



# waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory

---

stormvloedkering Oosterschelde

pijlerplaatsingen in de Schaar en Hammen  
vanuit het zuiden

ontgrondingsonderzoek

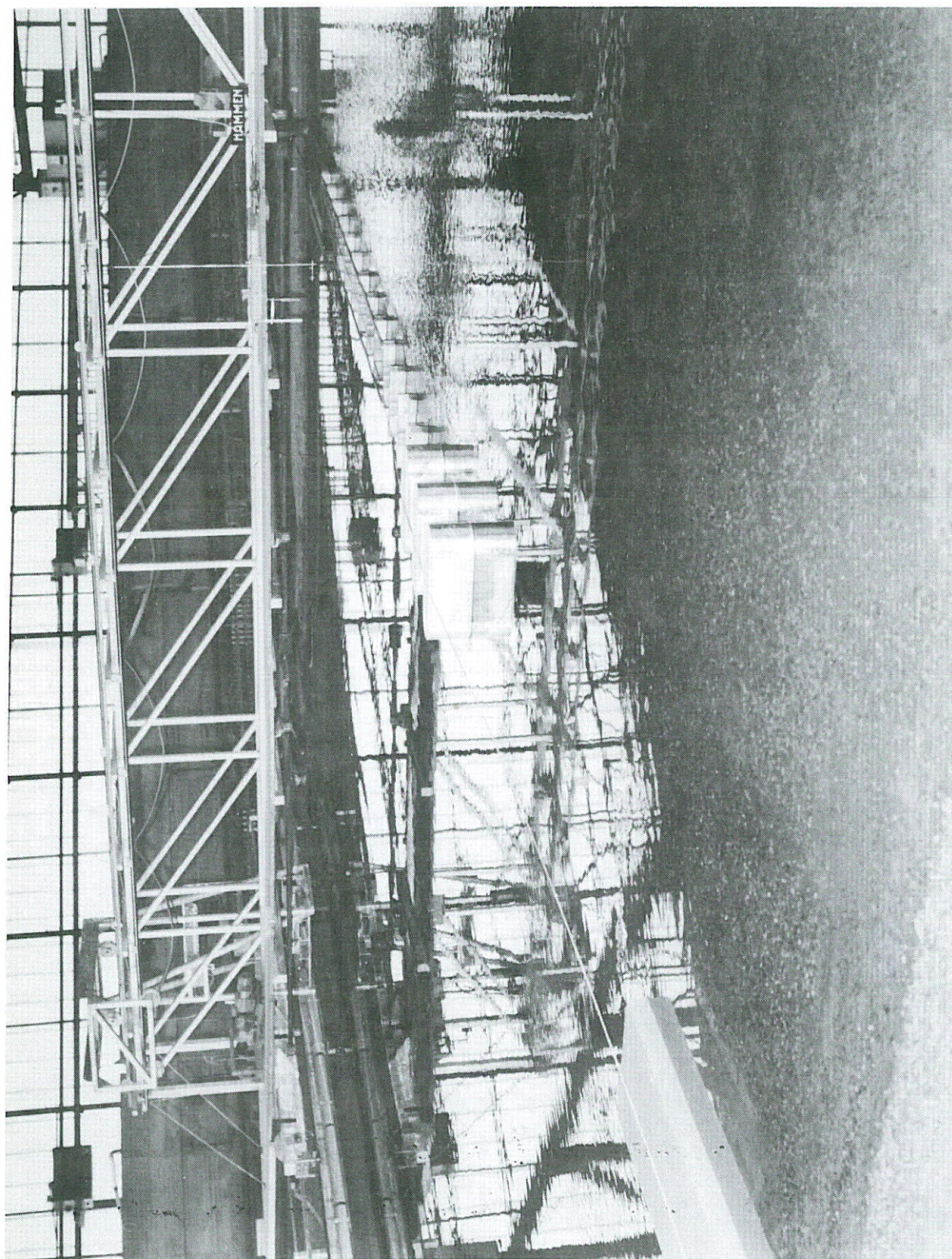
verslag modelonderzoek

---

M 1001-7

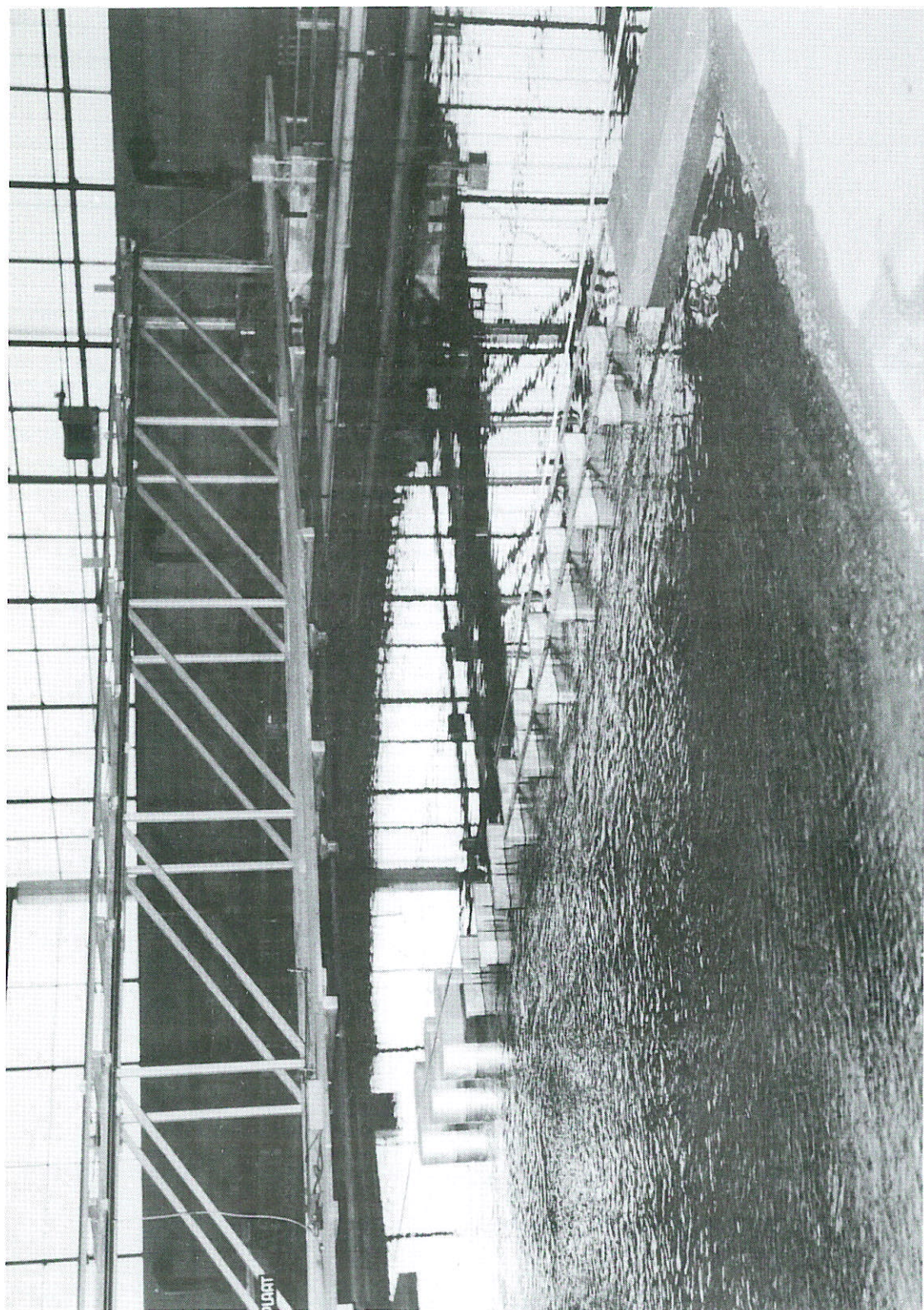
maart 1986





Hammen gezien vanaf Schouwen, bouwfase 5 - situatie 2/3 pijlers geplaatst + landhoofd





Hammen gezien vanaf Neeltje Jans, bouwfase 2 - situatie 2/3 pijlers geplaatst + landhoofd



Overzicht verslagen M 1001 in ringband

1. Eindsituatie pijlerdam,  $\mu A = 11.500 \text{ m}^2$  en  $\mu A = 20.000 \text{ m}^2$ .  
Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek.
2. Nauwkeurigheidsanalyse van het ontgrondingsonderzoek.
3. Toetsing berekeningsmethode aanvangsdiepte.
4. Relatie lengte bodembescherming - toegestane maximale ontgrondingsdiepte.
5. Invloed van stroombalken op de ontgrondingen.
6. Waterspiegelfluctuaties tussen de pijlers.
7. Pijlersplaatsingen in de Schaar en Hammen vanuit het zuiden.
8. Onderzoek naar de evenwichtsdiepte van ontgrondingen.
9. Oriënterend onderzoek naar de lengte van het vaste stortebed in verband met weigerende schuif.
10. Toetsing van het ontgrondingsonderzoek.
11. Eindsituatie pijlerdam,  $\mu A = 20.000 \text{ m}^2$ .  
Gewijzigde dorpelliging in Roompot  
Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek.
12. Aanzethellingen.
13. Reduktie van de ontgrondingen tengevolge van aanvoer van bodemmateriaal in de Roompot.
14. Ontgrondingsonderzoek ten behoeve van plaatsing van de dorpels in de Roompot.



15. Invloed van morfologische ontwikkelingen op de ontgrondingen in de Schaar van Roggenplaat.
16. Stroomsnelheden en richtingen in het cunet en het kale sluitgat in de Roompot.
17. Eindsituatie pijlerdam,  $\mu A = 15.000 \text{ m}^2$ .  
Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek, Hammen.
18. Eindsituatie pijlerdam,  $\mu A = 17.500 \text{ m}^2$ .  
Stroombeeldonderzoek.
19. Eindsituatie pijlerdam,  $\mu A = 17.500 \text{ m}^2$   
Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek  
Gedeeltelijk gesloten schuiven in Roompot.
20. Eindsituatie pijlerdam,  $\mu A = 16.500 \text{ m}^2$   
Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek
21. Eindsituatie pijlerdam, variant  $\mu A = 16.500 \text{ m}^2$   
Ontgrondingsonderzoek in de Hammen.
22. Onderzoek naar de stabiliteit van de stortebedden bij weigerende schuif.
23. Stroombeeldonderzoek bij weigerende schuif.
24. Overzicht verslagen met betrekking tot het detailmodel van de stroomgeulen.



## INHOUD

|                                                                                                         | blz. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. <u>Inleiding</u> .....                                                                               | 1    |
| 2. <u>Onderzochte situaties</u> .....                                                                   | 2    |
| 3. <u>Instellen van het model</u> .....                                                                 | 4    |
| 4. <u>Te verwachten ontgroningen bij onderzochte bodembescherming</u> .....                             | 5    |
| 5. <u>Te verwachten ontgroningen bij verlengde bodembescherming</u> .....                               | 7    |
| 6. <u>Vergelijking ontgroningen pijlerplaatsingen vanuit het zuiden en<br/>vanuit het noorden</u> ..... | 8    |
| 7. <u>Aanzethellingen</u> .....                                                                         | 10   |
| 8. <u>Samenvatting en konklusies</u> .....                                                              | 11   |

## FIGUREN

## FIGUREN

- b heeft betrekking op de Schaar
- c heeft betrekking op de Hammen

- 1 In model toegepaste pijlers
- 2 Detail bouwfront van een bouwfase
- 3b, c Situatie bouwfasen 1...5

### Stroomsnelheidsverdelingen

- 4b, c bouwfase 1 - Schaar 1/3, eb
- 5b, c bouwfase 1 - Schaar 1/3, vloed
- 6b bouwfase 2 - Schaar 2/3 + landhoofd, eb
- 7b bouwfase 2 - Schaar 2/3 + landhoofd, vloed
- 8b, c bouwfase 4 - Schaar gereed, Hammen 1/3, eb
- 9b, c bouwfase 4 - Schaar gereed, Hammen 1/3, vloed
- 10c bouwfase 5 - Schaar gereed, hammen 2/3 + landhoofd, eb
- 11c bouwfase 5 - Schaar gereed, Hammen 2/3 + landhoofd, vloed

### Debieten en waterstanden

- 12b, c pijlerplaatsingen in de Schaar
- 13b, c pijlerplaatsingen in de Hammen

- 14 Tijdschema

### Te verwachten maximale ontgrondingsdiepten

- 15b, c bouwfasen 1...5, eb, ongereduceerd
- 16b, c bouwfasen 1...5, eb, gereduceerd
- 17c bouwfasen 4 en 5, aanvangsdiepte 0 m, eb
- 18c bouwfasen 4 en 5, aanvangsdiepte 5 m, eb
- 19b lengte bodembescherming 600/700 m, ontgroning tweedimensionaal
- 20b lengte bodembescherming 600 m, ontgroning driedimensionaal
- 21b lengte bodembescherming 750/950 m, ontgroning tweedimensionaal
- 22b lengte bodembescherming 750 m ontgroning driedimensionaal
- 23b, c vergelijking pijlerplaatsingen vanuit het zuiden en vanuit het noorden

### Te verwachten aanzethellingen

- 24b, c bouwfasen 1, 2, 4 en 5



Bijlage: Resultaten onderzoek pijlerplaatsingen vanuit het noorden

Stroomsnelheidsverdelingen

- 1b, c    situatie 1/3 pijlers en bouwkuip
- 2b, c    situatie 2/3 pijlers en bouwkuip
- 3b, c    situatie alle pijlers geplaatst

Debieten en waterstanden

- 4c       pijlerplaatsingen in de Hammen
- 5b, c    pijlerplaatsingen in de Schaar

6        Tijdplan

Te verwachten maximale ontgrondingen

- 7b, c    pijlerplaatsingen met aanvangsdiepte 0 m
- 8b       pijlerplaatsingen met aanvangsdiepte 5 m

Te verwachten aanzethellingen

- 9b, c    pijlerplaatsingen

PIJLERPLAATSINGEN IN DE SCHAAR EN HAMMEN VANUIT HET ZUIDEN  
ONTGRONDINGSONDERZOEK

1. Inleiding

In het kader van het onderzoek ten behoeve van de stormvloedkering in de Oosterschelde, werden in de sluitgaten Schaar en Hammen in het detailmodel M 1001 een aantal bouwfases onderzocht behorend bij pijlerplaatsingen vanuit het zuiden. Het ontgrondingsonderzoek vond plaats in de periode februari - april 1977.

De stroomgatkonfiguratie alsmede de lengte en ruwheid van de bodembescherming in het model waren dezelfde als die welke in de inleiding van het verslag M 1001-1 staan beschreven.

Reeds eerder werden in het kader van Werkgroep 8 pijlerplaatsingen vanuit het noorden onderzocht, zie verslag WL 8-50. Na verschijning van genoemd verslag zijn additionele randvoorwaarden uit het onderzoek in het overzichtsmodel M 1000 beschikbaar gekomen. Naar aanleiding daarvan werden de te verwachten maximale ontgrondingsdiepten nogmaals berekend. De aldus aangepaste figuren van verslag WL 8-50 zijn als bijlage toegevoegd.

In paragraaf 6 wordt op deze resultaten ingegaan in een vergelijking met de pijlerplaatsingen vanuit het zuiden.

Voor het overige heeft de tekst in dit verslag alleen betrekking op het recentste onderzoek betreffende de pijlerplaatsingen vanuit het zuiden.

Het onderzoek werd geleid door ir. A.F.F. de Graauw en de heer J. Driegen, die tevens dit verslag samenstelde. De eindredactie werd verzorgd door ir. T. van der Meulen.



## 2. Onderzochte situaties

De diverse stadia van de pijlerplaatsingen vanuit het zuiden kunnen worden geschematiseerd tot de volgende bouwfasen:

| bouwfasen | Geplaatst deel van de pijlers |                   |                 |
|-----------|-------------------------------|-------------------|-----------------|
|           | situatie Schaar               | situatie Hammen   | Schaar + Hammen |
| 1         | 1/3 *                         | kaal *            | 1/6             |
| 2         | 2/3 + landhoofd *             | kaal              | 2/6             |
| 3         | gereed                        | kaal              | 3/6             |
| 4         | gereed *                      | 1/3 *             | 4/6             |
| 5         | gereed                        | 2/3 + landhoofd * | 5/6             |
| 6         | gereed                        | gereed            | 6/6             |

\* = onderzocht in het model (T55...T 57)

Om de tijdsduur van het onderzoek te beperken, alsmede door het ontbreken van voldoende randvoorwaarden werden de bouwfasen 1...5 samengevoegd tot drie te onderzoeken situaties in het model, te weten:

- bouwfase 1 : Schaar 1/3, Hammen kaal (zie figuur 4)
- gecombineerd bouwfasen 2 en 5 : Schaar 2/3 + landhoofd, Hammen 2/3 + landhoofd (zie figuren 6 en 10)
- bouwfase 4 : Schaar gereed, Hammen 1/3 (zie figuur 8)

Uit deze proevenserie volgen dan van de bouwfasen 1...5 de gevraagde ontgrondingsresultaten, bijvoorbeeld voor bouwfase 3 worden de resultaten betrokken van bouwfase 4 in de Schaar en van bouwfase 1 in de Hammen.

