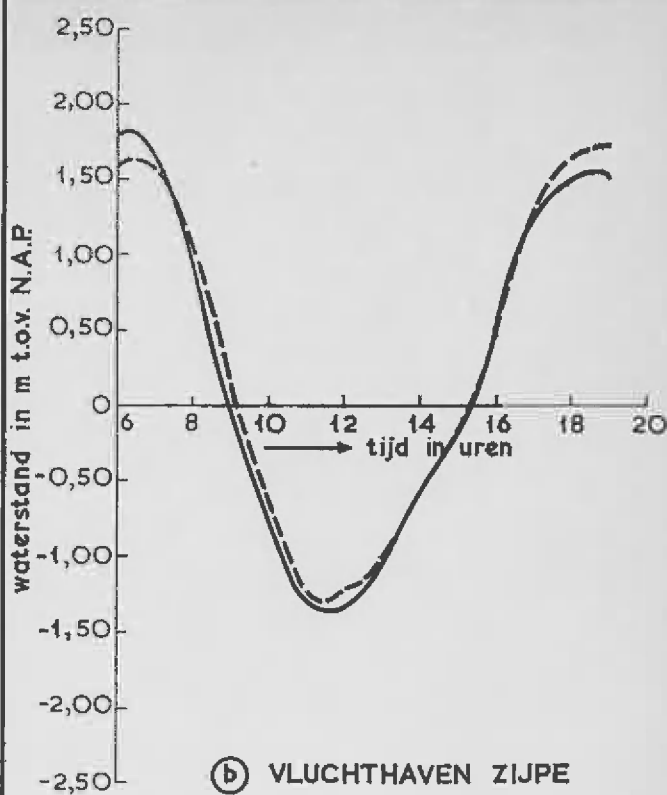
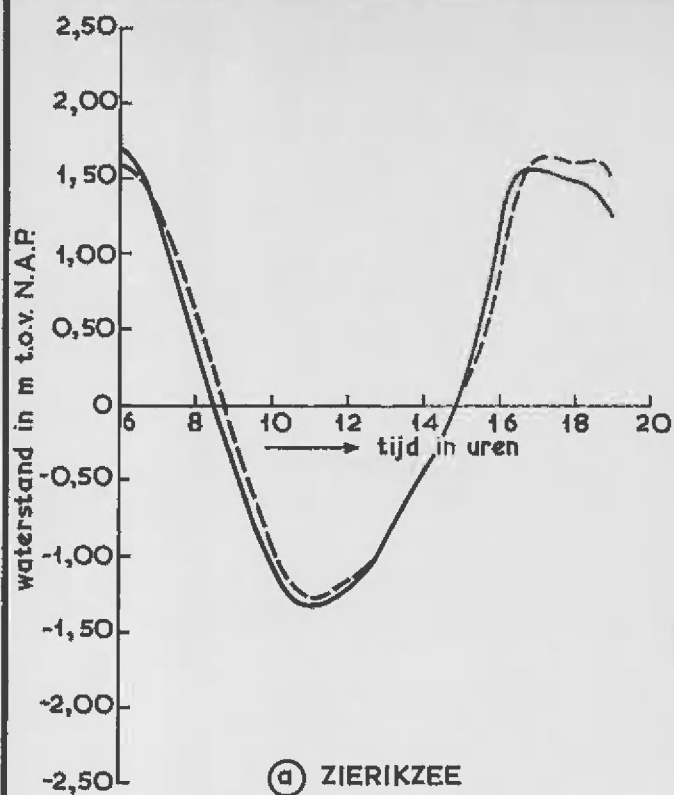
M. 1106-I FIG. 12

M956

M1106



SCHEMA VAN VERGELIJKINGEN HOOFDSTUK 4



— Prototype 9 aug. 1967 (M956)
 - - - Model TO1 (M1106)

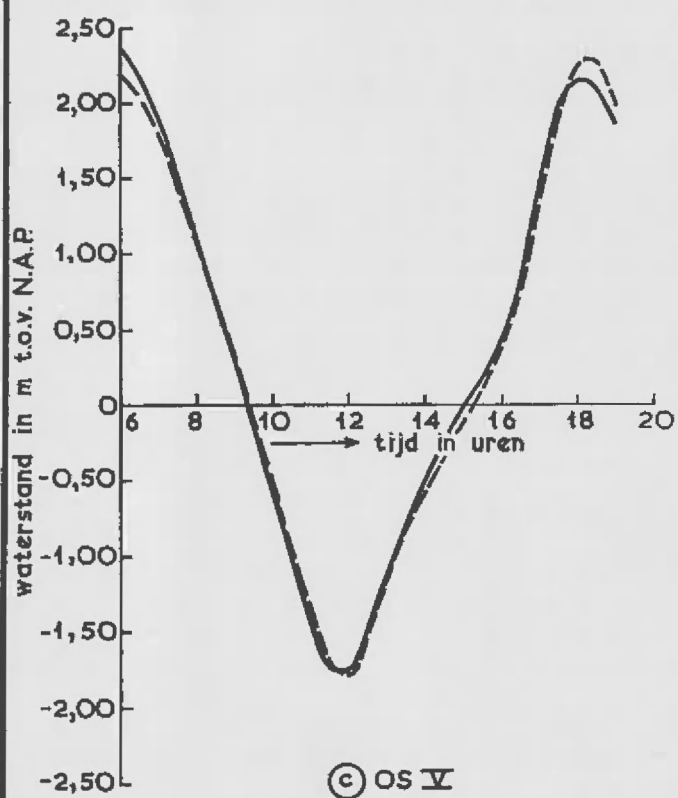
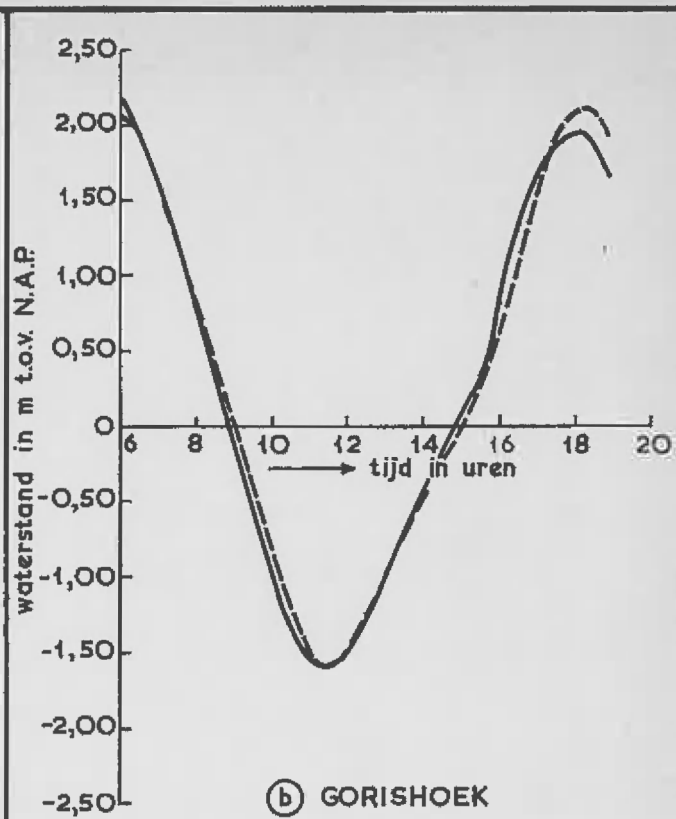
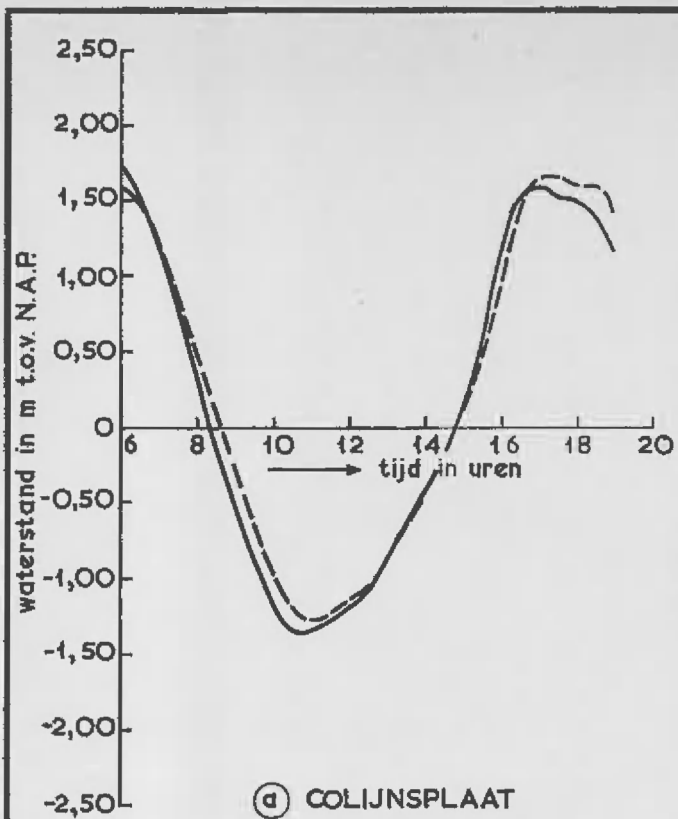
VERTIKAAL GETIJ

prototype en TO1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 14



— Prototype 9 aug. 1967 (M956)
 --- Model TO1 (M1106)

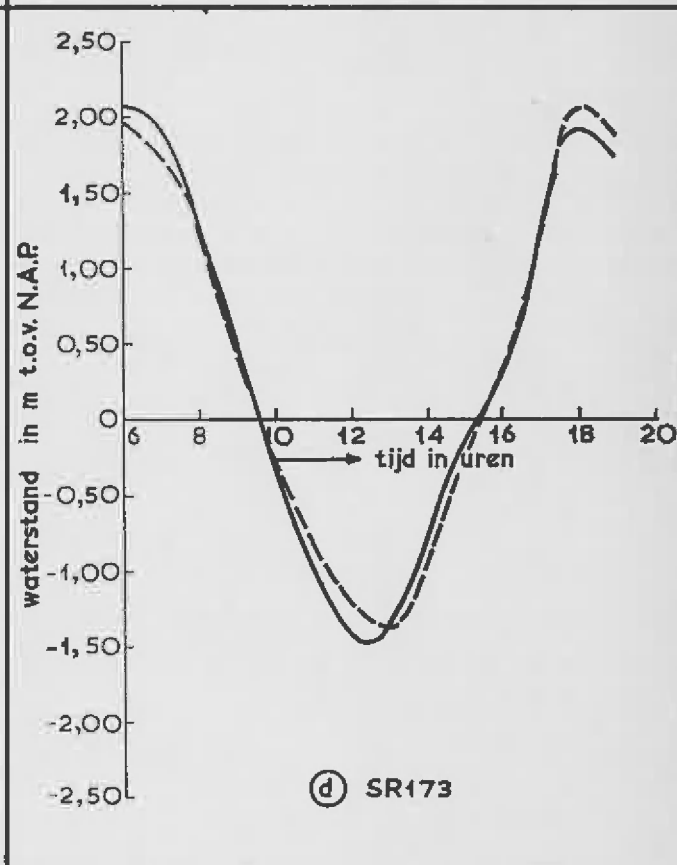
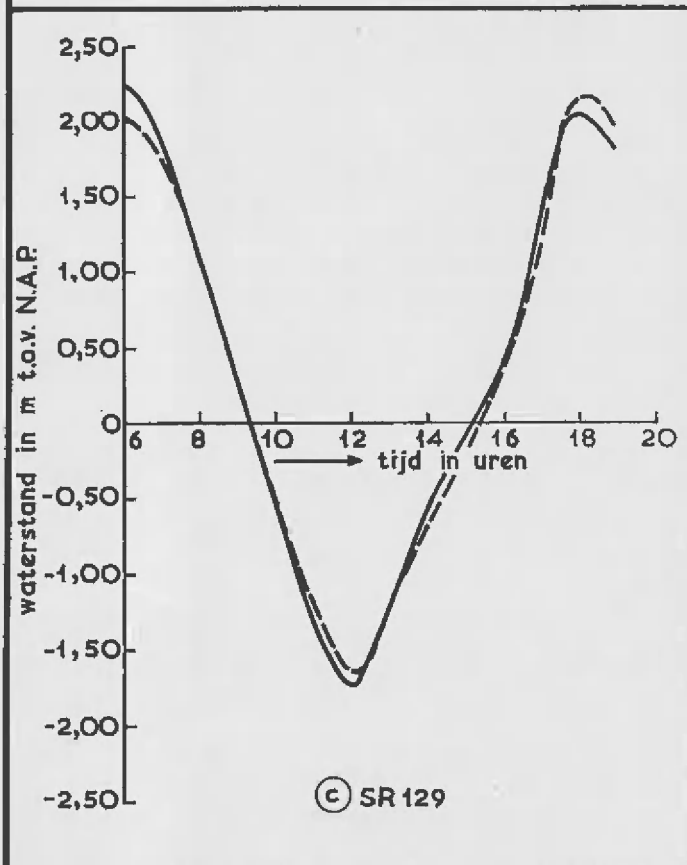
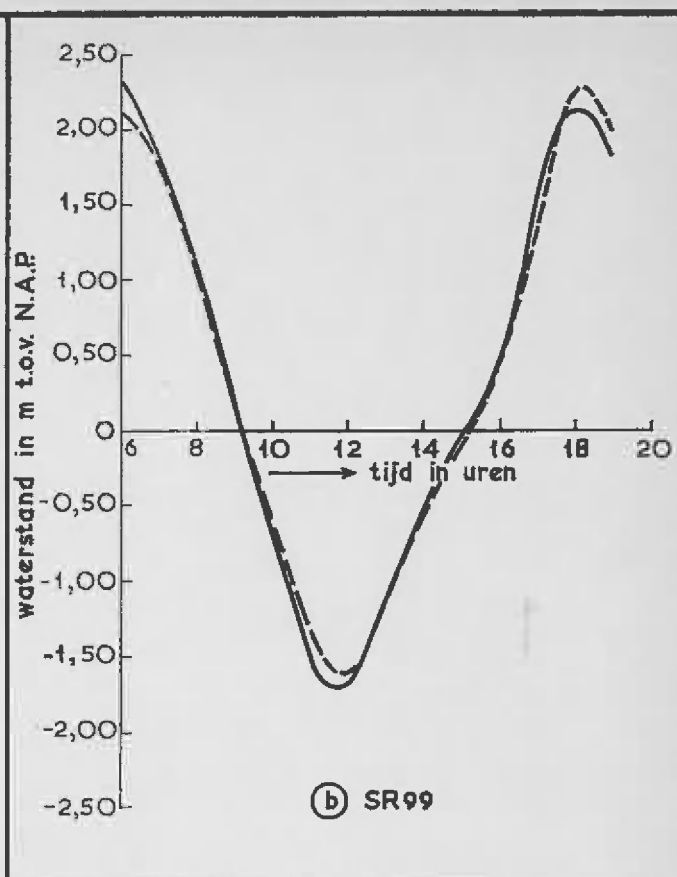
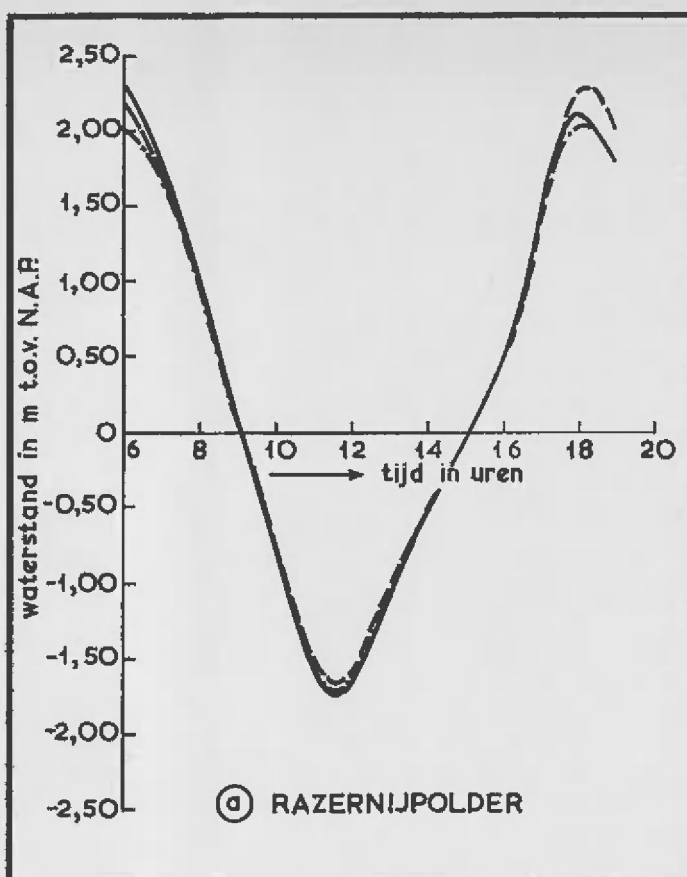
VERTIKAAL GETIJ

prototype en TO1

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 15



— Prototype 9 aug. 1967 (M 956)
 - - - - - Prototype 23 aug. 1967 (M 956)
 - . - . - Model TO1 (M 1106)

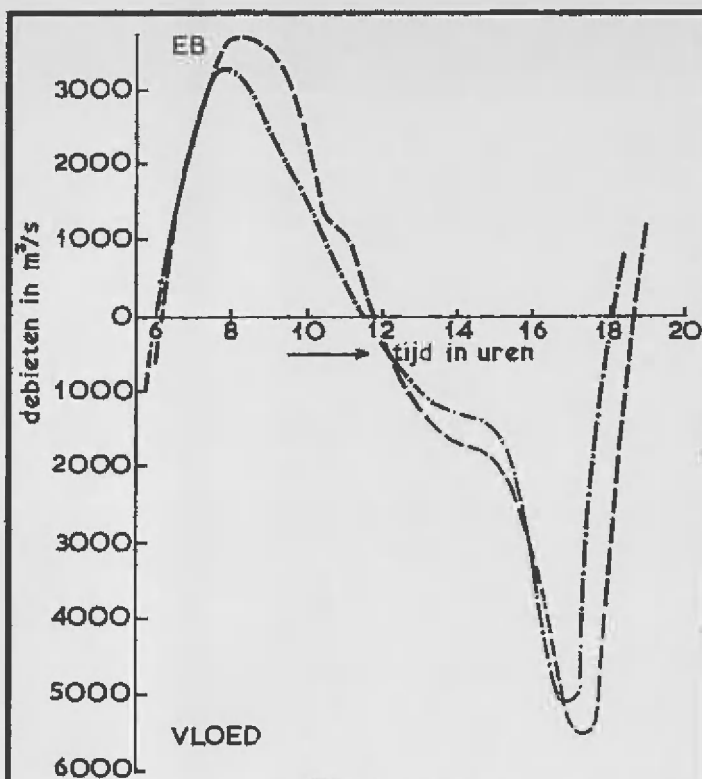
VERTIKAAL GETIJ

prototype en TO1

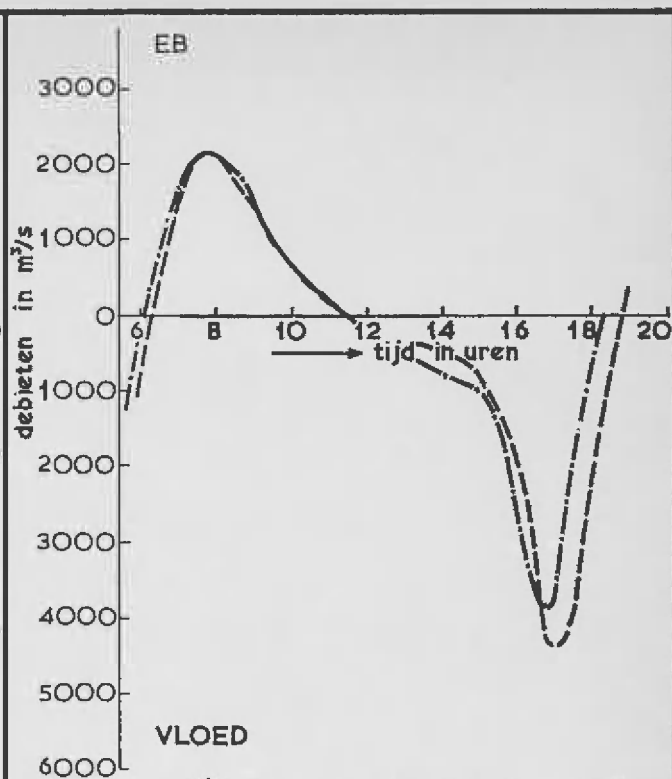
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

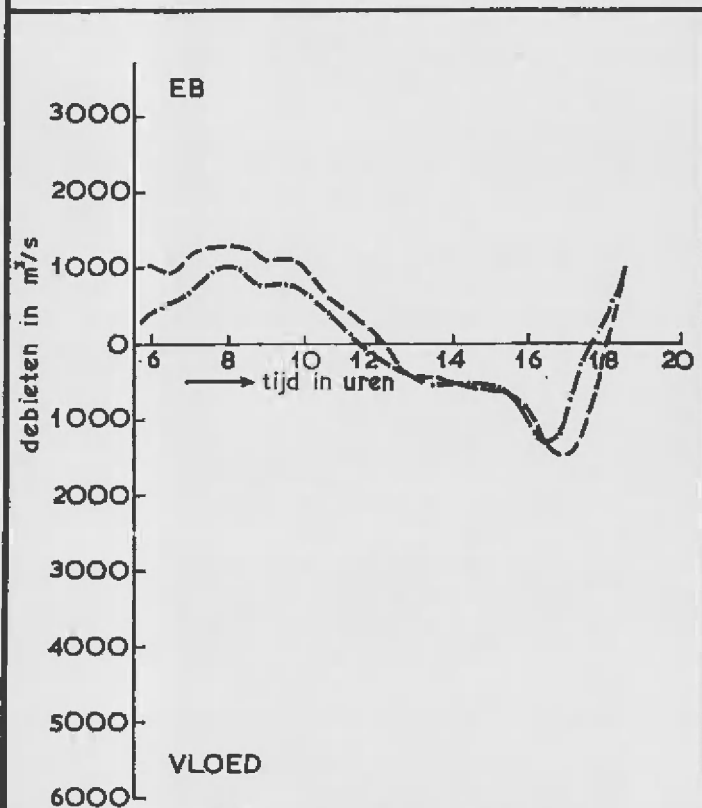
FIG. 16



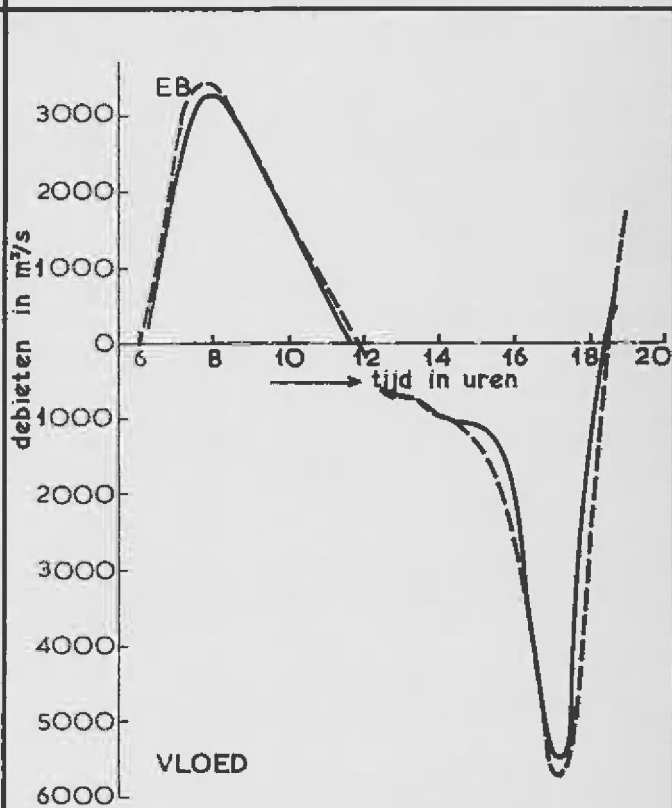
(a) RAAI T15



(b) RAAI AB (THOOLSE GAT)



(c) RAAI AB (BERGSE DIEP)



(d) RAAI AB (TOTAAL)

— Prototype 9 aug. 1967 (M 956)
 - - - Prototype 23 aug. 1967 (M 956)
 - - - Model TO1 (M 1106)

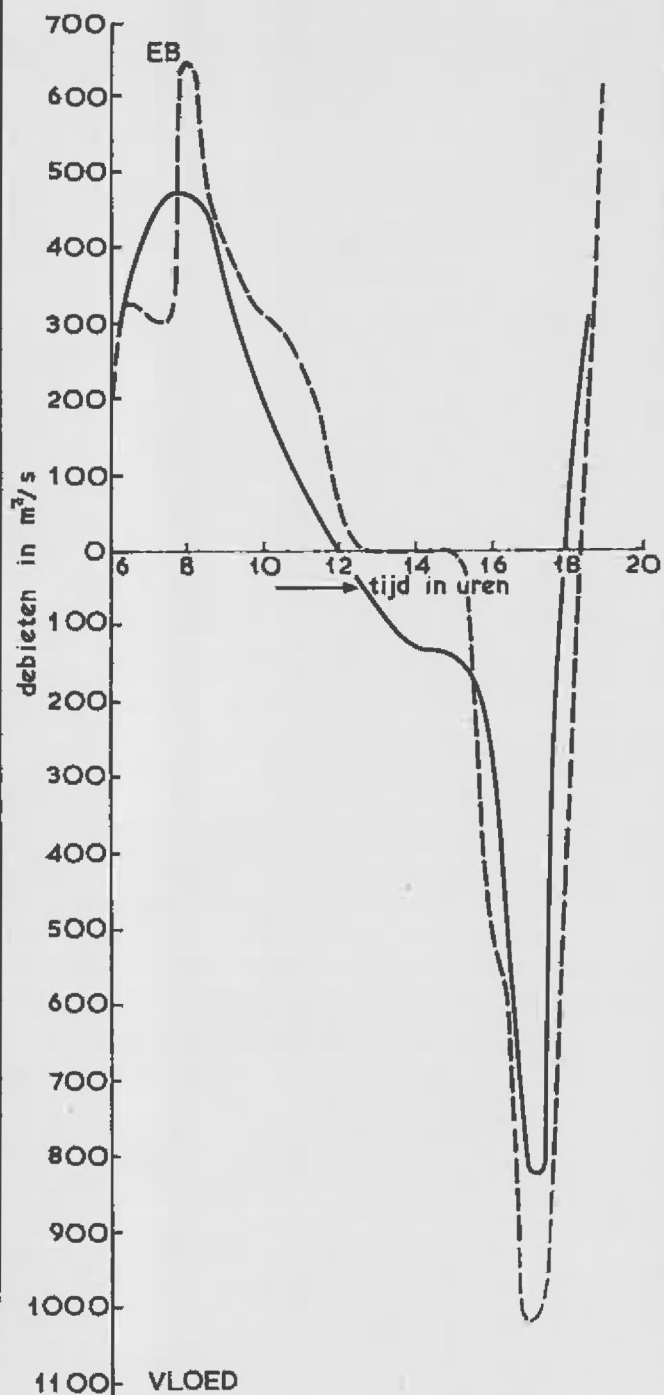
DEBIETEN

prototype en TO1

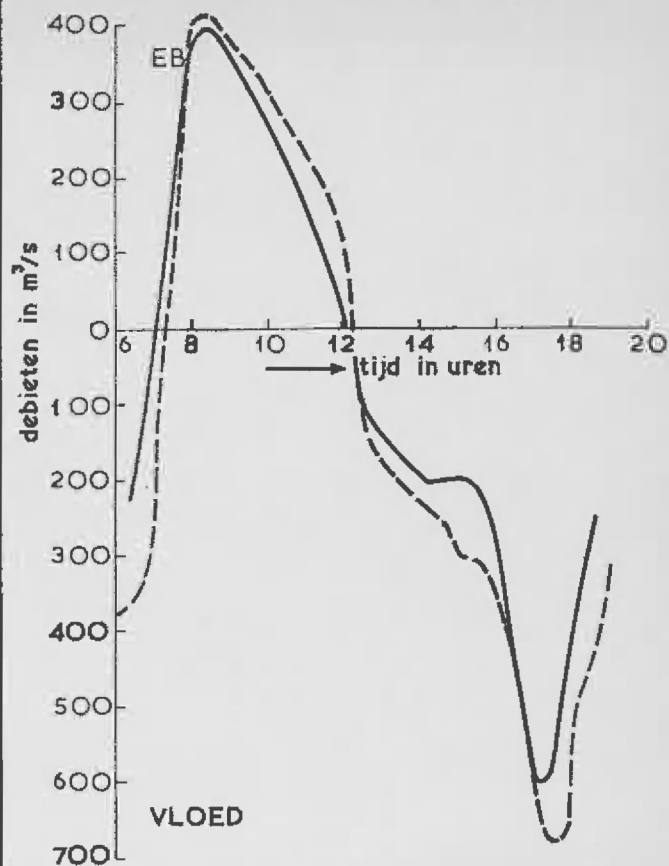
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

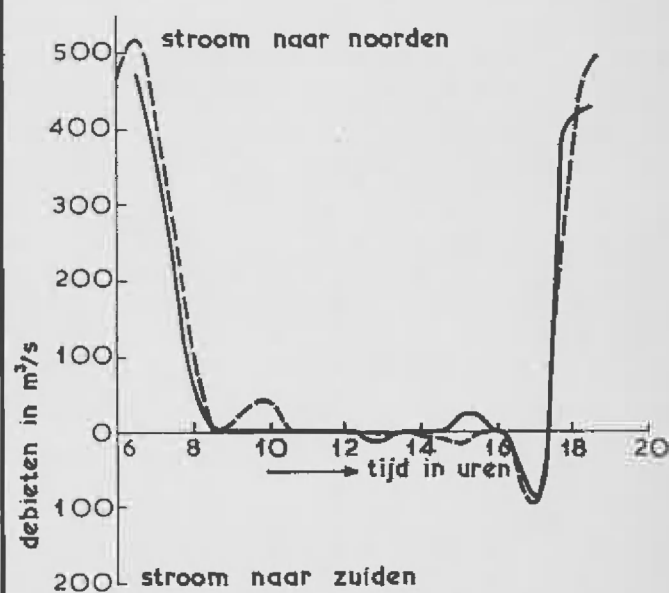
FIG. 17



Ⓐ RAAI THEODORUSHAVEN



Ⓑ RAAI SR99

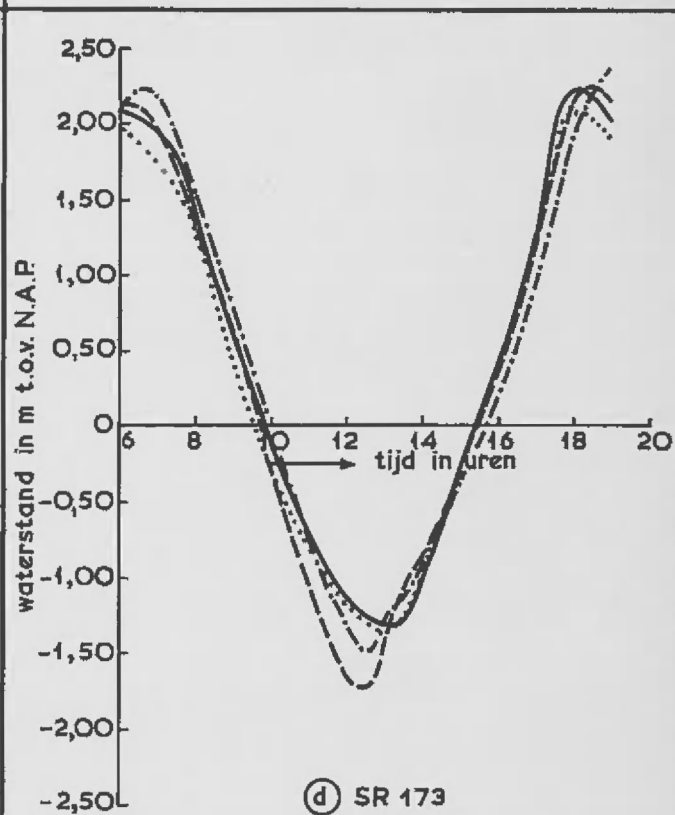
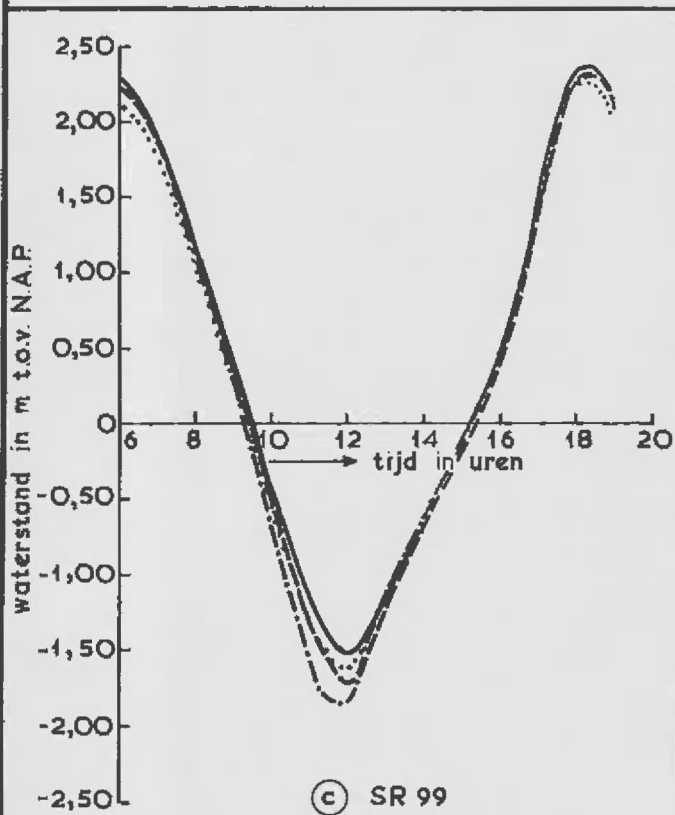
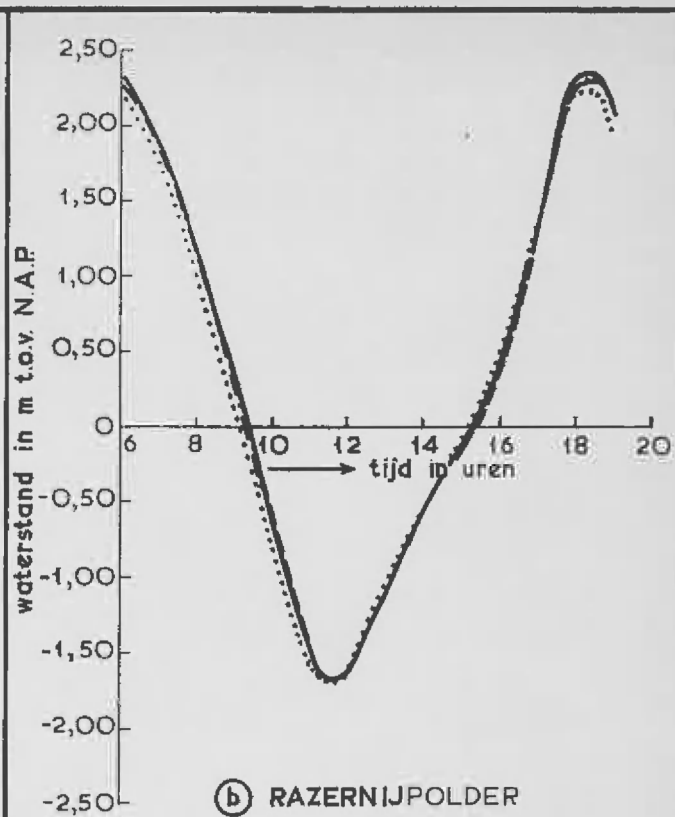
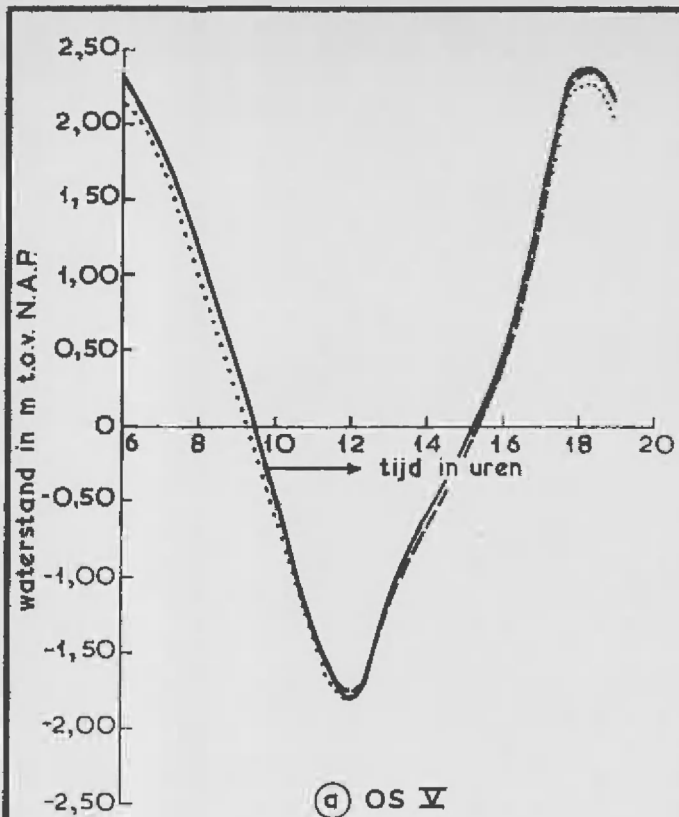


Ⓒ RAAI SR173

— Prototype 9 aug. 1967 (M956)
 - - - Model TO1 (M1106)