Door het ontbreken van een gestroomde situatie met alle pijlers in de Hammen blijft bouwfase 6 in het vervolg van dit verslag buiten beschouwing.

De in het model toegepaste pijlers werden naar het voorbeeld van tekening nr. P403-46 van STUCOS gebouwd en geschematiseerd volgens figuur 1. De aanstorting van de pijlers (drempels) had een kruinbreedte van 60 m en taluds 1:4. Overigens was in het deel van het stroomgat waar nog geen pijlers waren geplaatst reeds een lage drempel aanwezig overeenkomend met een in het prototype aangebracht zeegrindlichaam met een kruinbreedte van 70 m en taluds 1:4. Een gedeelte van dit lichaam bevond zich in een inbaggering.

Zoals in figuur 2 is weergegeven bestond in de situaties 1/3 en 2/3 pijlers geplaatst de overgang van een kaal stroomgat met zeegrindlichaam naar een volledig aangestorte pijlerdam uit een drietal putten (17x46 m) met daarop een bouwkuip (18x47 m) geplaatst en vervolgens een talud met een drietal putten met daarop een pijler.

In de situatie 2/3 pijlers geplaatst was reeds aan de noordzijde van het betreffende sluitgat een landhoofd gebouwd.

Een en ander is ter verduidelijking naast de al eerder genoemde figuren ook weergegeven in figuur 3 (doorsneden).



### 3. Instellen van het model

Door het ontbreken van metingen in het overzichtsmodel M 1000 bij de bouwfasen 1, 2 en 5 werd voor het instellen van het detailmodel bij bouwfase 1 gebruik gemaakt van randvoorwaarden gemeten in M 1000 bij een kaal sluitgat (T183). De absolute waarde van het debiet werd zoveel mogelijk aangepast aan de onderhavige doorstroomopeningen in de sluitgaten.

Voor het instellen van de situatie met de bouwfasen 2 en 5 gekombineerd dus tegelijkertijd in het model zowel in de Schaar als in de Hammen 2/3 van de pijlers geplaatst, moest behalve de absolute waarde ook de verdeling van het debiet geschat worden.

Slechts bouwfase 4 kon worden ingesteld aan de hand van inmiddels beschikbaar gekomen randvoorwaarden uit M 1000 bij een identieke situatie (T195).

Van alle drie gestroomde situaties worden de stroomsnelheidsverdelingen weergegeven in de figuren 4...11.

Een overzicht van de ingestelde debieten wordt in onderstaande tabel gegeven.

| Bouw-<br>fasen | ingestelde debieten (m <sup>3</sup> /s) |        |        |        |
|----------------|-----------------------------------------|--------|--------|--------|
|                | Schaar                                  |        | Hammen |        |
|                | eb                                      | vloed  | eb     | vloed  |
| 1              | 22.586                                  | 21.769 | 20.100 | 25.639 |
| 2              | 21.200                                  |        | 19.700 |        |
| 4              | 16.506                                  | 18.196 | 22.386 | 26.002 |
| 5              |                                         | 18.850 |        | 23.200 |

#### 4. Te verwachten ontgrondingen bij onderzochte bodembescherming

Tijdgebrek is de reden waarom de ontgrondingsproeven werden verricht met slechts 2 in plaats van 3 verschillende snelheidsschalen en bovendien slechts bij de ebstroom (ook voor verslag WL 8-50 werd alleen de eb gestroomd).

Voor de berekening van de tijdschaal werd gebruik gemaakt van de in M 1000 bij de toestanden T183 (kaal stroomgat) en T195 (bouwphase 4) gemeten waterstand- en debietkrommen. Hiervan werd het horizontaal getij van bouwphase 4 gecorrigeerd omdat ten tijde van het onderzoek in M 1000 geen pijlers met de juiste afvoercoëfficiënt voorhanden waren. Vervolgens werden per sluitgat voor de vijf bouwfasen de debietkrommen afgeleid en tevens omgerekend naar het maatgevend getij voor ontgrondingen (vermenigvuldigd met een getijcoëfficiënt  $\xi = 1,04$ ).

Het verloop van de benedenstroomse waterstand alsmede van het aldus gekregen gecorrigeerde debiet is weergegeven in de figuren 12 en 13.

Het reduceren van de ontgrondingen (tengevolge van het aanwezige zandtransport) geschiedde volgens een verdeling van de reductiefactoren zoals die op de in verslag M 1001-1 beschreven wijze is ontstaan (zie paragraaf 6 en figuur 12 van genoemd verslag).

De te verwachten maximale ontgrondingsdiepten zijn berekend met inachtneming van een tijdschema (zie figuur 14), dat uitgezonderd de veranderde richting van de pijlerplaatsingen, identiek gehouden is aan dat van het in de inleiding genoemde verslag WL 8-50.

In figuren 15 en 16 zijn, respectievelijk ongereduceerd en gereduceerde ontgrondingen weergegeven tengevolge van de bouwfasen 1...5. Hierbij werden bij het begin van de pijlerplaatsingen in de Schaar en in de Hammen geen ontgrondingen verondersteld.

In de Schaar (figuren 15 b en 16 b) valt de piek in de ontgrondingen op, welke ontstaat door de stroomsnelheidsgradiënt langs de oever van Neeltje Jans. Overigens zijn de ontgrondingen welke de 50 m te boven gaan niet getekend omdat deze onbetrouwbaar worden geacht, vanwege de grote extrapolatie van de betreffende tijd- ontgrondingslijnen.

Een kopeffect ter plaatse van de laatst geplaatste put tijdens de bouwfasen 1 en 2 is niet waar te nemen.

De ontgrondingen in de Hammen (figuren 15 c en 16 c) zijn ten opzichte van de Schaar beter verdeeld. Ook hier is van een merkbaar kopeffect, in dit geval tijdens de bouwfasen 4 en 5, geen sprake.

Tevens zijn in de Hammen de ontgrondingen bepaald tengevolge van de bouwfasen 4 en 5 met een aanvangsdiepte van 0 m (dus geen ontgrondingen in het kale stroomgat gedurende de plaatsingen in de Schaar) en met een aanvangsdiepte van 5 m, als mogelijk gevolg van een verhoogde afvoer in de Hammen tijdens het plaatsen van de pijlers in de Schaar (zie achtereenvolgens de figuren 17 en 18). Een dergelijke aanname was in verslag WL 8-50 namelijk noodzakelijk door het ontbreken van een ontgrondingsproef bij een kaal sluitgat (in dat geval in de Schaar).

In het bijzonder aan de zijde van Schouwen blijkt weinig verschil te bestaan tussen de ontgrondingsresultaten met een complete serie bouwfasen 1...5 (figuur 16 c) en met weglating van het kale stroomgat ten tijde van de bouwfasen 1...3, dus met een aanvangsdiepte van 0 m (figuur 17 c) en van 5 m (figuur 18 c).



5. Te verwachten ontgrondingen bij verlengde bodembescherming

Zoals uit de voorgaande paragraaf blijkt ontstaat in de Schaar aan de oever van Neeltje Jans een opmerkelijke piek in het ontgrondingsbeeld. Ter plaatse van die piek zijn voor een viertal profielen de ontgrondingen, in het model gemeten bij een lengte van de bodembescherming van 450 m, bovendien berekend voor een lengte van de bodembescherming van 600 m en voor een lengte van 750 m. Dit geschiedde op de in paragraaf 7 van het verslag M1001-1 beschreven manier, waarbij onderscheid werd gemaakt in ontgrondingen met een twee- of driedimensionaal karakter.

De afname van de dimensieloze ontgrondingsfactor  $\alpha$  werd in het tweedimensionale geval gesteld op 1 à 1,5% per eenheid van verlenging en in het driedimensionale geval op 2,5% (eenheid van verlenging = waterdiepte). Voor het tweedimensionale geval betekent dit dat een lengte van de bodembescherming van 600 m respectievelijk 750 m voor 1,5% reductie identiek is met een lengte van 700 m respectievelijk 950 m voor 1% reductie.

In de figuren 19b...22 b zijn voor het betrokken gebied is de Schaar de maximale ontgrondingsdiepten weergegeven welke bij de voornoemde gevallen zijn te verwachten. Hoewel de waarden van de ontgrondingen in de piek slechts indicatief zijn door enerzijds de grote mate van de extrapolatie van de tijd-ontgrondingslijnen tot hoge waarden en anderzijds de verregaande mate van de reductie van de ontgroning, is toch duidelijk dat er bij verlenging van de bodembescherming een sterke afname van ontgrondingen optreedt. Dit wordt in de hand gewerkt doordat de betreffende tijd-ontgrondingslijnen steil zijn en hier bovendien sprake is van een kumulatieve ontgroning tengevolge van de diverse bouwfasen.

6. Vergelijking ontgrondingen pijlerplaatsingen vanuit het zuiden en vanuit het noorden

Met behulp van figuur 23 is voor bouwfase 5 (5/6 pijlers geplaatst) een vergelijking gemaakt van de (door het sedimenttransport) gereduceerde ontgrondingen ten gevolge van pijlerplaatsingen vanuit het zuiden met die ten gevolge van pijlerplaatsingen vanuit het noorden.

Hierbij kon voor de Hammen in beide gevallen en voor de Schaar in één geval een komplette serie bouwfasen 1...5 in rekening worden gebracht. Zoals reeds eerder vermeld, ontbrak in de Schaar ten tijde van het onderzoek betreffende pijlerplaatsingen vanuit het noorden een ontgrondingsproef bij een kaal stroomgat, zodat hier de ontgrondingen ten gevolge van de bouwfasen 1...3 vervangen moesten worden door een veronderstelde aanvangsdiepte van 5 m bij bouwphase 4. Dat dit bij benadering mag, blijkt uit een vergelijking van de figuren 16c en 18c voor het omgekeerd geval, dus pijlerplaatsingen vanuit het zuiden met de ontgrondingen in de Hammen berekend uitgaande van de ontgrondingsproef bij kaal stroomgat tijdens de bouwfasen 1...3 (figuur 16c), respectievelijk geen rekening houdend met deze proef maar met een aanvangsdiepte van 5 m bij bouwphase 4 (figuur 18c).

Bij vergelijking van de pijlerplaatsingen vanuit het zuiden met die vanuit het noorden moet de nodige voorzichtigheid worden betracht. Door een tussentijdse bodemaanpassing verschilde de bodemligging in het model tijdens de twee genoemde onderzoeken. Tevens waren er verschillen in de toegepaste pijlers, het aantal bouwkuipen en de aansluiting van de pijlers met de oever van Schouwen. Niettemin zijn de ontgrondingen tengevolge van de pijlerplaatsingen vanuit het zuiden het grootst (zie figuur 23). De opvallende piek in de Schaar nabij de oever van Neeltje Jans en het ontbreken daarvan bij de pijlerplaatsingen vanuit het noorden is echter het gevolg van de verandering van de configuratie van het stroomgat in het model en niet van de verandering van richting bij het plaatsen van de pijlers. Dit is een gevolgtrekking uit de figuren 15b en 16b waar te zien is dat de ontgrondingen in de Schaar onverminderd voortgaan wanneer in dat stroomgat reeds alle pijlers geplaatst zijn.

Omgekeerd is de aanwezigheid van een piek in de Hammen nabij Schouwen ten gevolge van de pijlerplaatsingen vanuit het noorden uitsluitend het gevolg van het voortdurende kopeffect tijdens alle bouwfasen door het open blijven van een gedeelte van het stroomgat tussen de eerst geplaatste pijler en de oever van Schouwen (zie verslag WL 8-50. De verlengde damaanzet en het landhoofd

zuiden bij deze plaatsings volgorde pas worden gebouwd na afloop van de pijlerplaatsingen. Bij het laatst verrichte onderzoek zouden de pijlers bij een eventueel gestroomde bouwfase 6 wel direkt hebben aangesloten bij een reeds tijdens bouwfase 5 aanwezig landhoofd.



## 7. Aanzethellingen

Bij de 5 onderzochte bouwfases oftewel 3 situaties per sluitgat werd voor elk profiel de aanzethelling van de model-ontgrondingskuil bepaald.

Hierbij werd de volgende definitie gehanteerd: de aanzethelling = de helling van de verbindinglijn tussen de rand van de bodembescherming en het in de kuil gelegen punt op een horizontale afstand van 15 m.

De aanzethellingen werden bepaald uit de laatst gepeilde ontgrondingskuil in een proef. Figuur 24 geeft de aanzethellingen per situatie weer, gemiddeld uit de 2 gestroomde ontgrondingsproeven.

De aanzethellingen in de Schaar (figuur 24b) variëren rond de 1:3 behalve ter plaatse van de ontgrondingspiek met aanzethellingen tot circa 1:2. Ook in de Hammen (figuur 24c) komen de steilste aanzethellingen nabij de zuidelijke oever voor, namelijk tot circa 1:2,5. Hier lopen echter bij bouwfase 5 ook in het noorden de hellingen tot deze waarde op. Mogelijk is hier wel sprake van enig kopeffect, hoewel dit in het ontgrondingsbeeld niet is te merken.

Opgemerkt dient te worden dat de gegeven waarden van de aanzethelling alleen als een kwalitatieve informatie mogen worden gebruikt.

## 8. Samenvatting en konklusies

In de stroomgaten Schaar en Hammen van het detailmodel M 1001 werden 3 situaties onderzocht welke gekombineerd 5 bouwfasen voorstellen behorende bij pijlerplaatsingen vanuit het zuiden (Neeltje Jans).

De ontgrondingsproeven werden uitsluitend bij de ebstroom verricht.

Deze proevenserie kan worden beschouwd als een vervolg op het onderzoek bij pijlerplaatsingen vanuit het noorden (Schouwen) in het kader van werkgroep 8 (zie verslag WL 8-50). De resultaten van het toenmalig onderzoek zijn met enigszins aangepaste figuren in een bijlage toegevoegd.

1. Het meest opmerkelijk in het ontgrondingsbeeld is de piek in de Schaar welke ontstaat door de stroomsnelheidsgradieënt langs de oever van Neeltje Jans (zie de figuren 15b en 16b).

De ontgrondingen in de Hammen zijn ten opzichte van de Schaar beter verdeeld (zie figuren 15c en 16c).

Een kopeffekt bij de ontgrondingen tengevolge van de laatst geplaatste put + kuip tijdens de bouwfasen 1, 2 (Schaar), 3 en 4 (Hammen) is niet waar te nemen.

2. Het ontgrondingsonderzoek is in het model verricht bij een lengte van de bodembescherming van 450 m.

Ter plaatse van de ontgrondingspiek in de Schaar nabij Neeltje Jans zijn de ontgrondingen nogmaals berekend voor een lengte van de bodembescherming van 600 m en voor een lengte van 750 m. De resultaten hiervan zijn weergegeven in de figuren 19b en 21b voor het geval de ontgrondingen als tweedimensionaal van karakter worden beschouwd en in de figuren 20b en 22b voor het geval de ontgrondingen als driedimensionaal van karakter worden beschouwd.

Door onbekendheid met ontgrondingsresultaten bij verlenging van de bodembescherming bij de hier toegepaste pijlers is in het tweedimensionale geval ook een geringere reductie van de ontgroning bij verlenging aangenomen. In dat geval dient voor de verlengde bodembescherming van 600 m respectievelijk 750 m, 700 m respectievelijk 950 m te worden gelezen.

Bij beschouwing van de figuren 19b en 22b kan worden gekonkludeerd dat er bij verlenging van de bodembescherming een sterke afname van de ontgrondingen optreedt: een verlenging van de bodembescherming tot 600 à 700 m ter plaatse van de ontgrondingspiek beperkt de ontgrondingsdiepte reeds tot een aanvaardbare grootte.