DEBIETEN

prototype en TO1

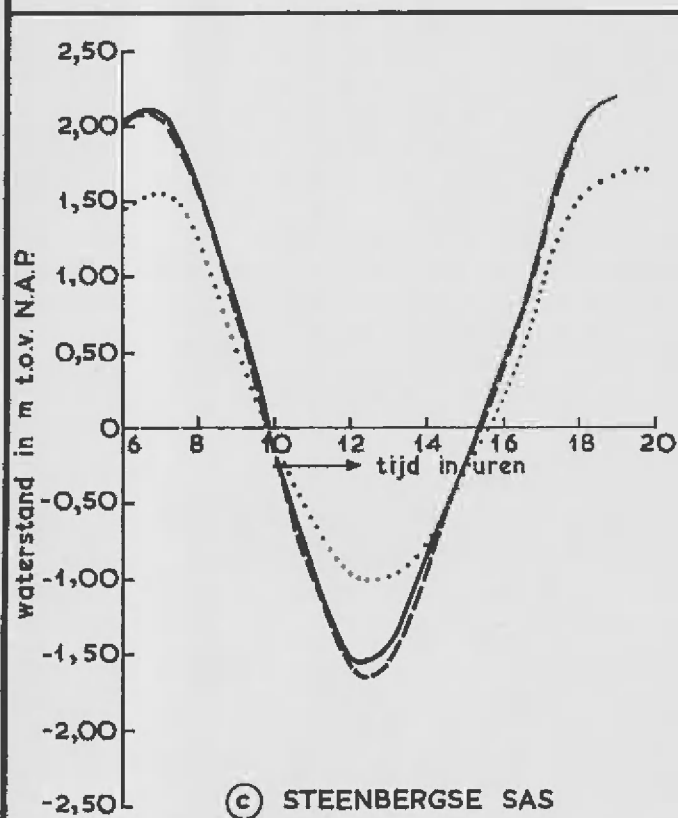
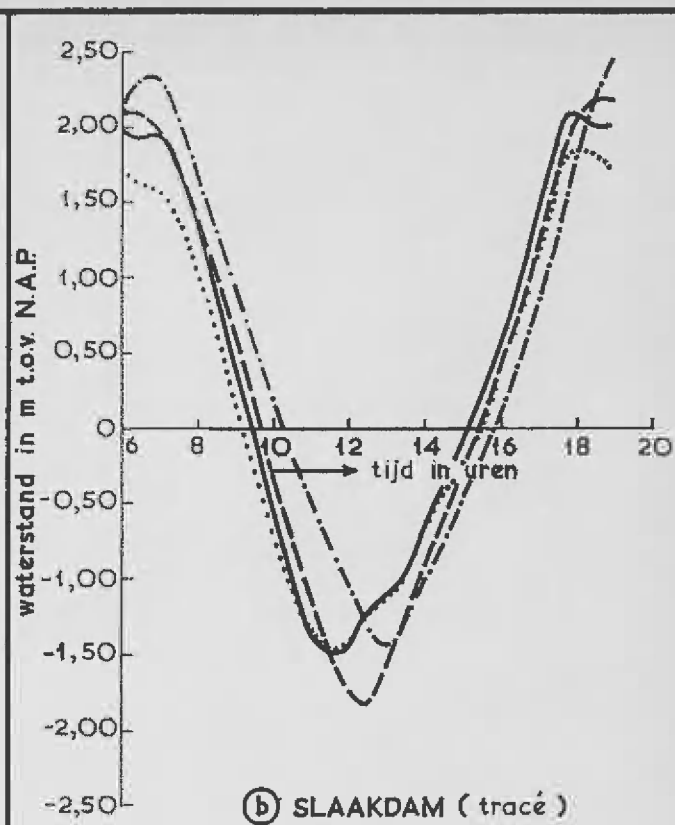
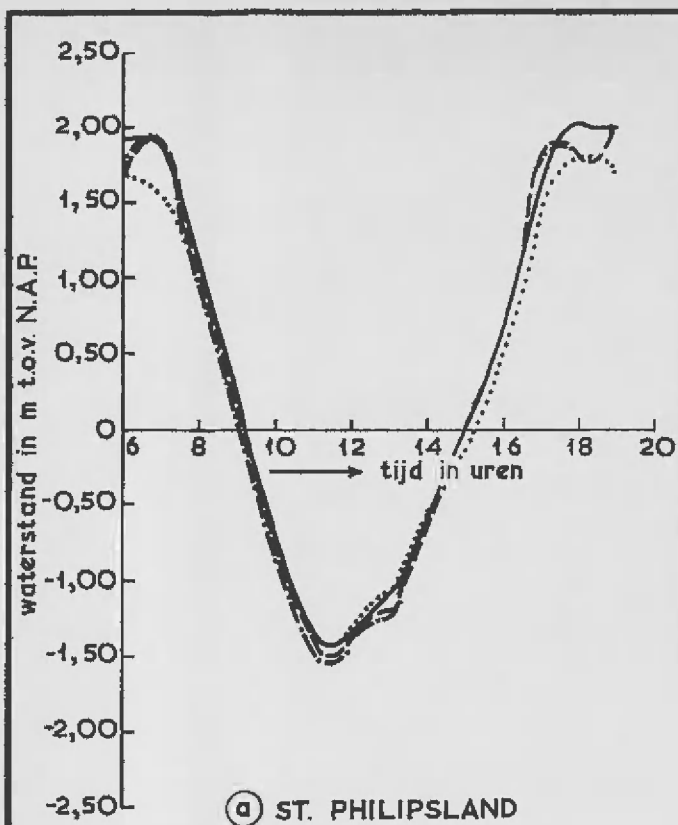


..... TO1 (open Volkerak)
 ——— TO2 (dicht Volkerak)

----- T41 (bouwfase)
 -.-.-.- T32 (eindsituatie)

VERTIKAAL GETIJ

TO1, TO2, T32 en T41



..... TO1 (open Volkerak)
 ——— TO2 (dicht Volkerak)

----- T41 (bouwfase)
 - - - - - T32 (eindsituatie)

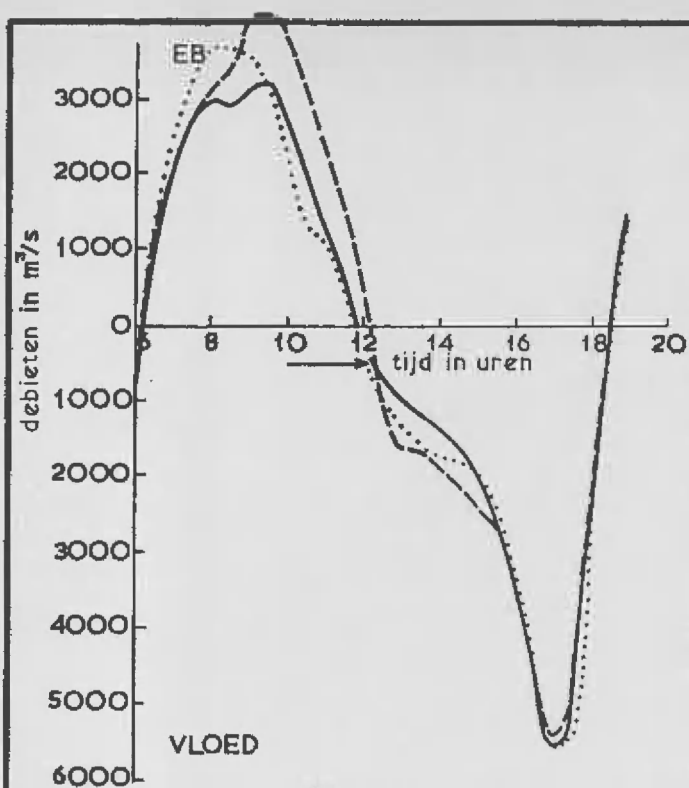
VERTIKAAL GETIJ

TO1, TO2, T32 en T41

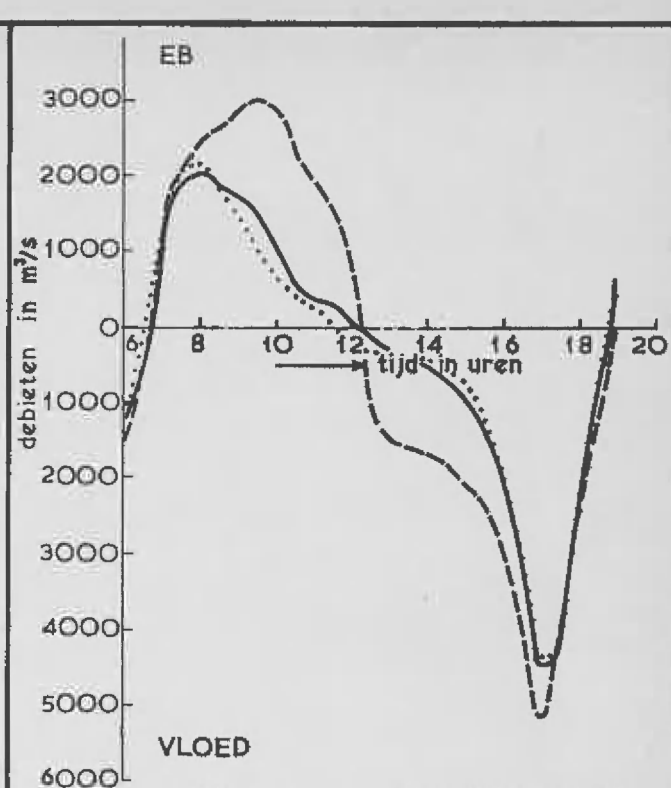
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

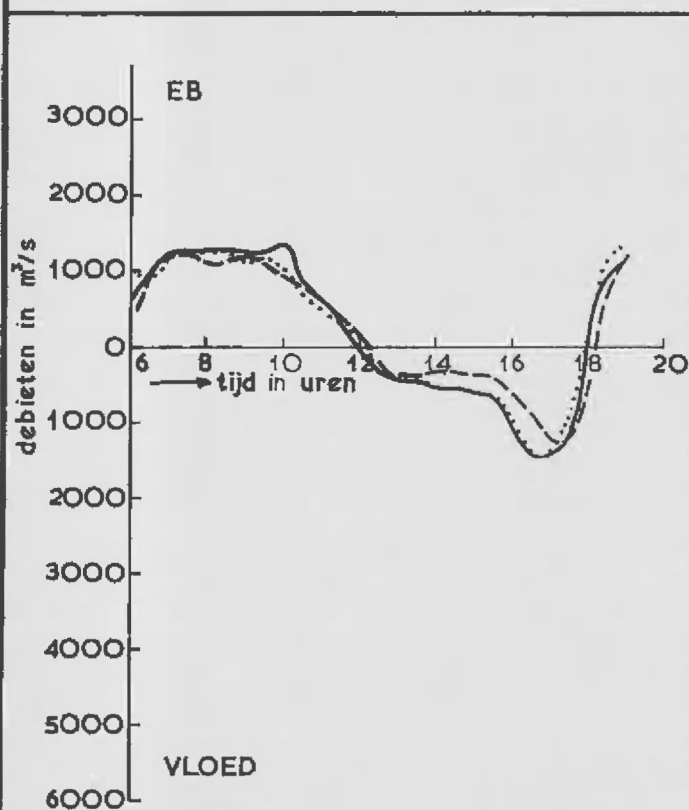
FIG. 20



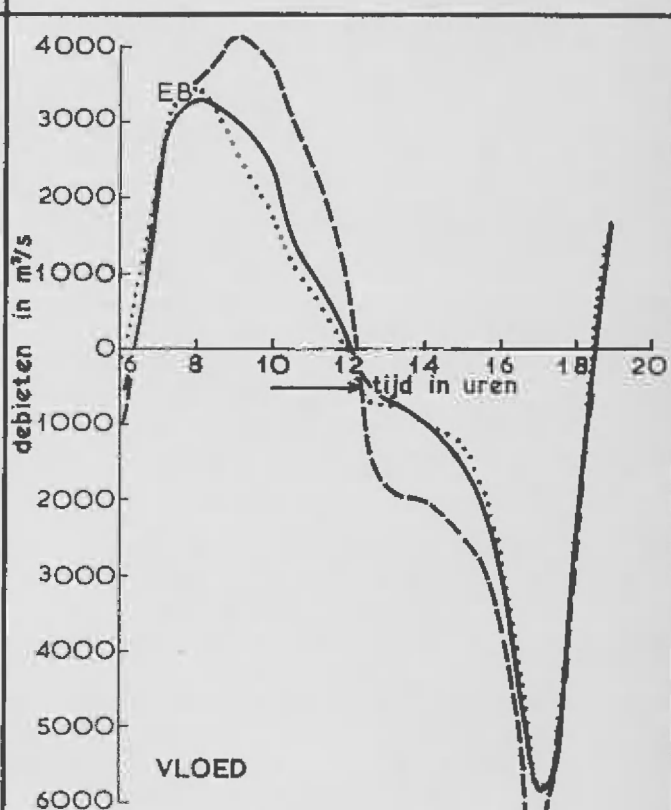
(a) RAAI T15



(b) RAAI AB (THOOLSE GAT)



(c) RAAI AB (BERGSE DIEP)



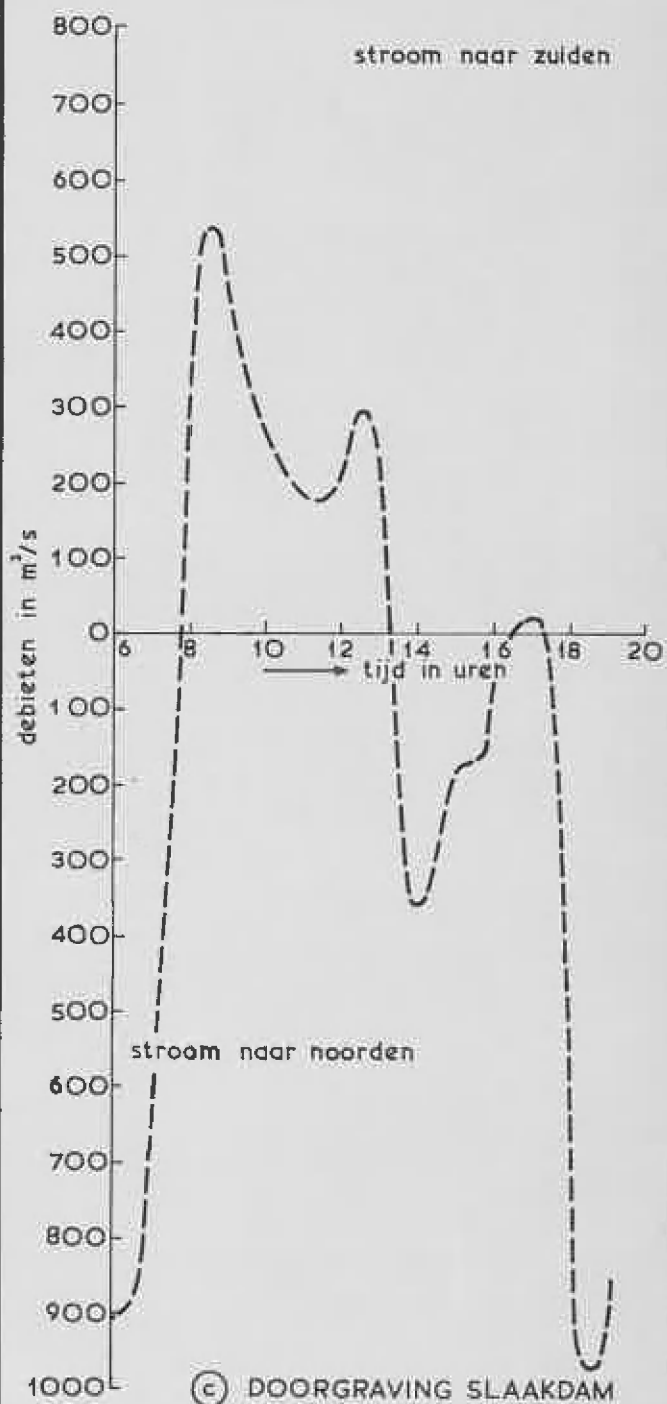
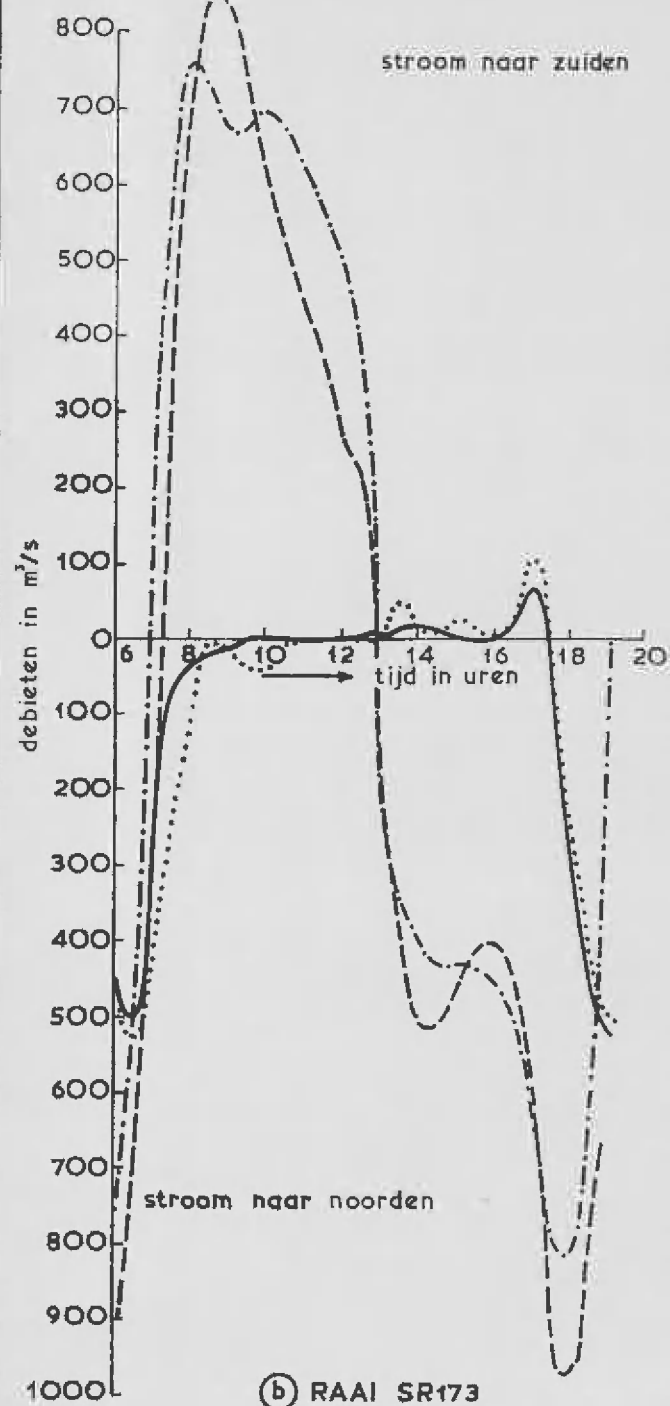
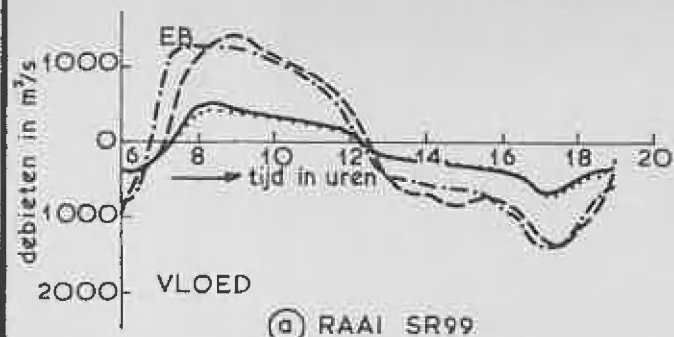
(d) RAAI AB (TOTAAL)

..... TO1 (open Volkerak)
 ——— TO2 (dicht Volkerak)

----- T32 (eindsituatie)

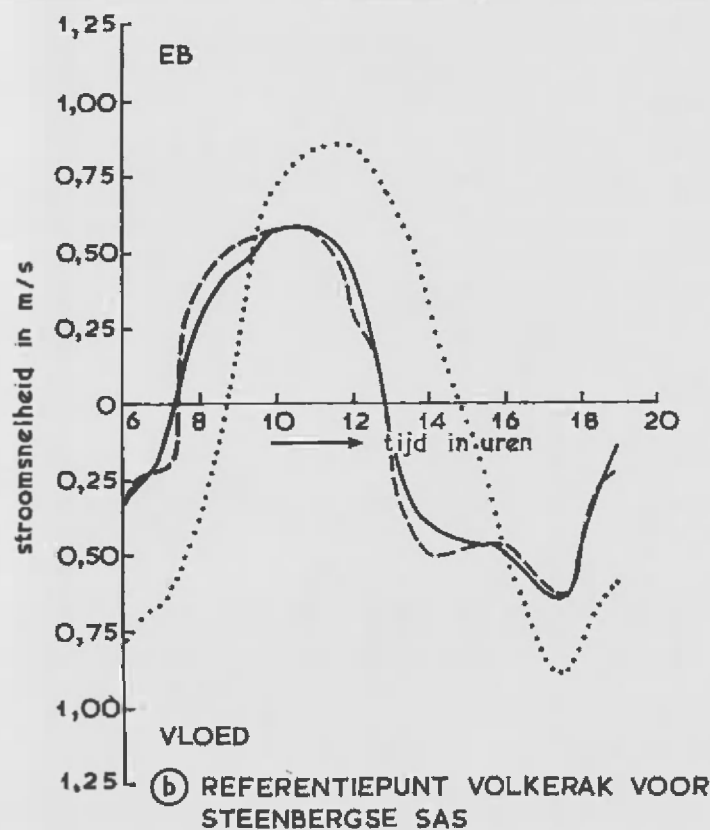
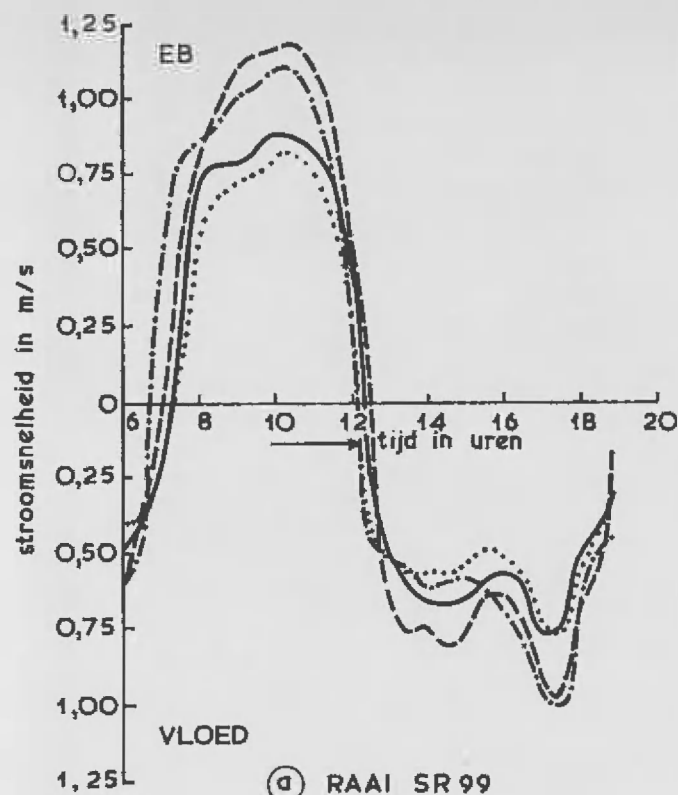
DEBIETEN

TO1, TO2, T32 en T41



DEBIETEN

TO1, TO2, T32 en T 41



..... TO1 (open Volkerak) - - - - - T41 (bouwfase)
 ————— TO2 (dicht Volkerak) - . - . - T32 (eindsituatie)

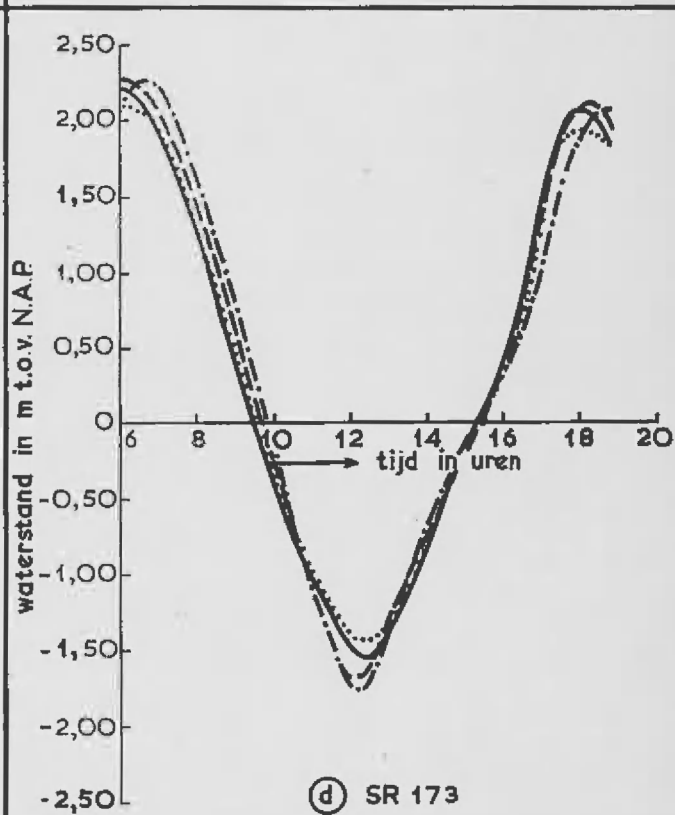
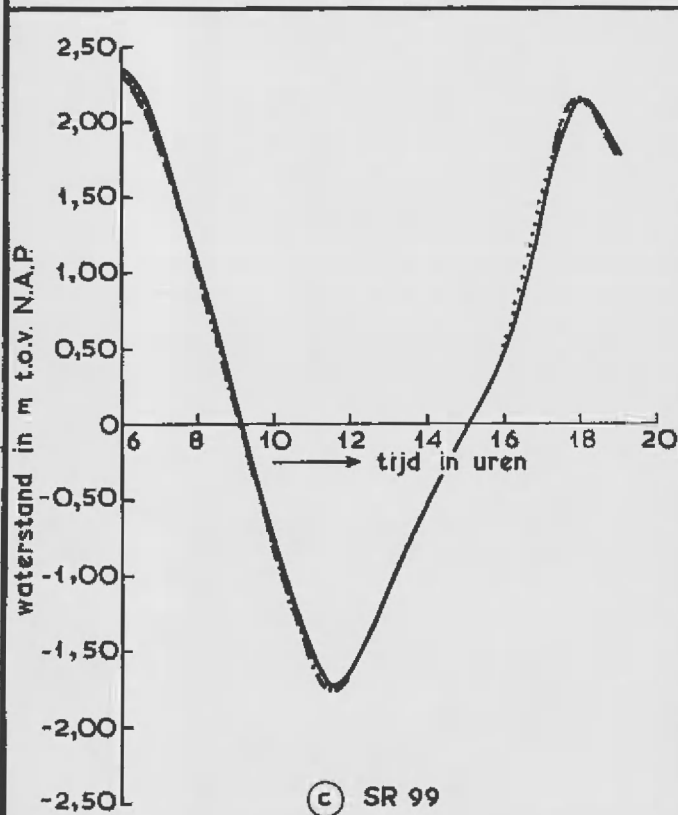
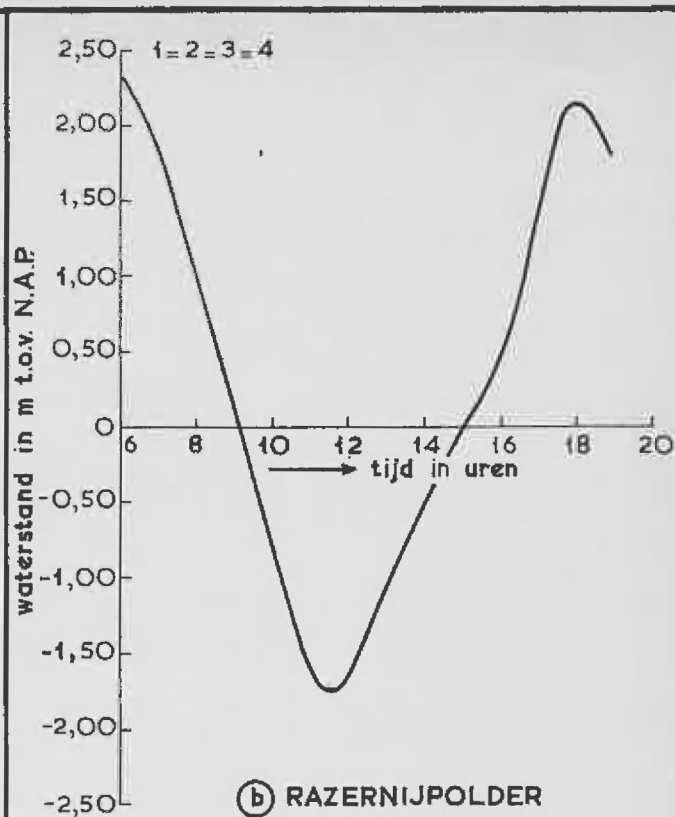
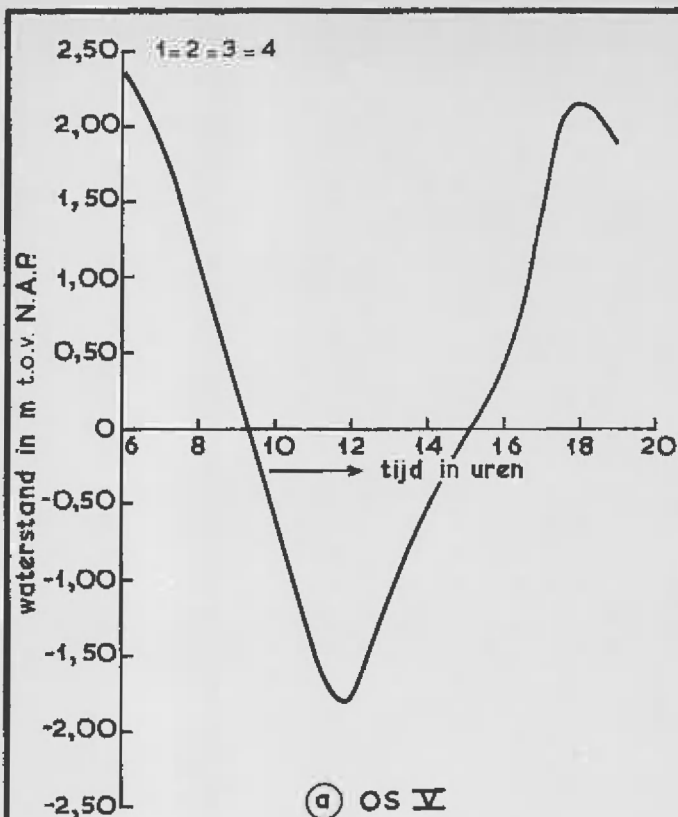
STROOMSNELHEDEN

TO1, TO2, T32 en T41

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

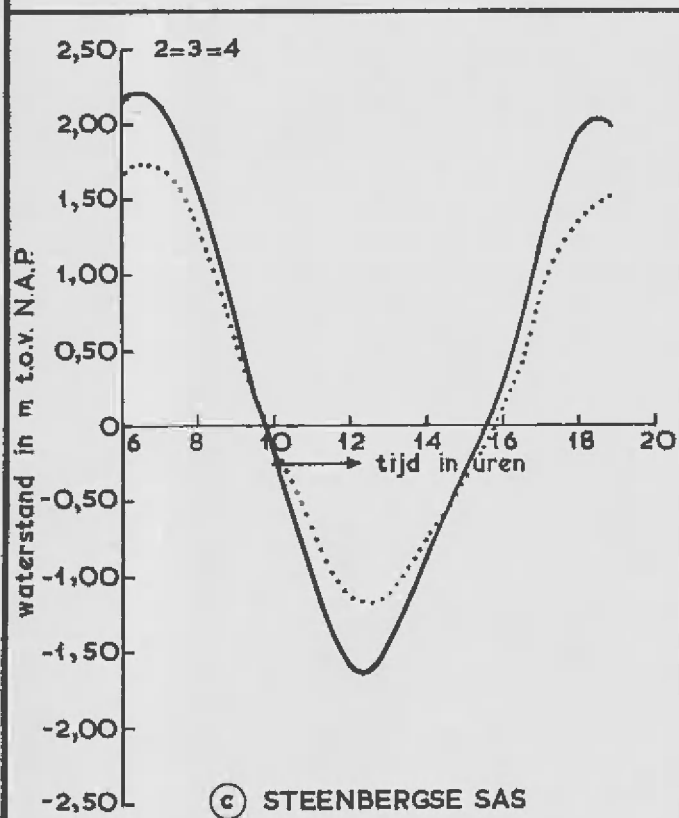
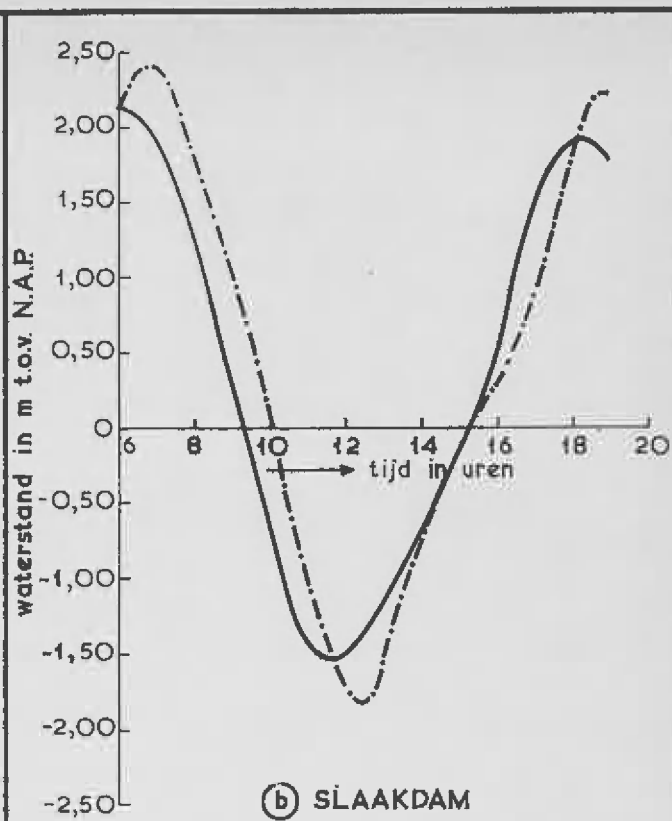
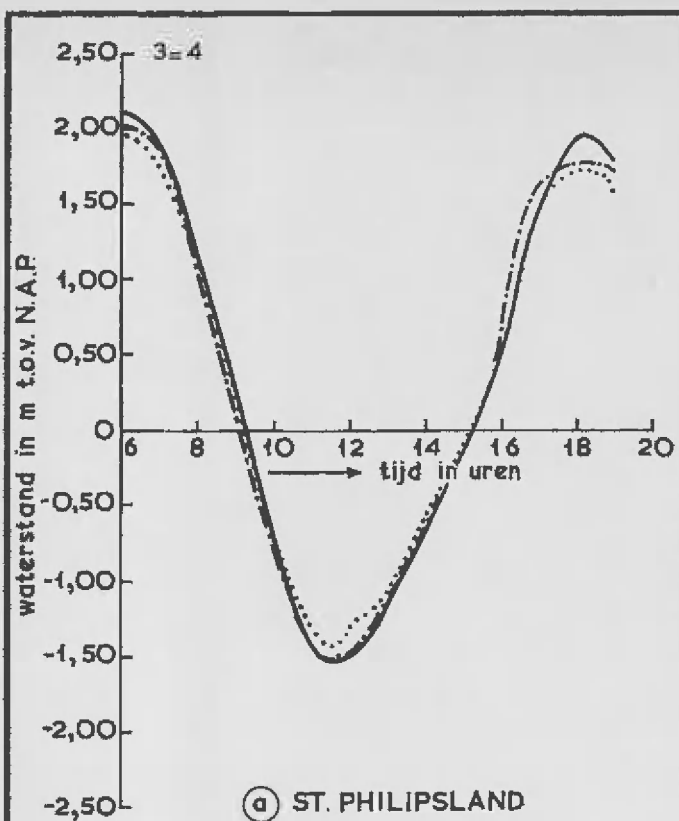
FIG. 23



1 9 aug.'67 (open Volkerak)
2 ——— 9 aug.'67 (dicht Volkerak)

3 - - - - - bouwfase (randvoorwaarde 1)
4 - - - - - eindsituatie (randvoorwaarde 2)

VERTIKAAL GETIJ
(berekend voor M956)



1 TO1 (open Volkerak)
2 ————— TO2 (dicht Volkerak)

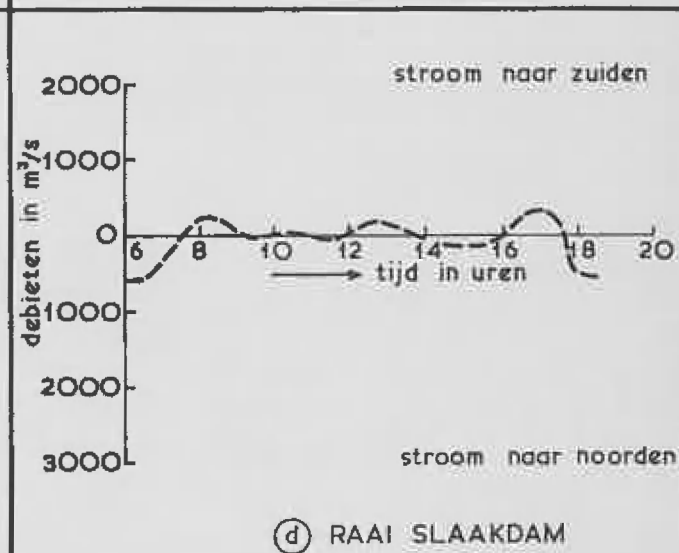
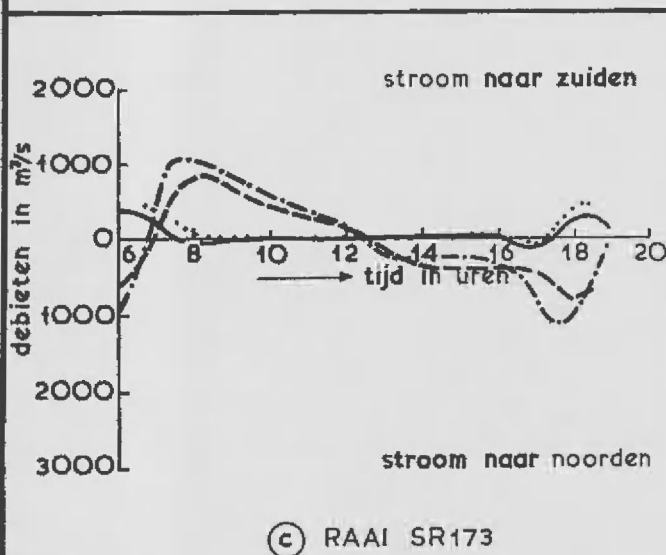
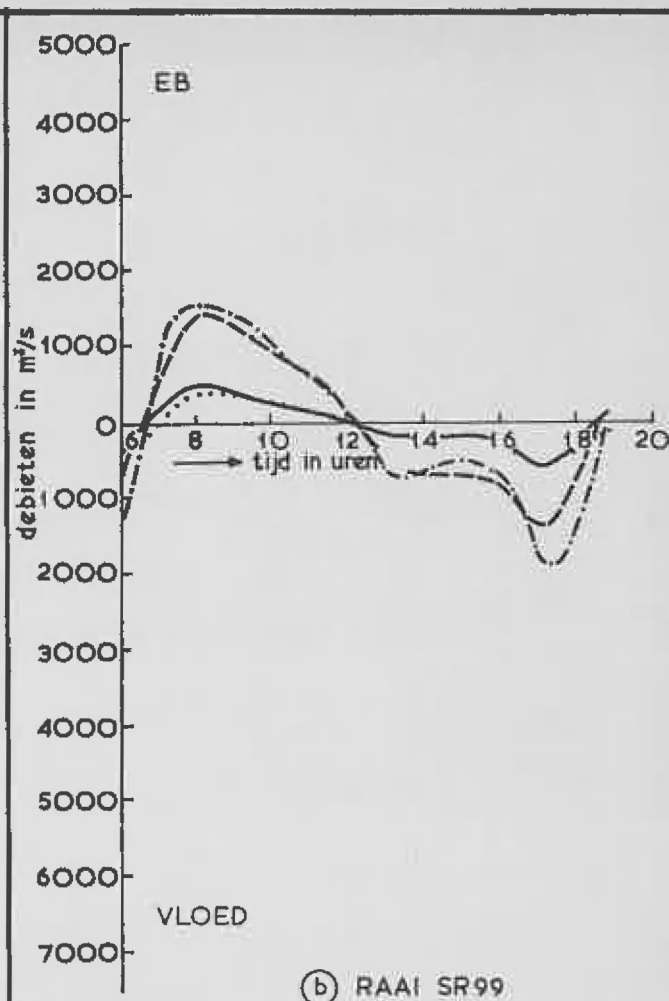
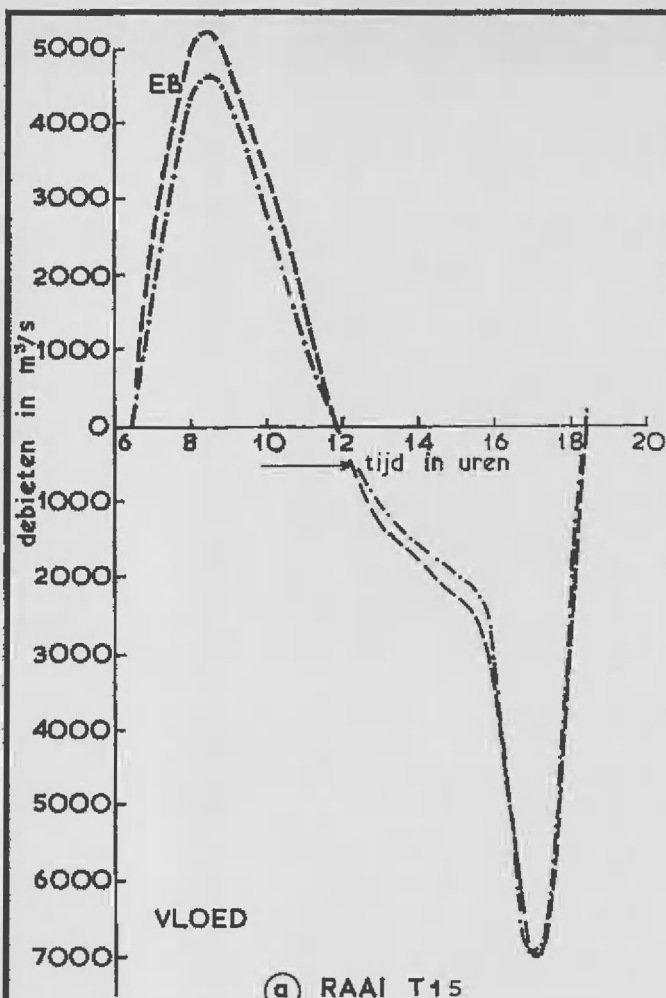
3 -.-.-.- bouw fase (randvoorwaarde 1)
4 ——— eindsituatie (randvoorwaarde 2)

VERTIKAAL GETIJ
(berekend voor M 956)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

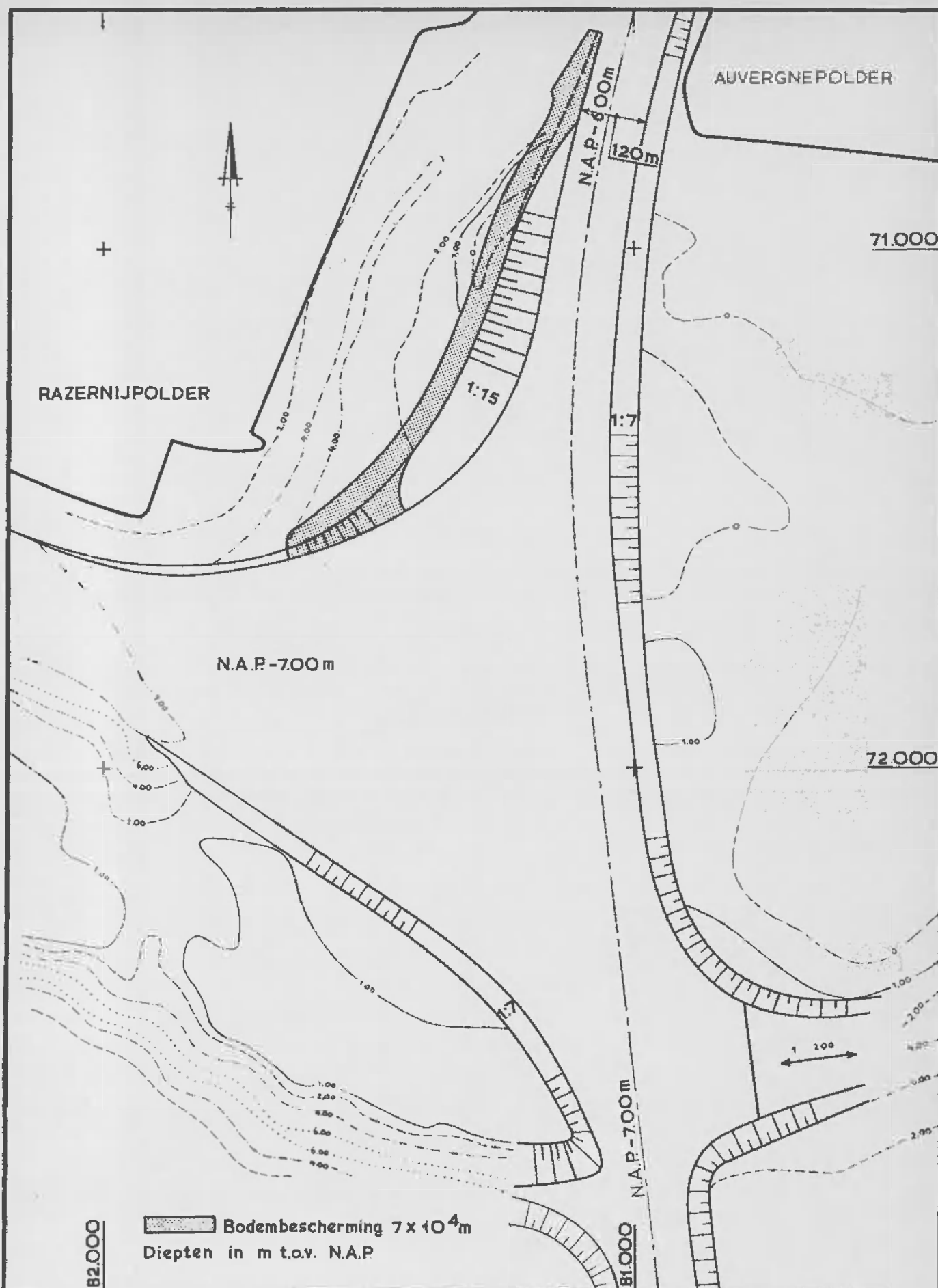
FIG. 25



..... 9 aug. '67 (open Volkerak)
 ————— 9 aug. '67 (dicht Volkerak)

— · — · — bouwfase (randvoorwaarde 1)
 — — — — — eindsituatie (randvoorwaarde 2)

DEBIETEN
 (berekend voor M956)



SITUATIE T35 IN M956

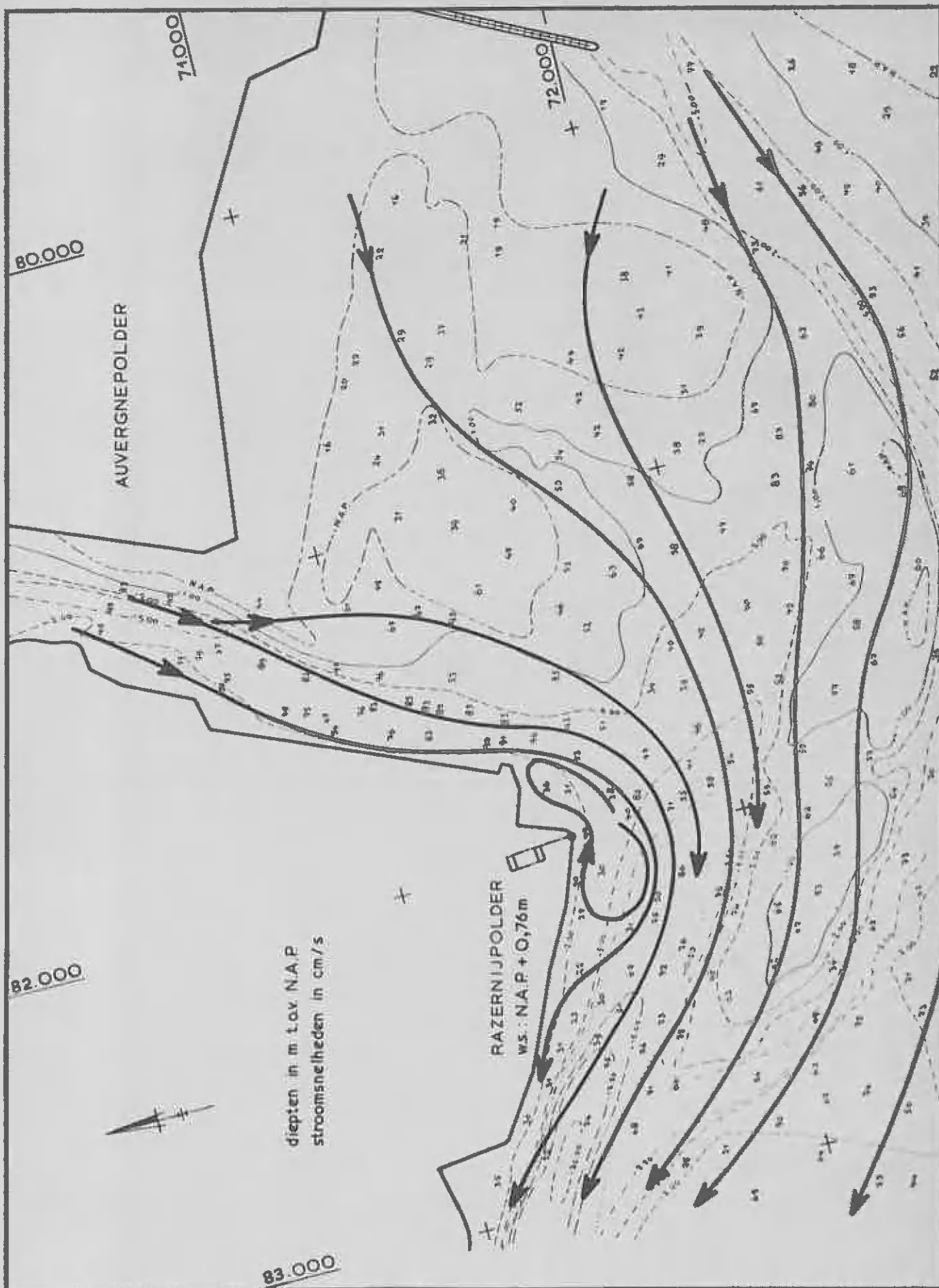
T 35

SCHAAL 1:10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 28



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

TO2

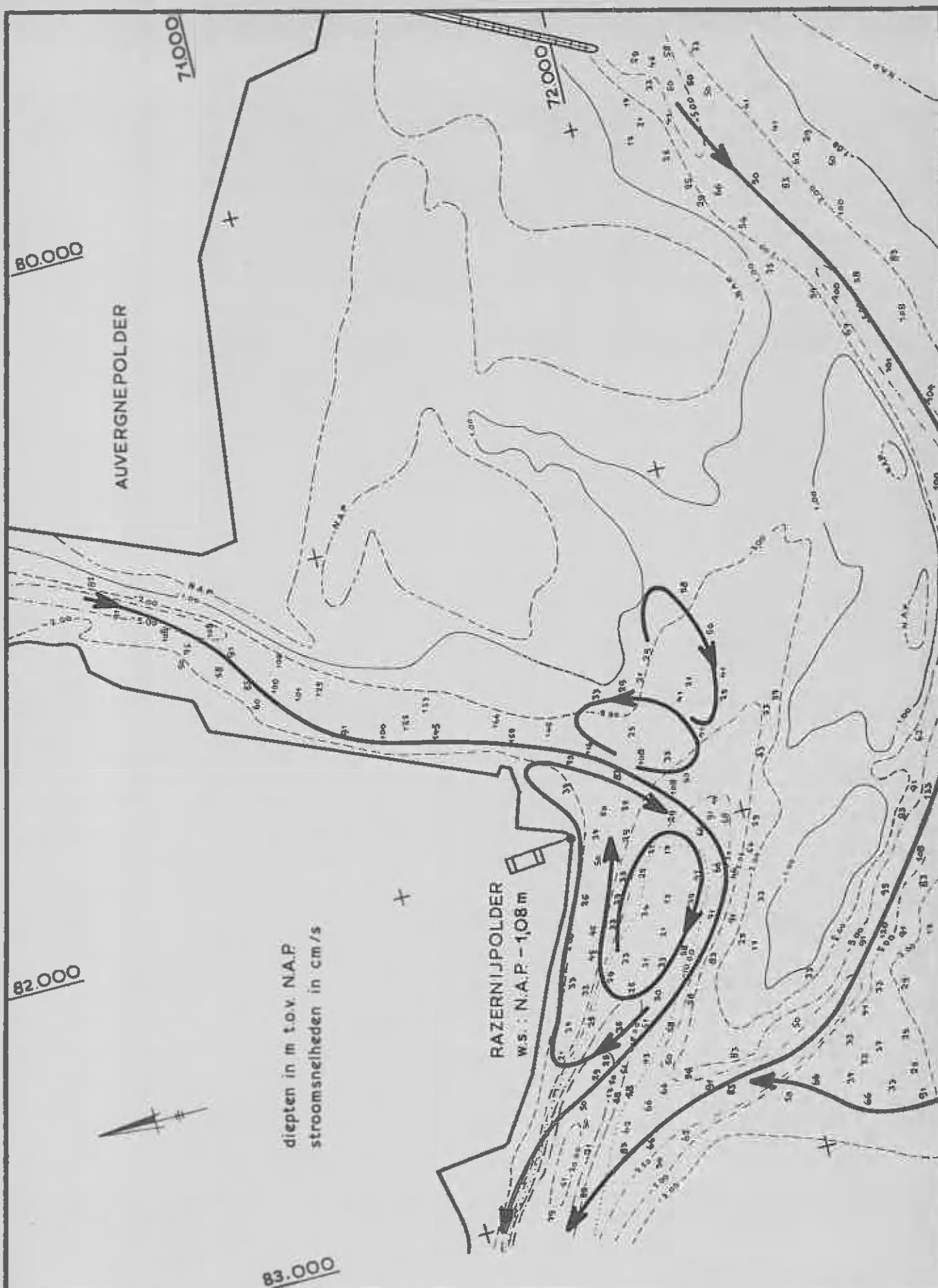
8.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 29



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

TO2

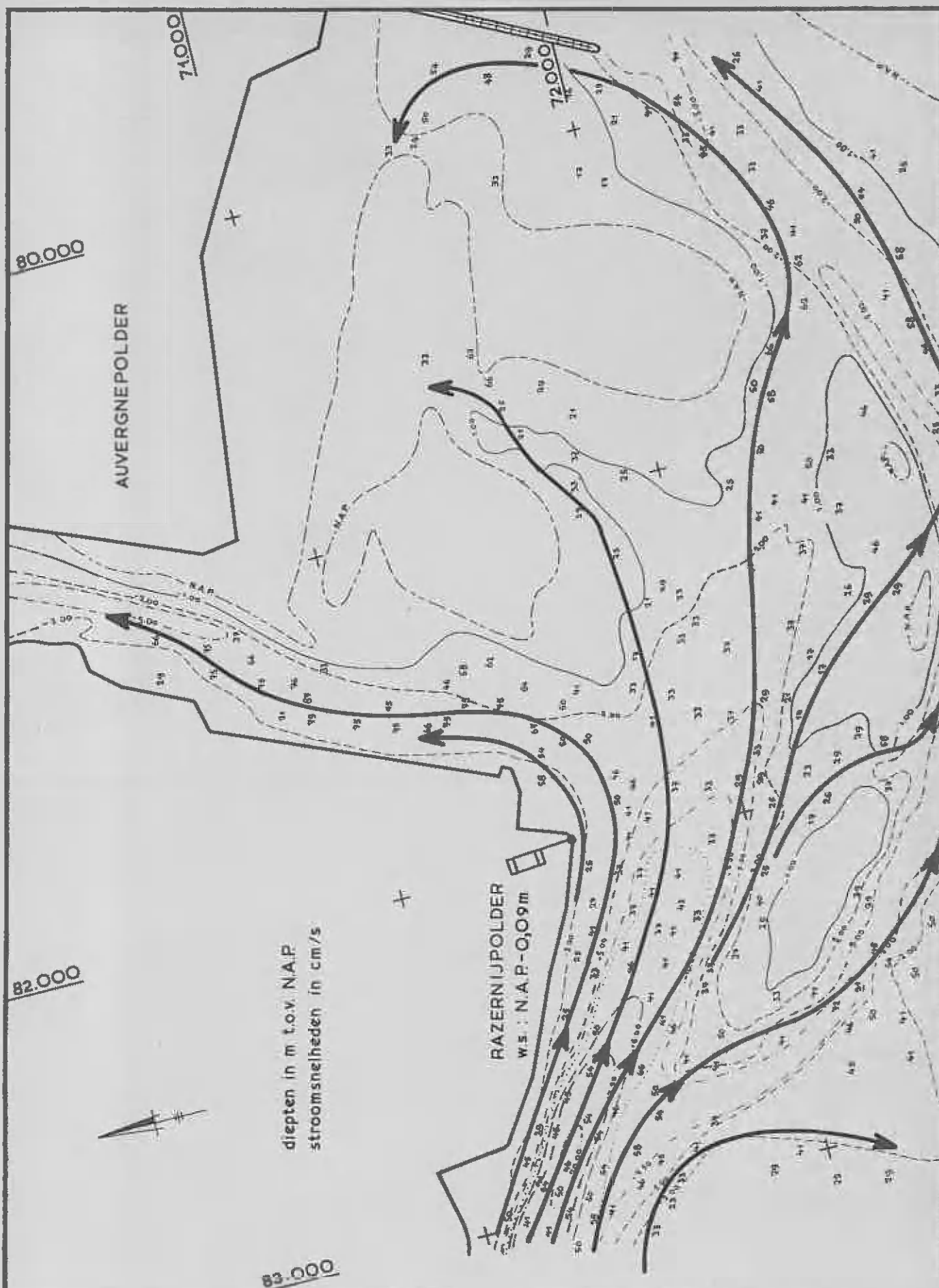
10.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 30



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

TO2

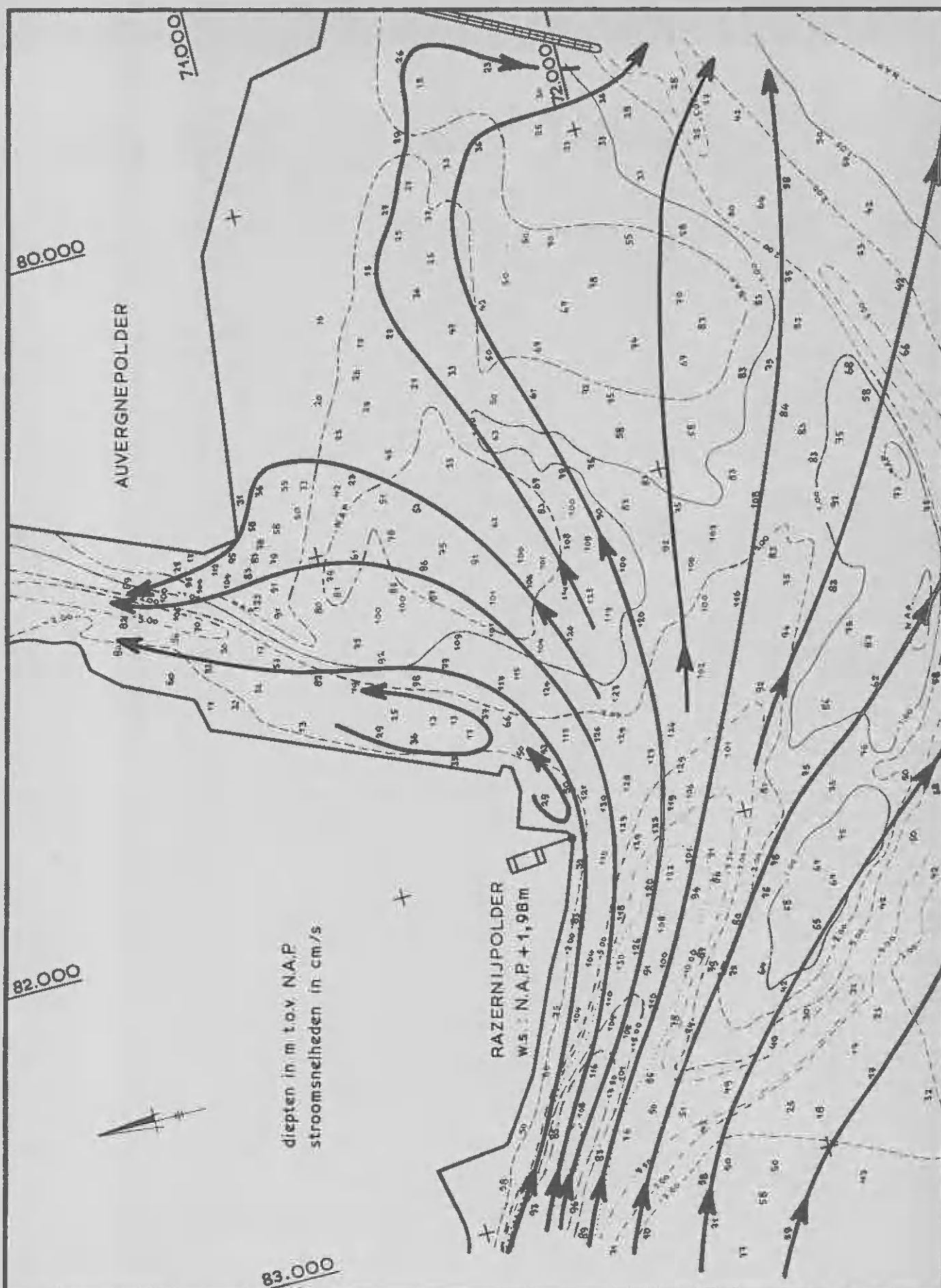
15.00 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 31



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

TO2

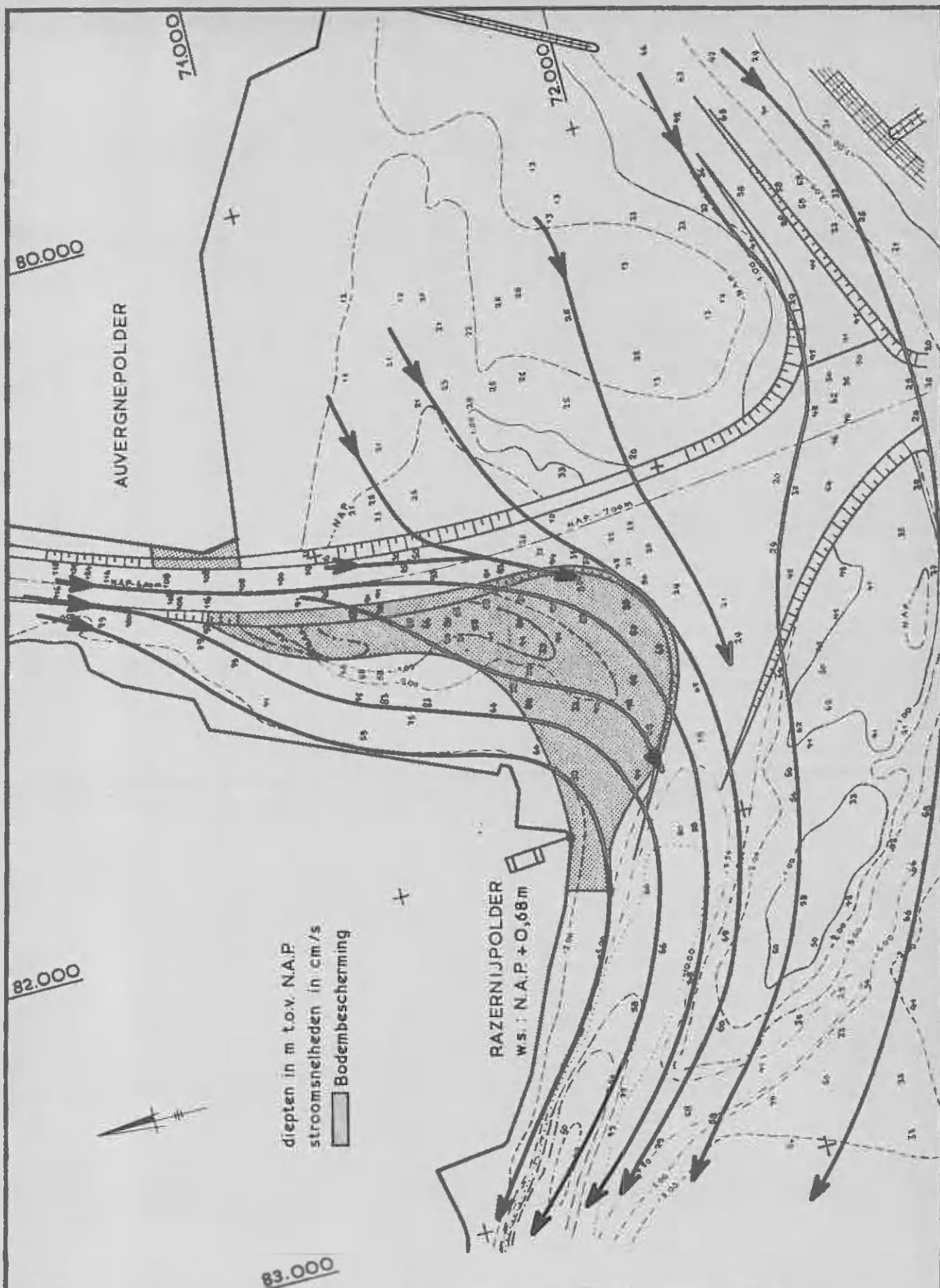
17.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 32



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

T 32

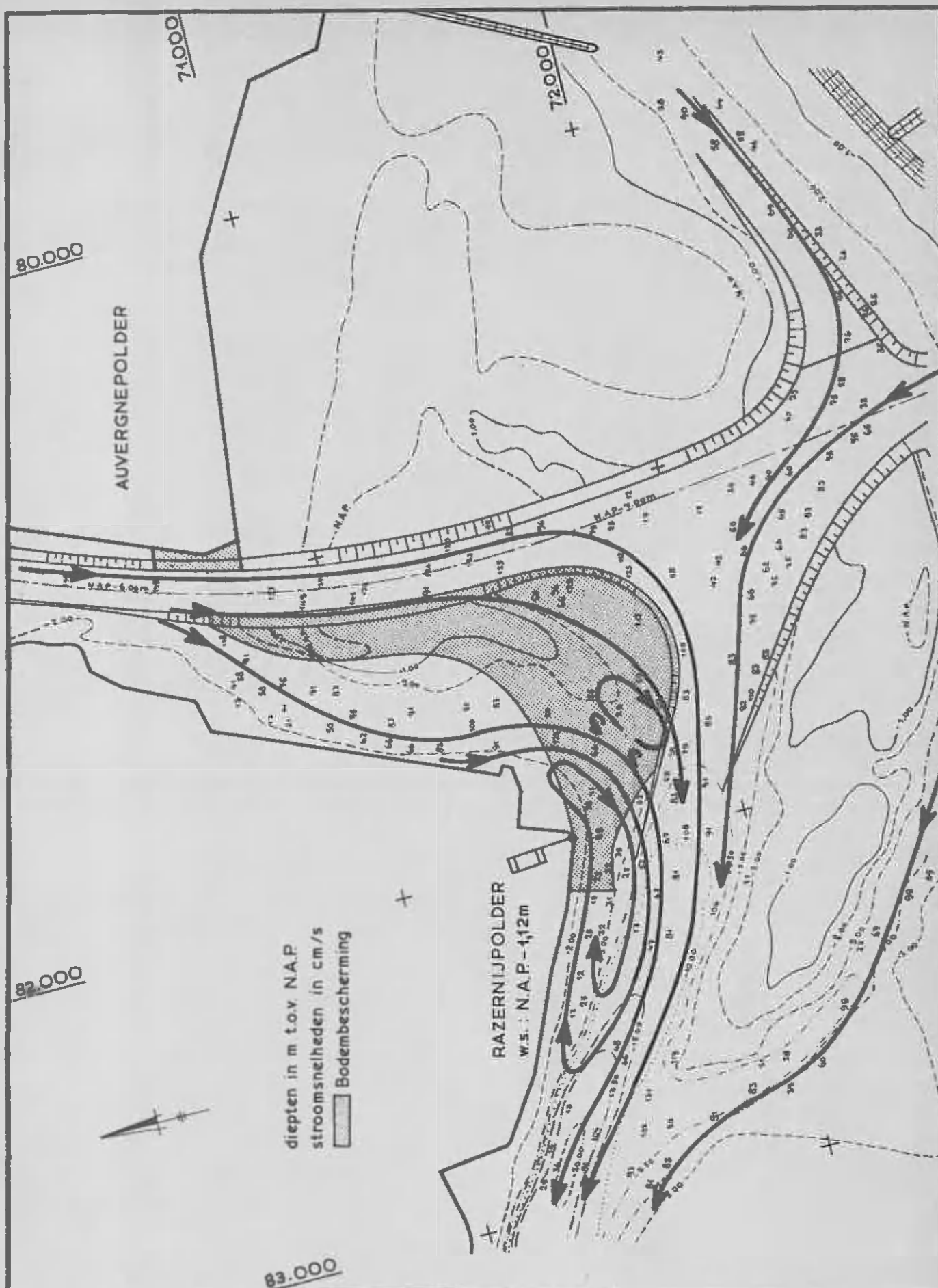
8.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 33



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

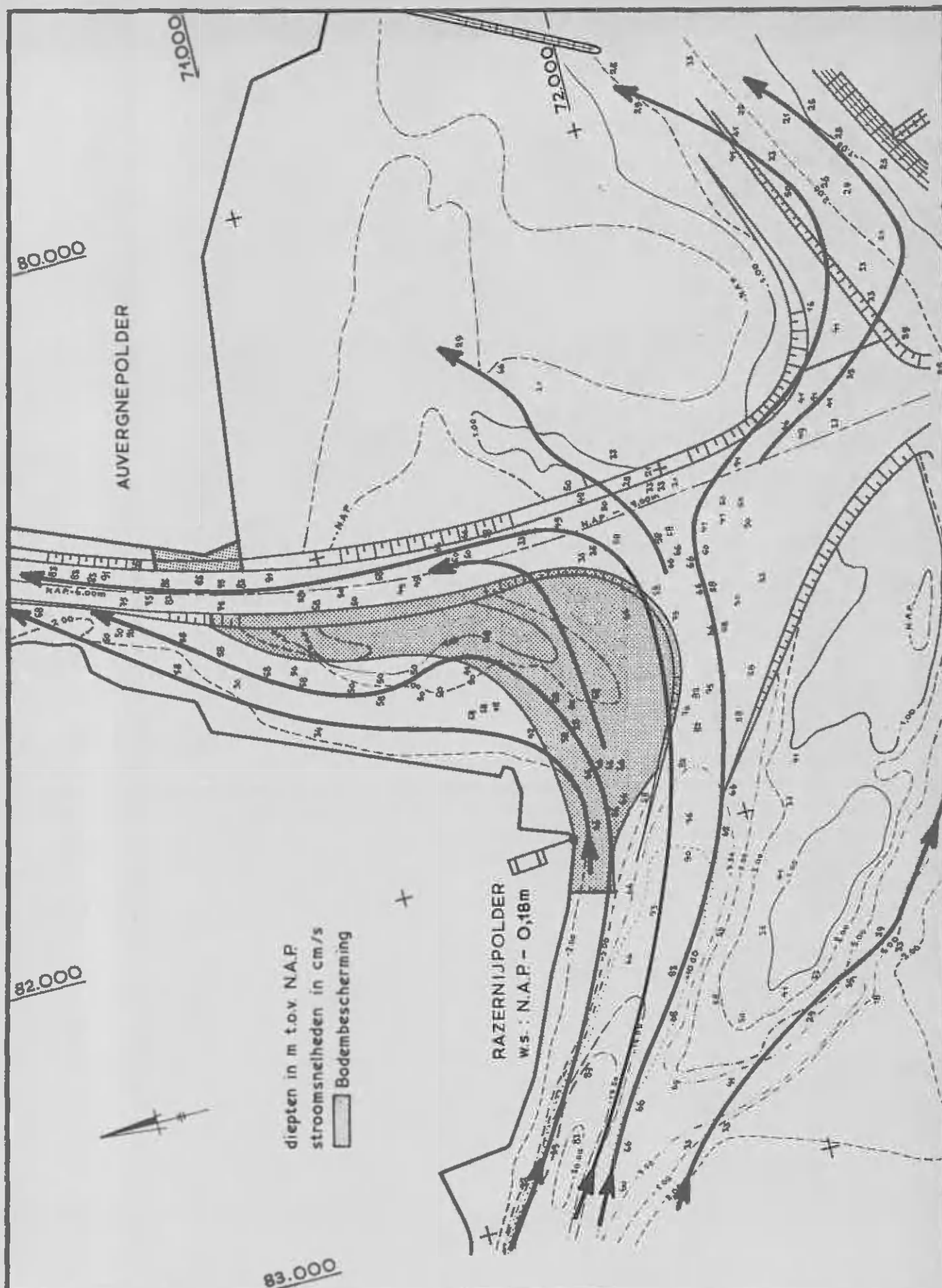
T32

10.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I FIG. 34



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

T32

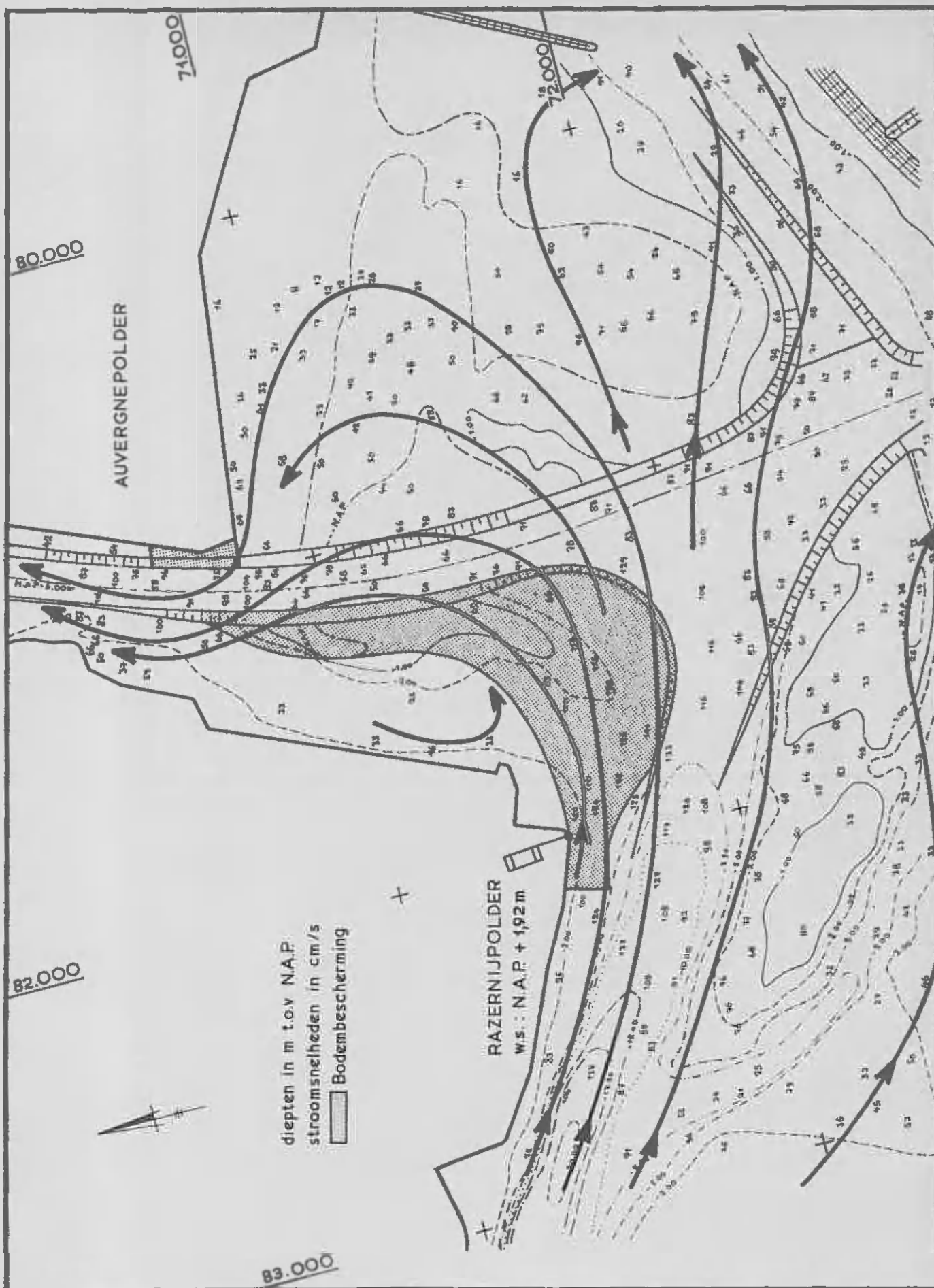
15.00 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 35