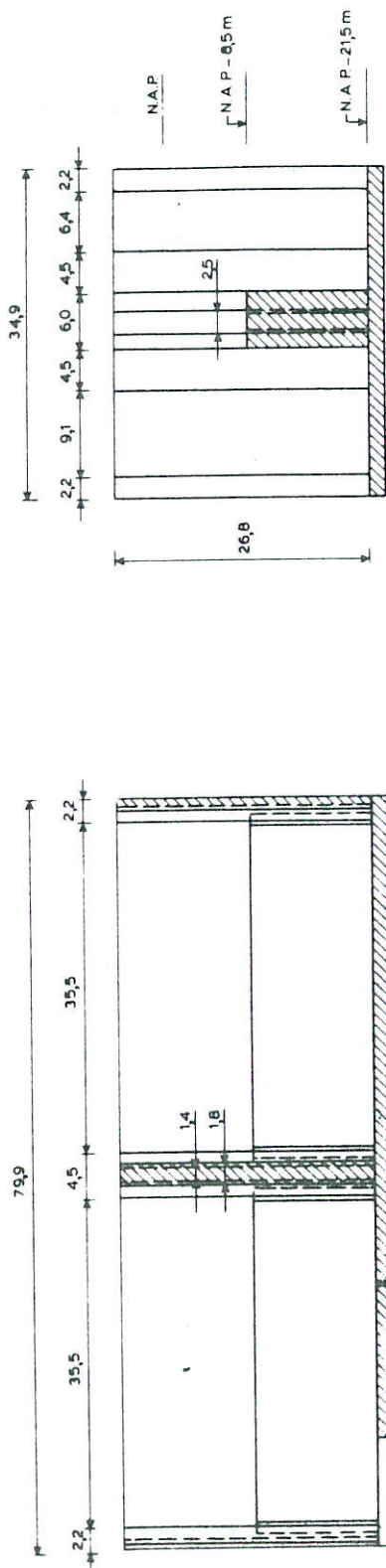
3. Bij vergelijking van de pijlerplaatsingen vanuit het zuiden met die vanuit het noorden (zie figuur 23) zijn de ontgrondingen tengevolge van de pijlerplaatsingen vanuit het zuiden het grootst.

Echter wordt in paragraaf 6 erop gewezen dat het meest opvallende verschil namelijk de piek in de Schaar, waarschijnlijk niet het gevolg is van de veranderde richting van de pijlerplaatsingen. Het blijkt dat bij de vergelijking de nodige voorzichtigheid moet worden betracht vanwege een aantal in paragraaf 6 opgesomde verschillen in de geometrie van stroomgat en pijlerdam. De vergelijking van de ontgrondingen bij pijlerplaatsingen vanuit het zuiden en vanuit het noorden dient dus als een globale oriëntatie te worden beschouwd.

4. De tijdens de pijlerplaatsingen vanuit het zuiden te verwachten aanzethellingen variëren in de Schaar rond de 1:3 behalve ter plaatse van de ontgrondingspiek, waar aanzethellingen tot circa 1:2 voorkomen (zie figuur 24b).

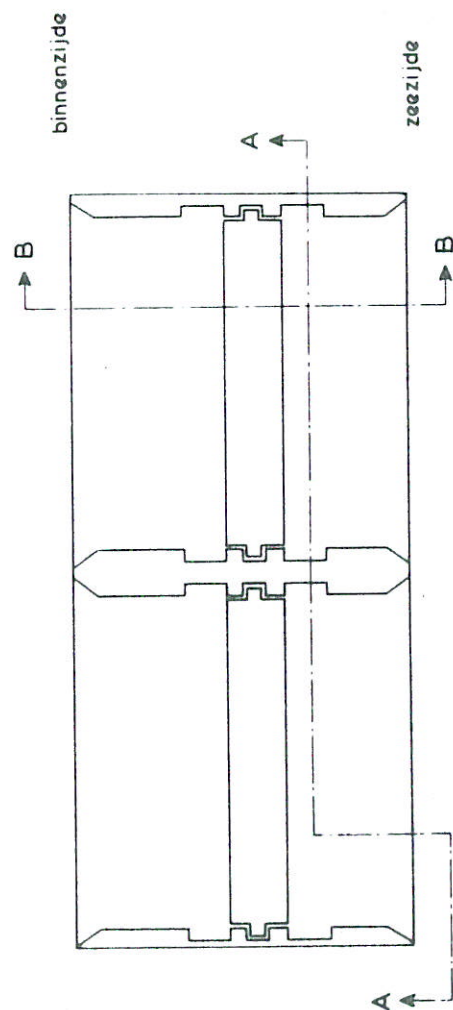
In het algemeen komen in de Hammen de steilste aanzethellingen ook nabij de zuidelijke oever voor, namelijk tot circa 1:2,5. Bij bouwphase 5 lopen echter ook in het noorden de hellingen tot deze waarde op. De gegeven waarden van de aanzethelling mogen alleen kwalitatief worden gebruikt.





LENGTEDOORSNEDE A-A

DWARSDOORSNEDE B-B



BOVENAANZICHT

maten in m (prototype)

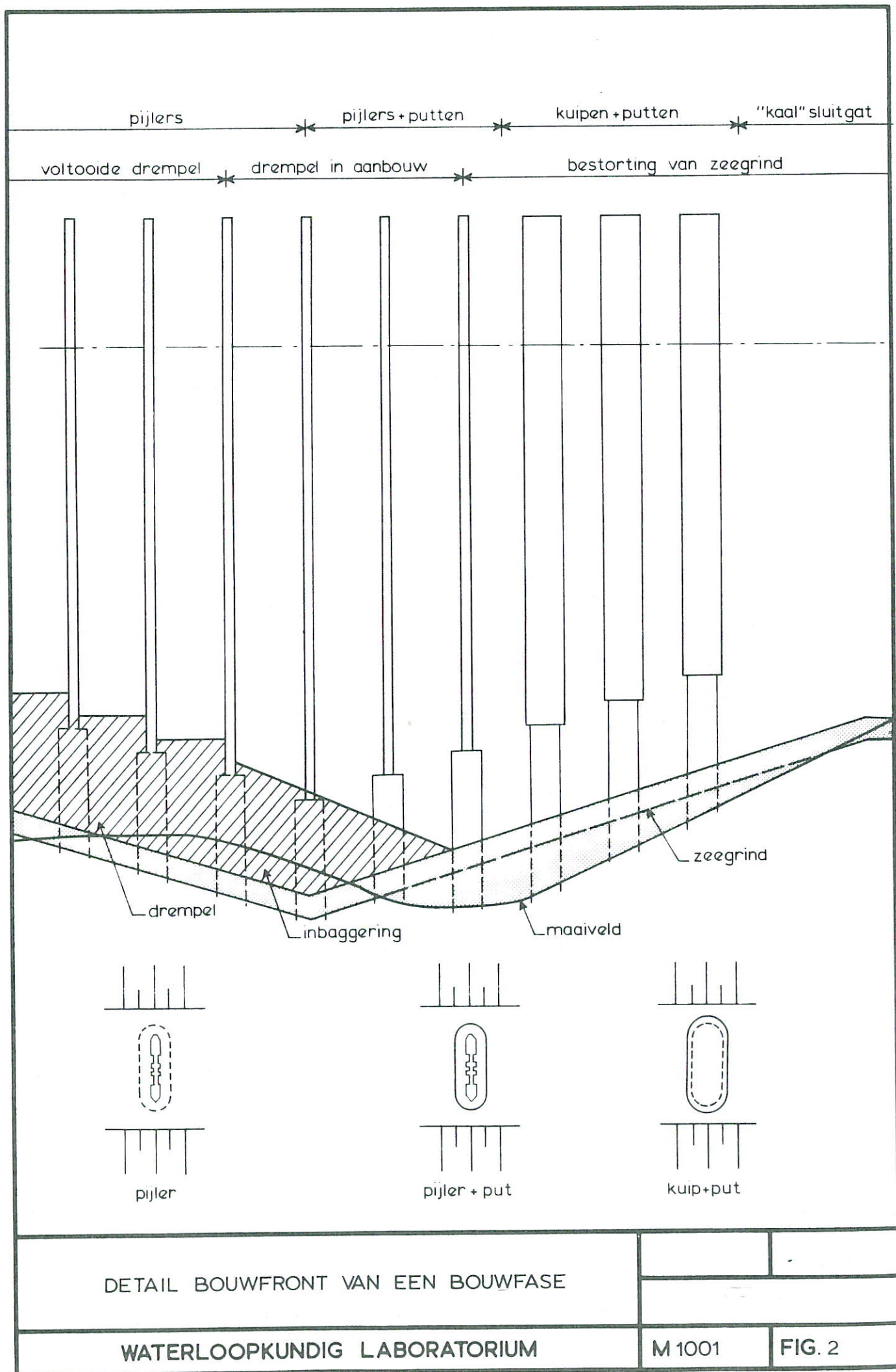
IN MODEL TOEGEPASTE P'JLERS

SCHAAL 1:800

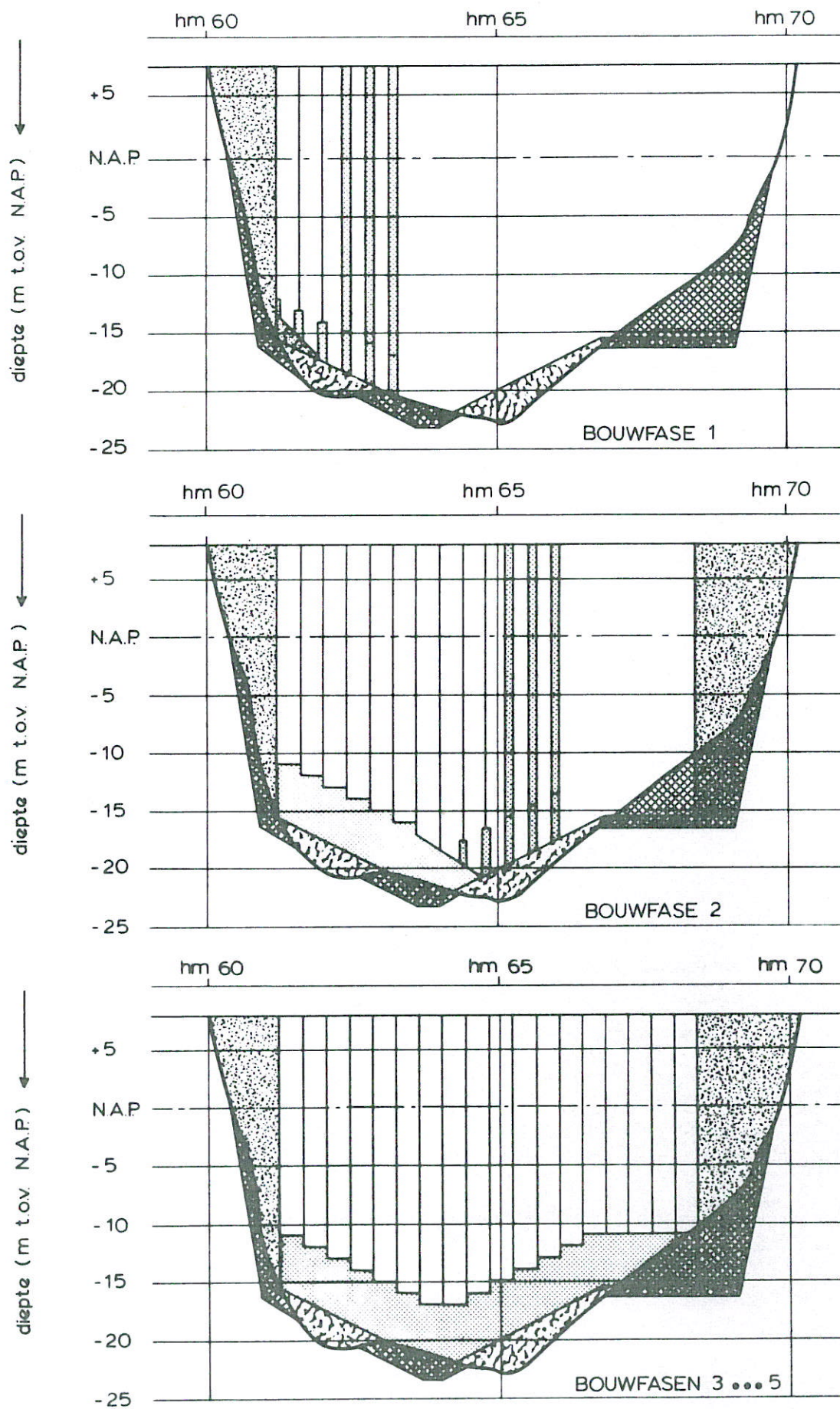
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.1