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

T32

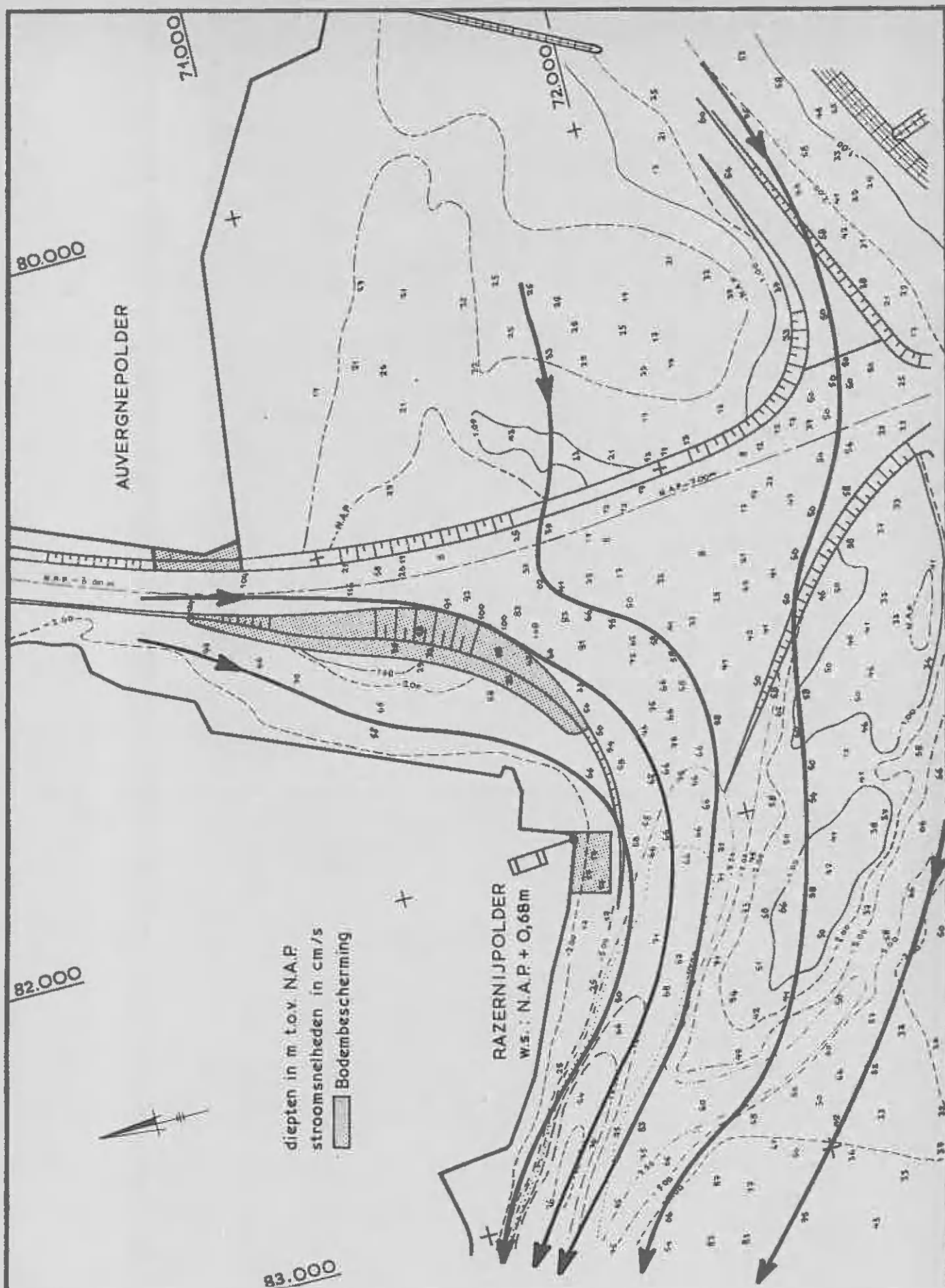
17.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 36



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

T35

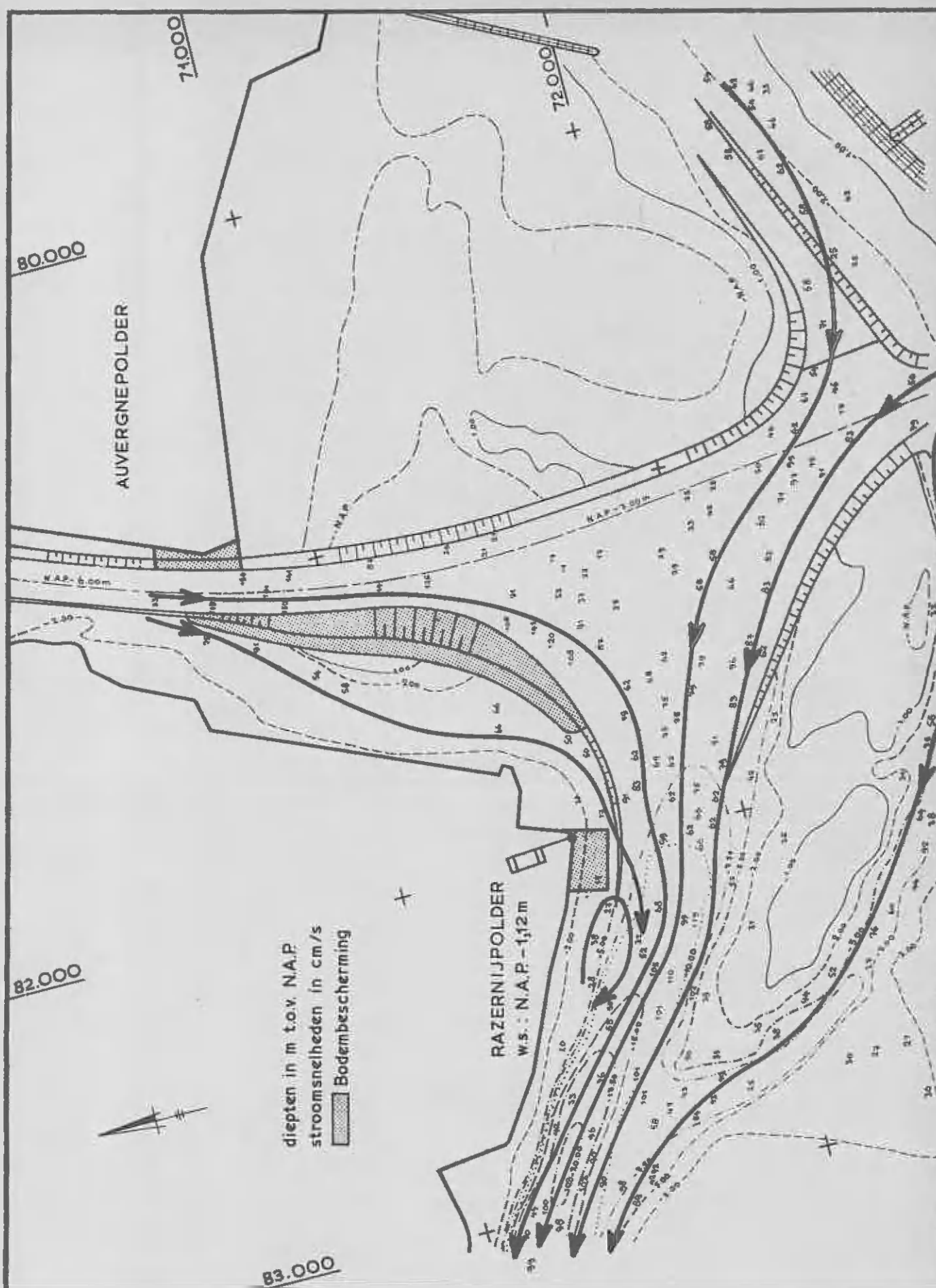
8.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 37



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

T35

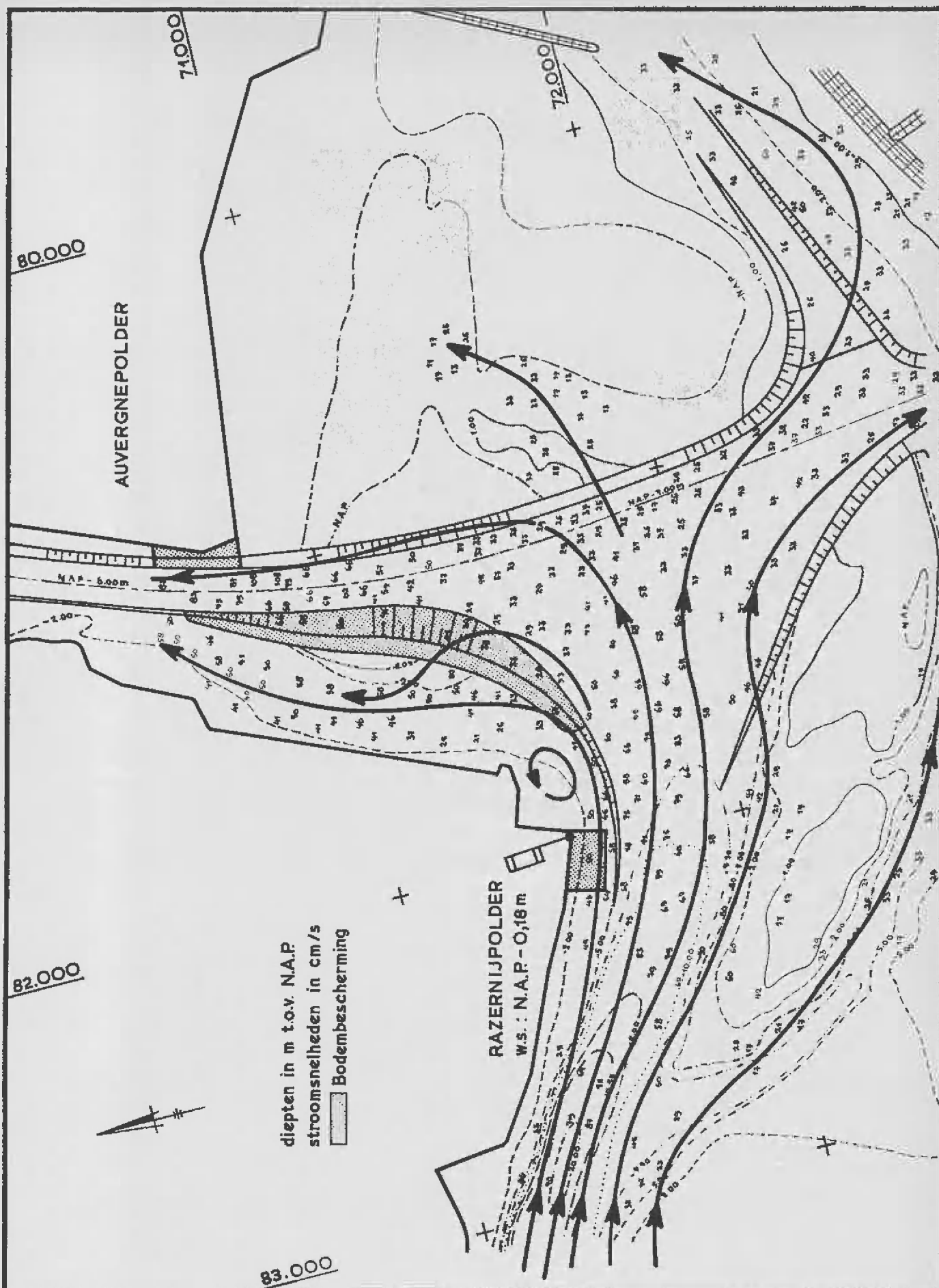
10.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 38



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

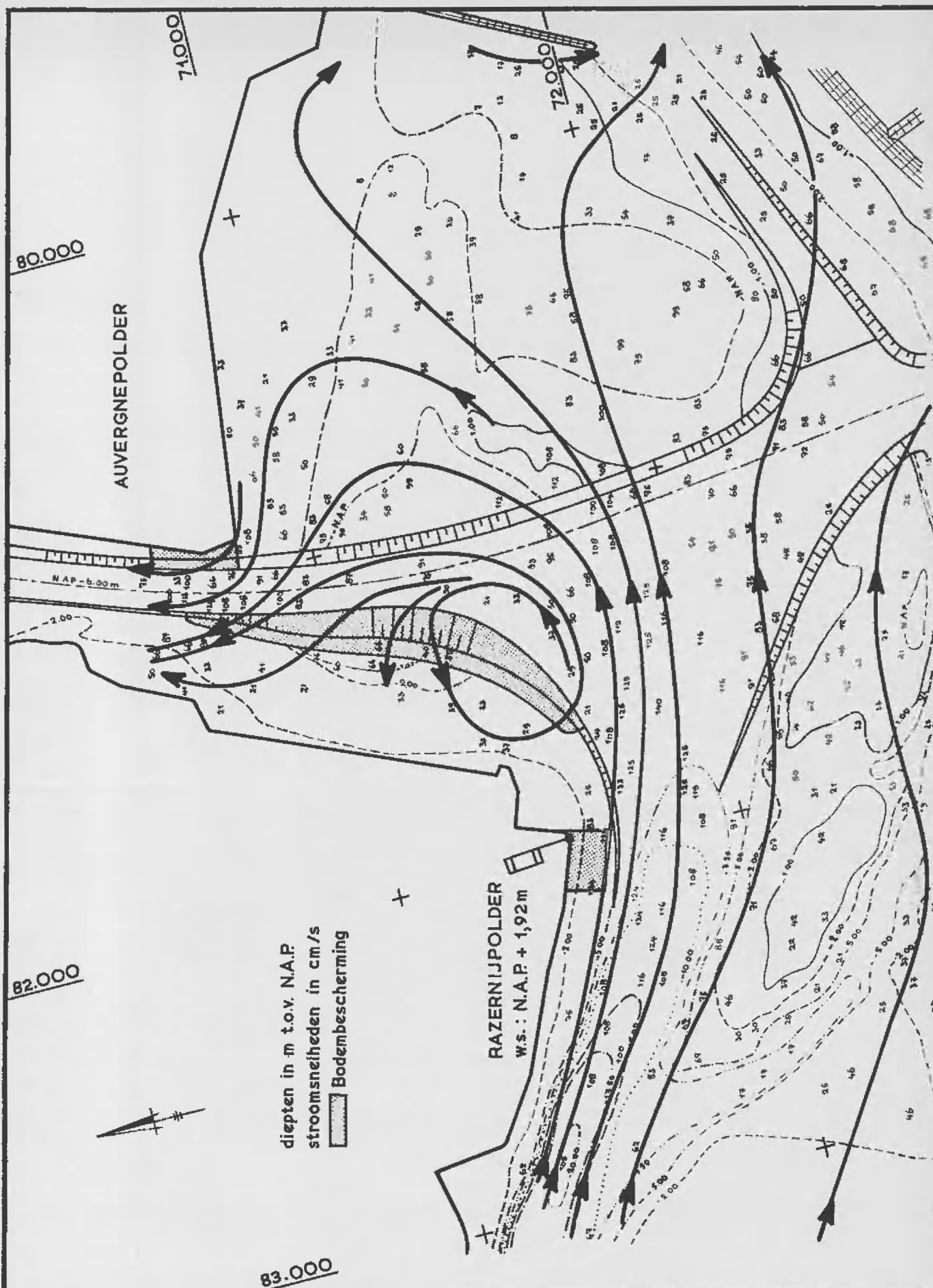
T35

15.00 uur

SCHAAL 1 : 15.000

M.1106-I

FIG. 39



OPPERVLAKTESTROOMBEELD RAZERNIJPOLDER

T35

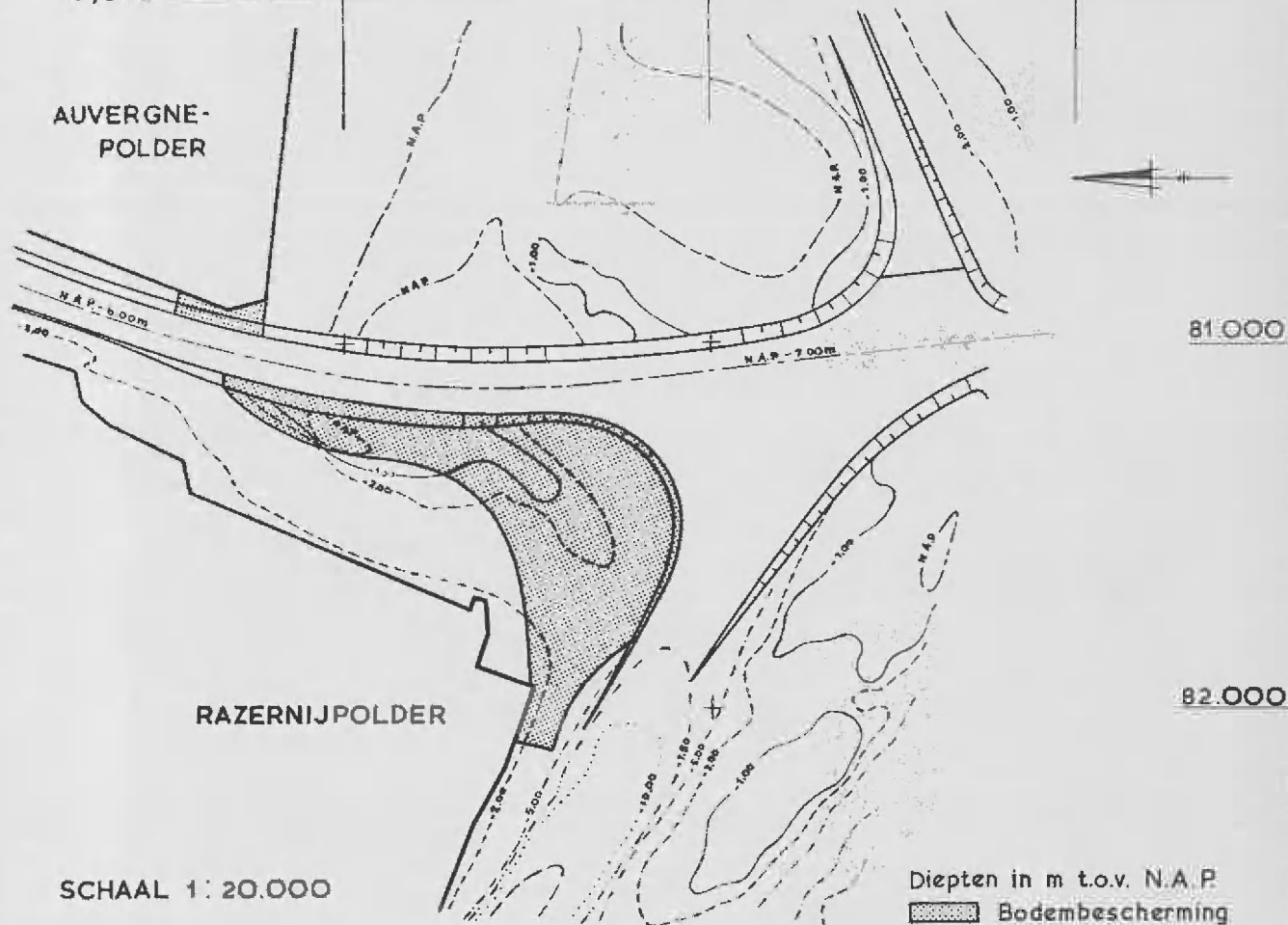
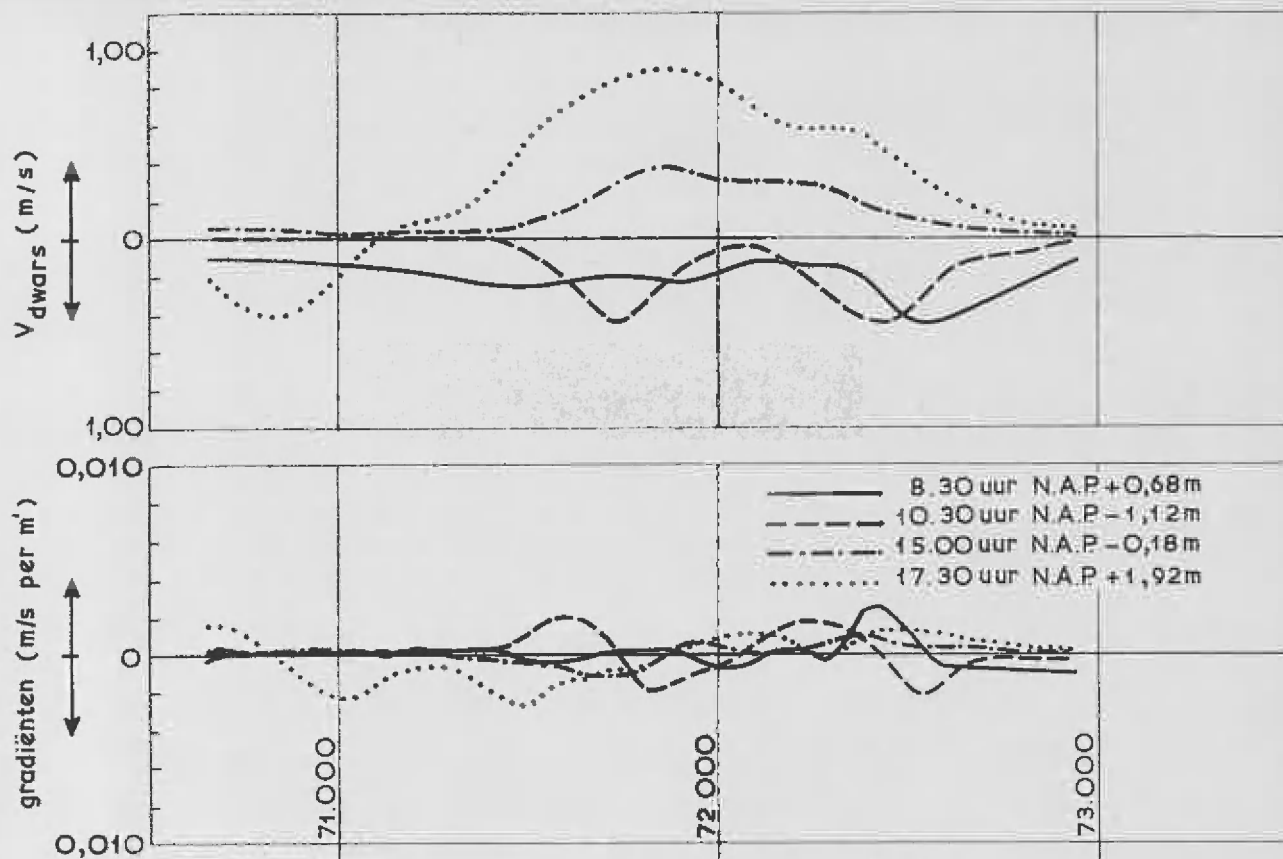
17.30 uur

SCHAAL 1 : 15.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 40



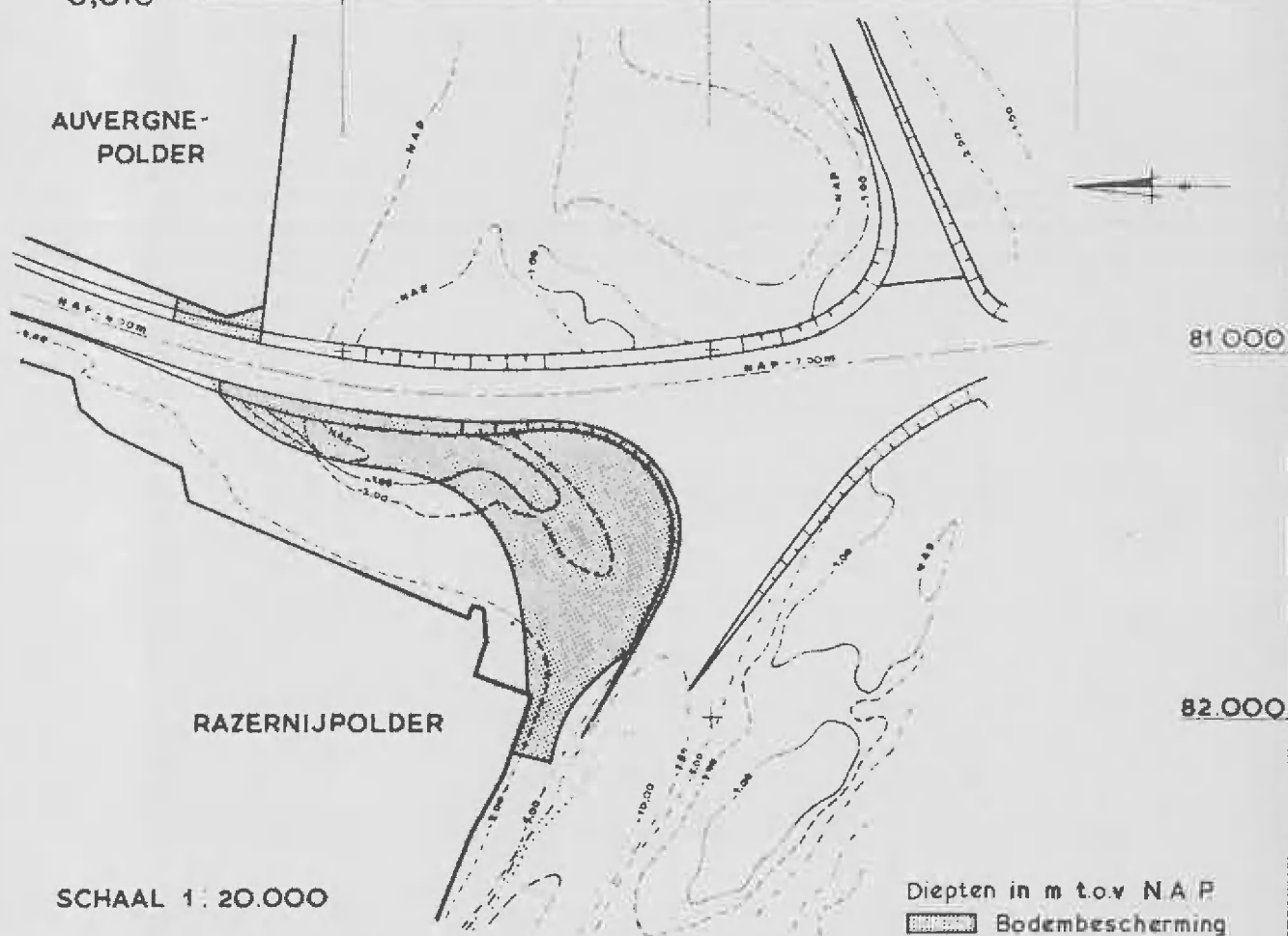
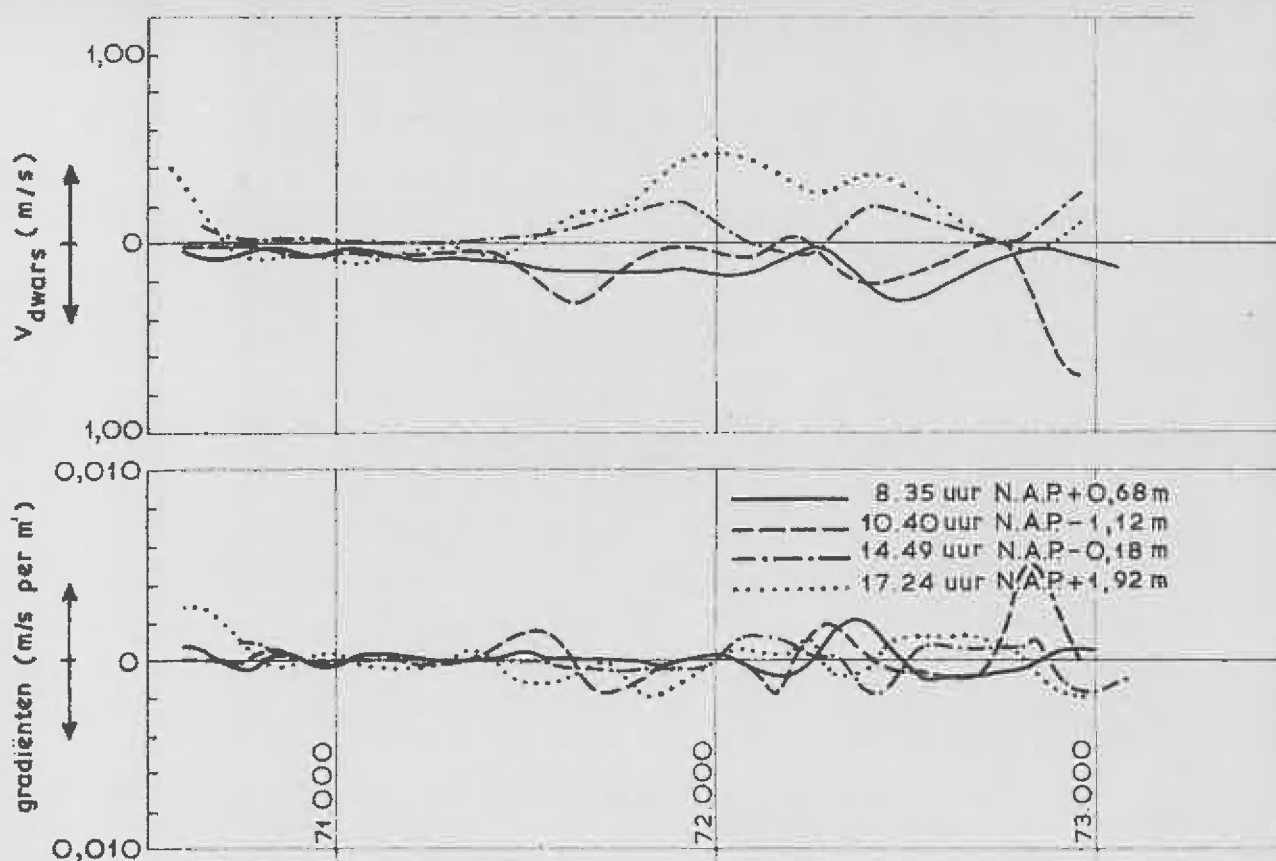
DWARSSTROOM RAZERNIJPOLDER
(OPPERVLAKTESTROOMBEELD)

T32

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 41



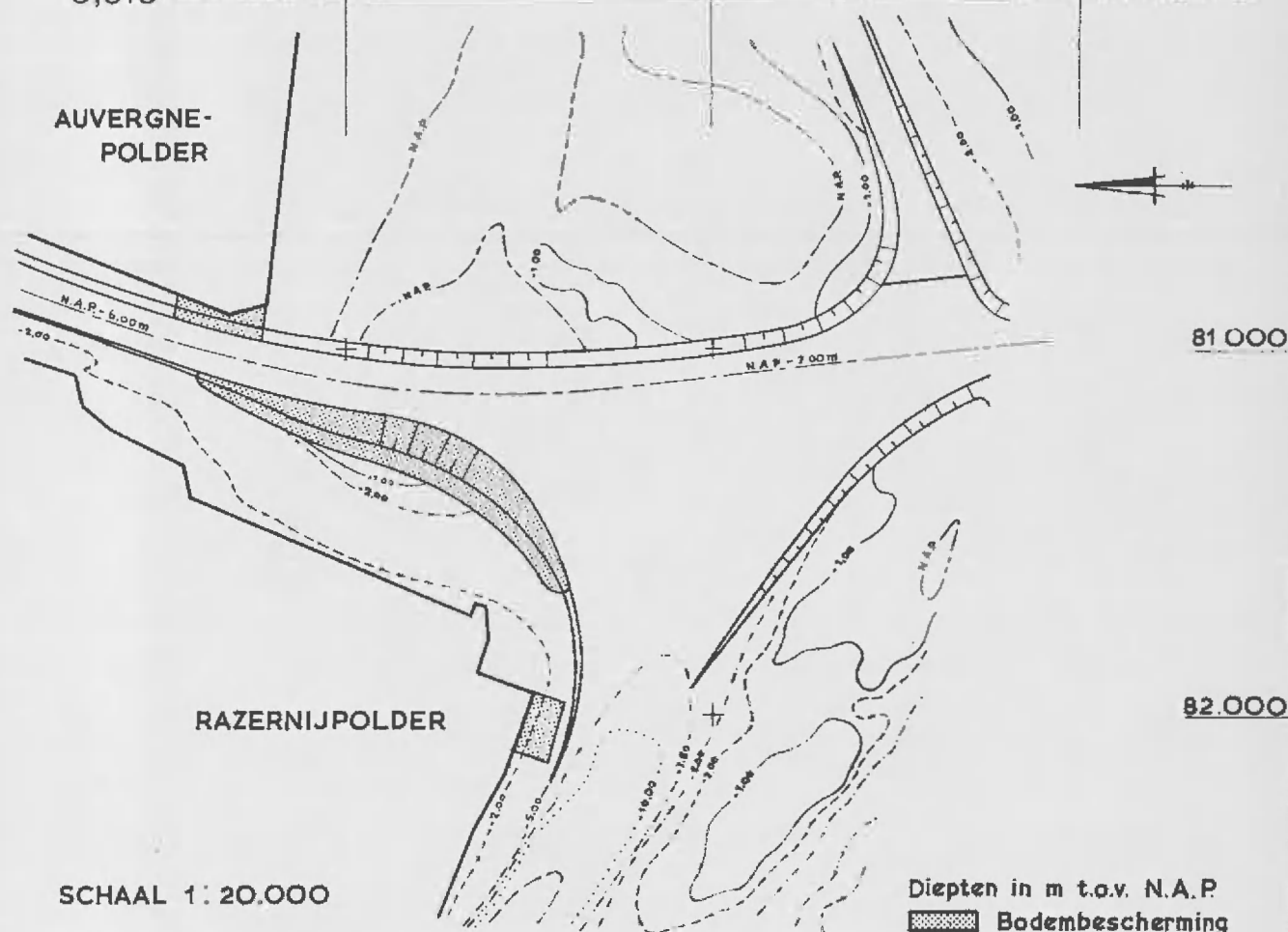
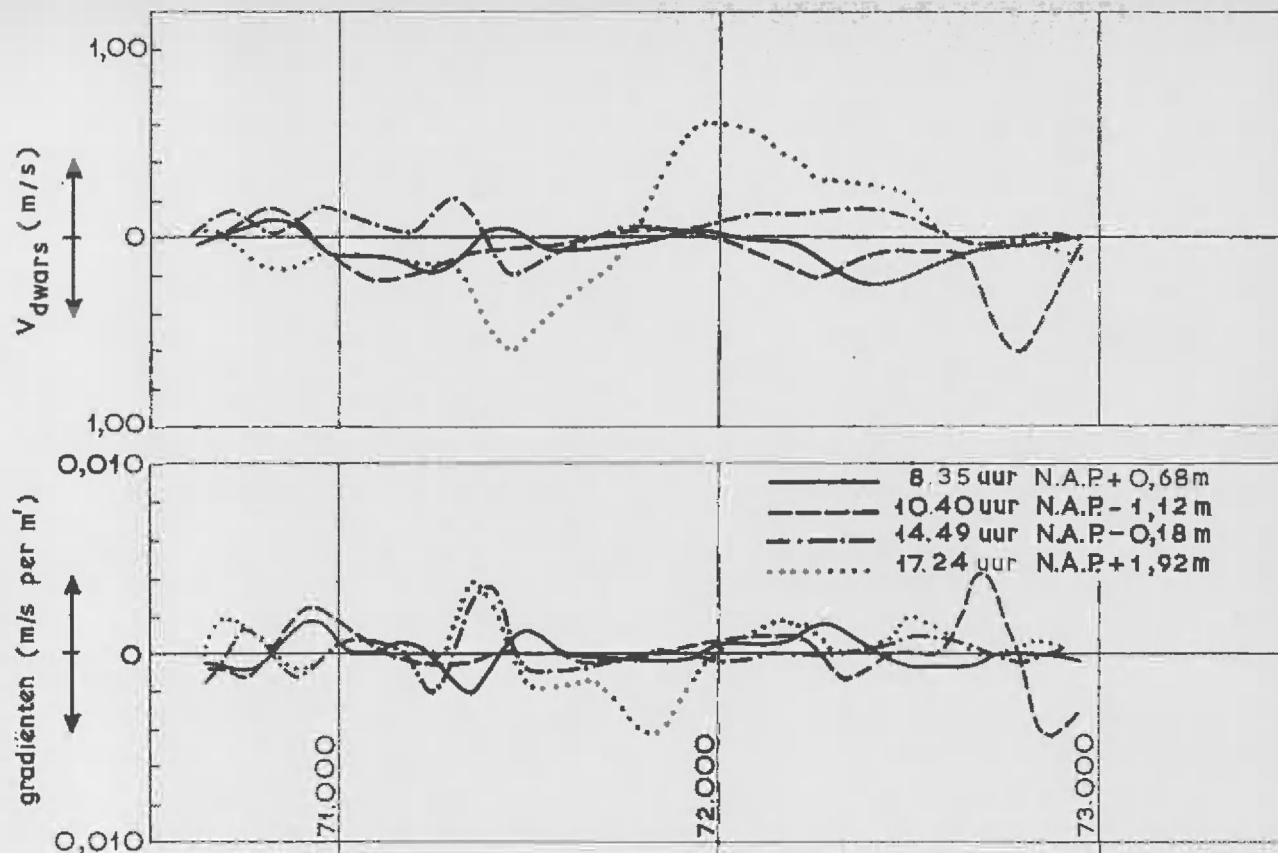
DWARSSTROOM RAZERNIJPOLDER
(STROOM OP N.A.P. - 4.00 m)