SITUATIE BOUWFASEN 1 ... 5

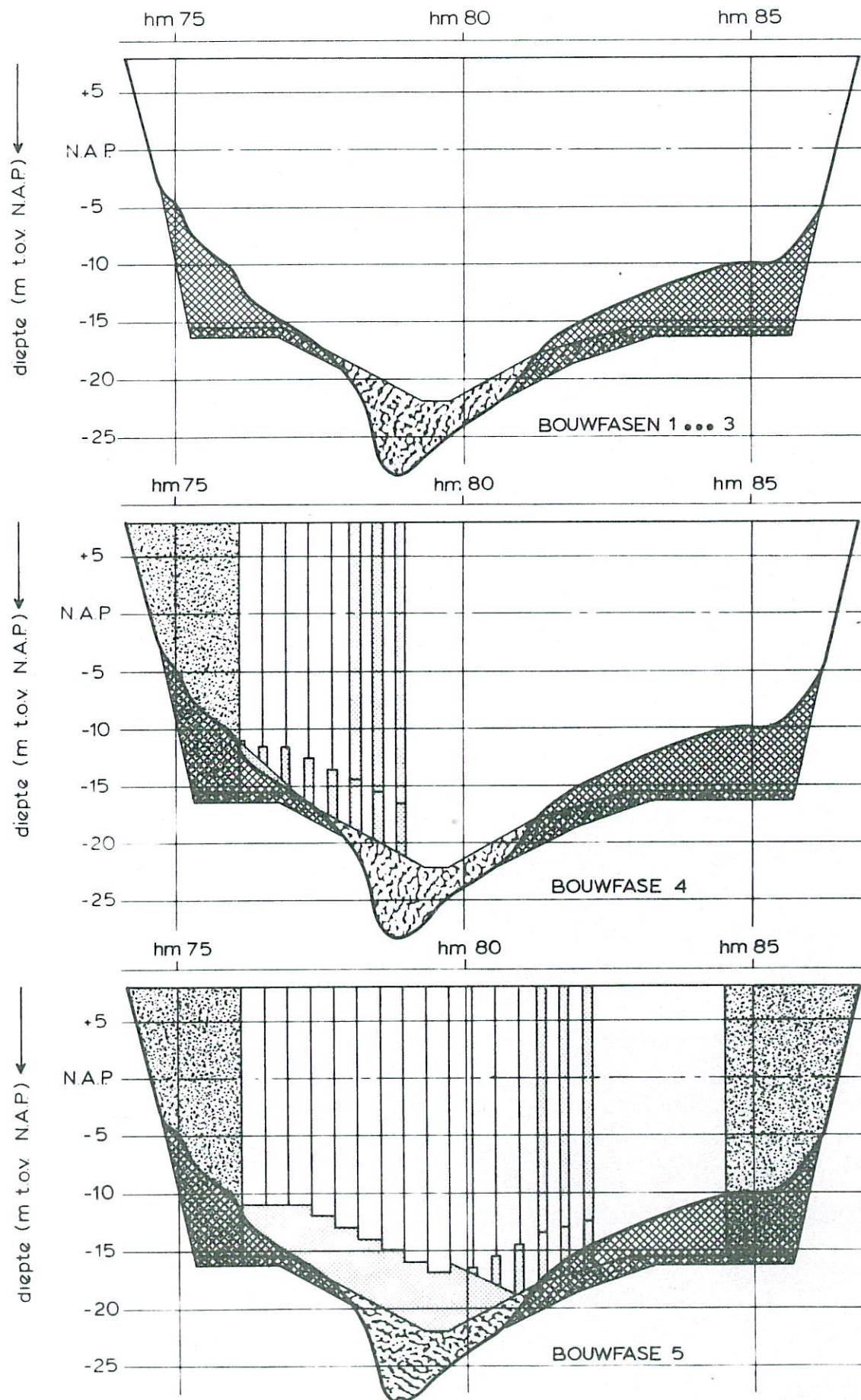
SCHAAR

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 3<sup>b</sup>

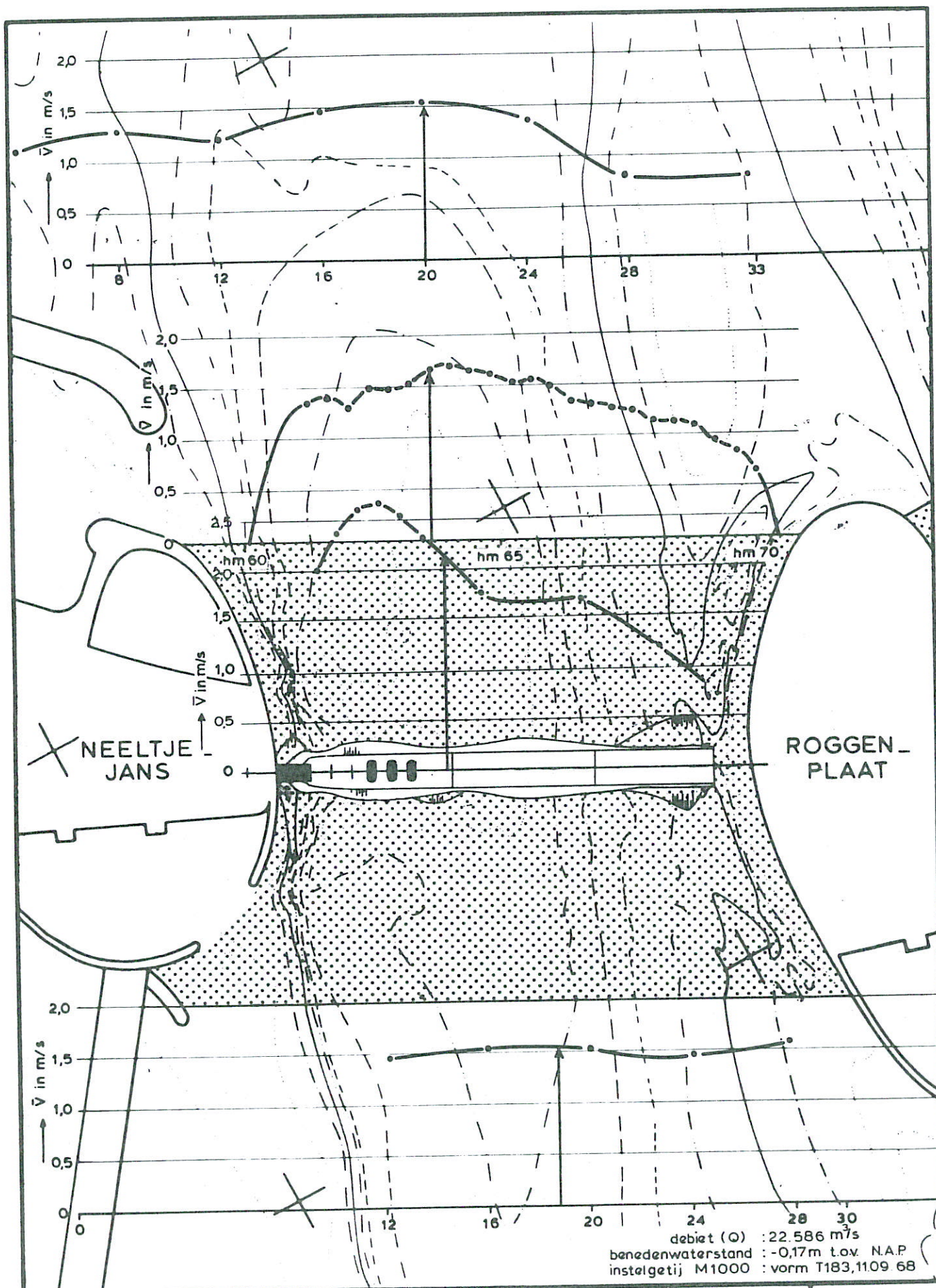




SITUATIE BOUWFASEN 1...5

HAMMEN





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
BOUWFASE 1

SCHAAR

EB

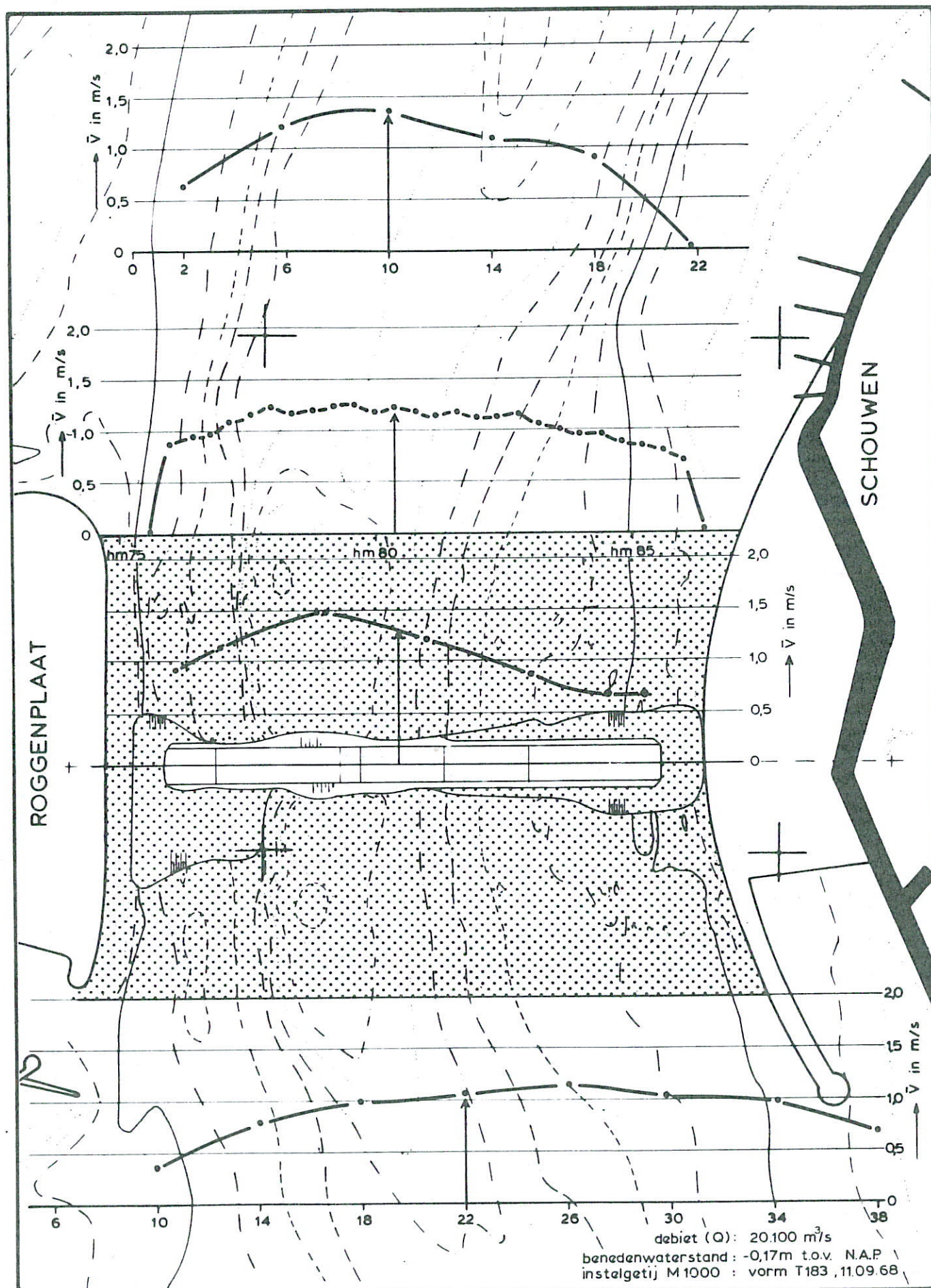
SCHAAL 1: 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 4<sup>b</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
 BOUWFASE 1

HAMMEN

EB

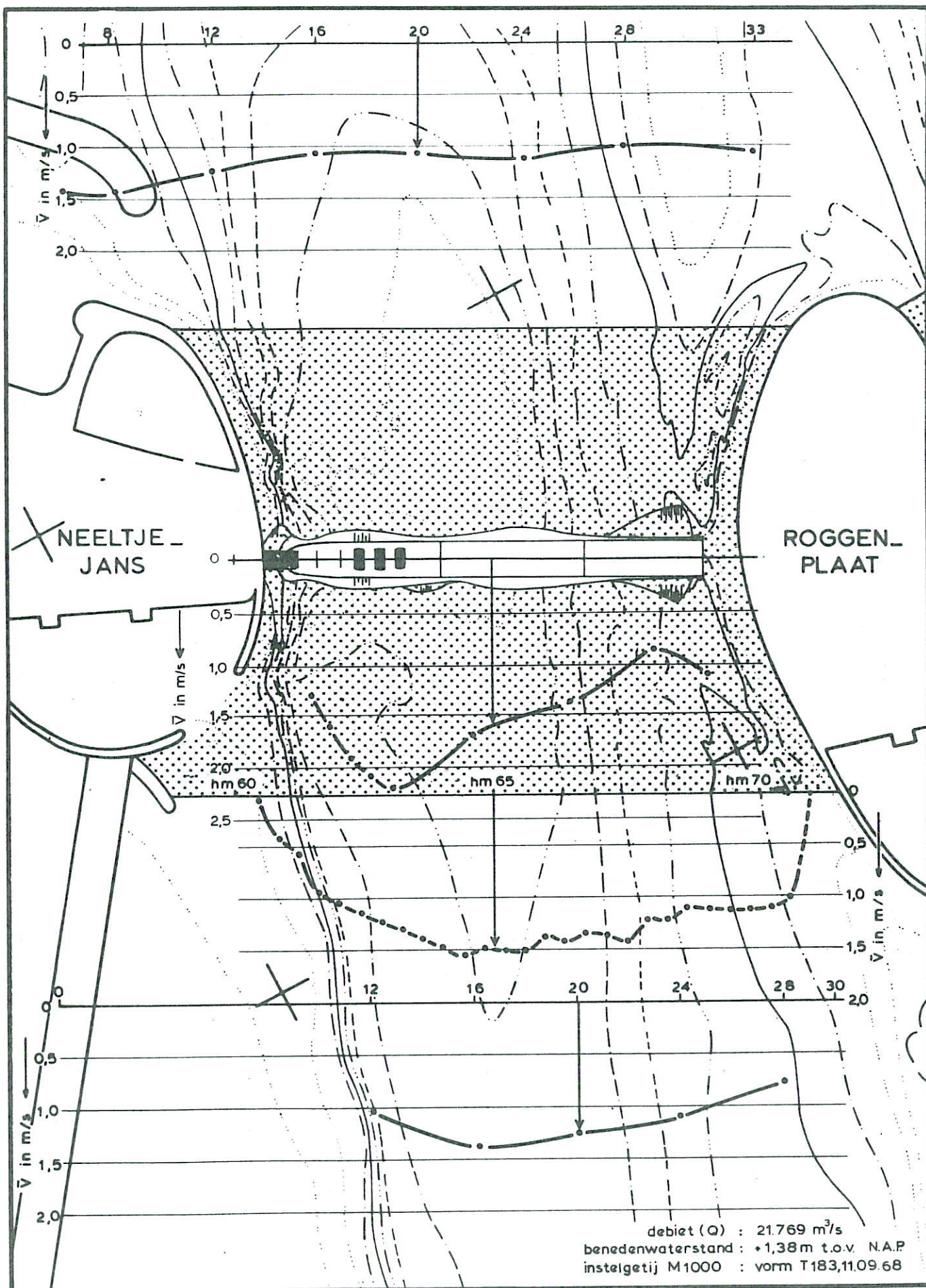
SCHAAL 1:10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 4<sup>C</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
 BOUWFASE 1

SCHAAR

VLOED

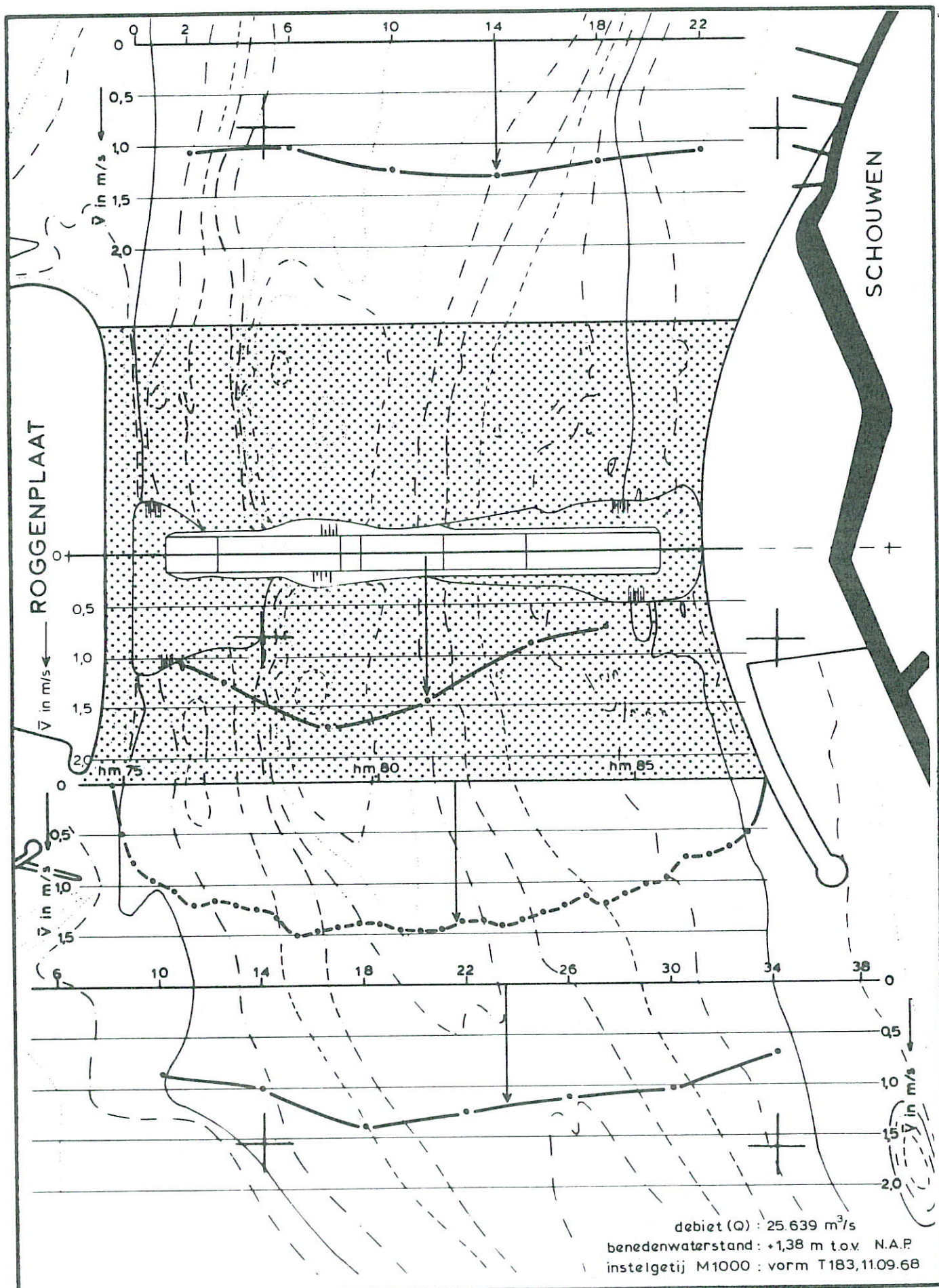
SCHAAL 1 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.5<sup>b</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
 BOUWFASE 1