T32

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 42



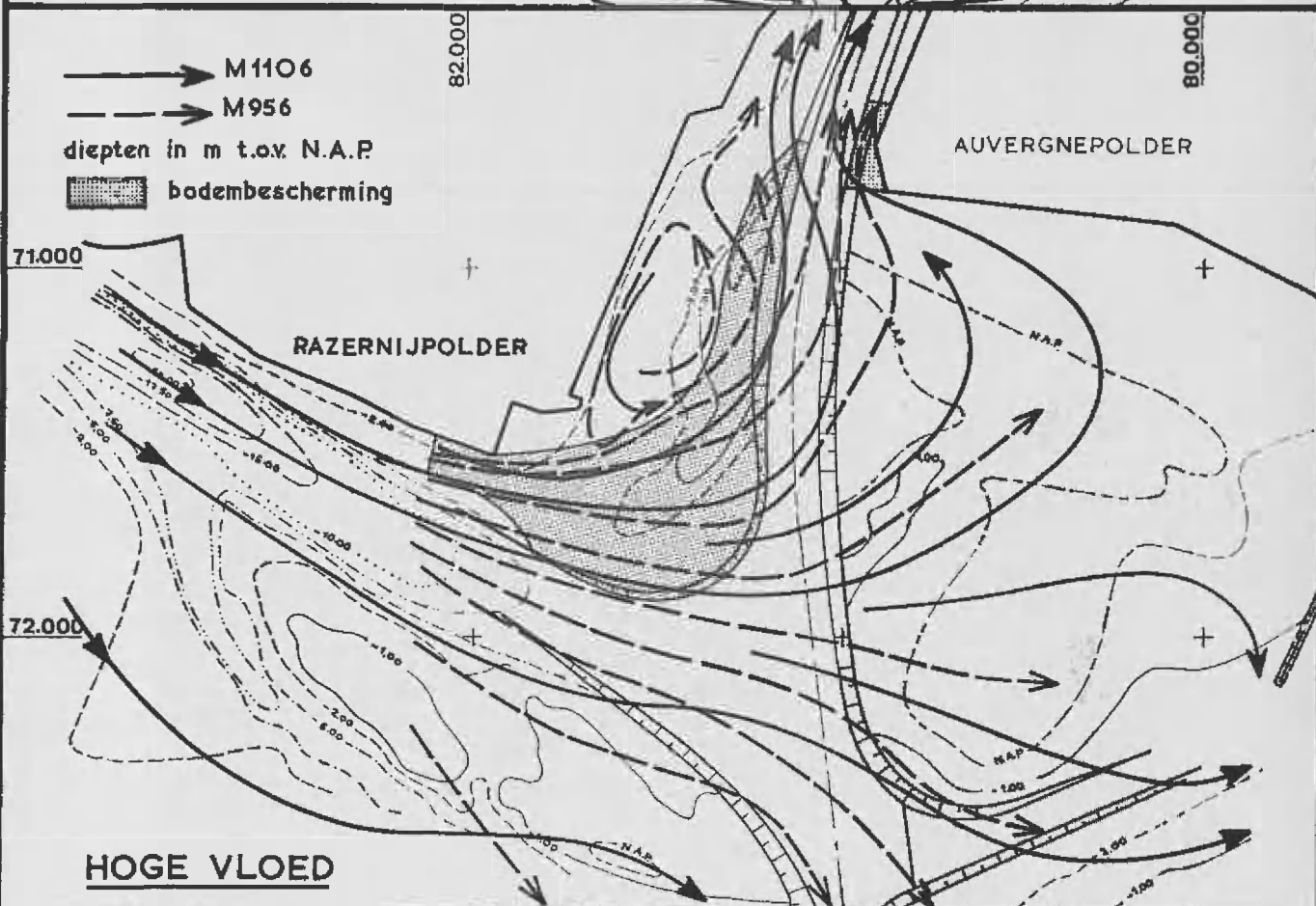
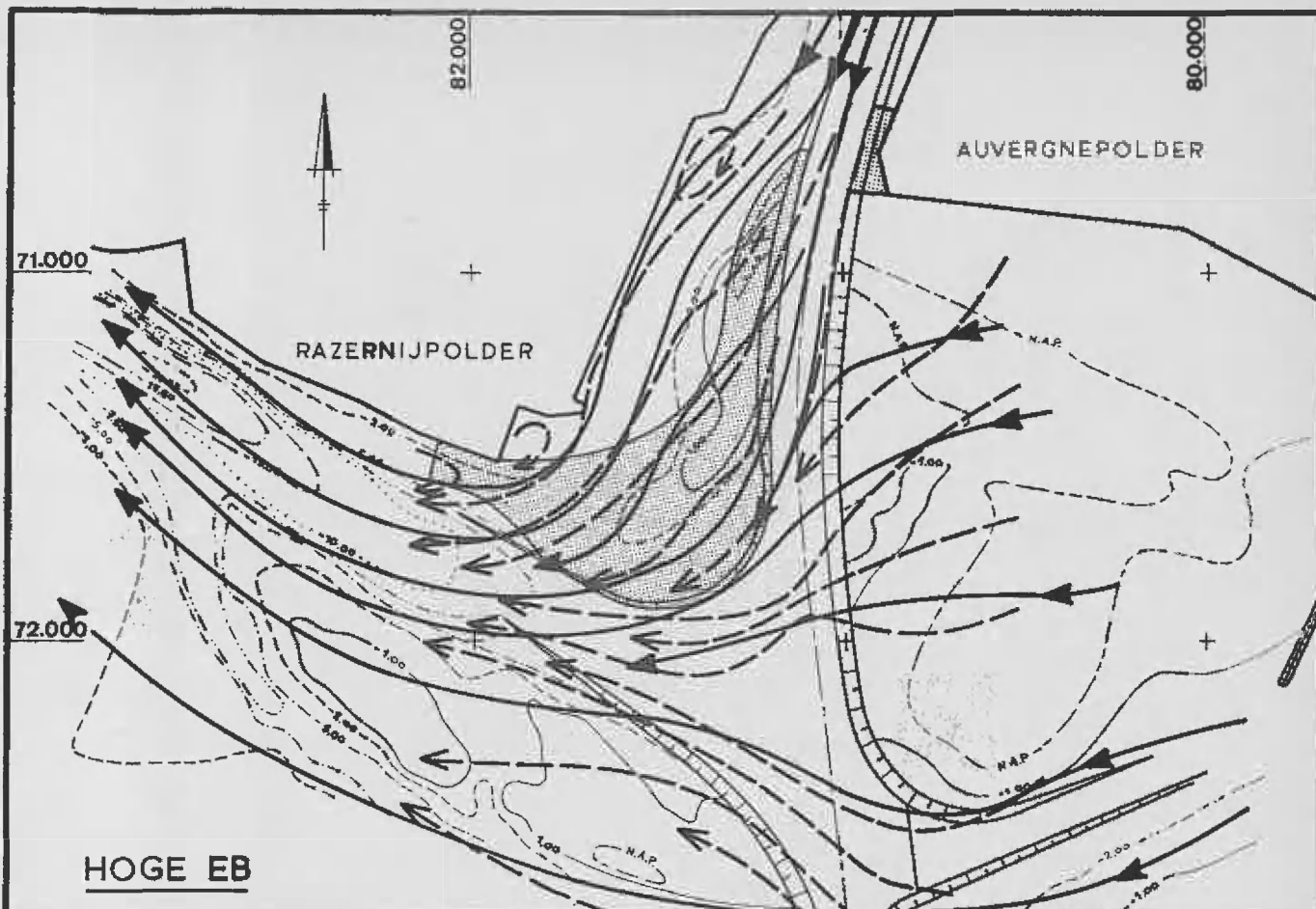
DWARSSTROOM RAZERNIJPOLDER
(STROOM OP N.A.P.-4,00m)

T35

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 44



OPPERVLAKTESTROOMBANEN M956-M1106

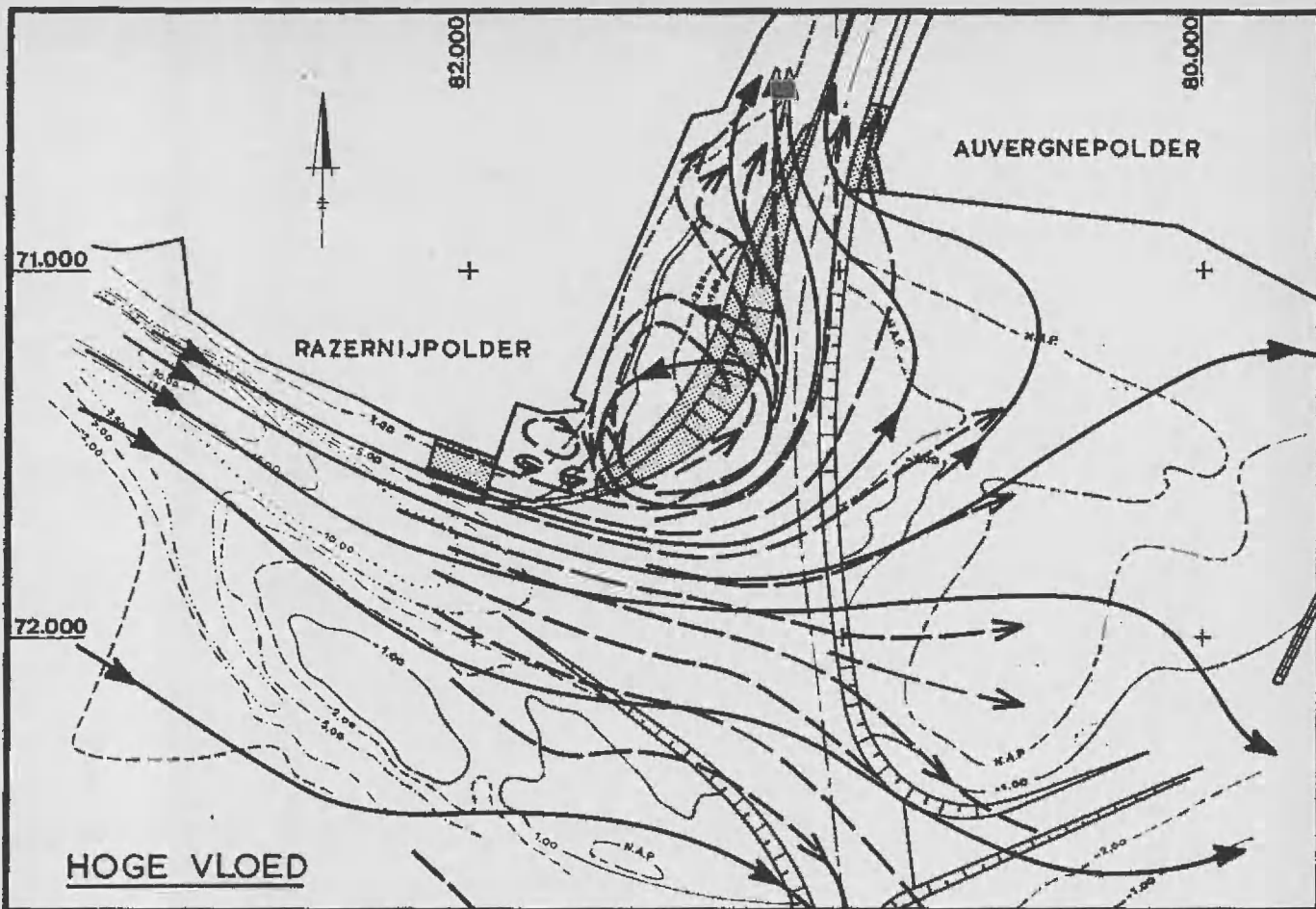
T32

SCHAAL 1:20.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 45



→ M1106

- - - → M956

diepten in m t.o.v. N.A.P.

■ bodembescherming

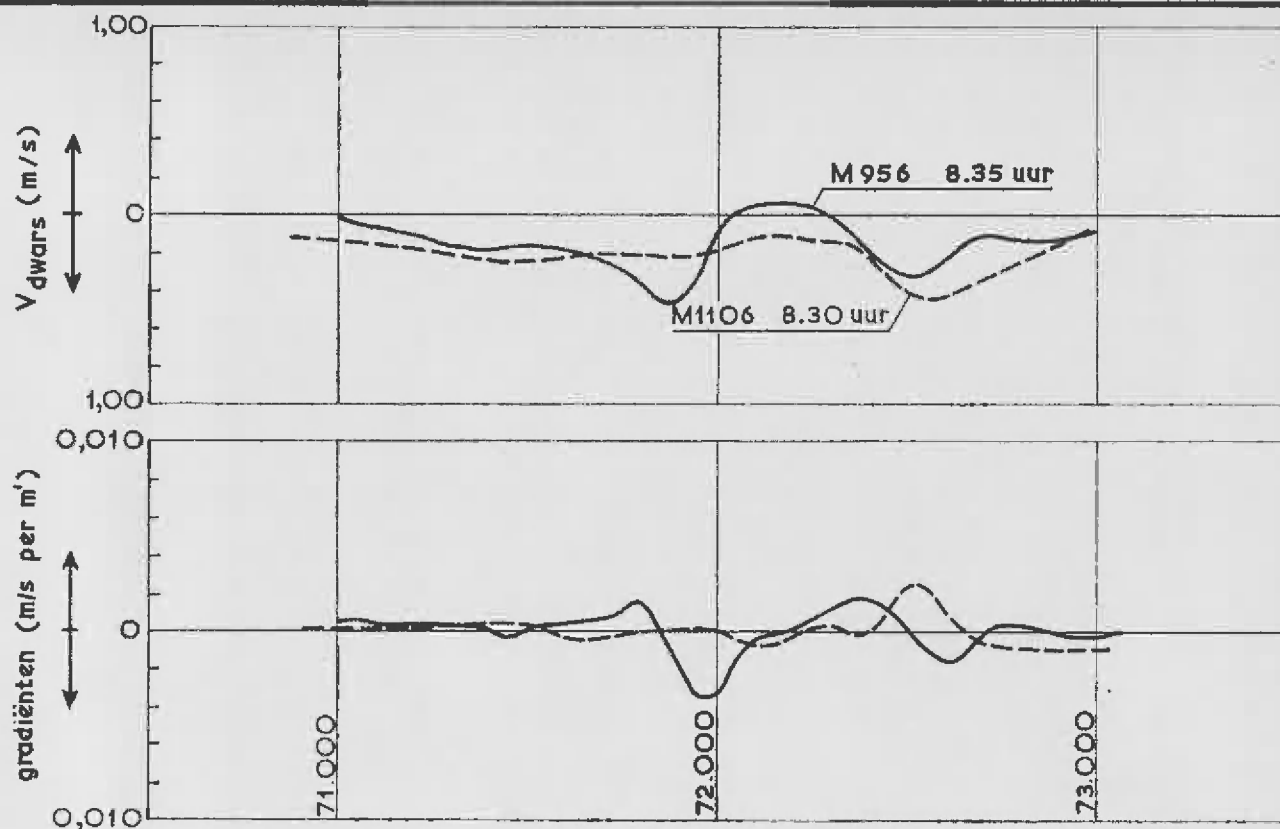
ÖPPERVLAKTESTROOMBANEN M956-M1106

T 35

SCHAAL 1:20.000

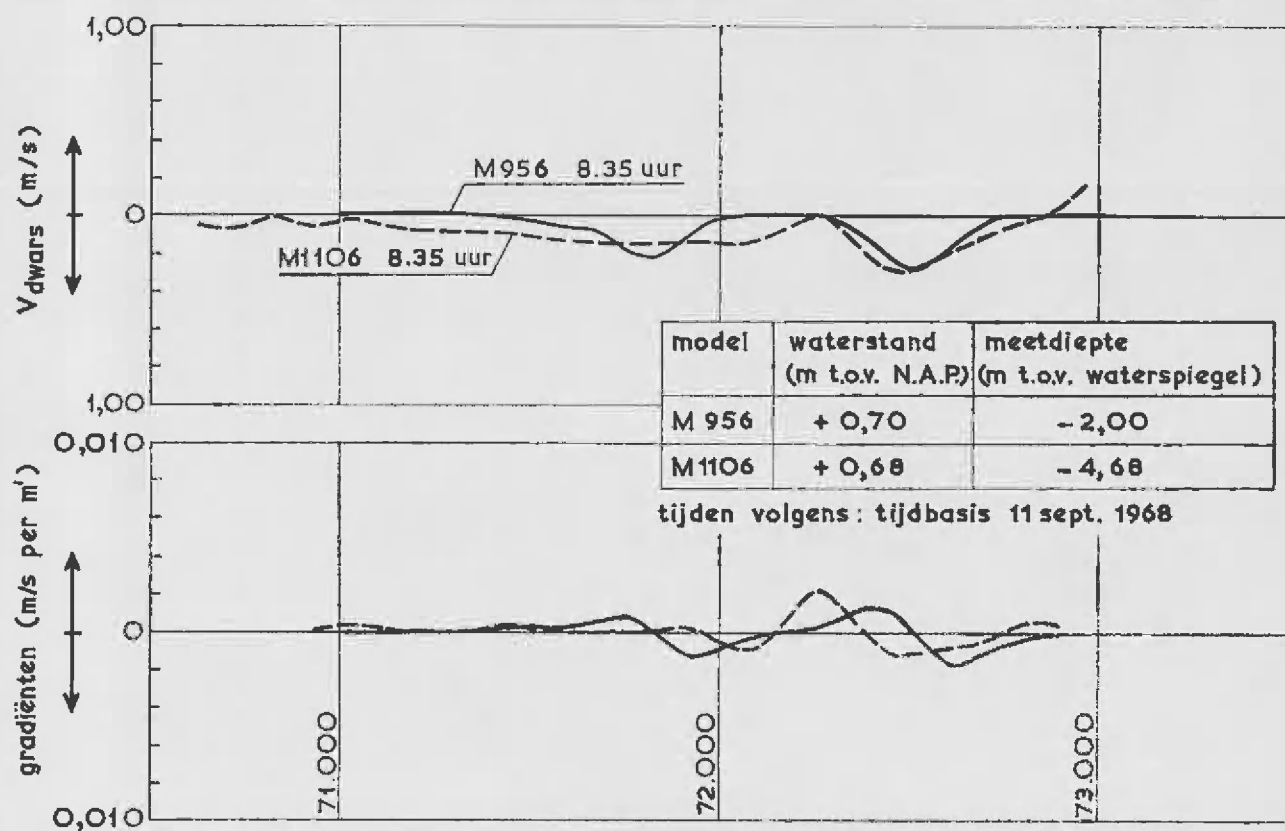
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I FIG. 46



OPPERVLAKTESTROOM

situatie zie figuur 41



STROOM OP ENIGE DIEPTE ONDER HET OPPERVLAK

situatie zie figuur 41

DWARSSTROOMSNELHEDEN EN-GRADIËNTEN
TER PLAATSE VAN DE KANAAL-AS.
VERGELIJKING M956-M1106

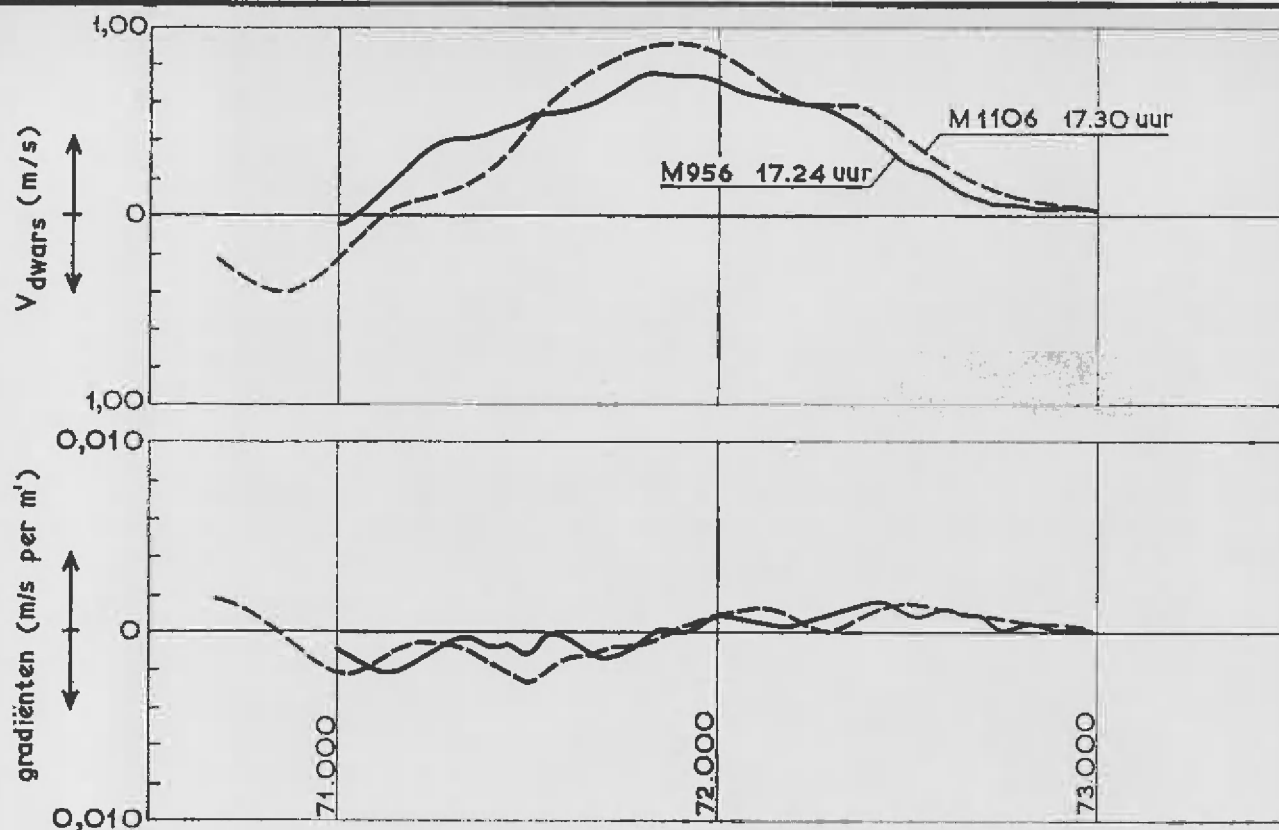
T32

hoge eb

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

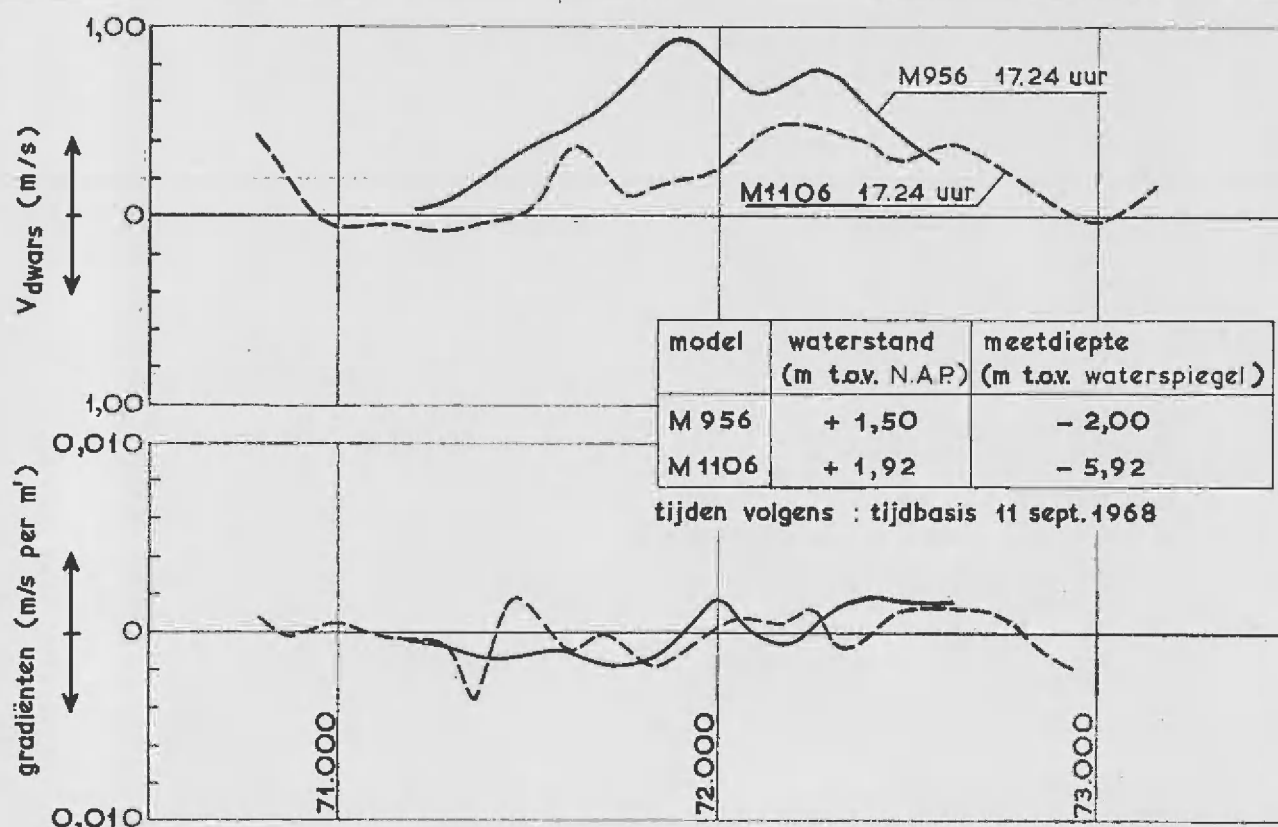
M. 1106-I

FIG. 47



OPPERVLAKTESTROOM

situatie zie figuur 41



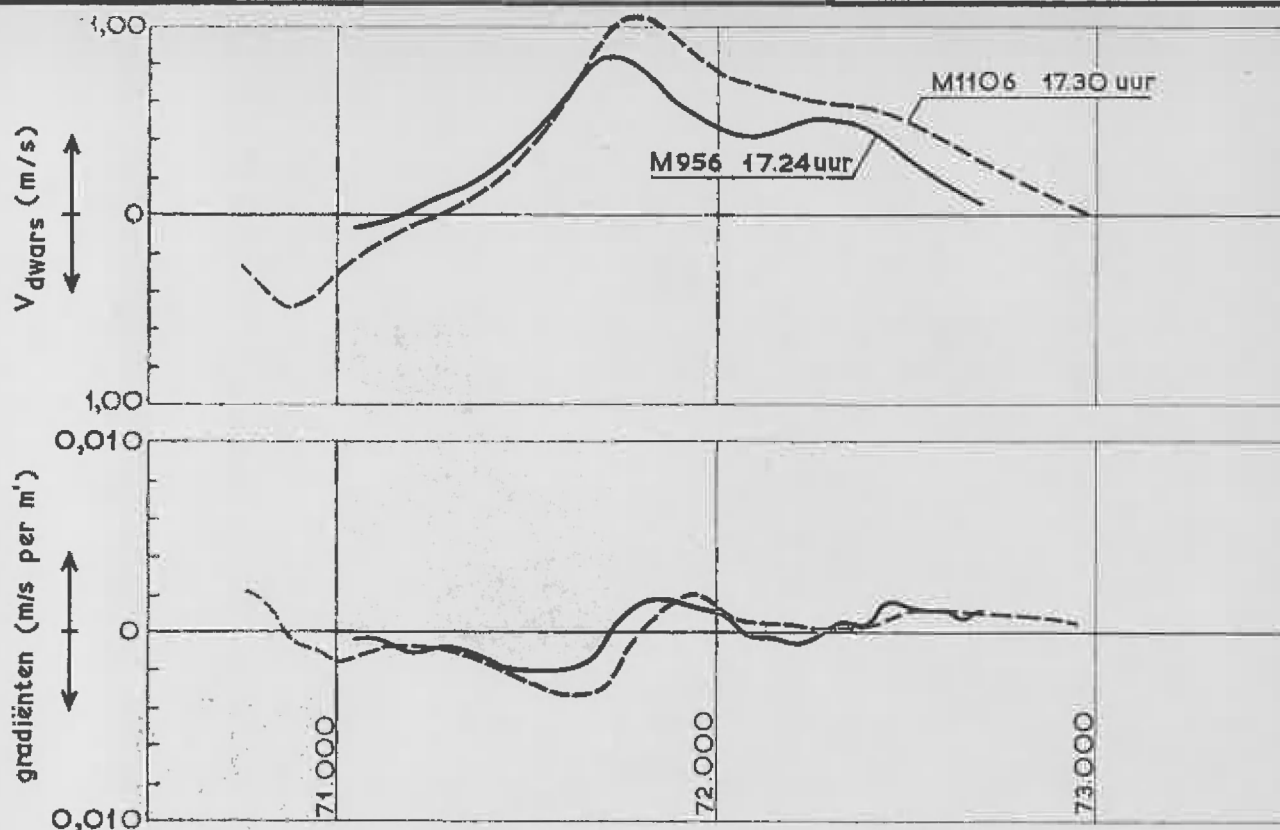
STROOM OP ENIGE DIEPTE ONDER HET OPPERVLAK

situatie zie figuur 41

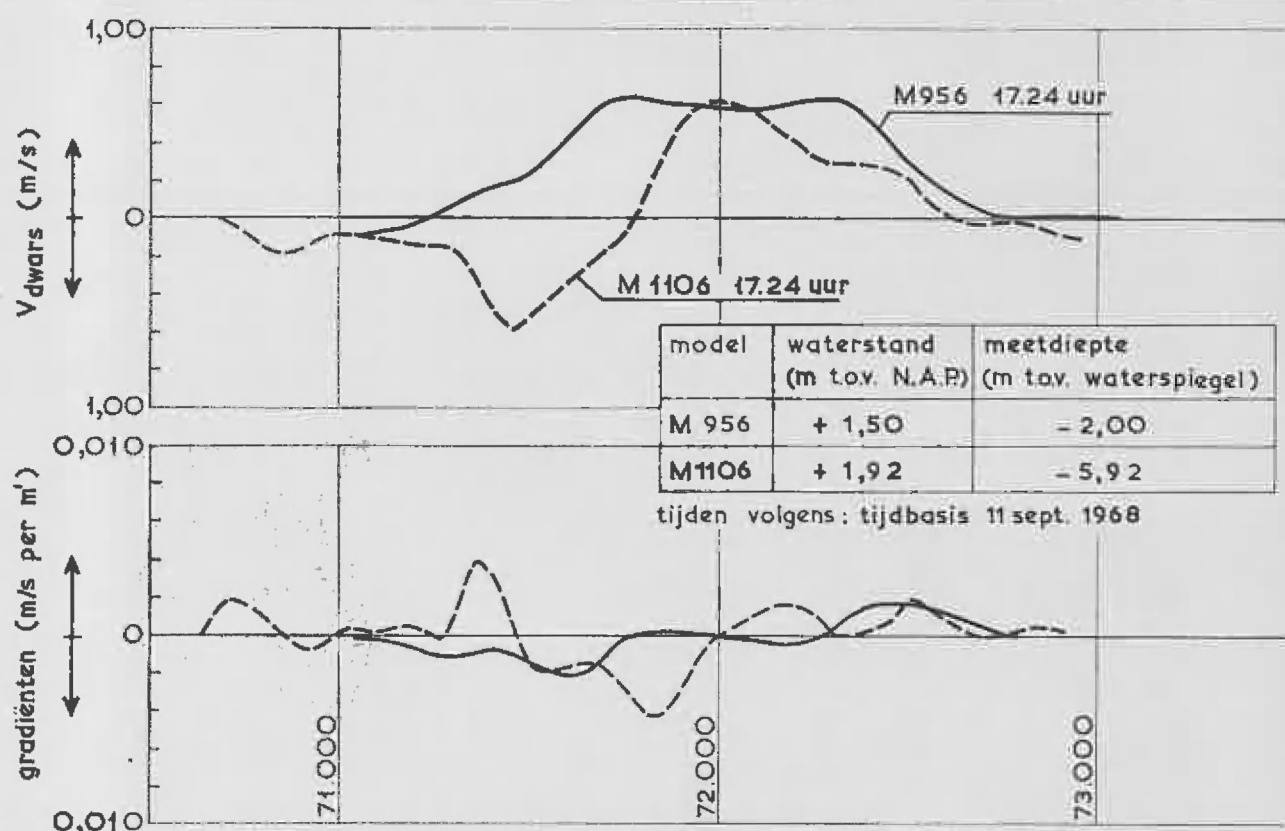
DWARSSTROOMSNELHEDEN EN-GRADIËNTEN
TER PLAATSE VAN DE KANAAL-AS.
VERGELIJKING M956-M1106

T32

hoge vloed



OPPERVLAKTESTROOM



model	waterstand (m tov. N.A.P.)	meetdiepte (m tov. waterspiegel)
M 956	+ 1,50	- 2,00
M1106	+ 1,92	- 5,92