HAMMEN

VLOED

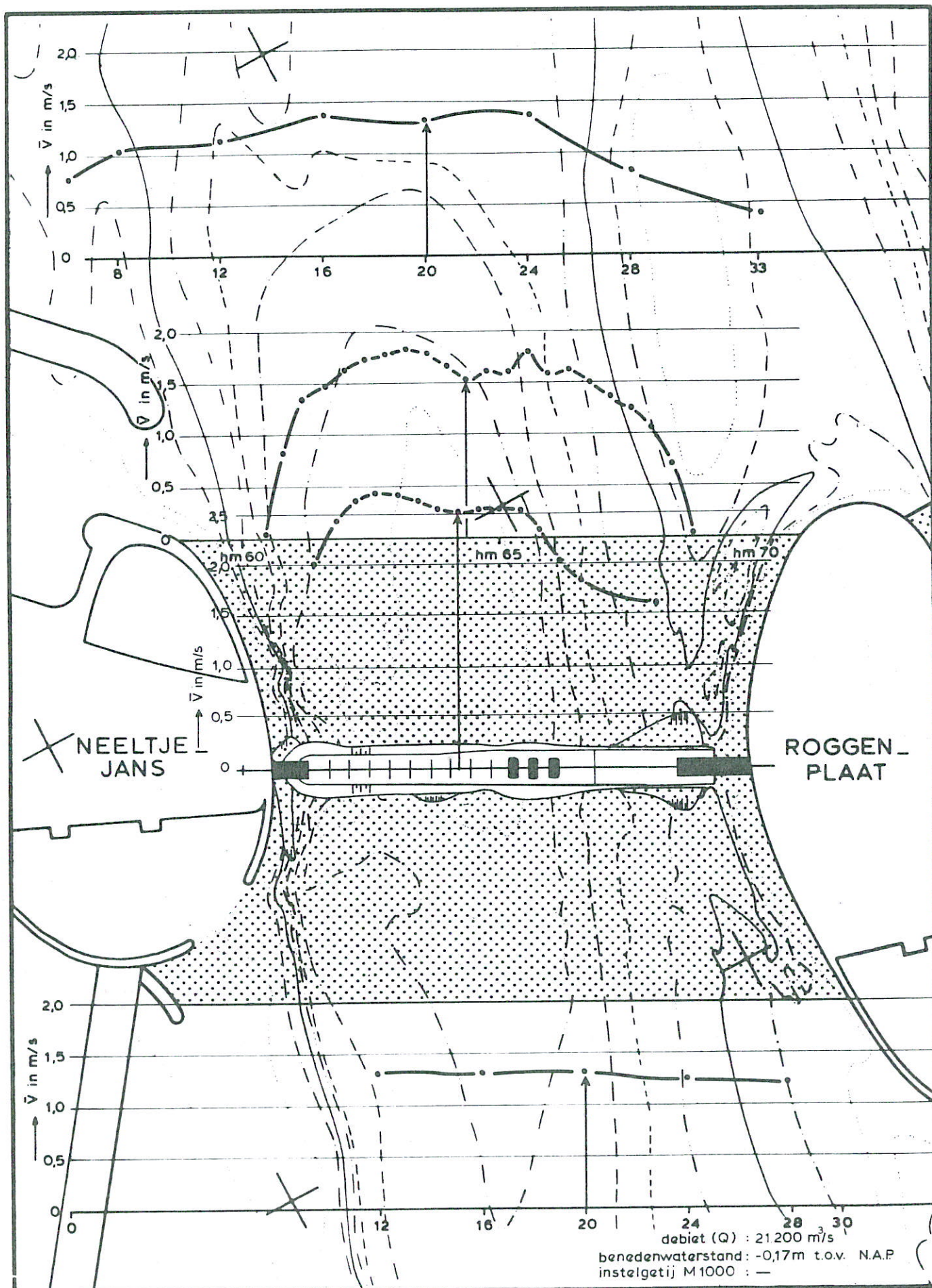
SCHAAL 1: 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG 5<sup>c</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
BOUWFASE 2

SCHAAR

EB

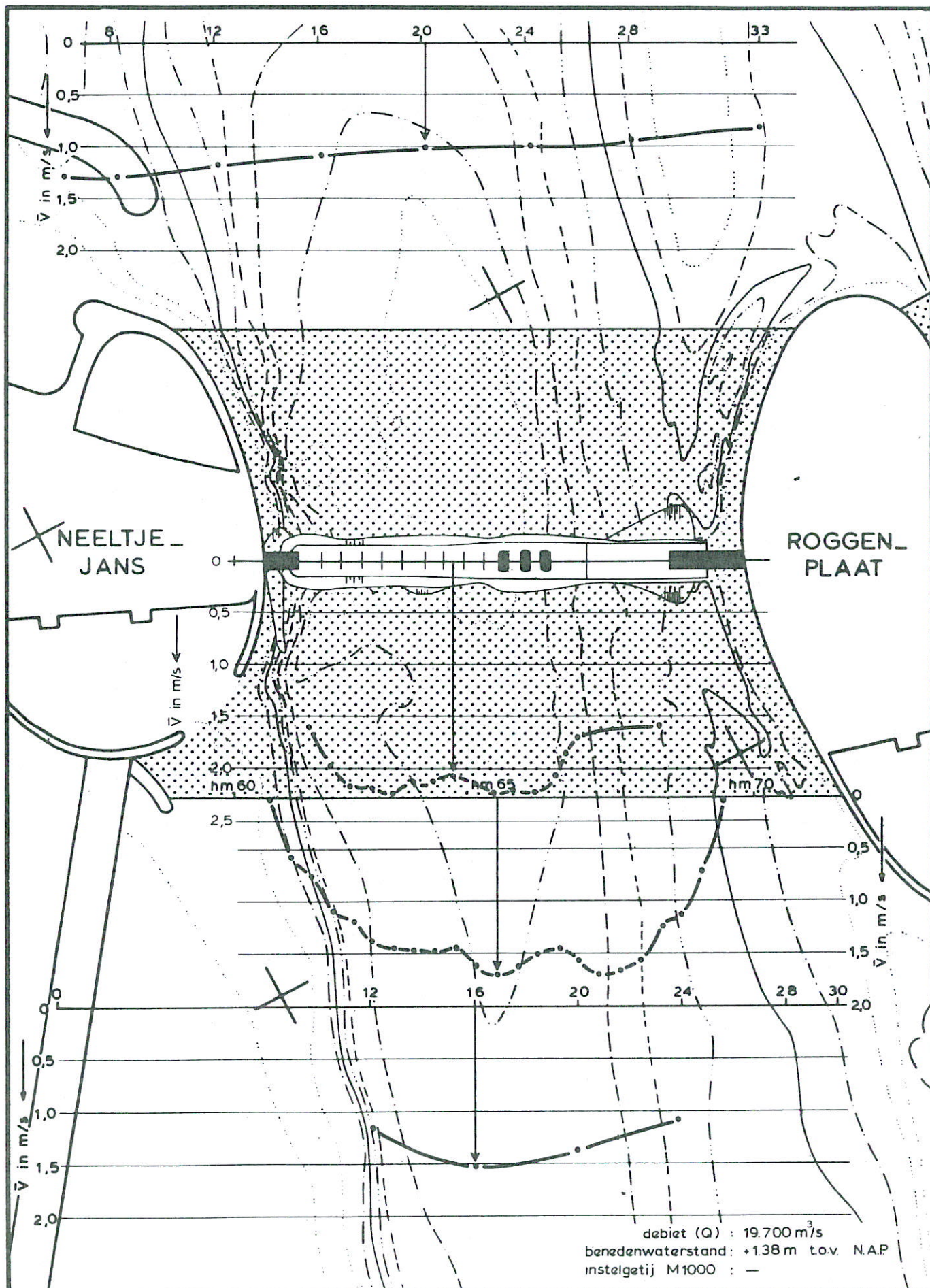
SCHAAL 1: 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 6<sup>b</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
 BOUWFASE 2

SCHAAR

VLOED

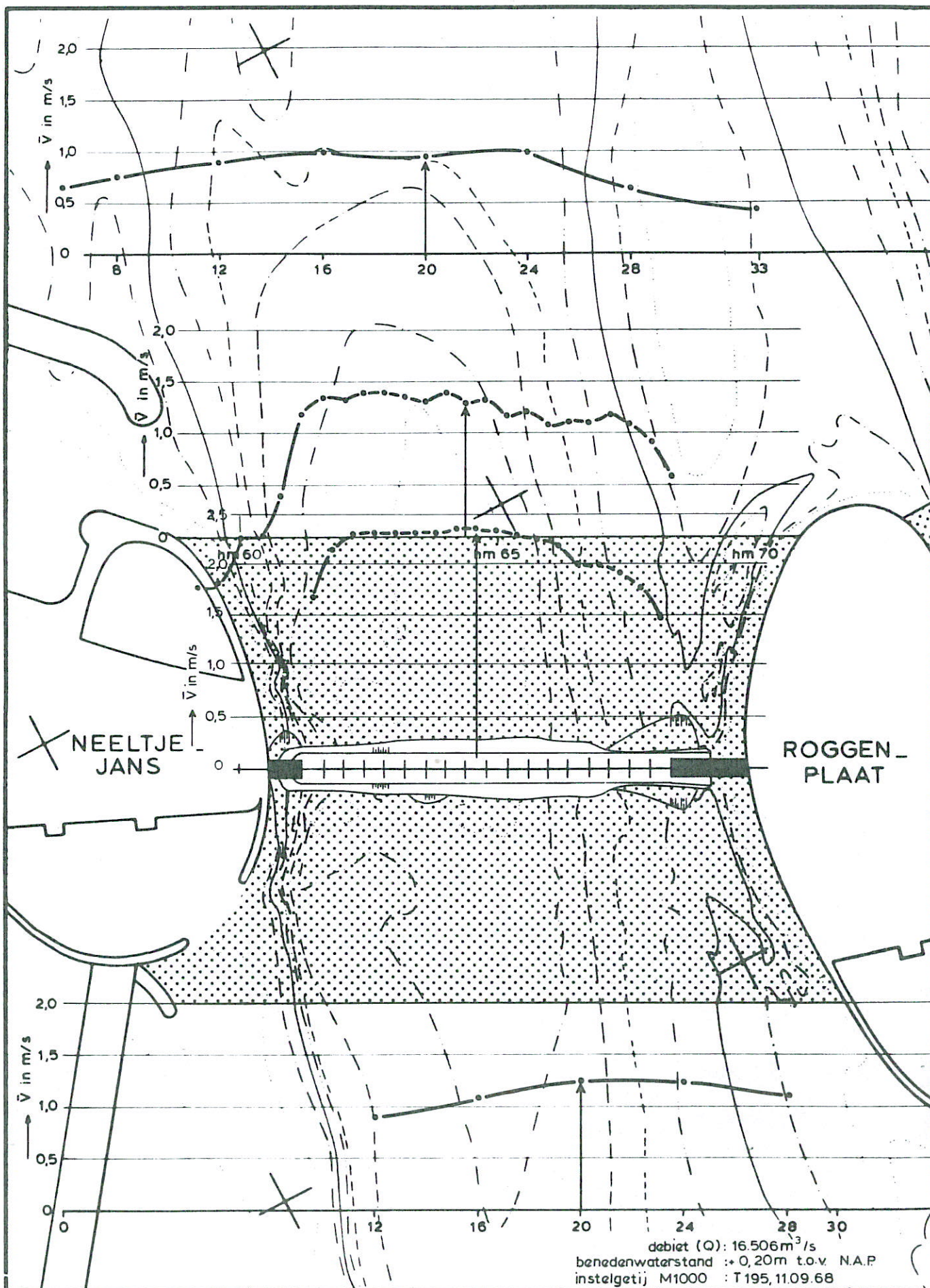
SCHAAL 1:10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.7<sup>b</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
 BOUWFASE 4

SCHAAR

EB

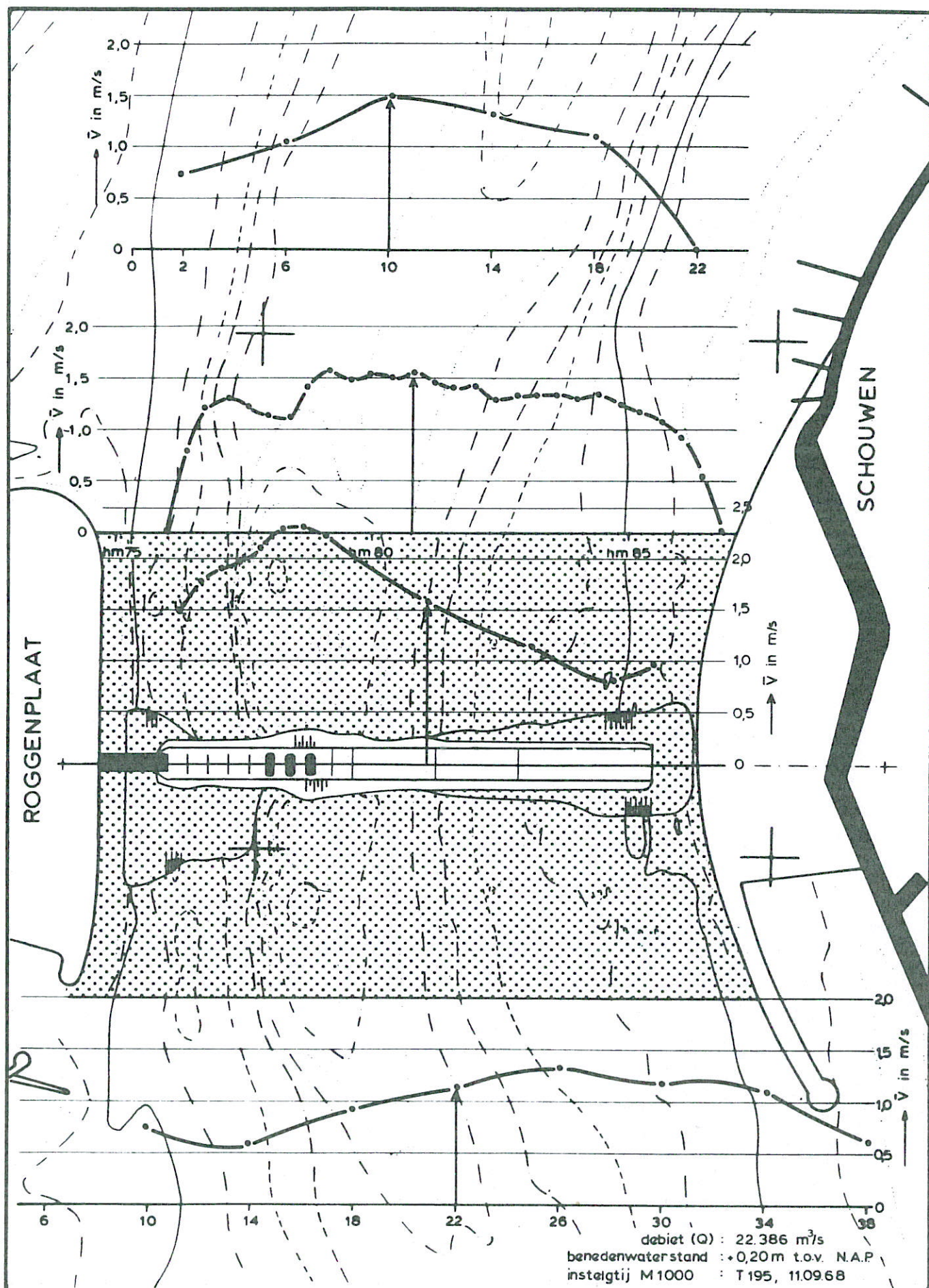
SCHAAL 1: 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 8<sup>b</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
BOUWFASE 4

HAMMEN

EB

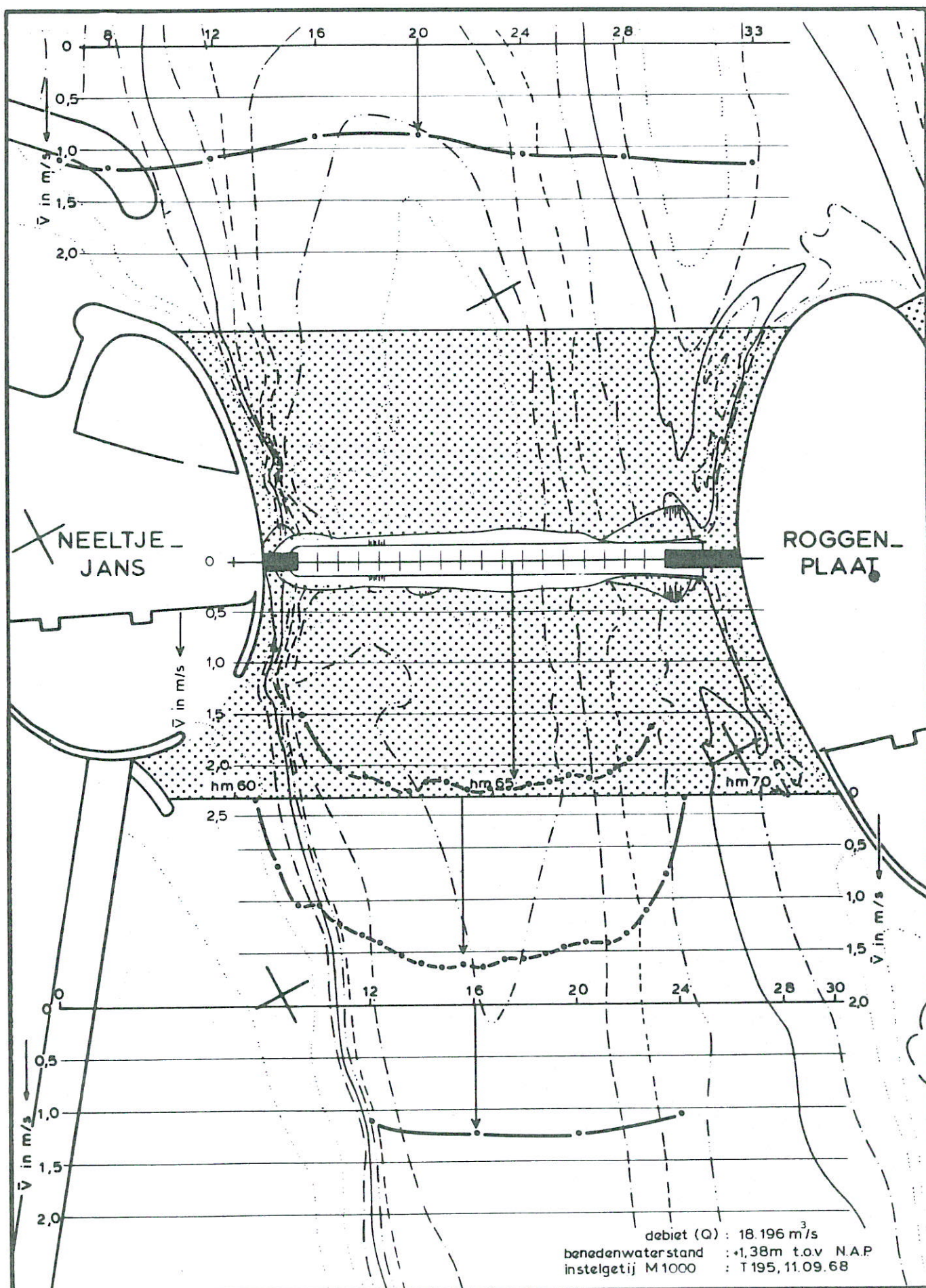
SCHAAL 1:10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.8<sup>c</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
BOUWFASE 4

SCHAAR

VLOED

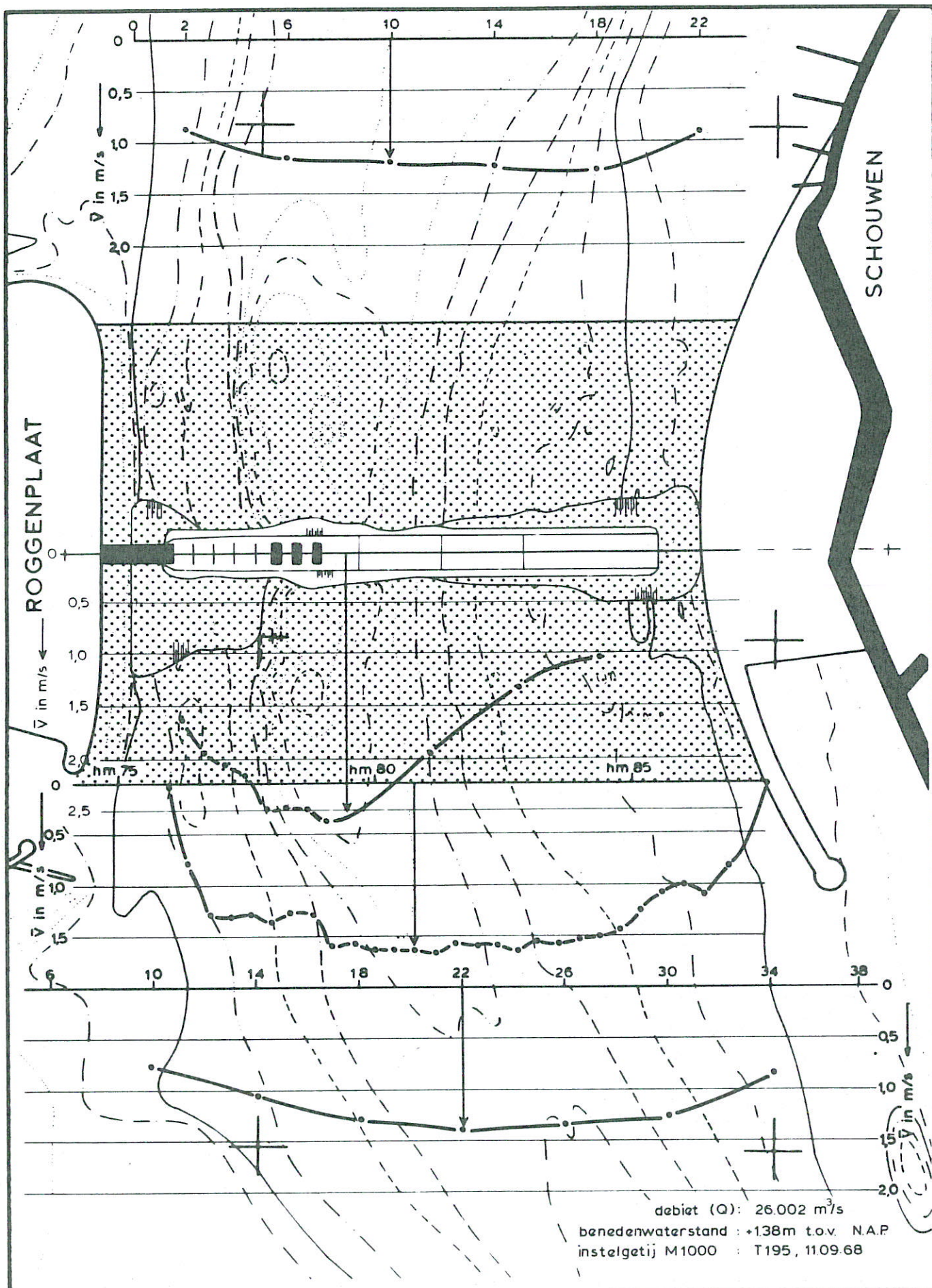
SCHAAL 1 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 9<sup>b</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
 BOUWFASE 4

HAMMEN

VLOED

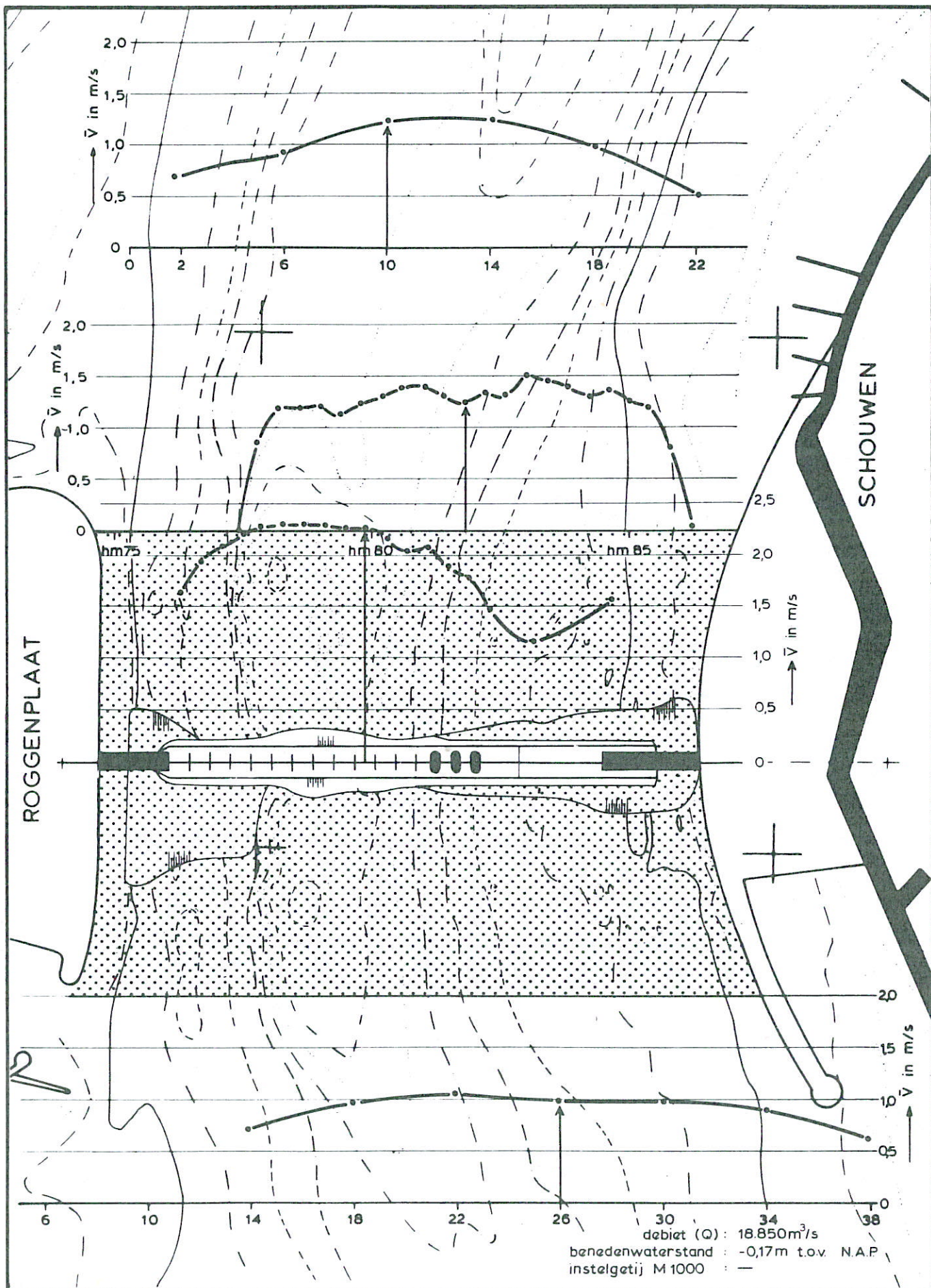
SCHAAL 1: 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG 9<sup>C</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
BOUWFASE 5

HAMMEN

EB

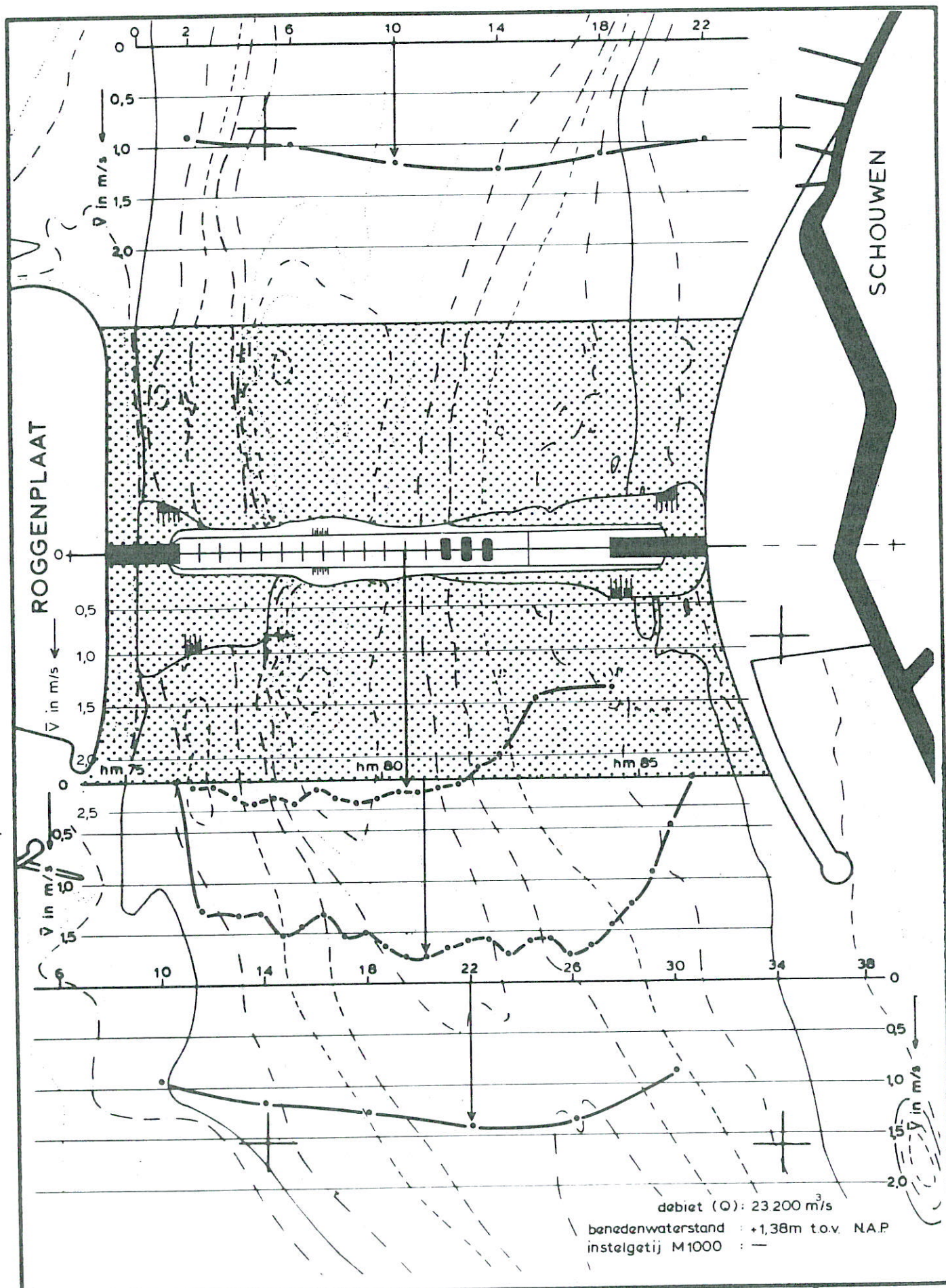
SCHAAL 1:10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 10<sup>C</sup>





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
 BOUWFASE 5

HAMMEN

VLOED

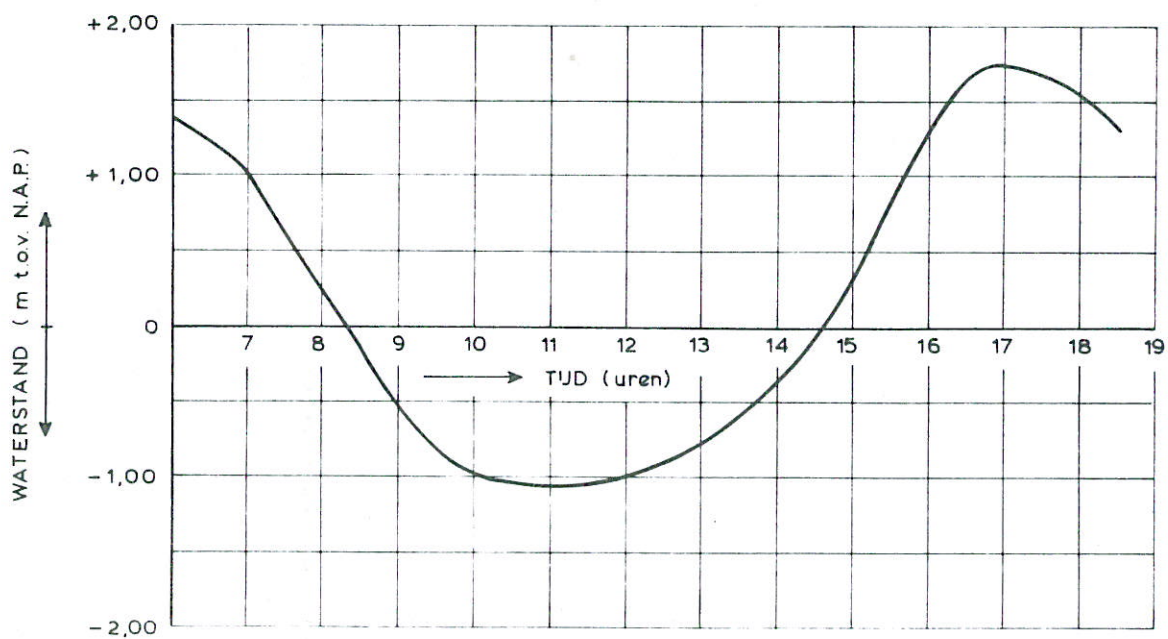
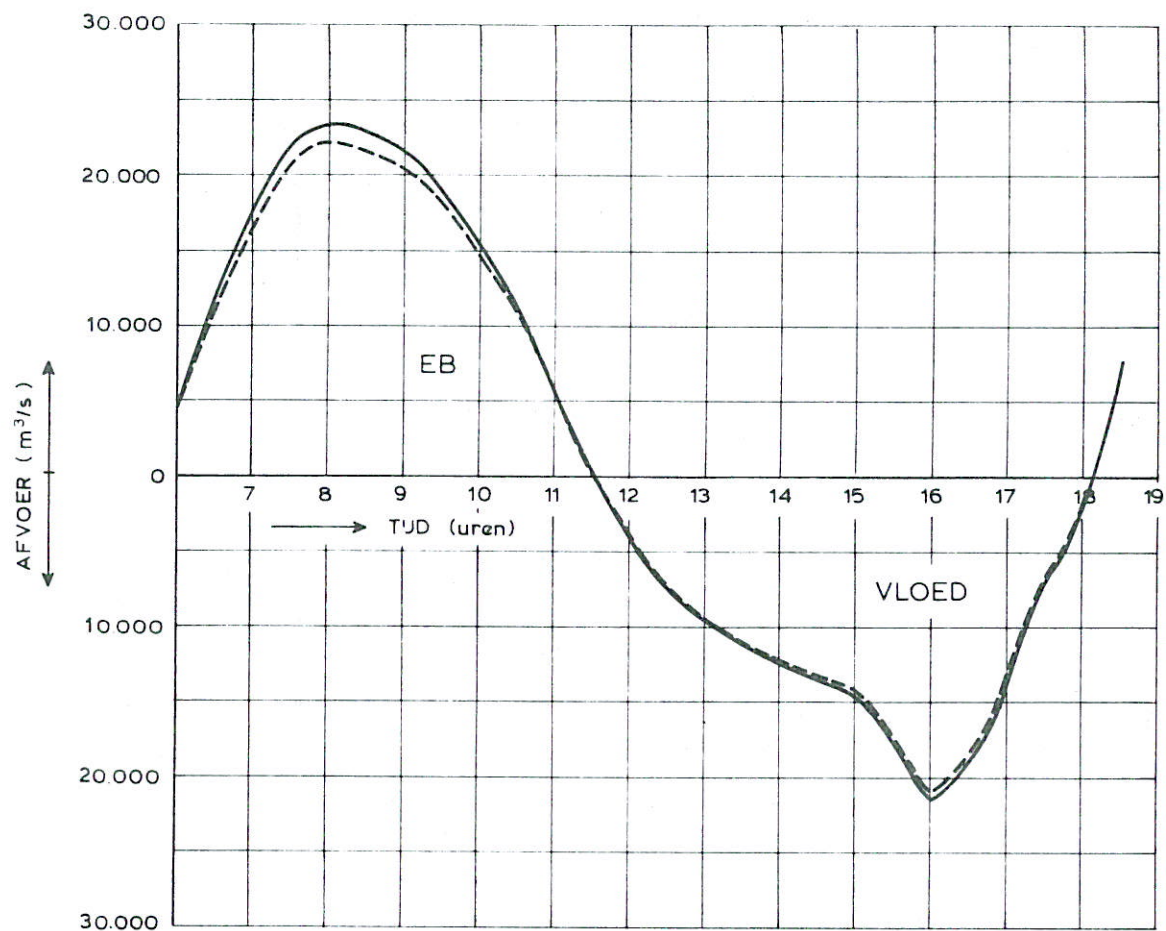
SCHAAL 1: 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 11<sup>c</sup>