tijden volgens: tijdbasis 11 sept. 1968

STROOM OP ENIGE DIEPTE ONDER HET OPPERVLAK

DWARSSTROOMSNELHEDEN EN-GRADIËNTEN
TER PLAATSE VAN DE KANAAL-AS.
VERGELIJKING M956-M1106

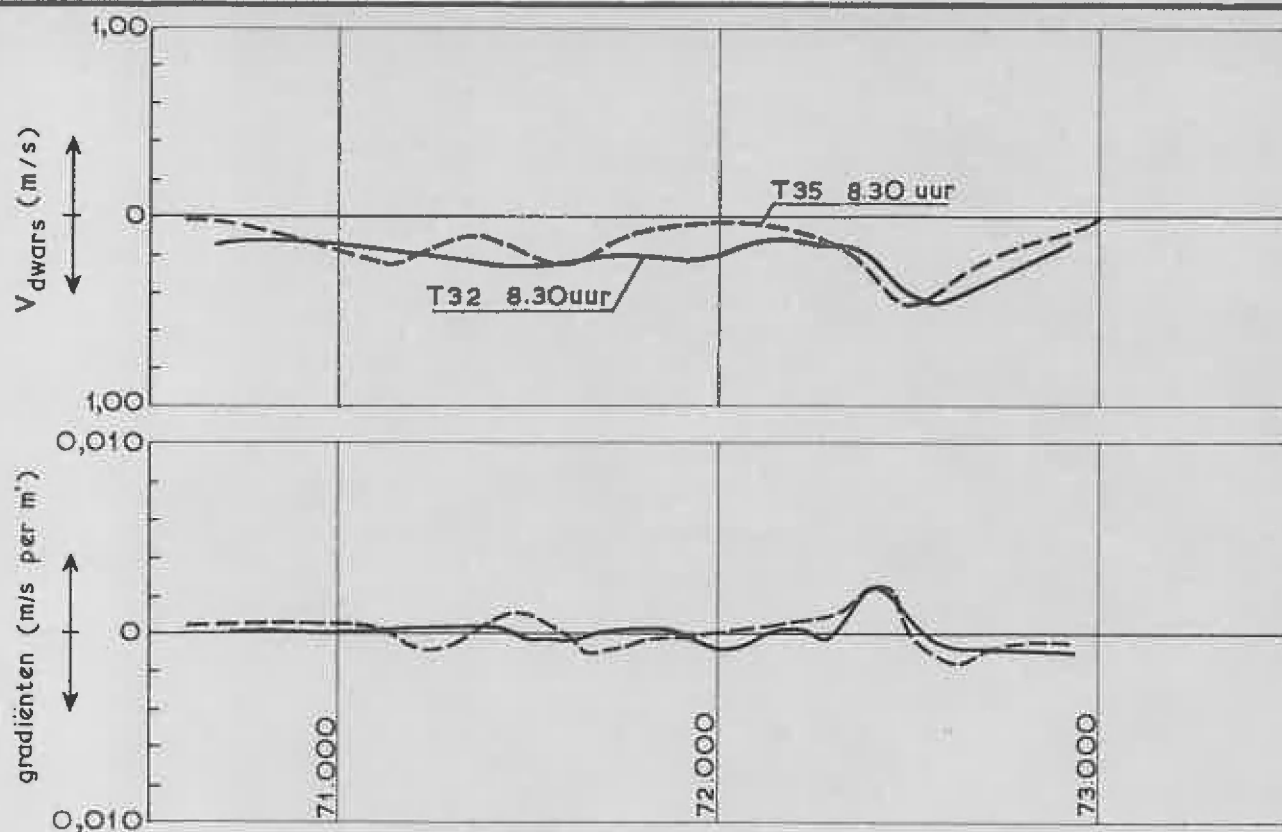
T35

hoge vloed

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

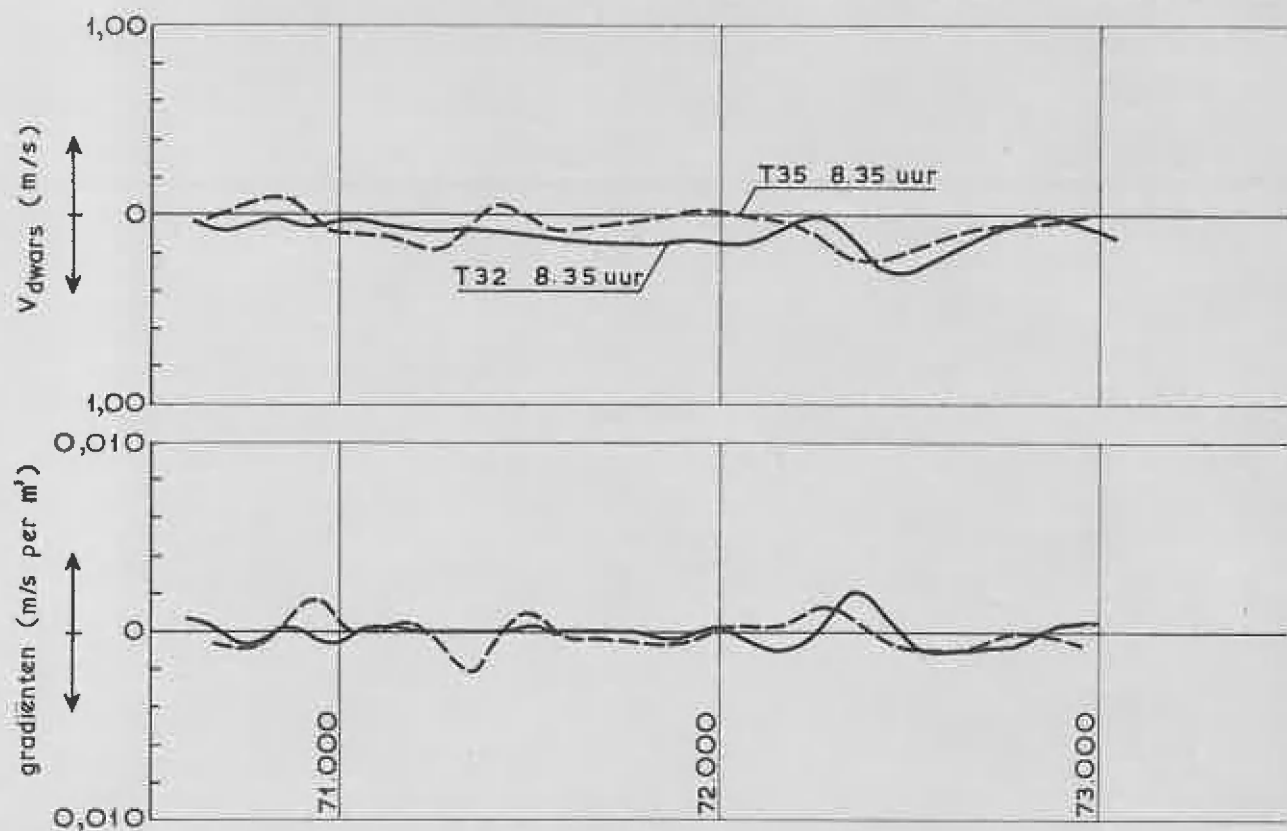
M.1106-I

FIG. 49



OPPERVLAKTESTROOM

situaties zie figuren 41 en 43



STROOM OP N.A.P.-4 m

situaties zie figuren 41 en 43

DWARSSTROOMSNELHEDEN EN -GRADIËNTEN
TER PLAATSE VAN DE KANAAL-AS

T32, T35

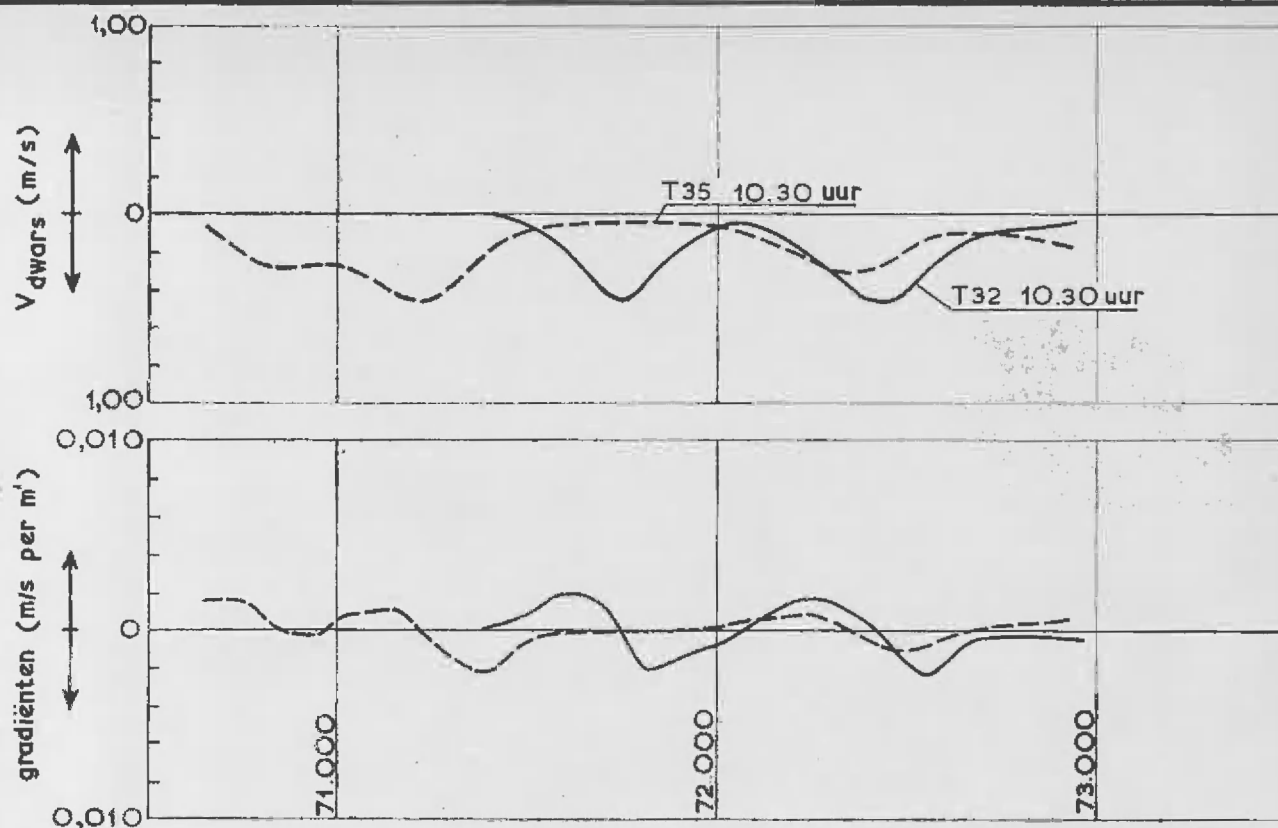
hoge eb

waterstand N.A.P.+0,68 m

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

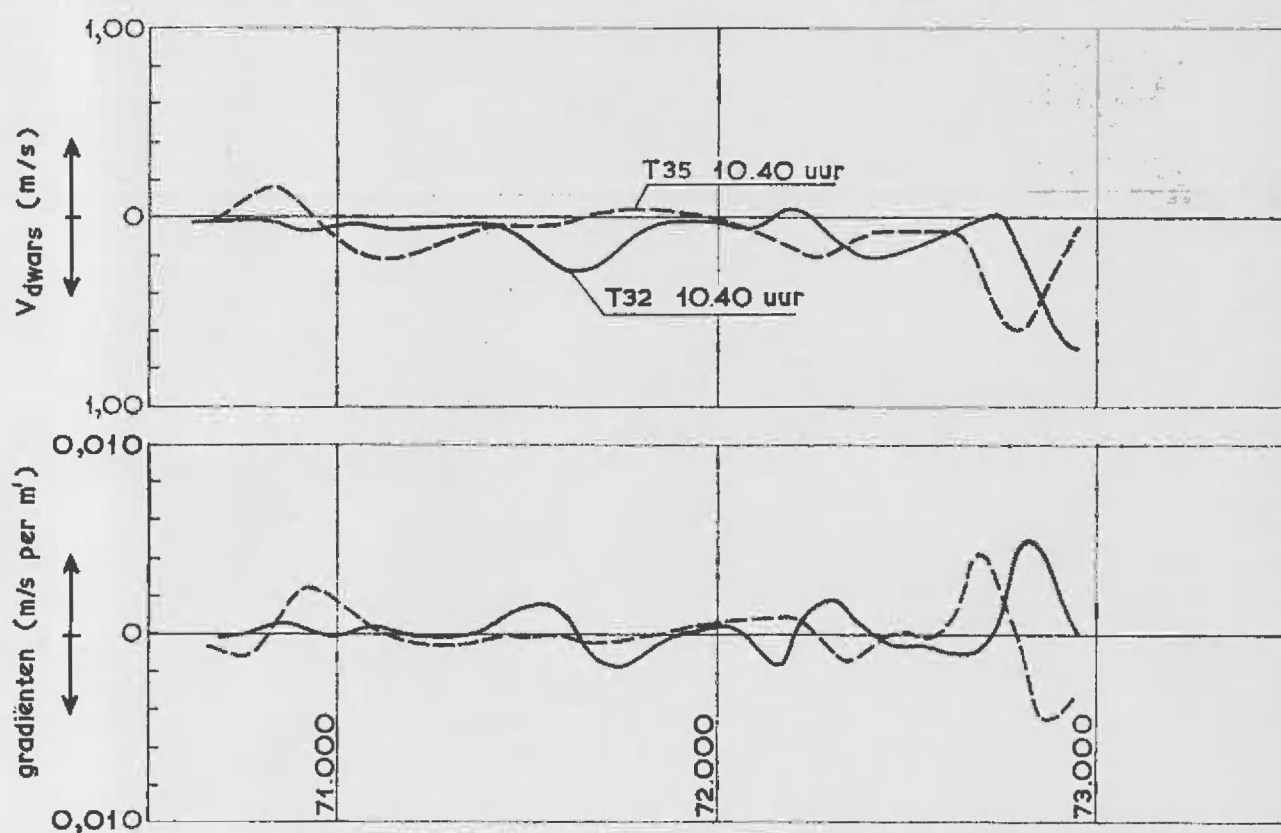
M. 1106-I

FIG. 50



OPPERVLAKTESTROOM

situaties zie figuren 41 en 43



STROOM OP N.A.P.-4 m

situaties zie figuren 41 en 43

DWARSSTROOMSNELHEDEN EN -GRADIËNTEN
TER PLAATSE VAN DE KANAAL-AS

T32, T35

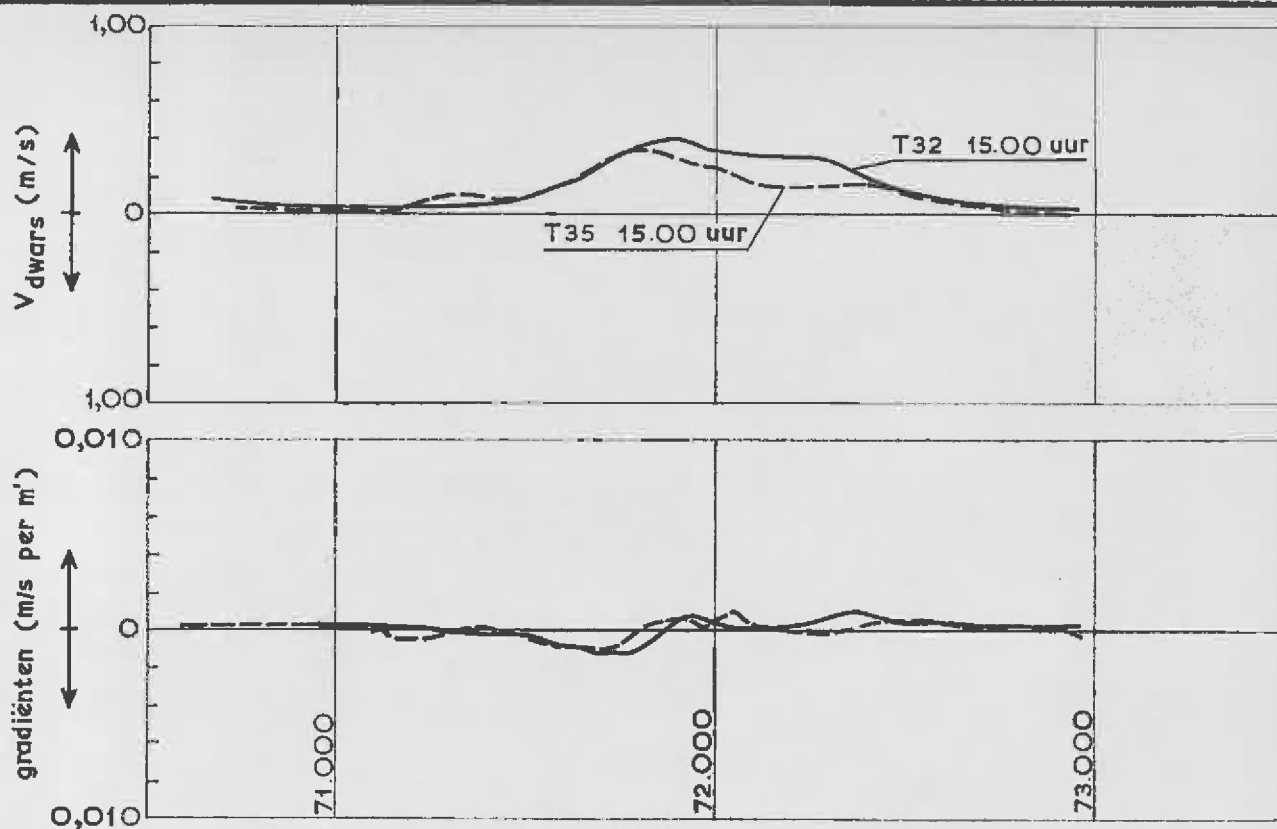
lage eb

waterstand N.A.P.-1,12 m

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

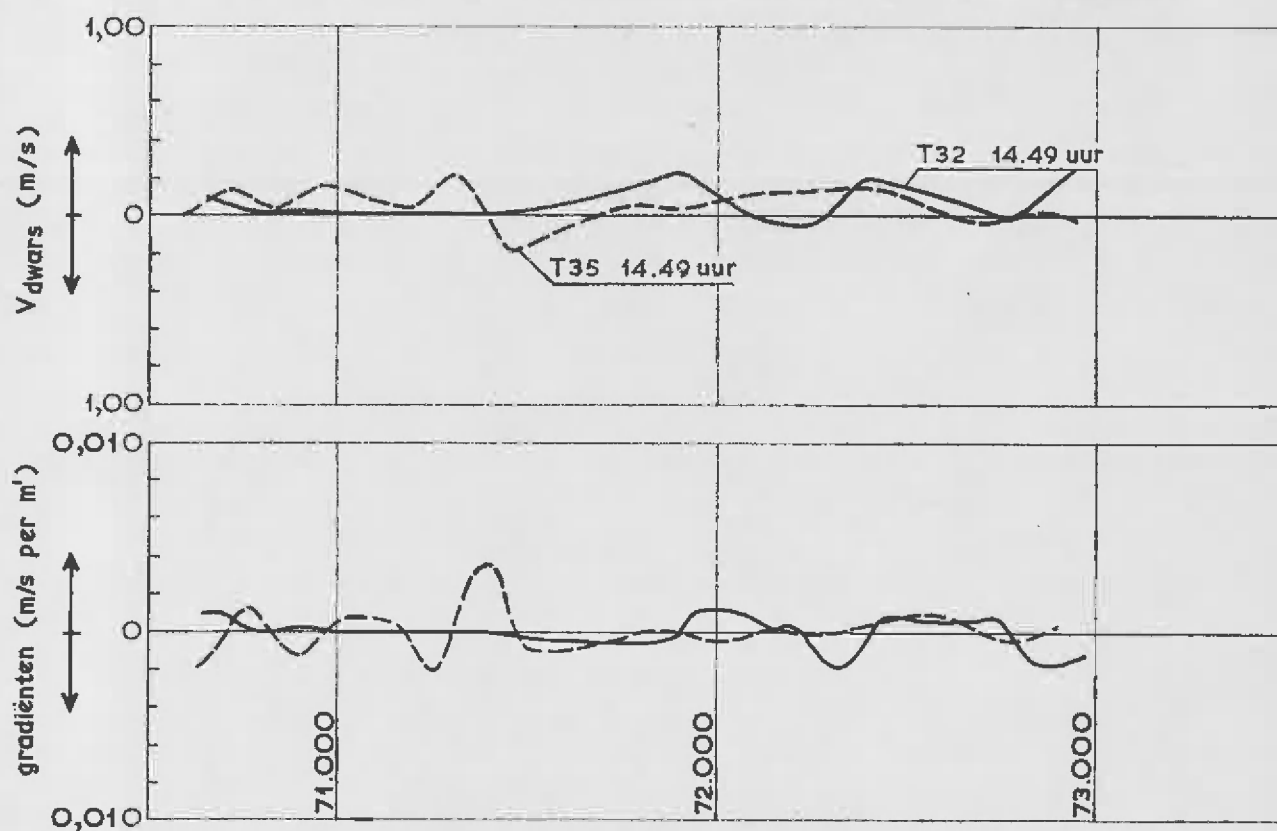
M.1106-I

FIG. 51



OPPERVLAKTESTROOM

situaties zie figuren 41 en 43

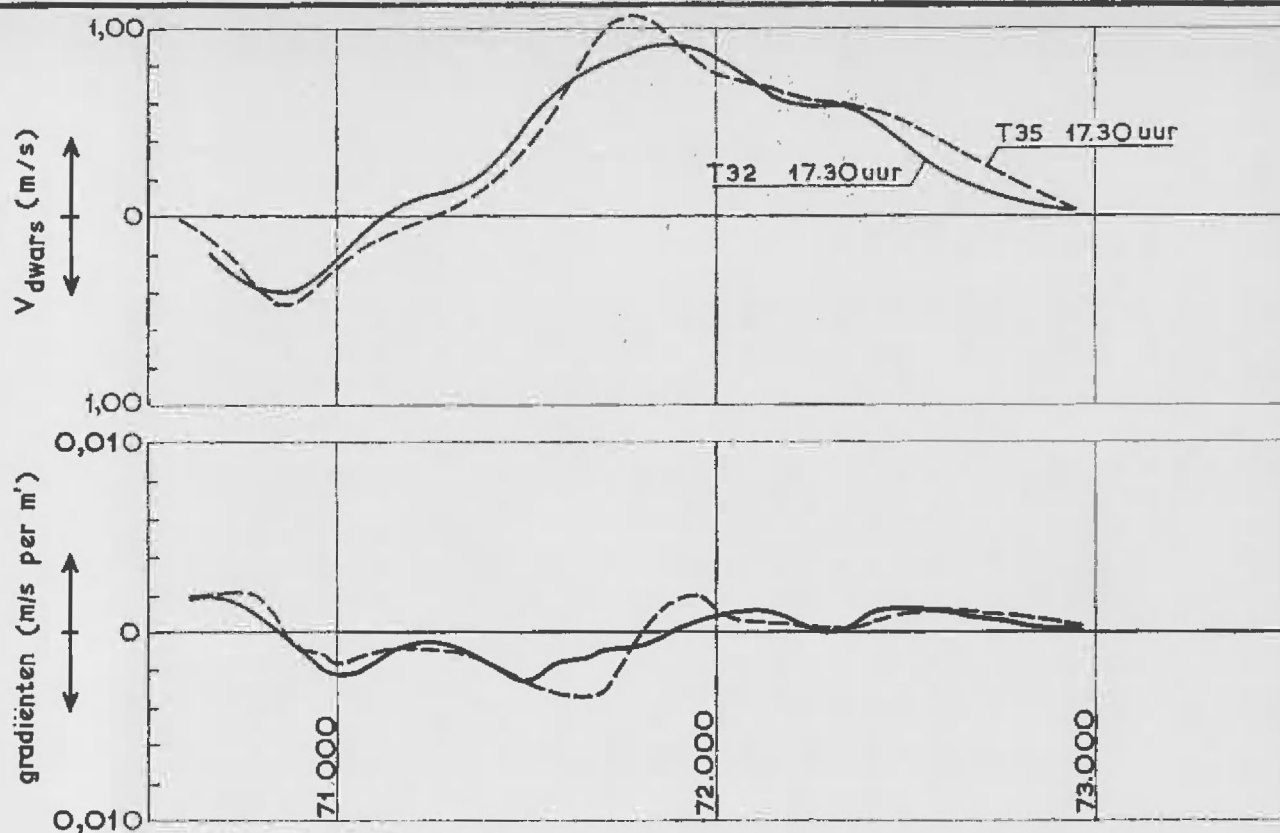


STROOM OP N.A.P.-4 m

situaties zie figuren 41 en 43

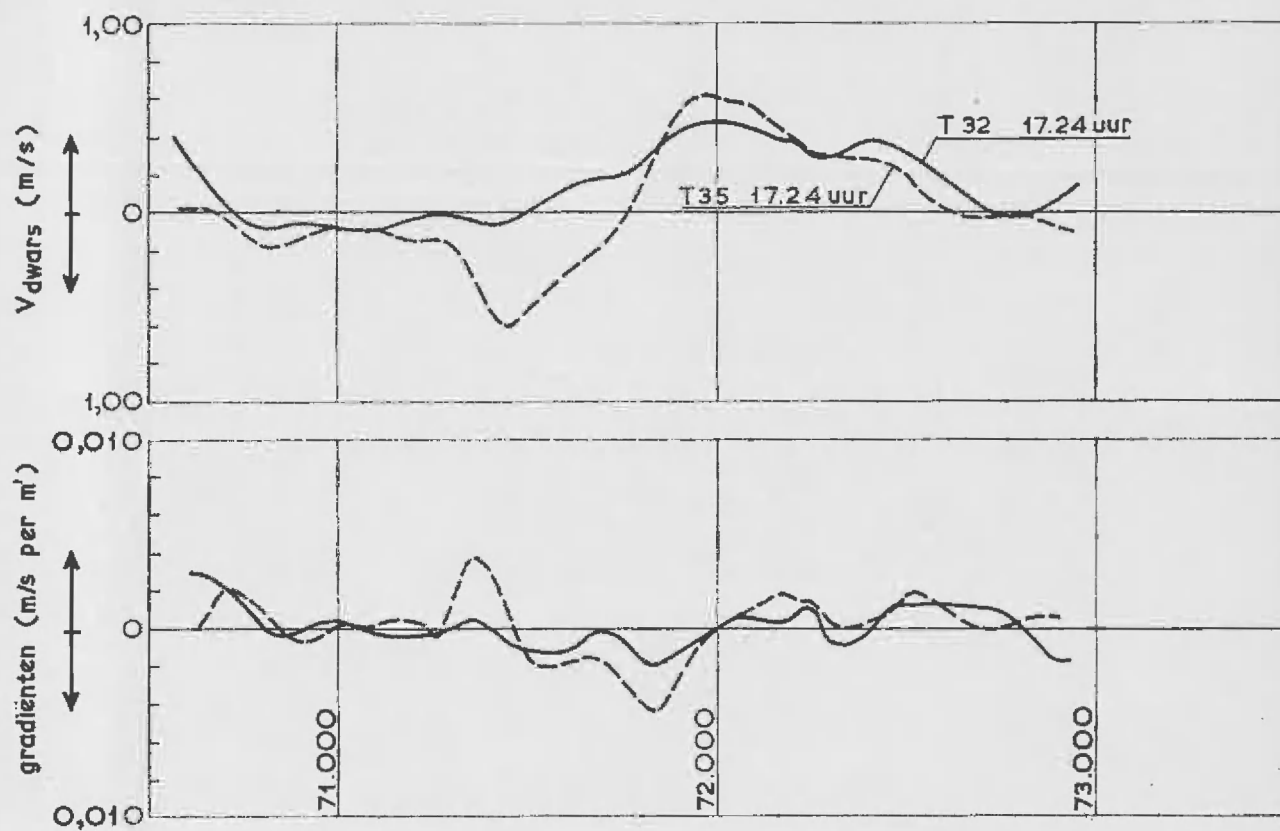
DWARSSTROOMSNELHEDEN EN -GRADIËNTEN
TER PLAATSE VAN DE KANAAL-AS

T32, T35 lage vloed
waterstand N.A.P.-0,18 m



OPPERVLAKTESTROOM

situaties zie figuren 41 en 43

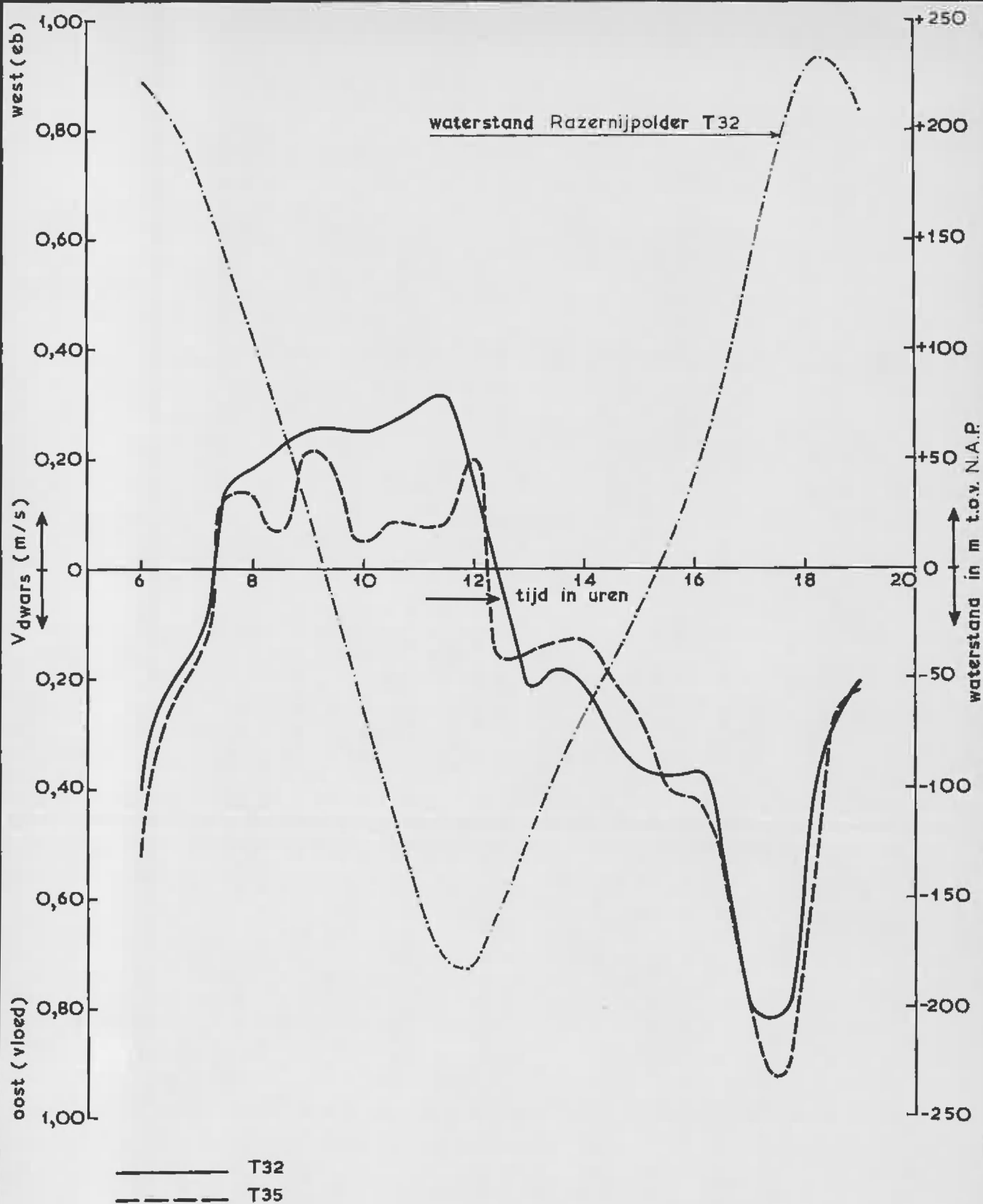


STROOM OP N.A.P.-4m

situaties zie figuren 41 en 43

DWARSSTROOMSNELHEDEN EN-GRADIËNTEN
TER PLAATSE VAN DE KANAAL-AS

T32, T35	hoge vloed
waterstand N.A.P.+1,92m	



Dwarsstroom, ter plaatse van de kanaal-as, gemiddeld over traject
km 71.650 - km 72.000, bepaald uit oppervlactestroombeeld.

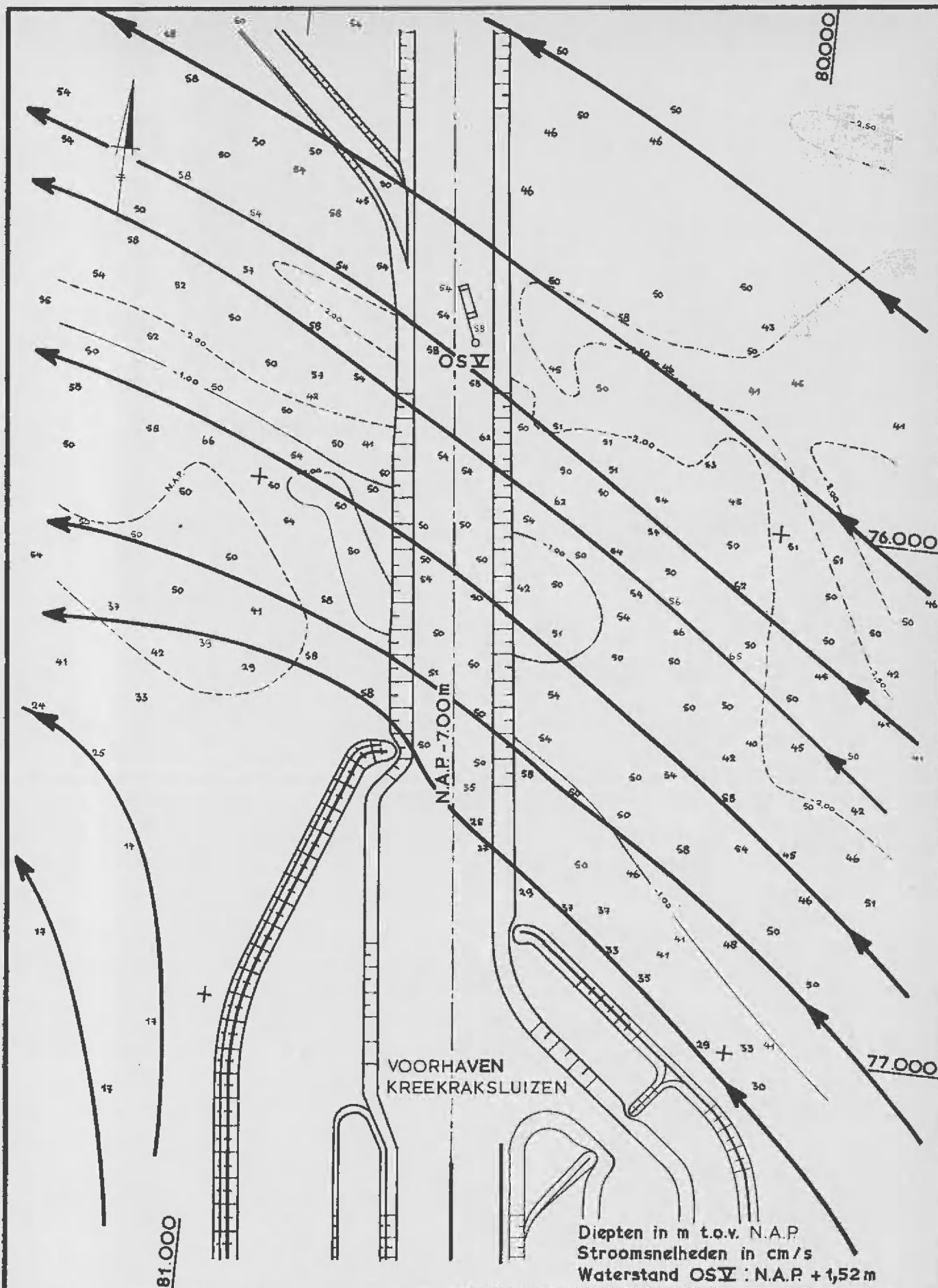
DWARSSTROOM ALS FUNCTIE VAN DE TIJD

T32, T35

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.11O6-I

FIG. 54



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
KREEKRASLUIS

T35 A

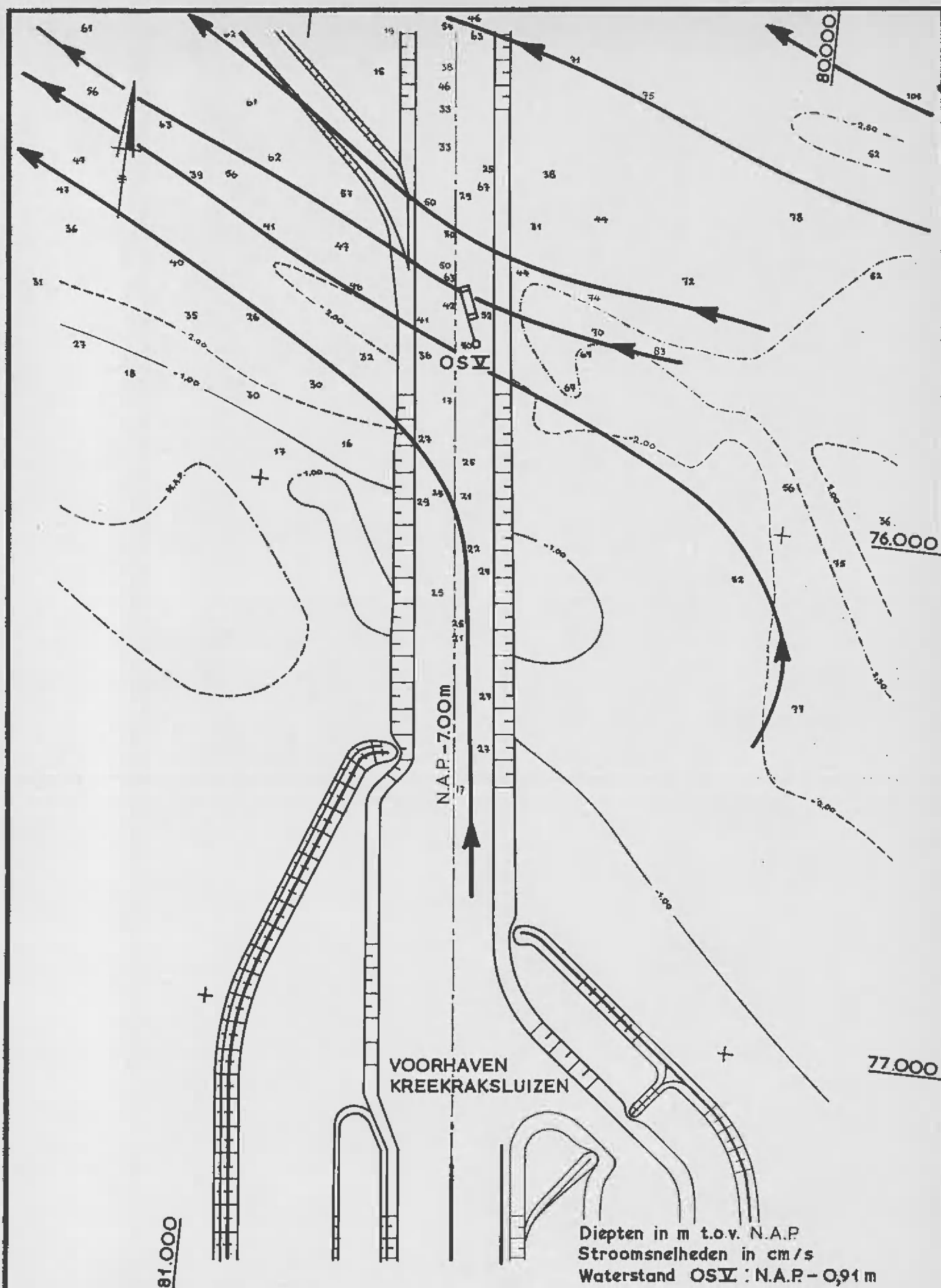
7.30 uur

SCHAAL 1:10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 55



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 KREEKRAKSLUIS

T35 A

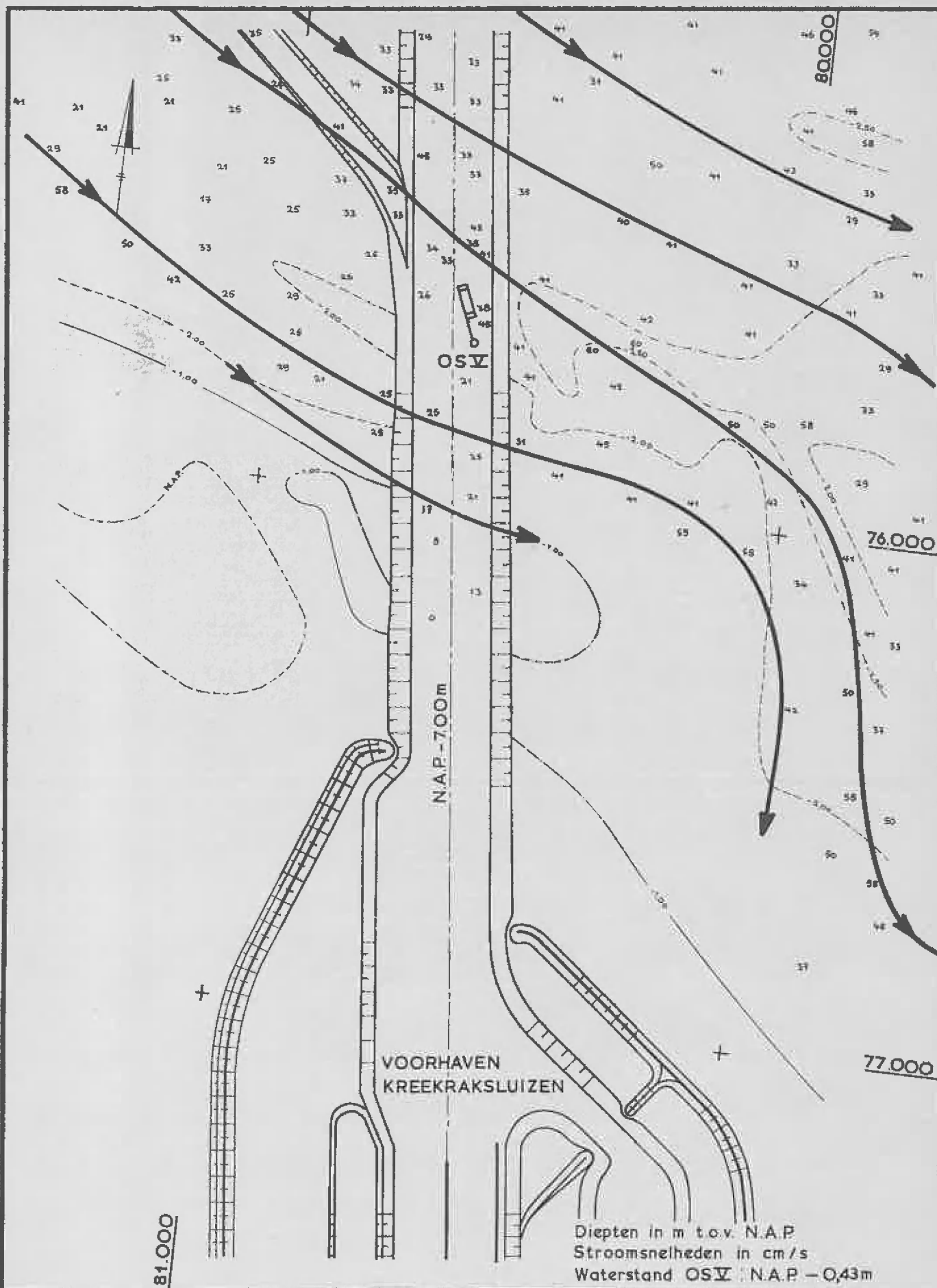
10.30 uur

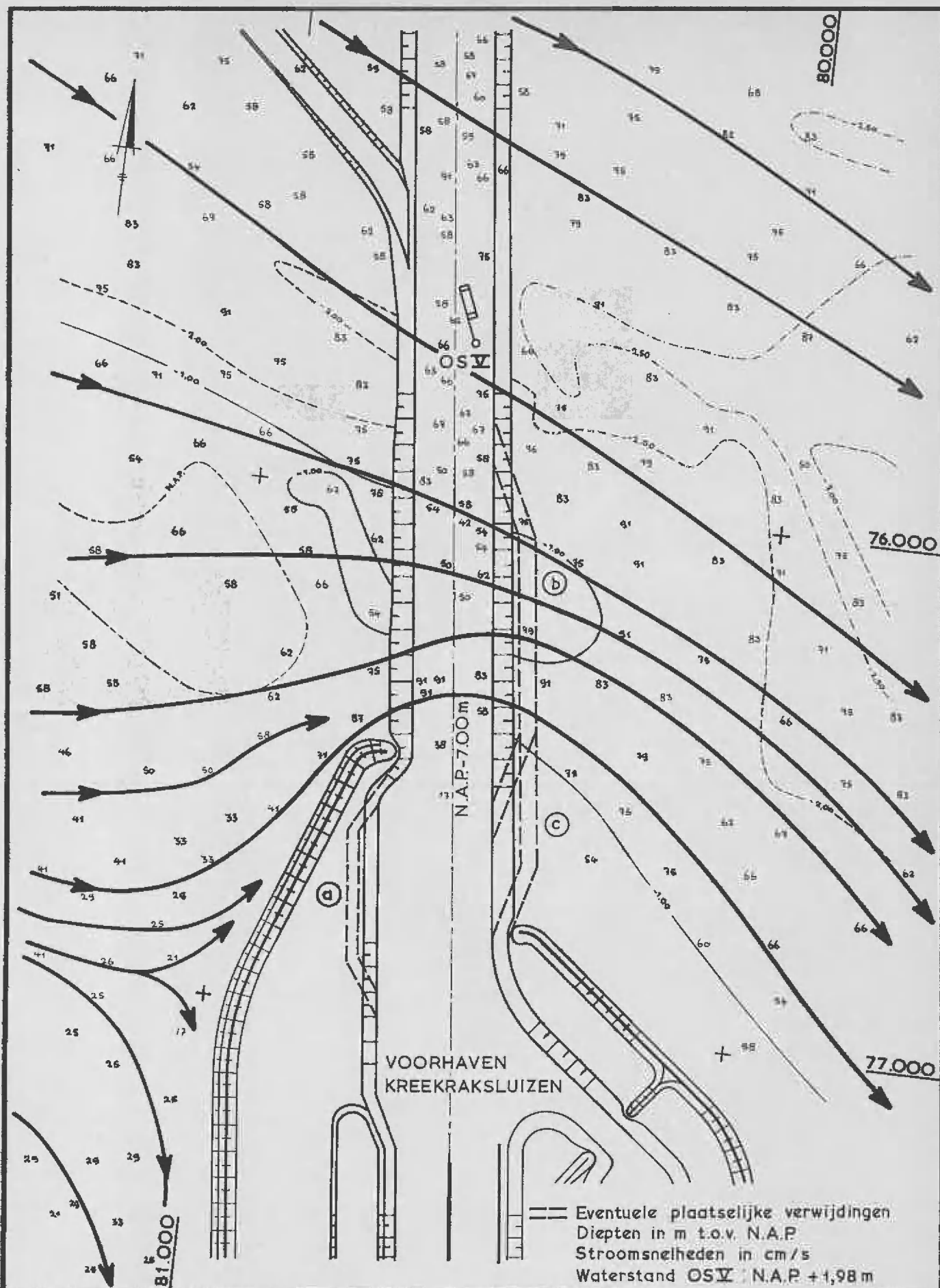
SCHAAL 1: 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 56





OPPERVLAKTESTROOMBEELD
KREEKRAKSLUIS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

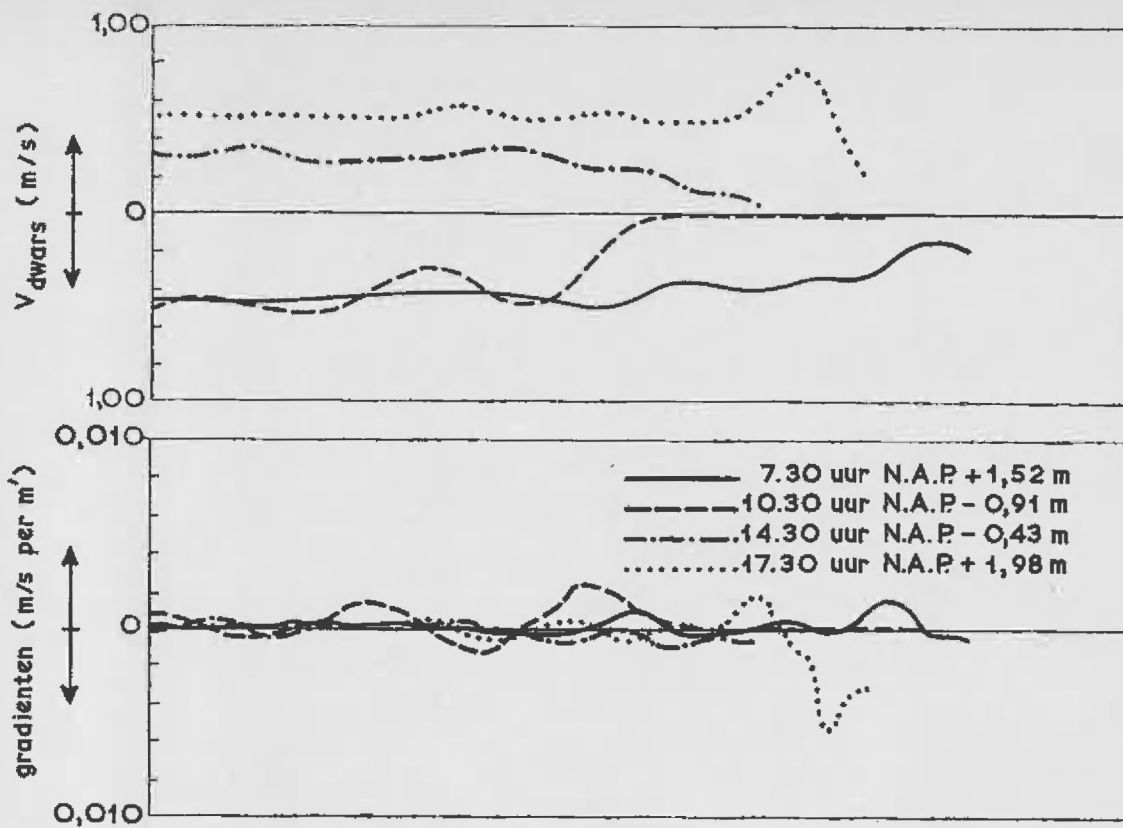
T35 A

17.30uur

SCHAAL 1:10.000

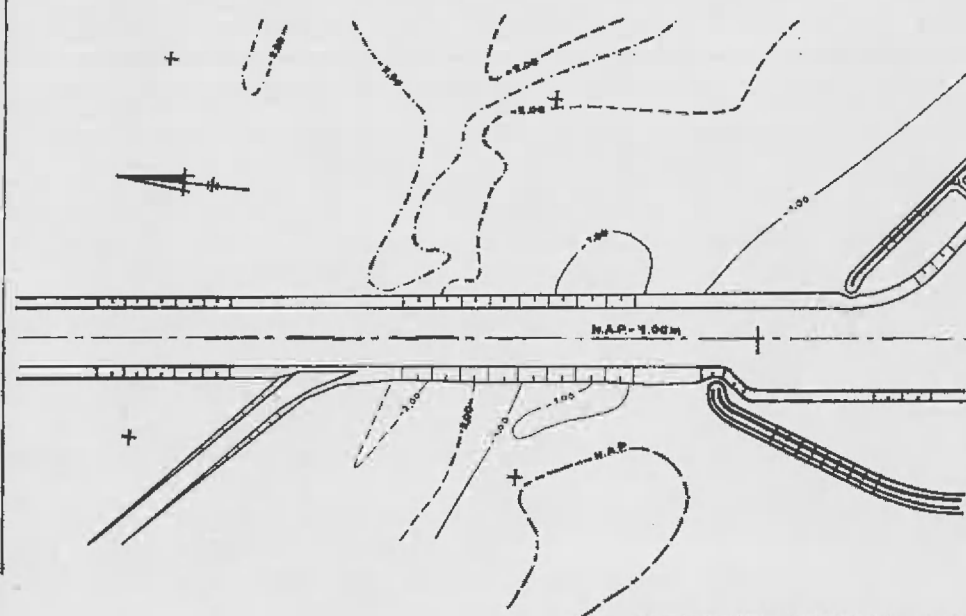
M. 1106-I

FIG. 58



81.000

82.000



SITUATIE SCHAAL 1:20.000
diepten in m t.o.v. N.A.P.

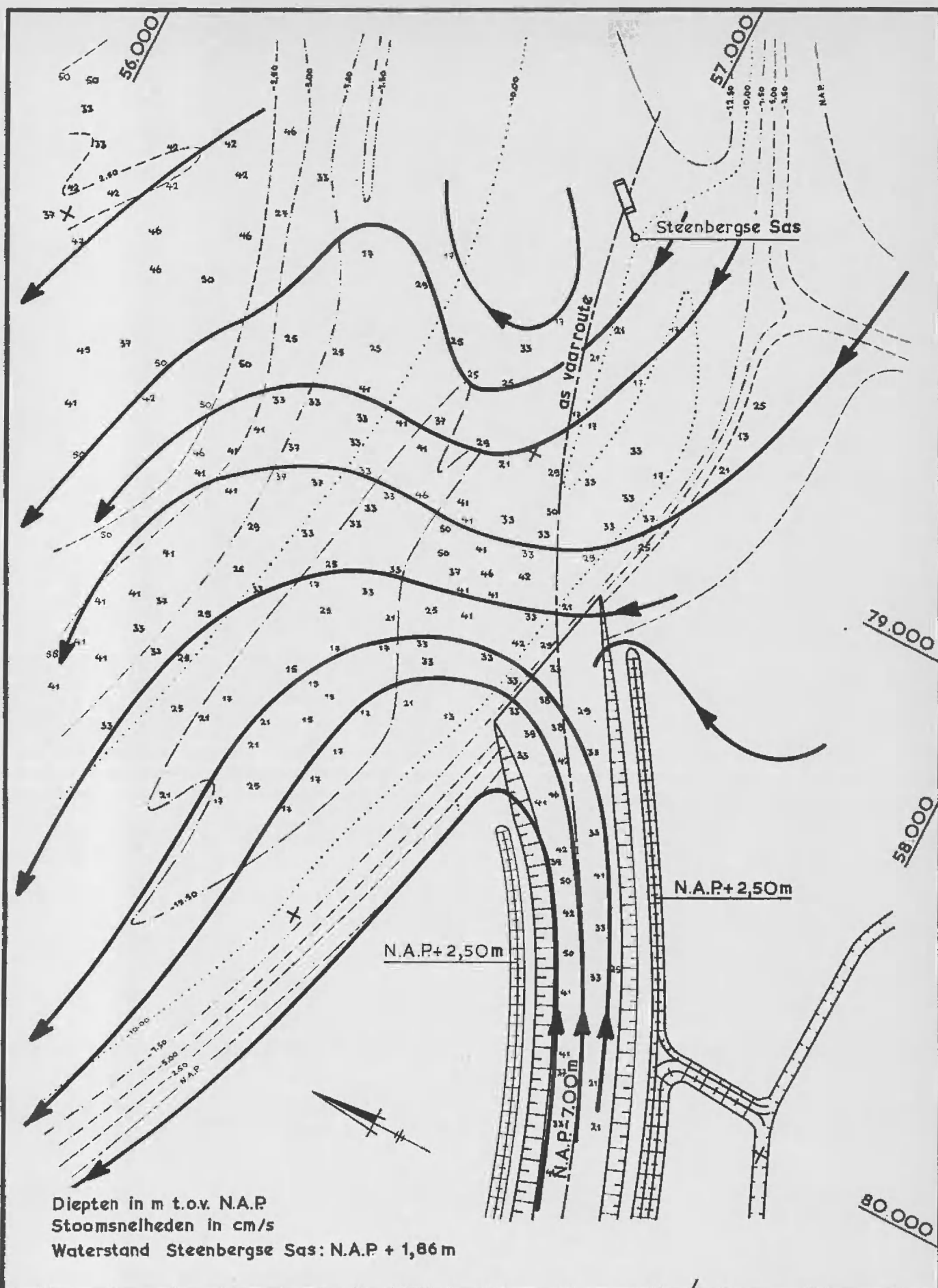
DWARSSTROOM KREEKRAKSLUIS
(OPPERVLAKTESTROOMBEELD)

T35 A

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 59



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

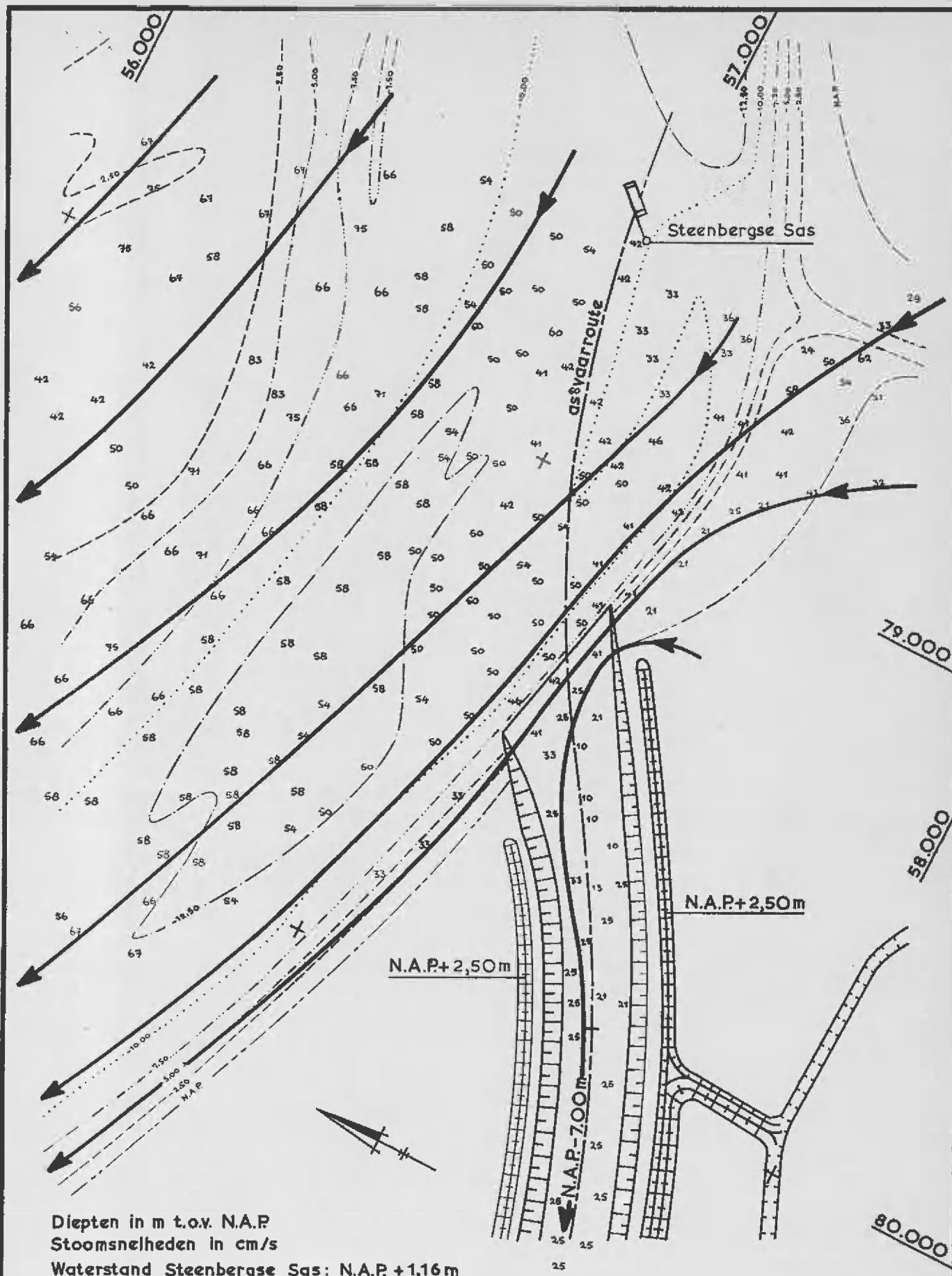
T32

7.30 uur

SCHAAL 1:10.000

M.1106-I

FIG. 60



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

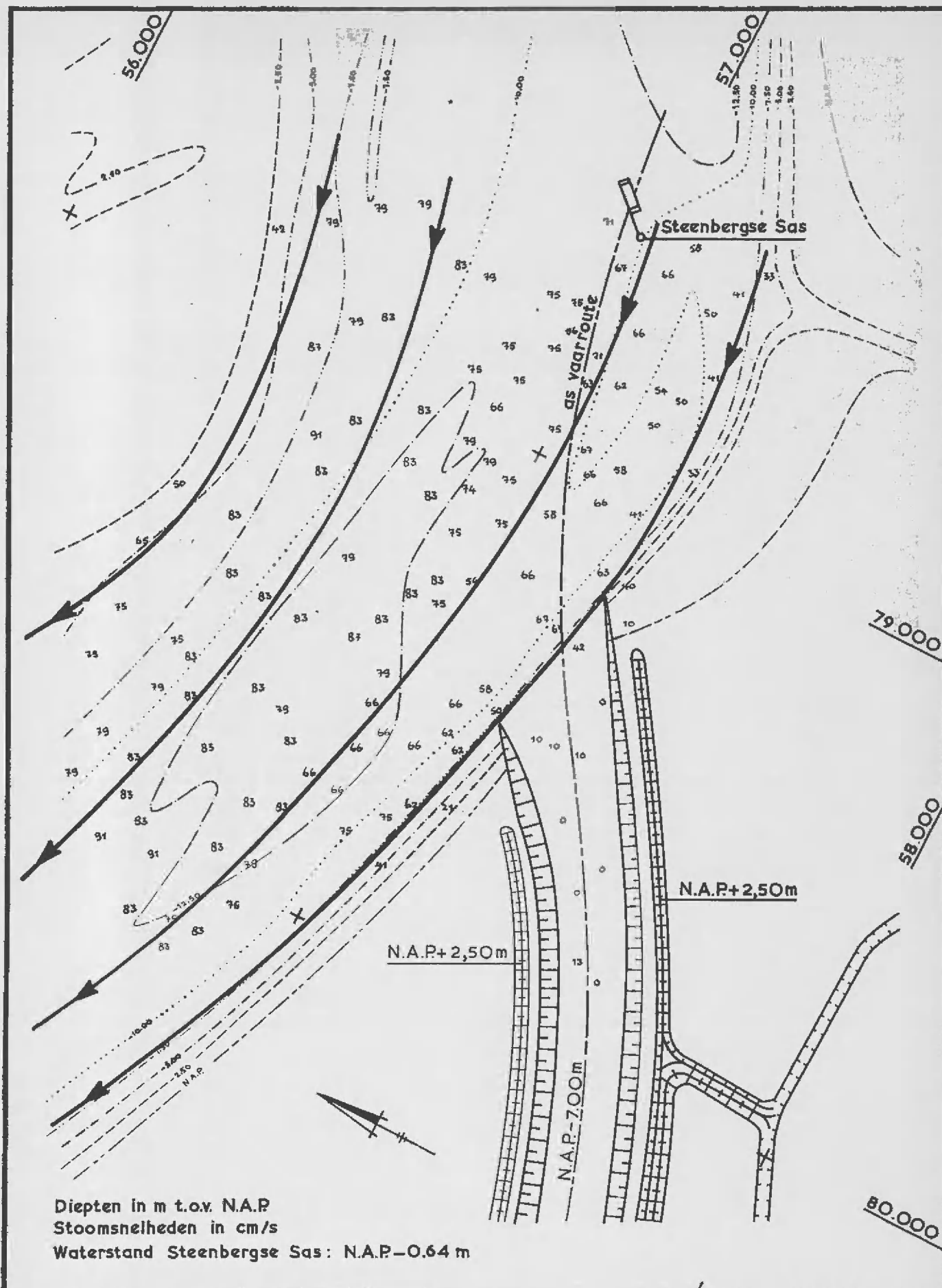
T32

8.30 uur

SCHAAL 1:10.000

M.1106-I

FIG. 61



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

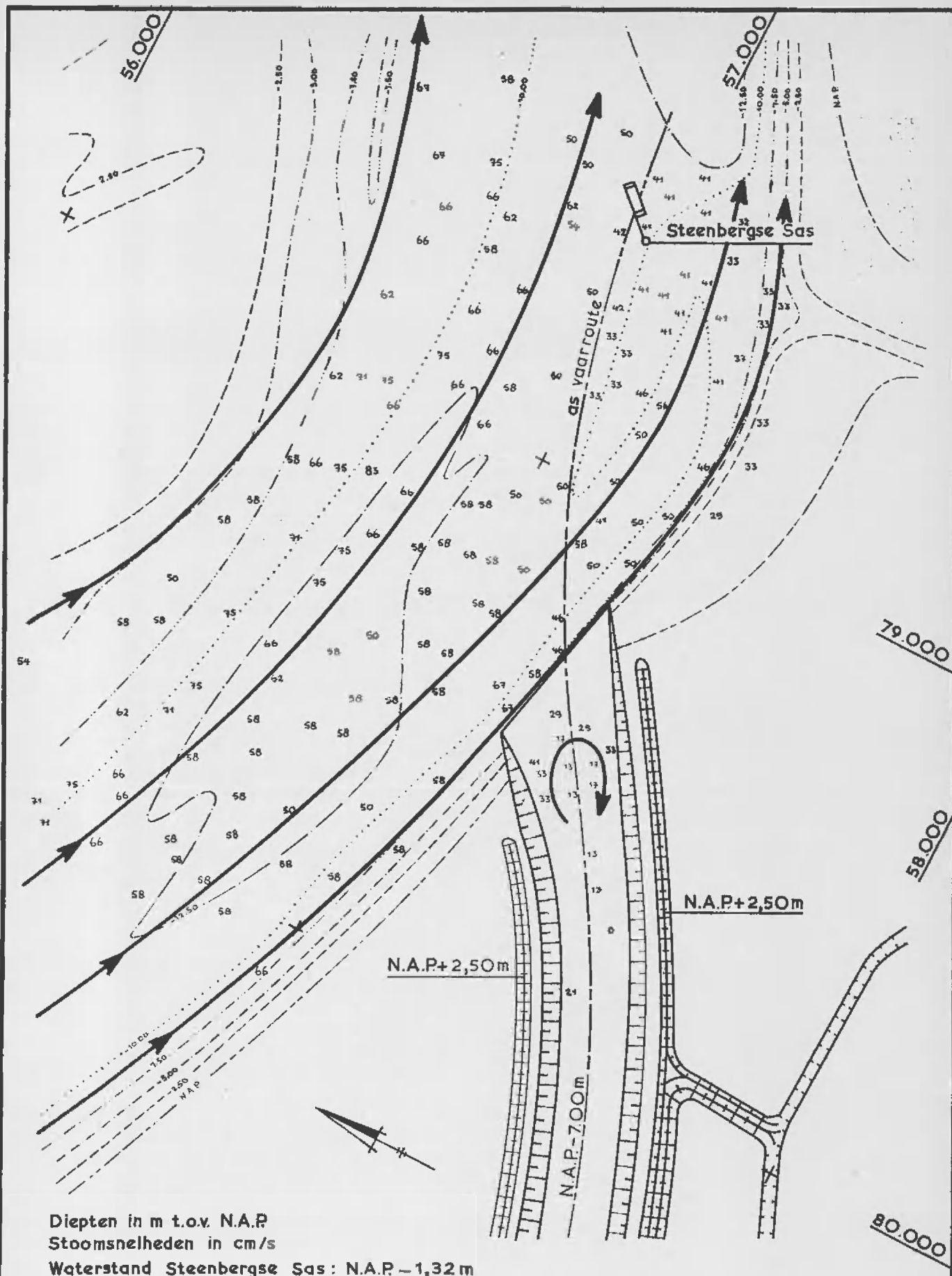
T32

10.30 uur

SCHAAL 1:10.000

M.1106-I

FIG. 62



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

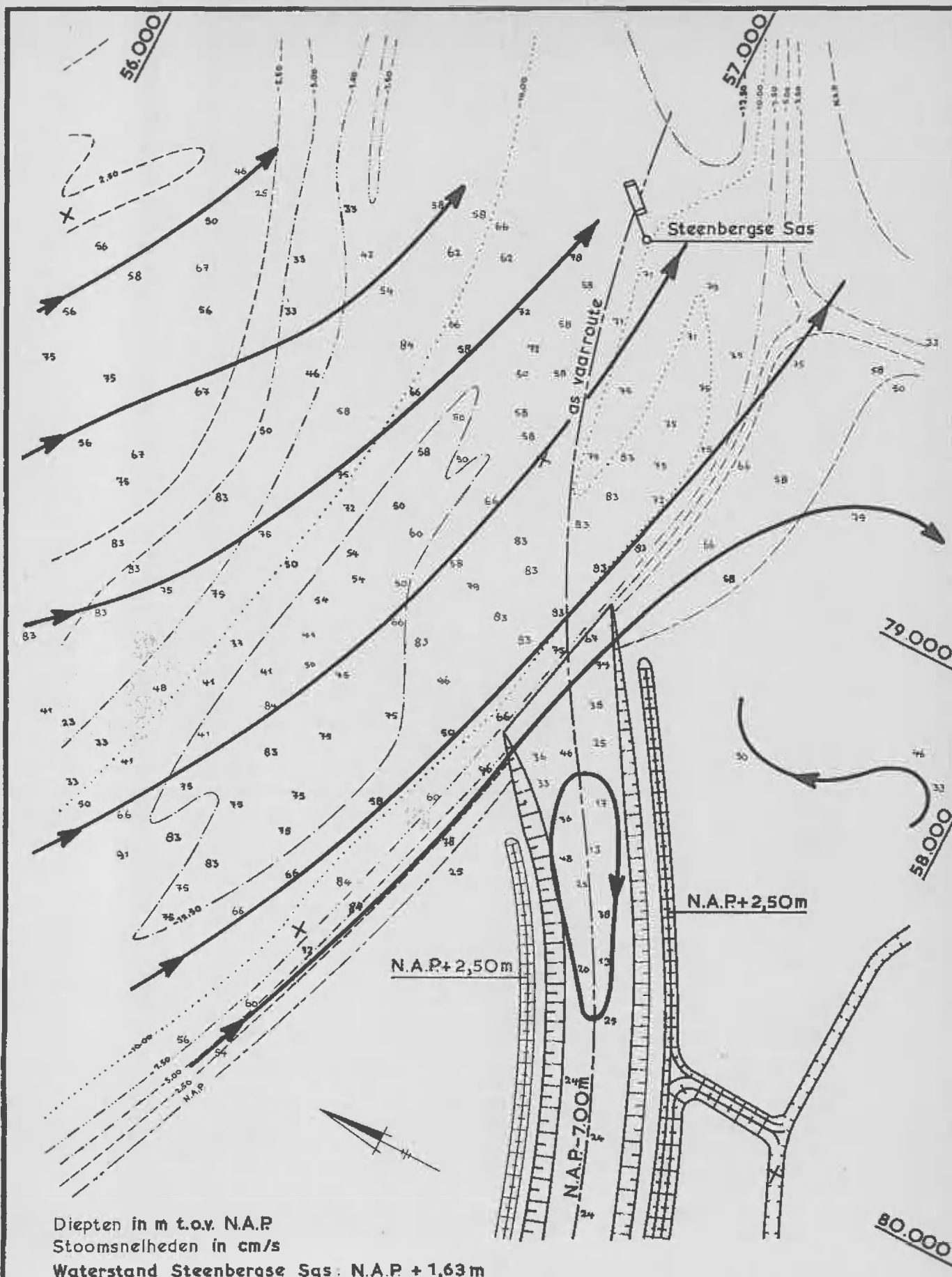
T32

13.30 uur

SCHAAL 1:10.000

M.1106-I

FIG. 63



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

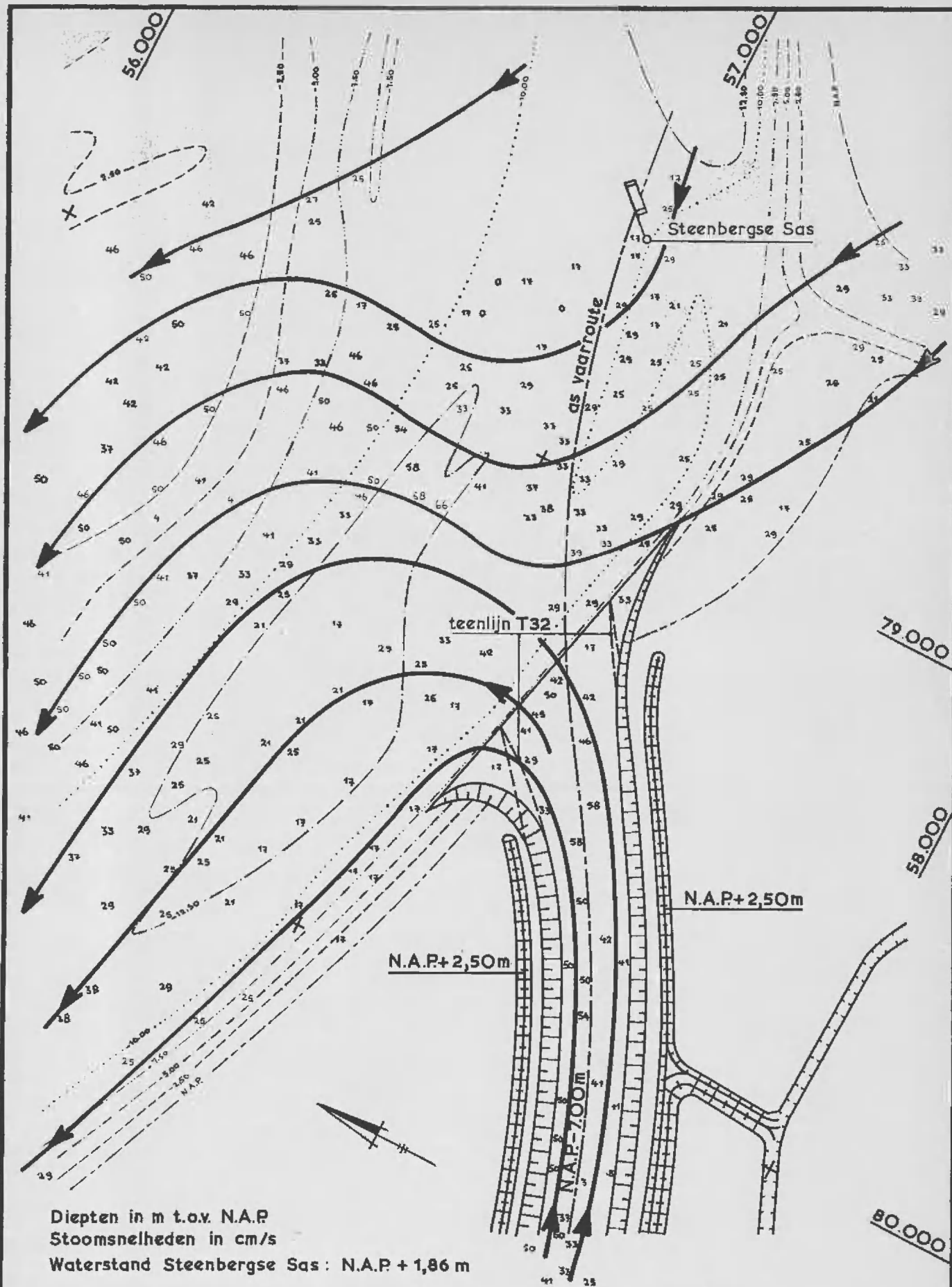
T32

17.30uur

SCHAAL 1:10.000

M.1106-I

FIG. 64



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

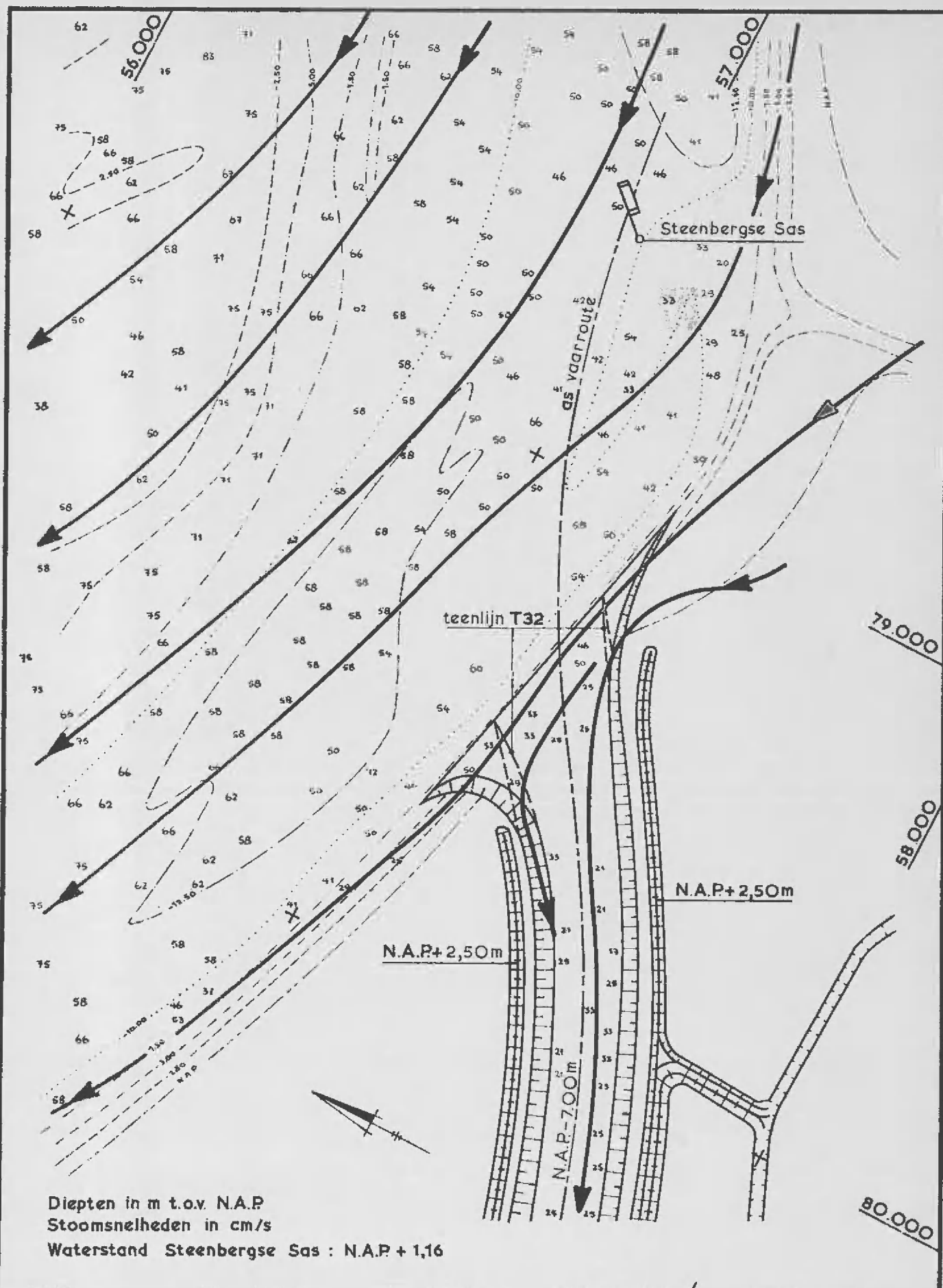
T35 A

7.30 uur

SCHAAL 1:10.000

M.1106-I

FIG. 65



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

T35 A

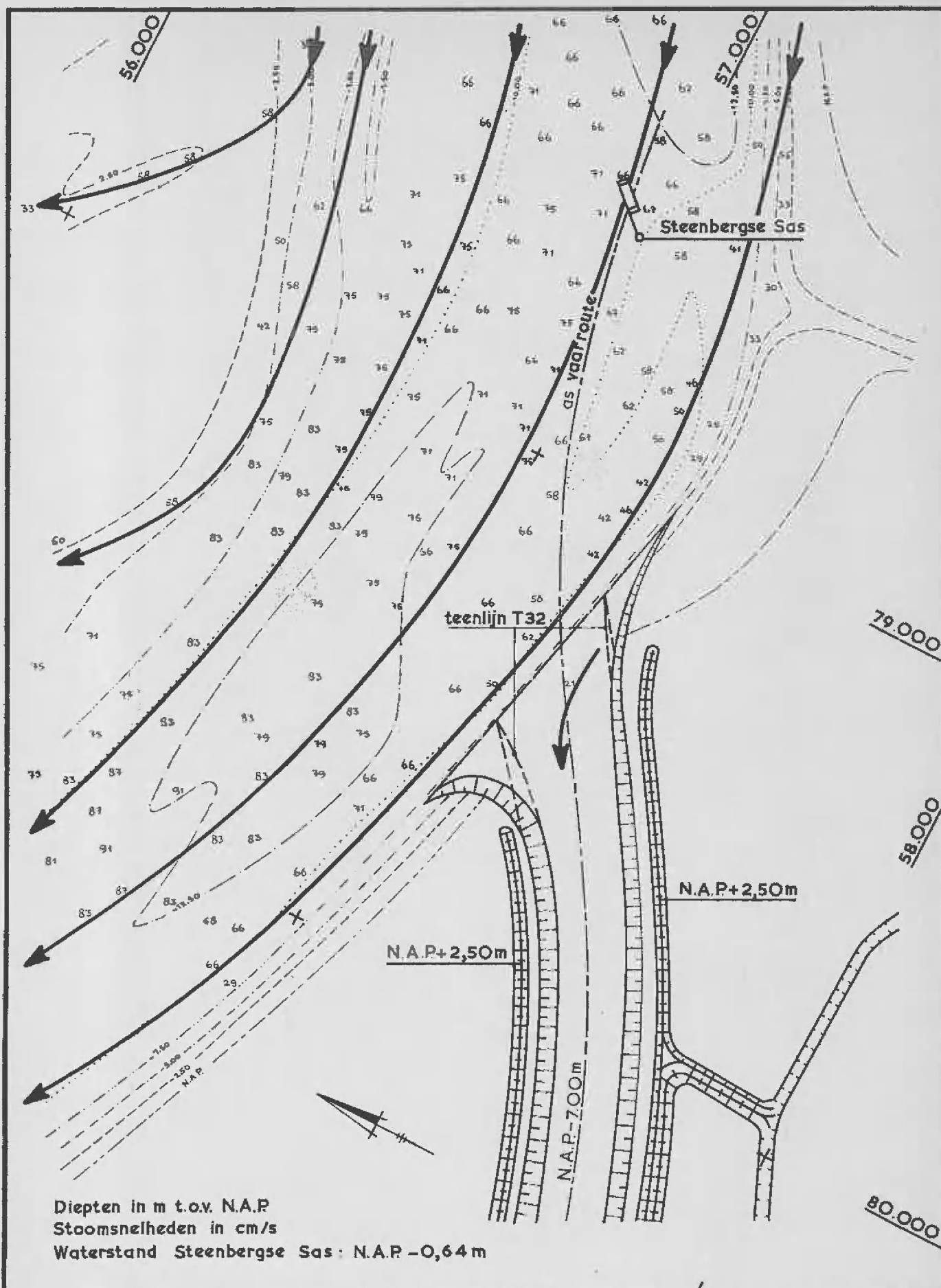
8.30 uur

SCHAAL 1:10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 66



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

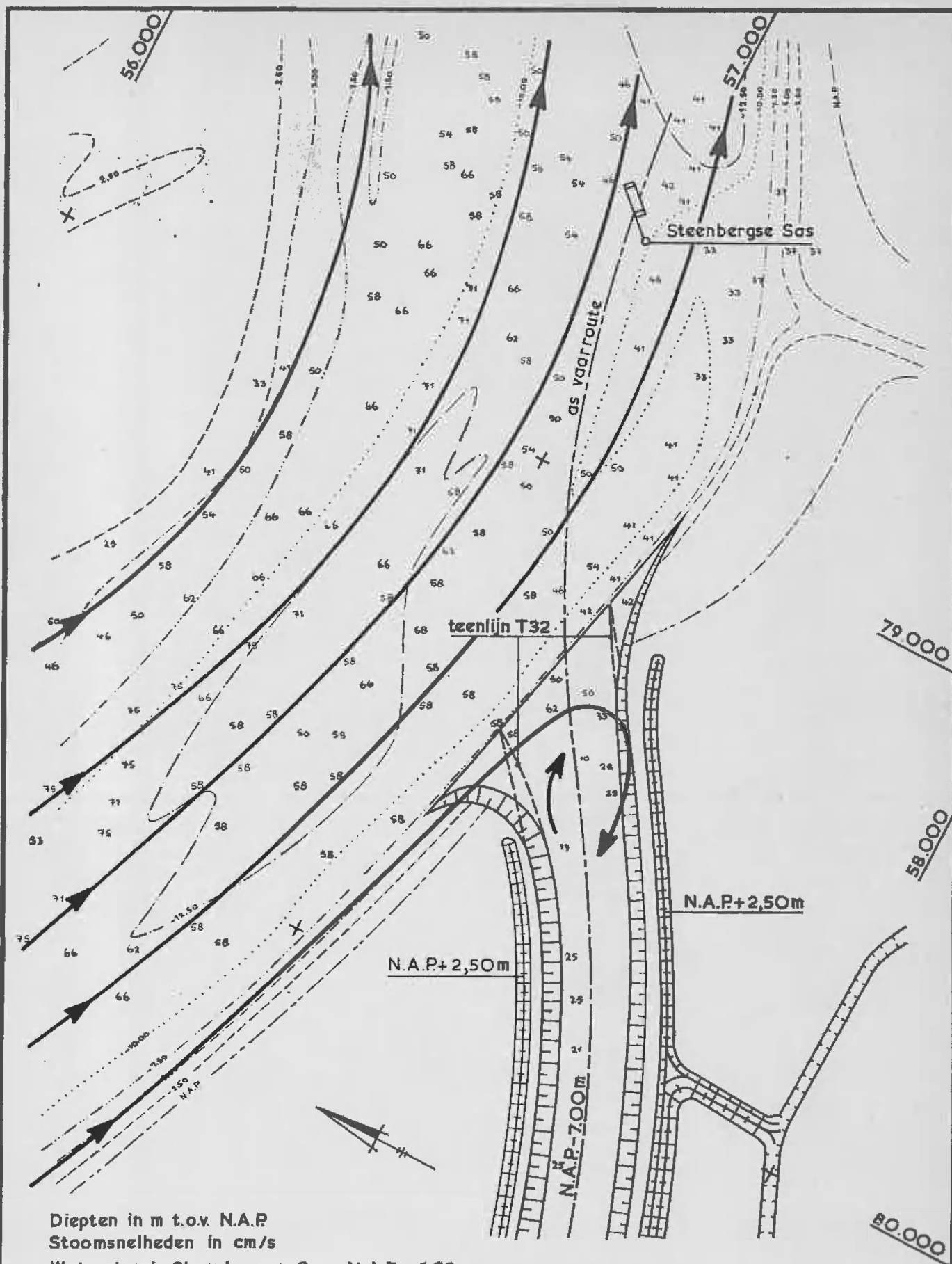
T35 A

10.30 uur

SCHAAL 1:10.000

M. 1106-I

FIG. 67



OPPERVLAKTESTROOMBEELD
 NOORDELIJKE MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