— situatie 1/6 pijlers, vorm getij : M1000 T183, 110968,  $\xi = 1.04$   
 - - - situatie 2/6 pijlers, vorm getij : M1000 T183 110968,  $\xi = 1.04$

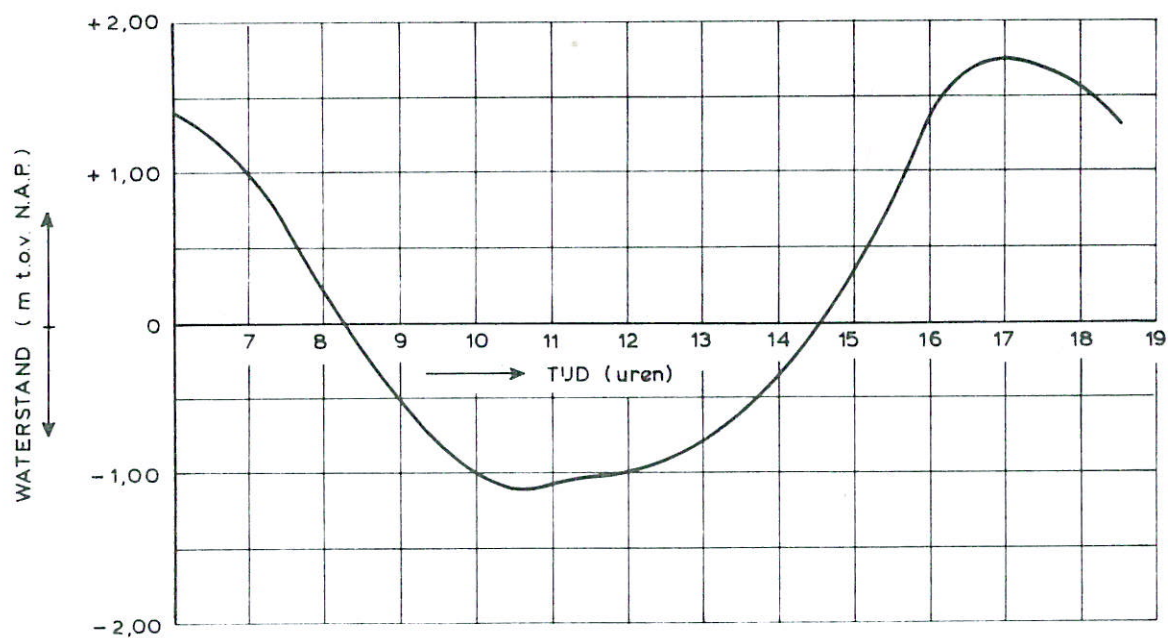
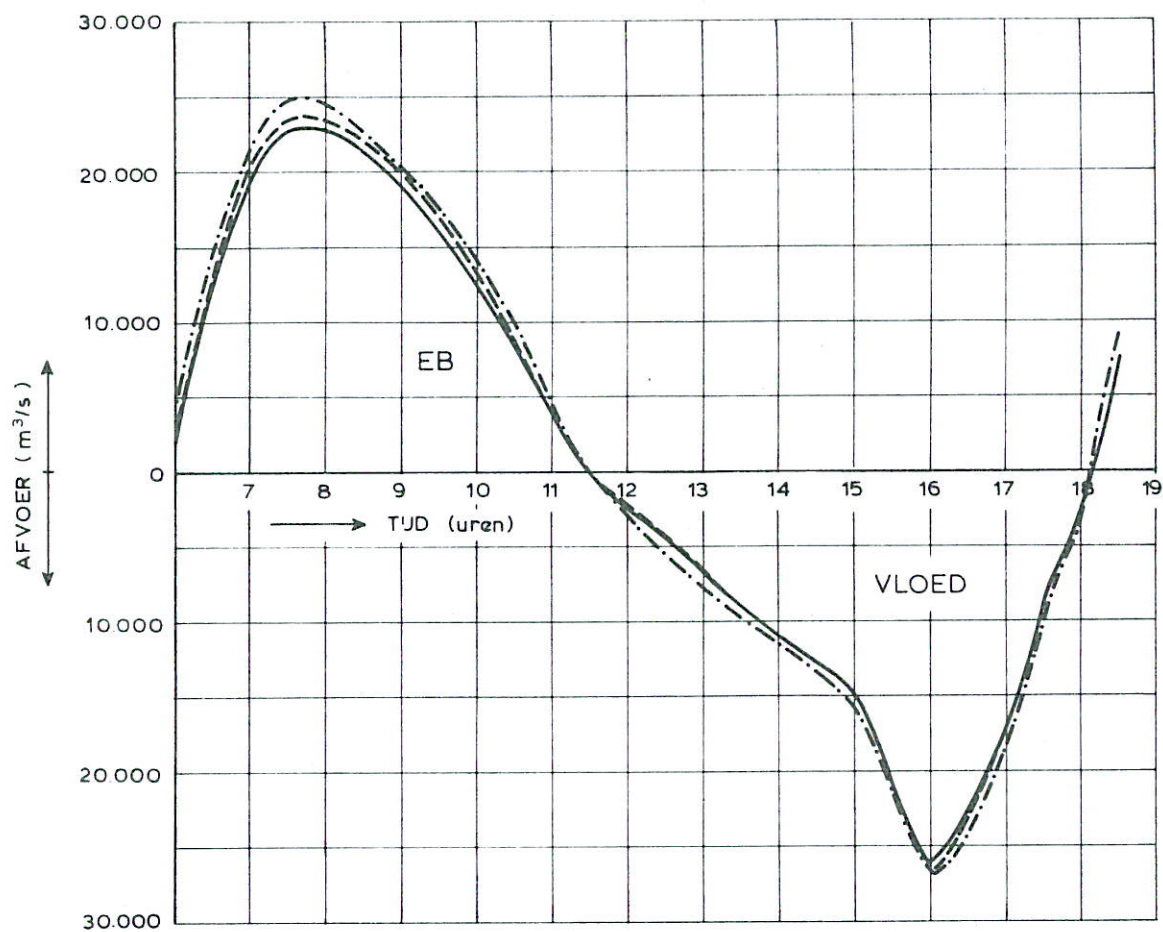
DEBIETEN EN WATERSTANDEN

SCHAAR

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.12<sup>b</sup>



- situatie 1/6 pijlers, vorm getij M1000 T183, 110968,  $\xi = 104$   
 - - - situatie 2/6 pijlers, vorm getij M1000 T183, 110968,  $\xi = 104$   
 - · - · situatie 3/6 pijlers, vorm getij M1000 T183, 110968,  $\xi = 104$

DEBIETEN EN WATERSTANDEN

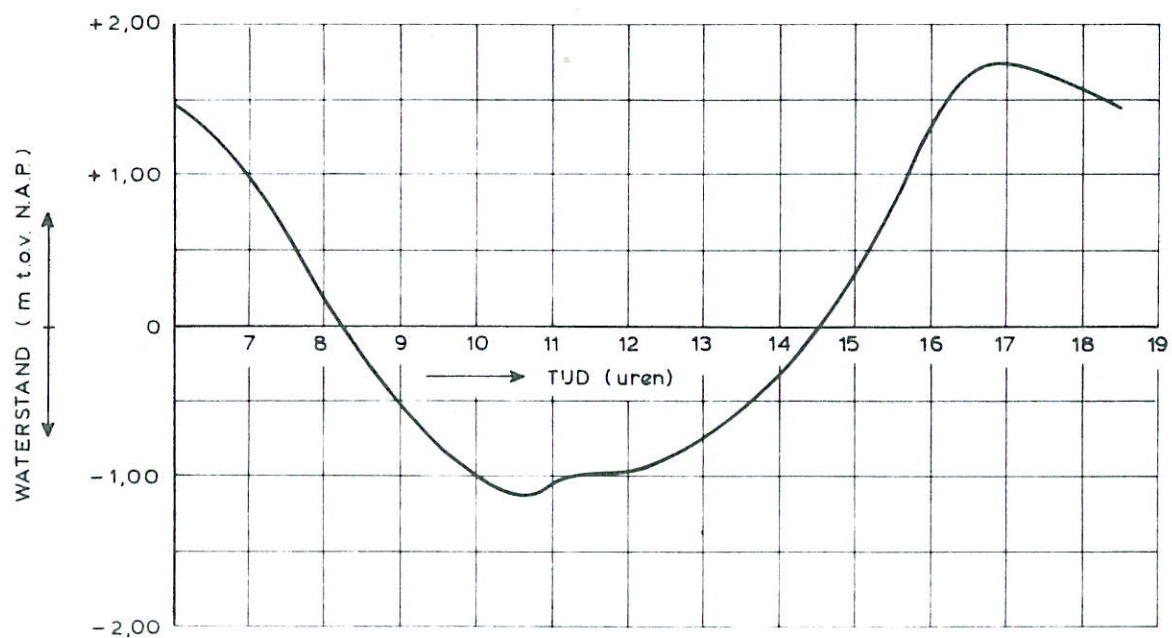
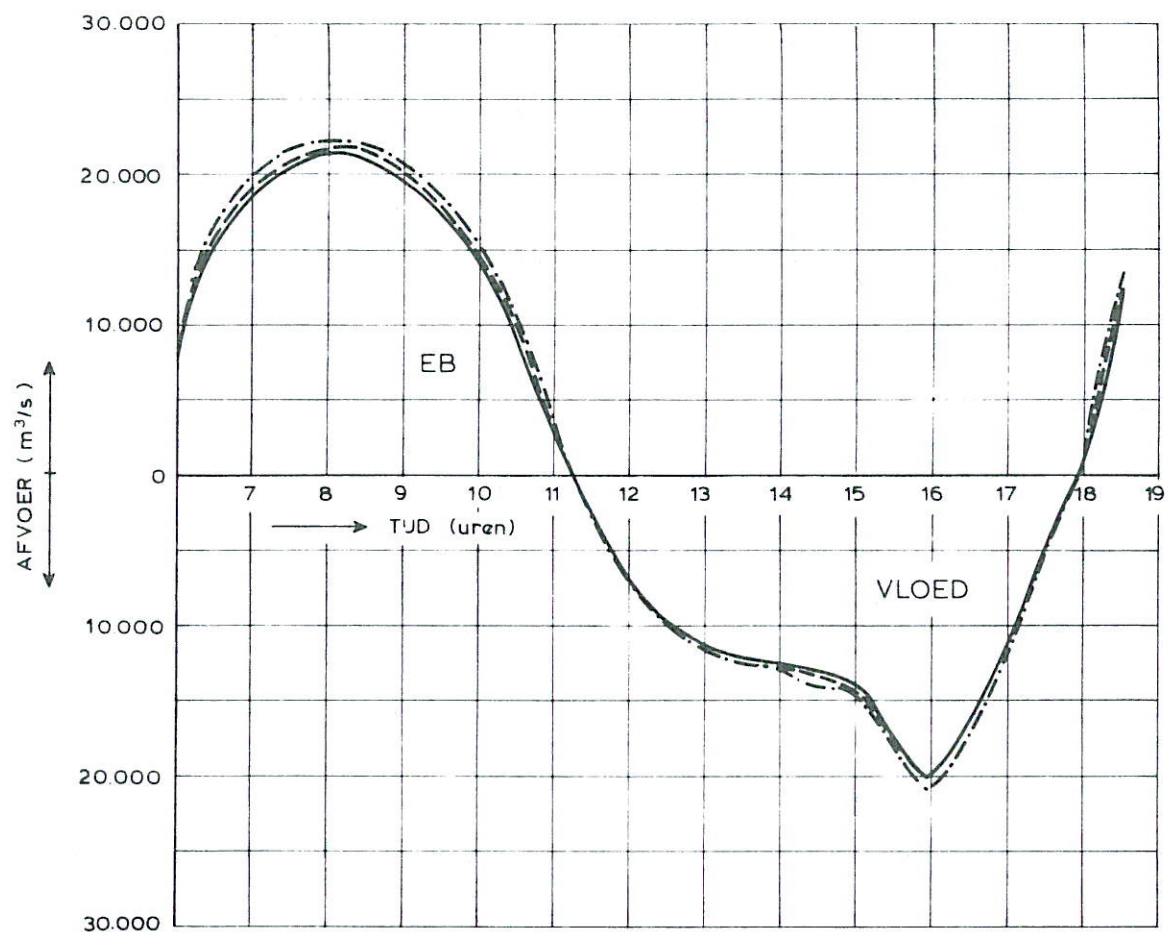
HAMMEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.12<sup>c</sup>





- situatie 3/6 pijlers vorm getij: M1000 T195, 11.09.68,  $\xi = 1.04$
- - - - - situatie 4/6 pijlers vorm getij: M1000 T195, 11.09.68,  $\xi = 1.04$
- · - · - · - situatie 5/6 pijlers vorm getij: M1000 T195, 11.09.68,  $\xi = 1.04$