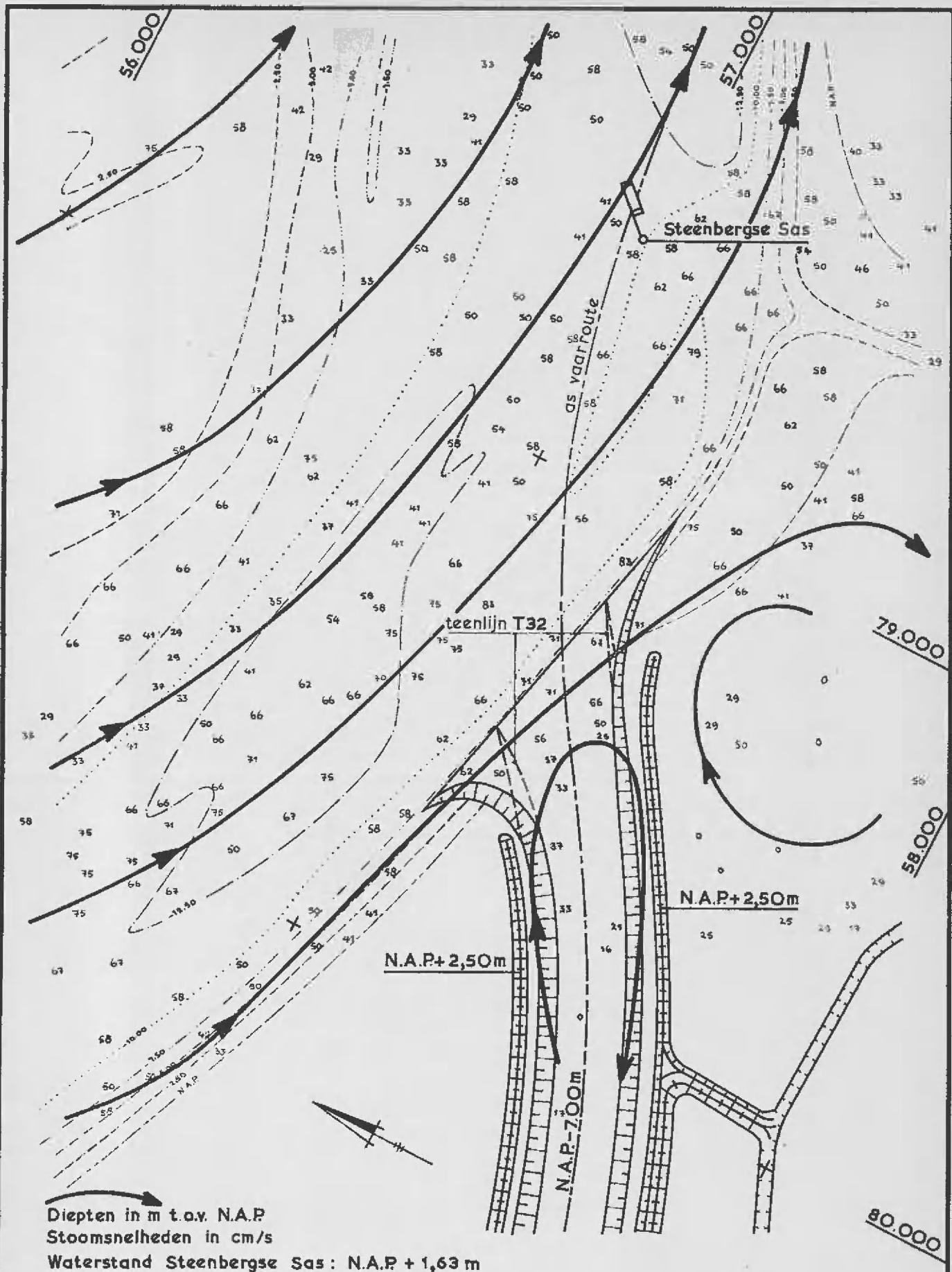
T35 A

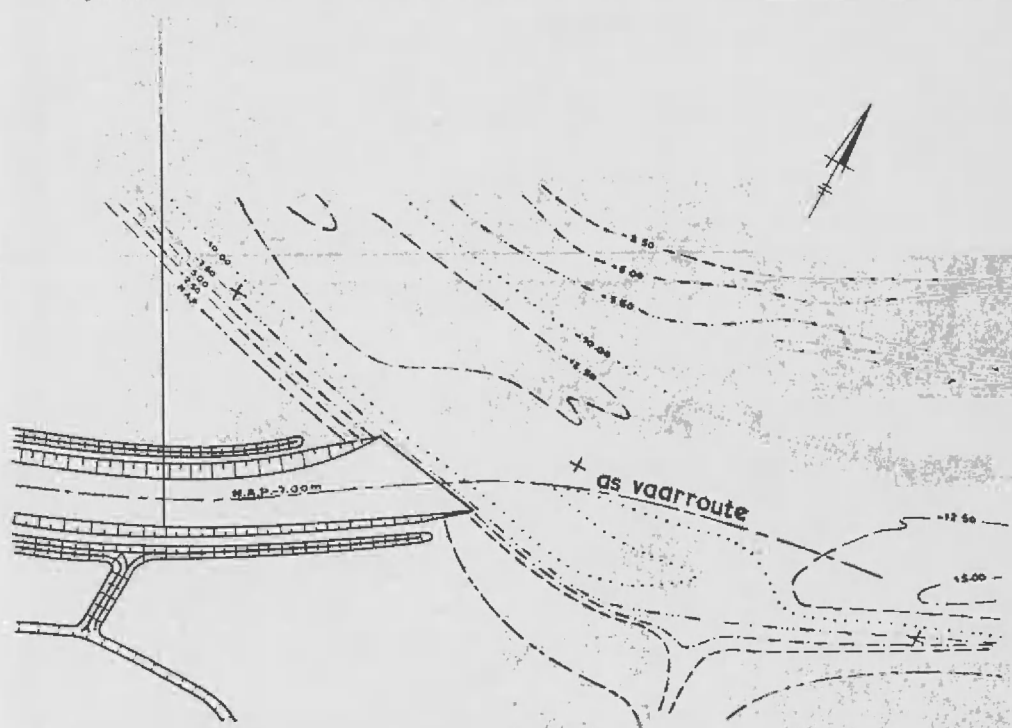
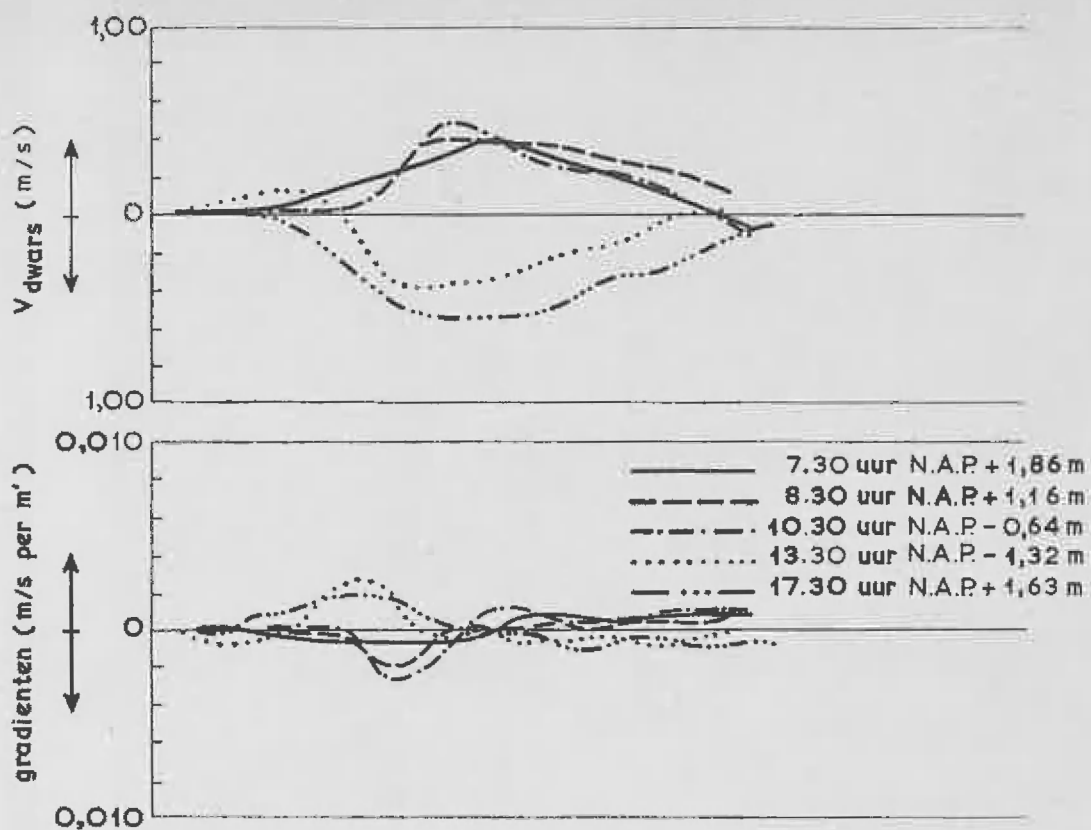
13.30 uur

SCHAAL 1:10.000

M.1106-I

FIG. 68





SITUATIE SCHAAL 1:20.000
diepten in m t.o.v. N.A.P.

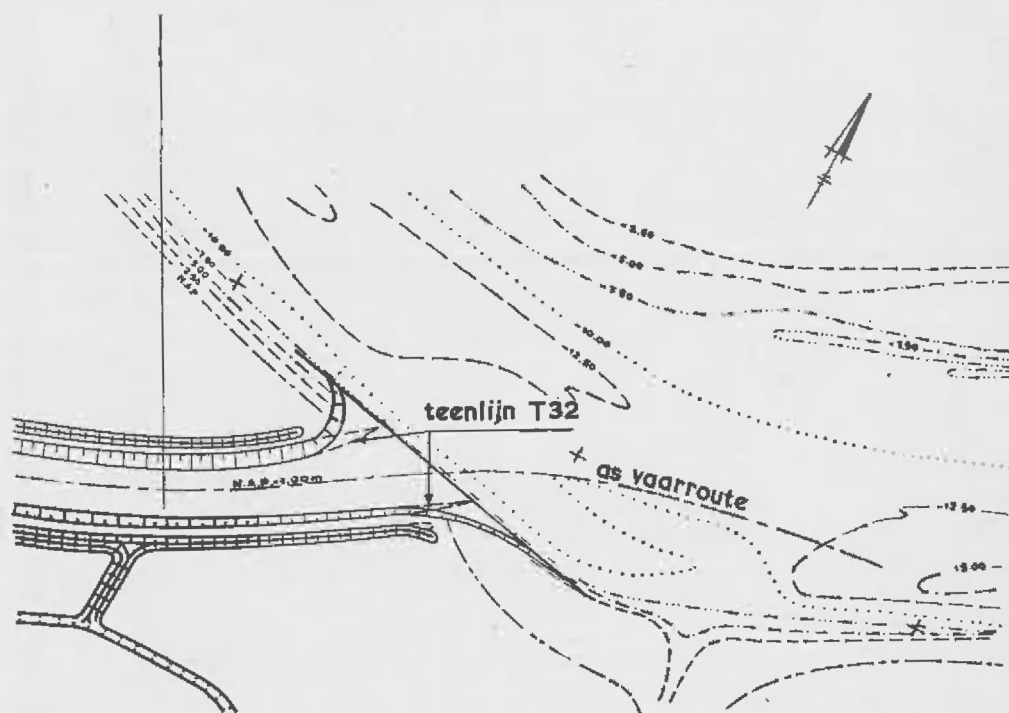
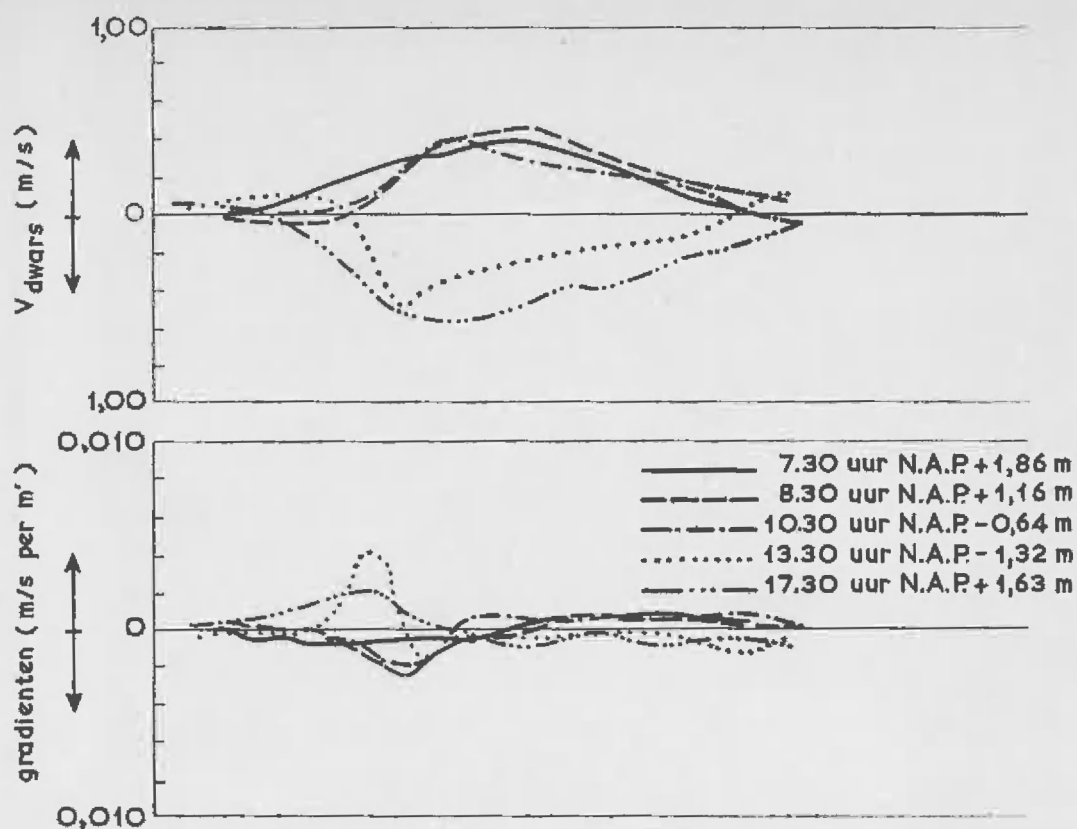
DWARSSTROOM NOORDELIJKE MOND
(OPPERVLAKTESTROOMBEELD)

T32

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

FIG. 70



SITUATIE SCHAAL 1:20.000
diepten in m t.o.v. N.A.P.

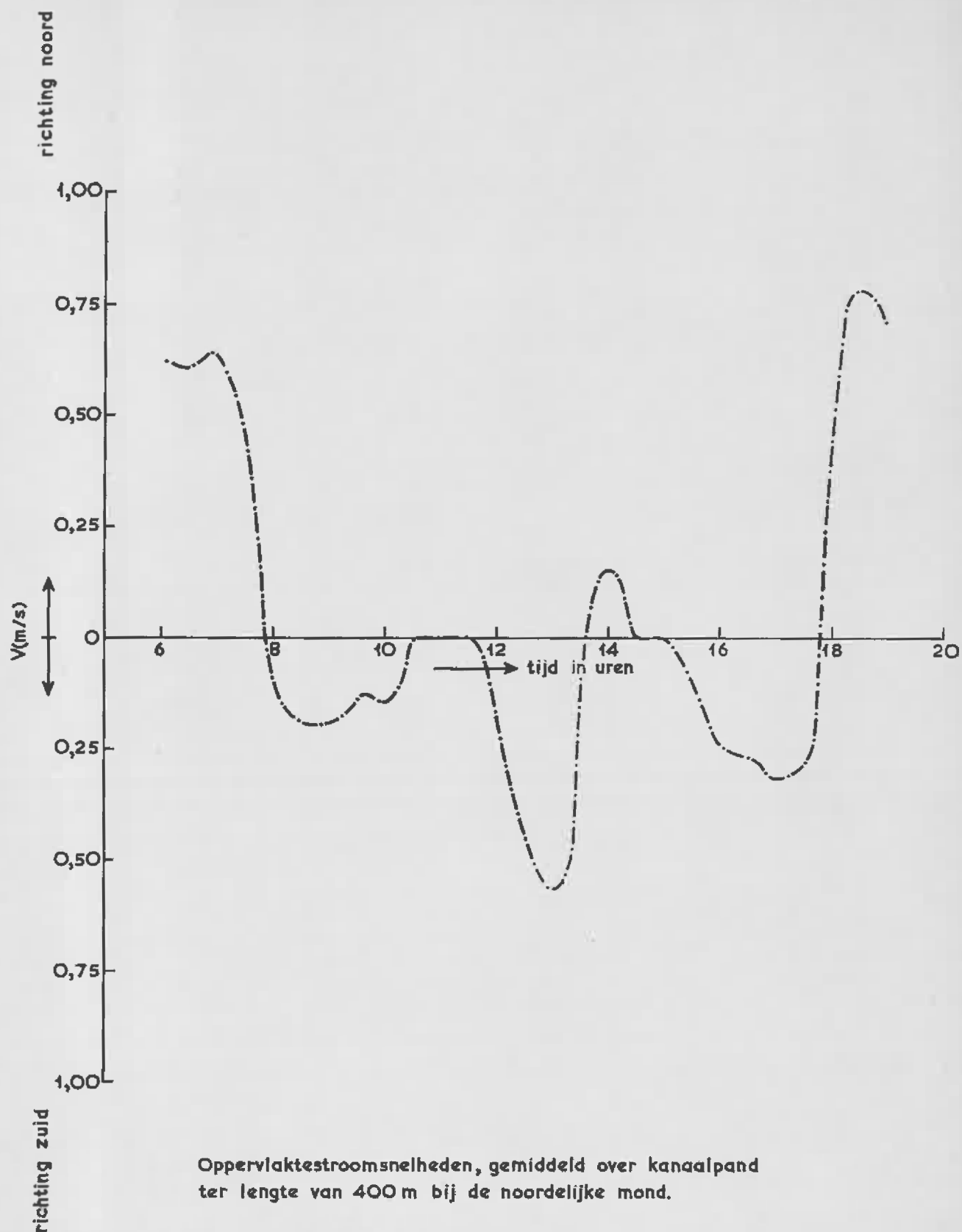
DWARSSTROOM NOORDELIJKE MOND
(OPPERVLAKTESTROOMBEELD)

T35A

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M.1106-I

FIG. 74



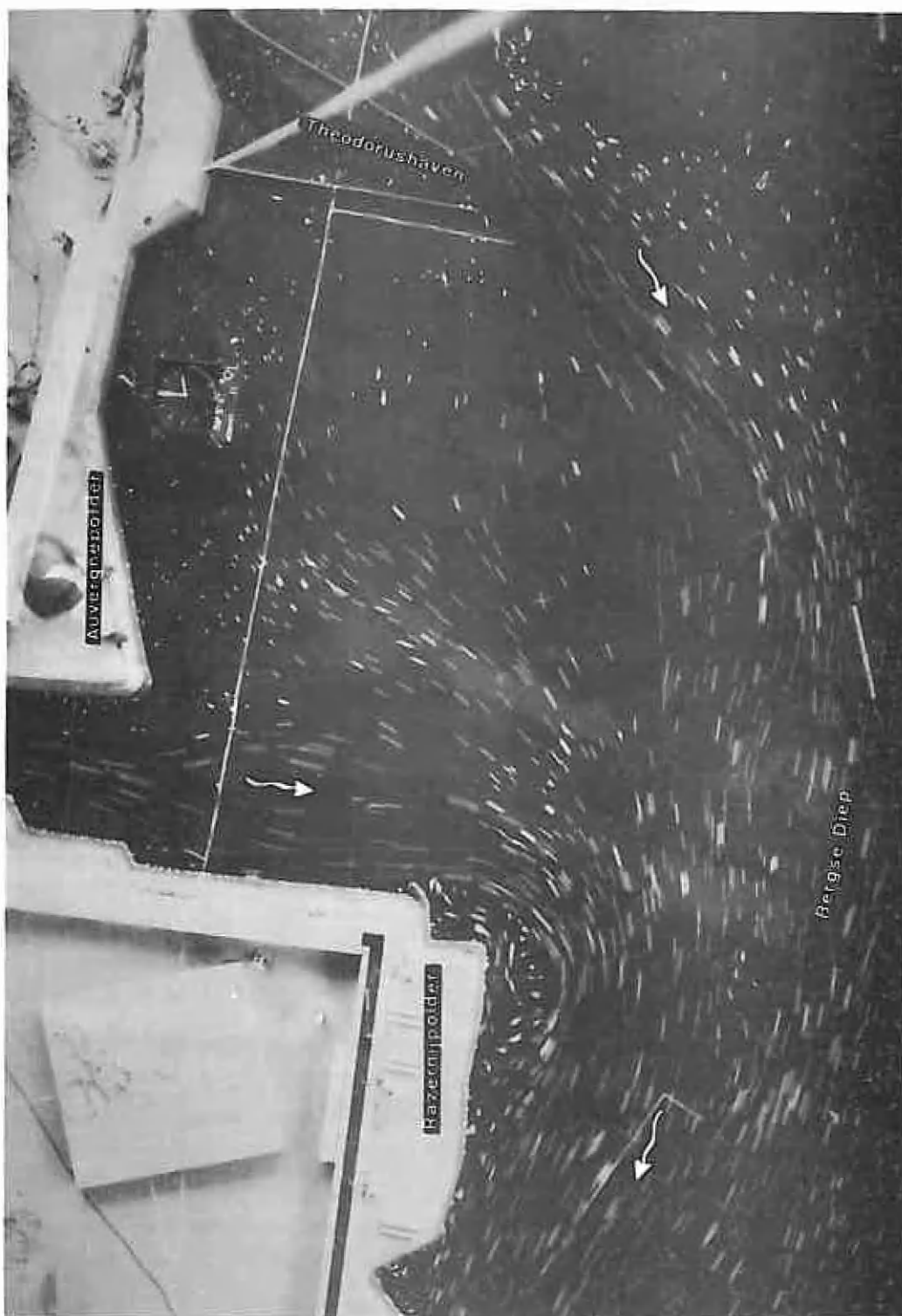
STROOMSNELHEDEN IN DE NOORDELIJKE MOND

T32

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1106-I

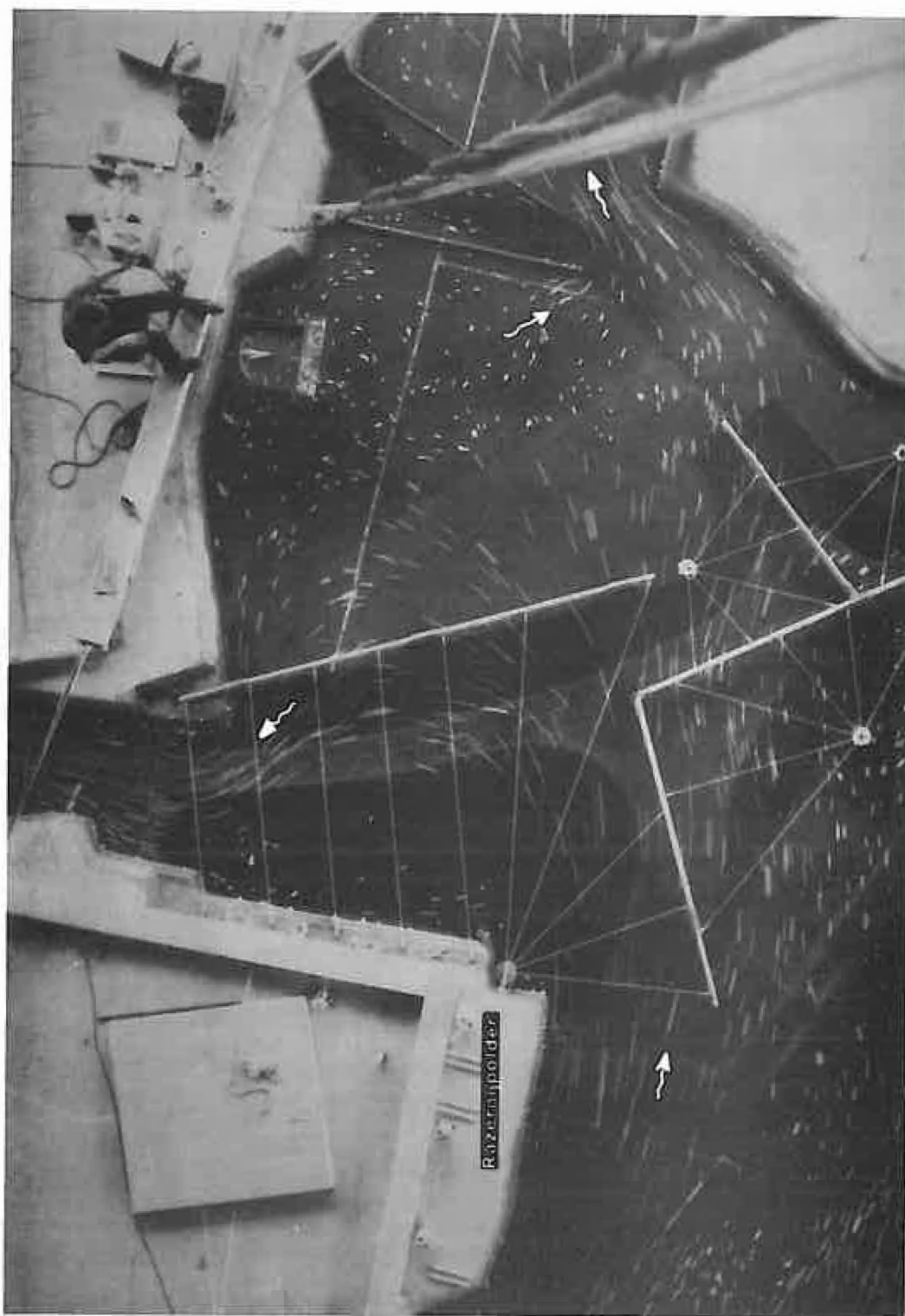
FIG. 72



1. T02 hoge eb, 8.30 uur
 Oppervlaktestroombeeld bij de Razernijpolder
 Lengteschaal 1 : 20.000
 Snelheidsschaal 1 cm $\hat{=}$ 1,67 m/s



2. T02 hoge vloed, 17.30 uur
 Oppervlaktestroombeeld bij de Razernijpolder
 Lengteschaal 1 : 20.000
 Snelheidsschaal 1 cm $\hat{=}$ 1,67 m/s



4. T32 hoge vloed, 17.30 uur
 Oppervlaktestroombeeld bij de Razernijpolder
 Lengteschaal 1 : 20.000
 Snelheidsschaal 1 cm $\cong$ 1,67 m/s



6. T35 hoge vloed, 17.30 uur
 Oppervlactestroombeeld bij de Razernijpolder
 Lengteschaal 1 : 20.000
 Snelheidsschaal 1 cm $\hat{=}$ 1,67 m/s



7. T35 A hoge eb, 7.30 uur



8. T35 A hoge vloed, 17.30 uur

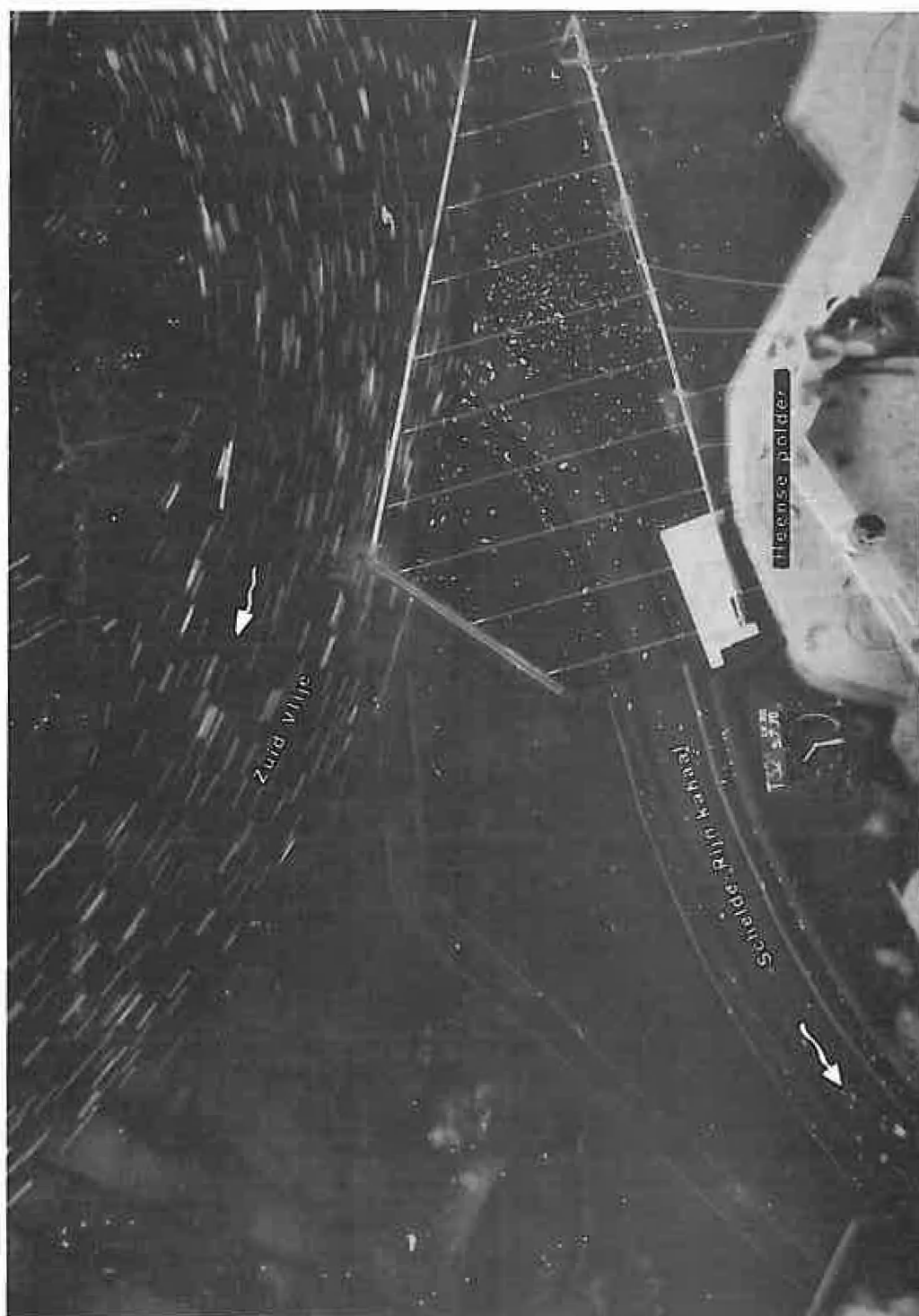
Oppervlaktestroombeelden bij de Kreekraksluizen

Lengteschaal 1 : 20.000

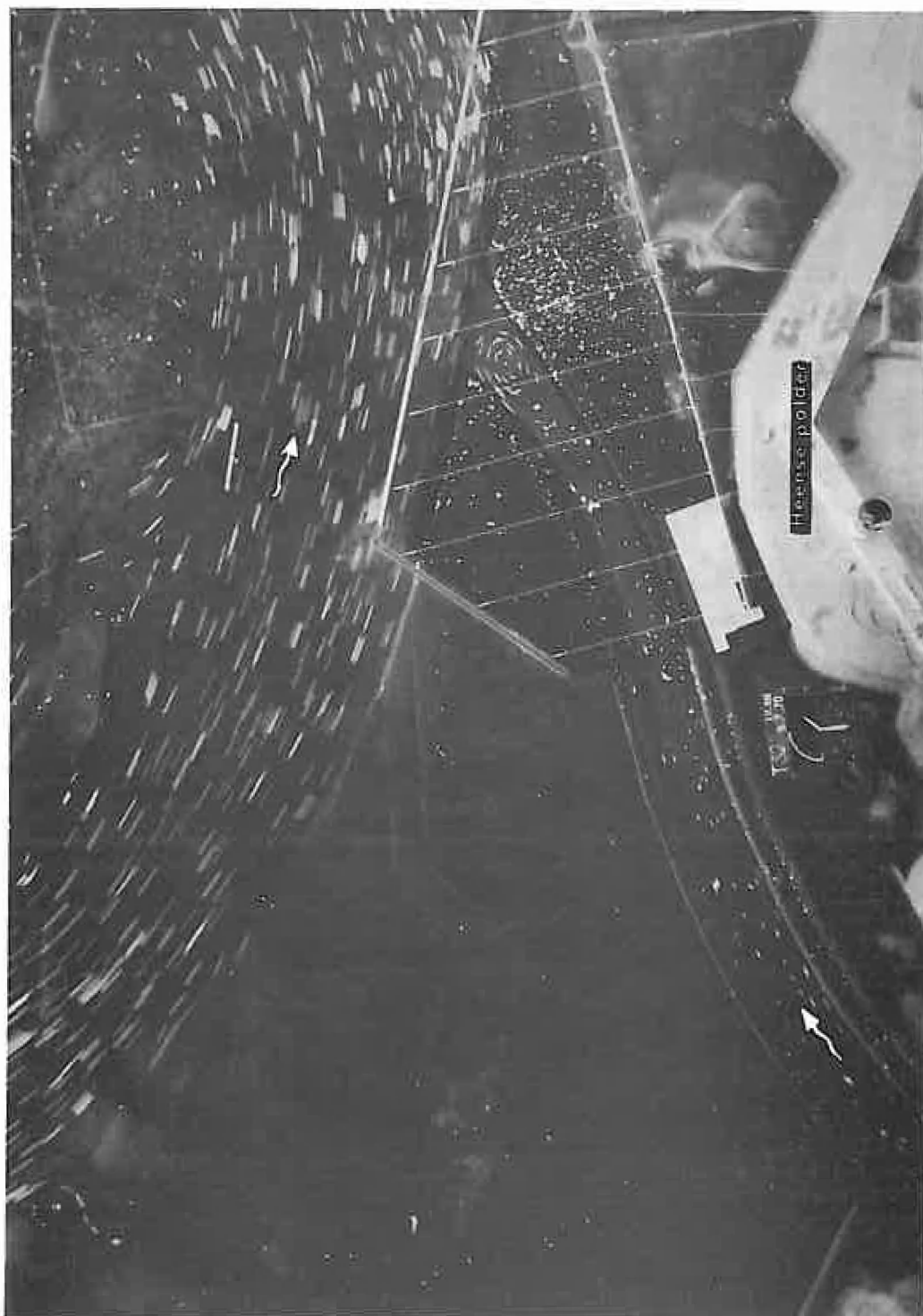
Snelheidsschaal 1 cm $\cong$ 1,67 m/s



9. Overzicht model bij noordelijke mond (T35 A)



10. T32 lage eb, 10.30 uur
 Oppervlaktestroombeeld bij de noordelijke mond
 Lengteschaal 1 : 20.000
 Snelheidsschaal 1 cm $\hat{=}$ 1,67 m/s



11. T32 lage vloed, 13.30 uur

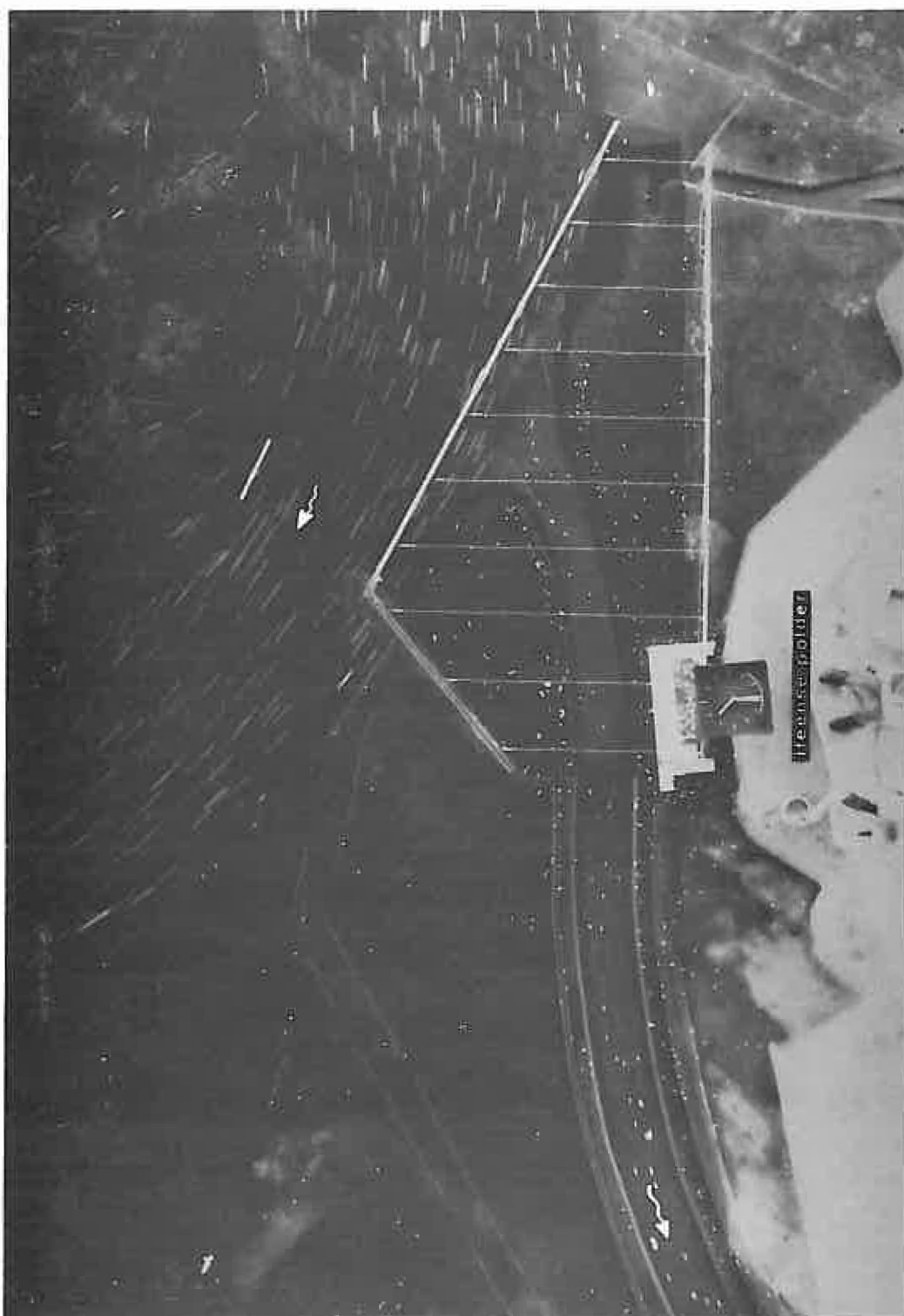
Oppervlaktestroombeeld bij de noordelijke mond

Lengteschaal 1 : 20.000

Snelheidsschaal 1 cm $\hat{=}$ 1,67 m/s



12. T32 hoge vloed, 17.30 uur
Oppervlaktestroombeeld bij de noordelijke mond
Lengteschaal 1 : 20.000
Snelheidsschaal 1 cm $\cong$ 1,67 m/s



13. T35 A lage eb, 10.30 uur

Oppervlaktestroombeeld bij de noordelijke mond

Lengteschaal 1 : 20.000

Snelheidsschaal 1 cm $\hat{=}$ 1,67 m/s



14. T35 A lage vloed, 13.30 uur

Oppervlaktestroombeeld bij de noordelijke mond

Lengteschaal 1 : 20.000

Snelheidsschaal 1 cm $\cong$ 1,67 m/s



15. T35 A hoge vloed, 17.30 uur
 Oppervlaktestroombeeld bij de noordelijke mond
 Lengteschaal 1 : 20.000
 Snelheidsschaal 1 cm $\hat{=}$ 1,67 m/s