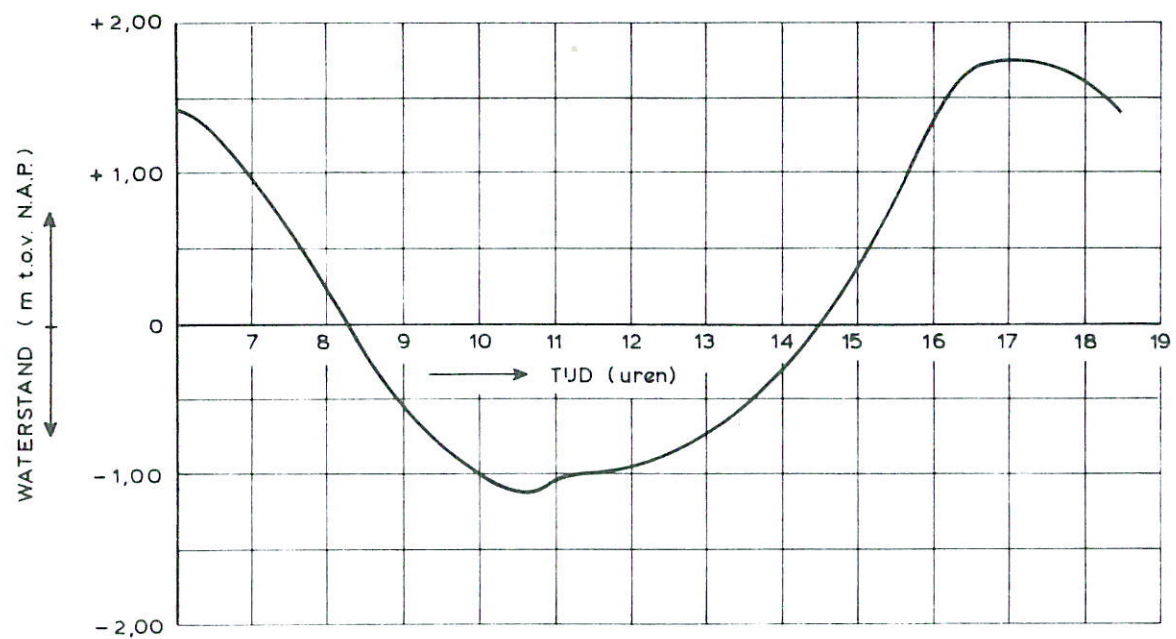
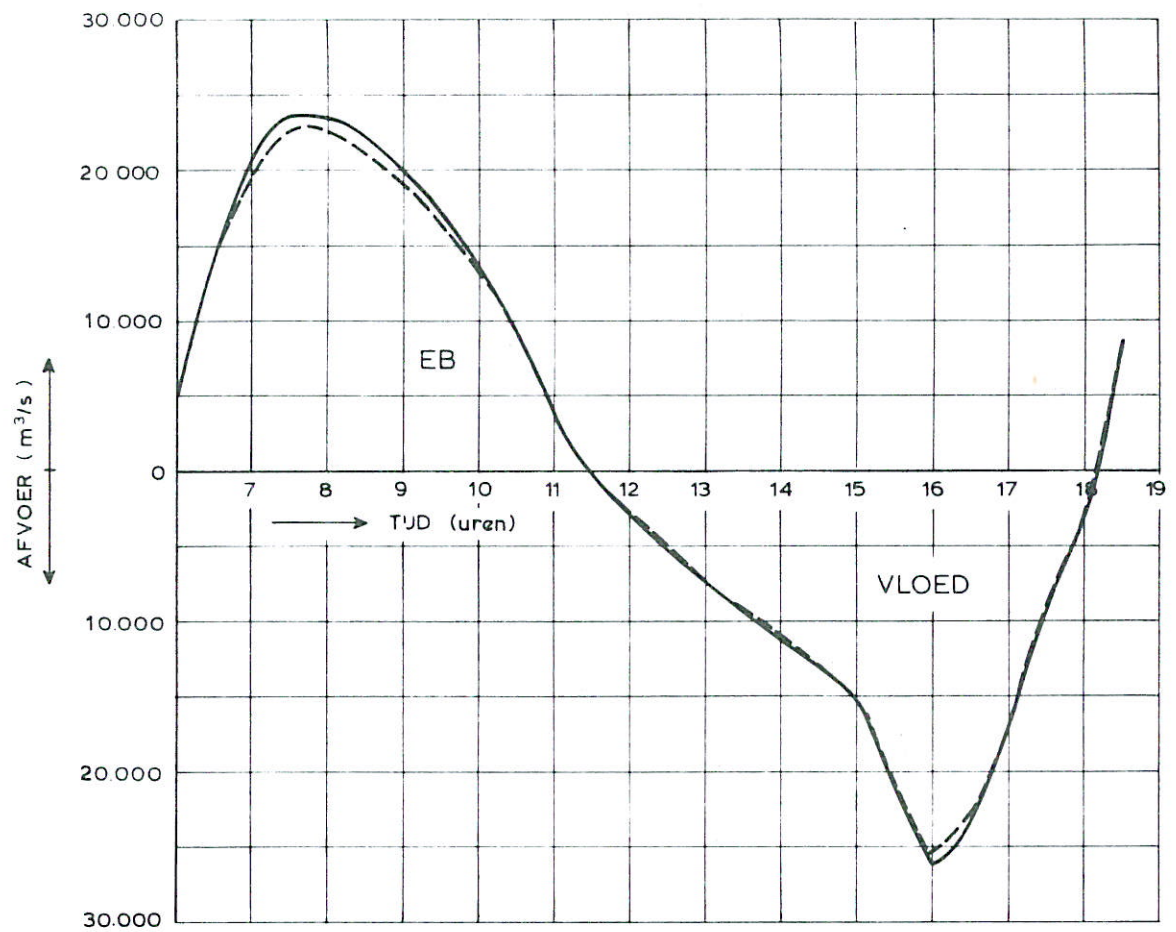
DEBIETEN EN WATERSTANDEN

SCHAAR

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.13<sup>b</sup>



— situatie 4/6 pijlers vorm getij : M1000 T195, 11.09.68,  $\xi = 10.4$   
 - - - - - situatie 5/6 pijlers vorm getij : M1000 T195, 11.09.68,  $\xi = 10.4$

DEBIETEN EN WATERSTANDEN

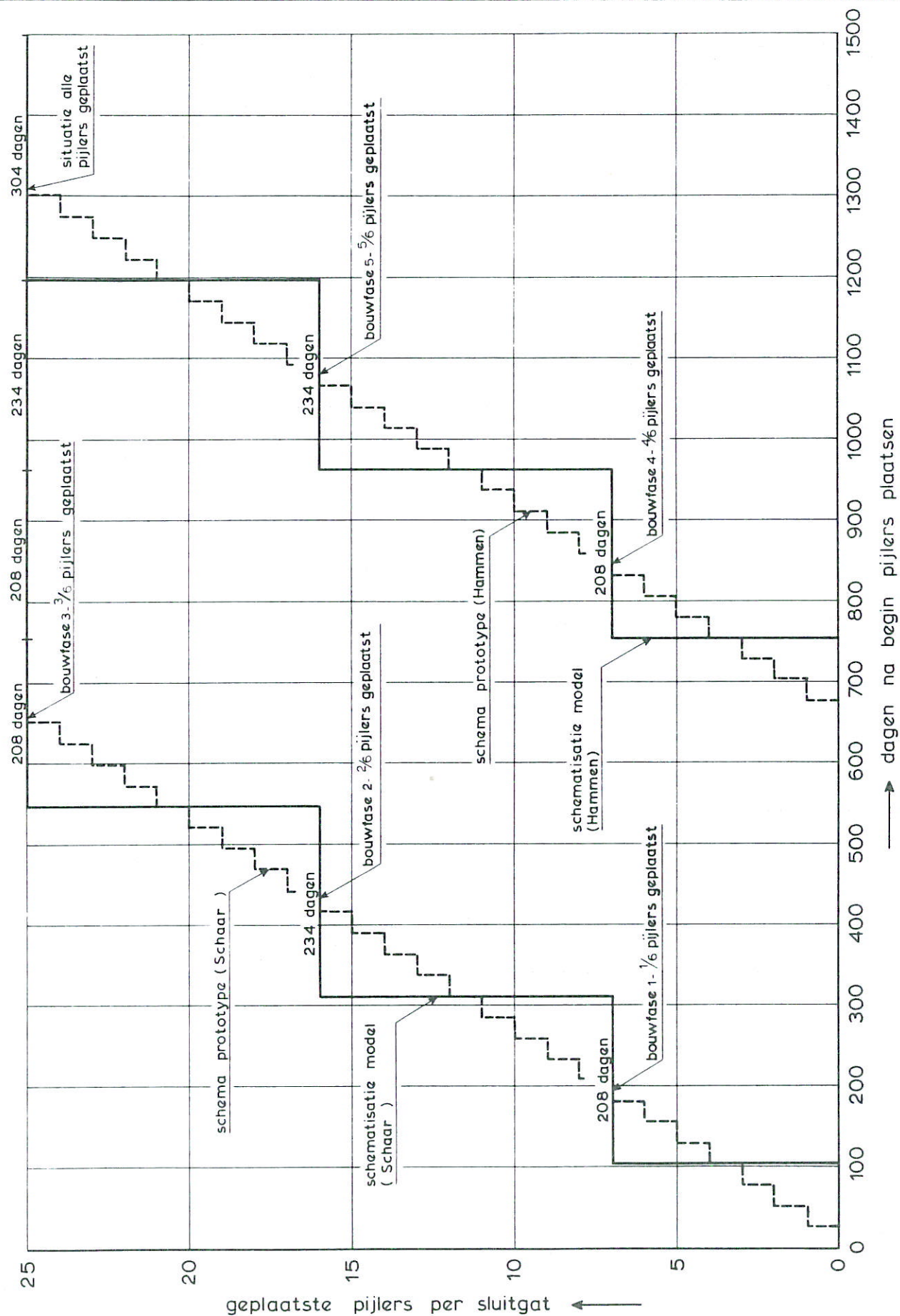
HAMMEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.13<sup>c</sup>



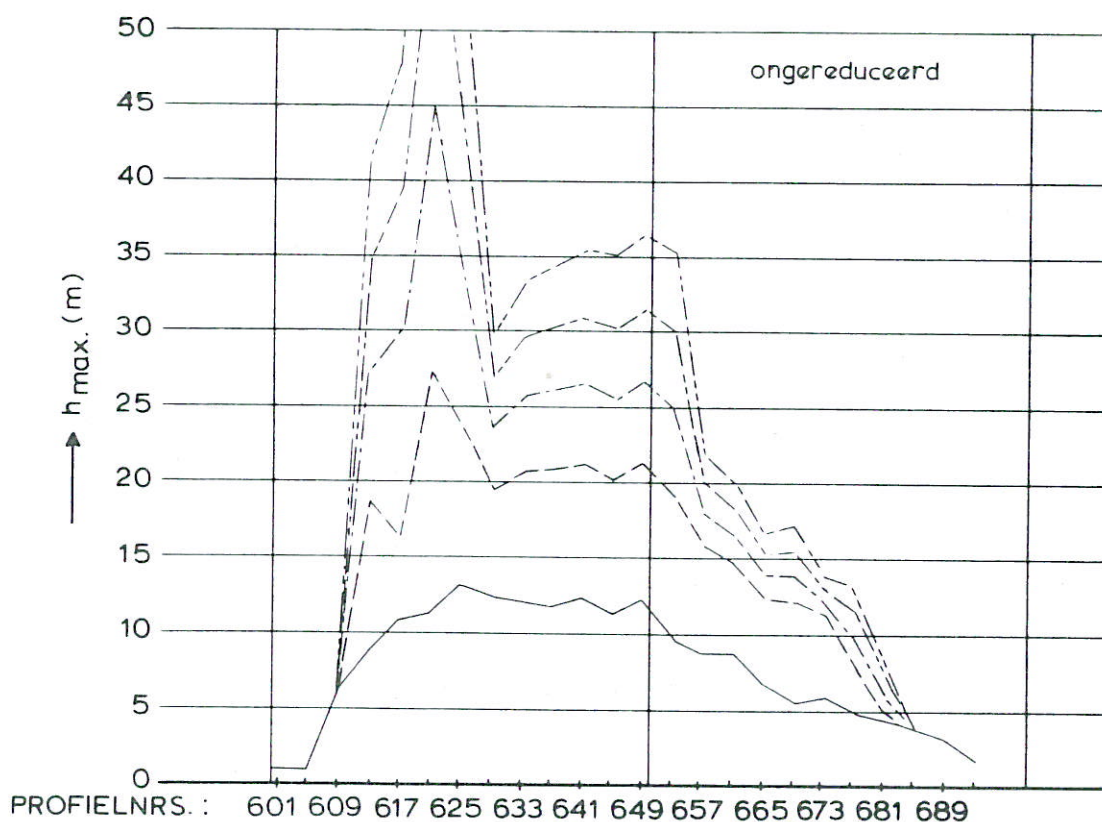
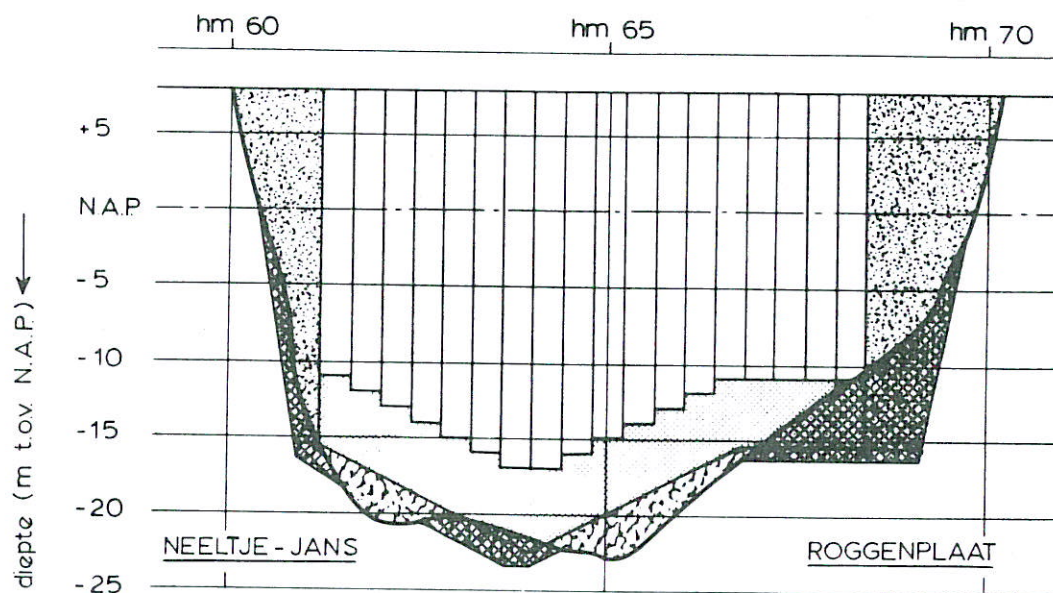


TJDSHEMA PULERPLAATSINGEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.14



aangenomen ontgronding in voorgaande fasen : 0 m

ontgronding volgens tijdschema :

- bouwfase 1
- - - bouwfase 2
- · - bouwfase 3
- · - bouwfase 4
- · - bouwfase 5

lengte bodembescherming 450 m

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINGSDIEPTEN

SCHAAR

EB

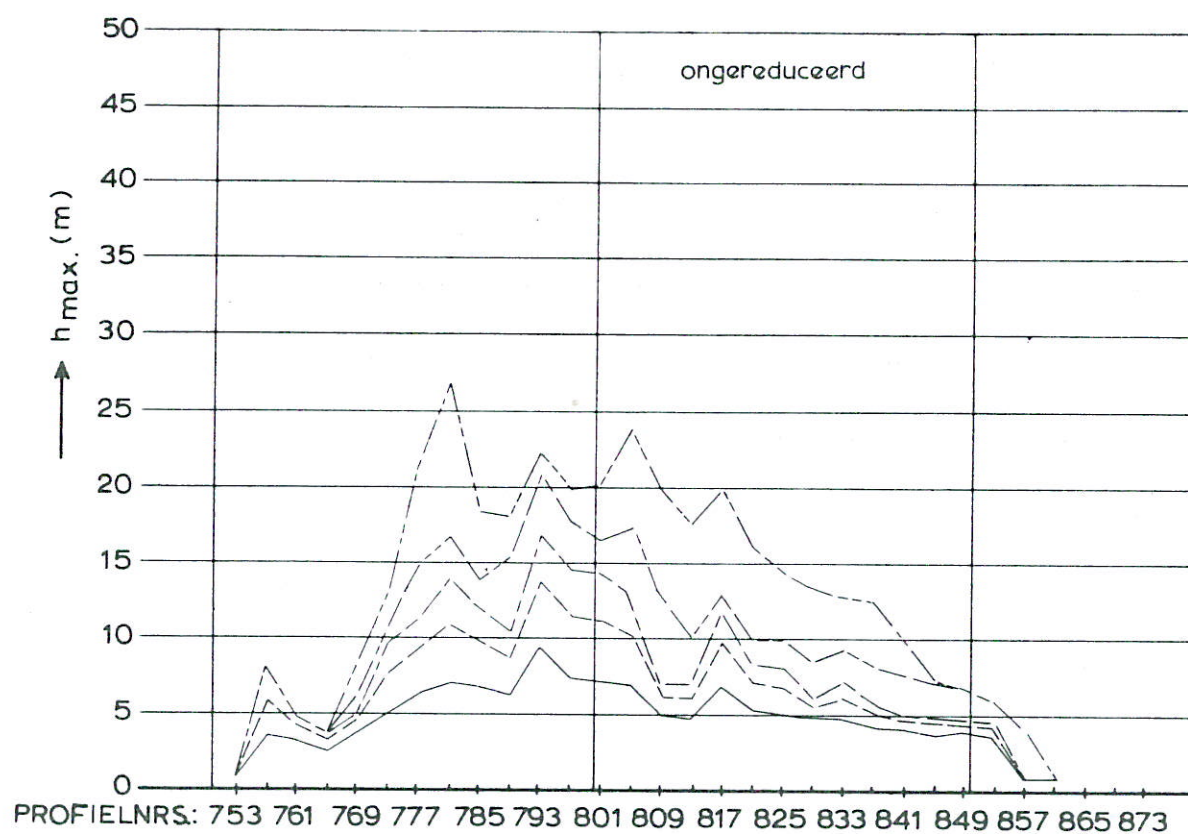
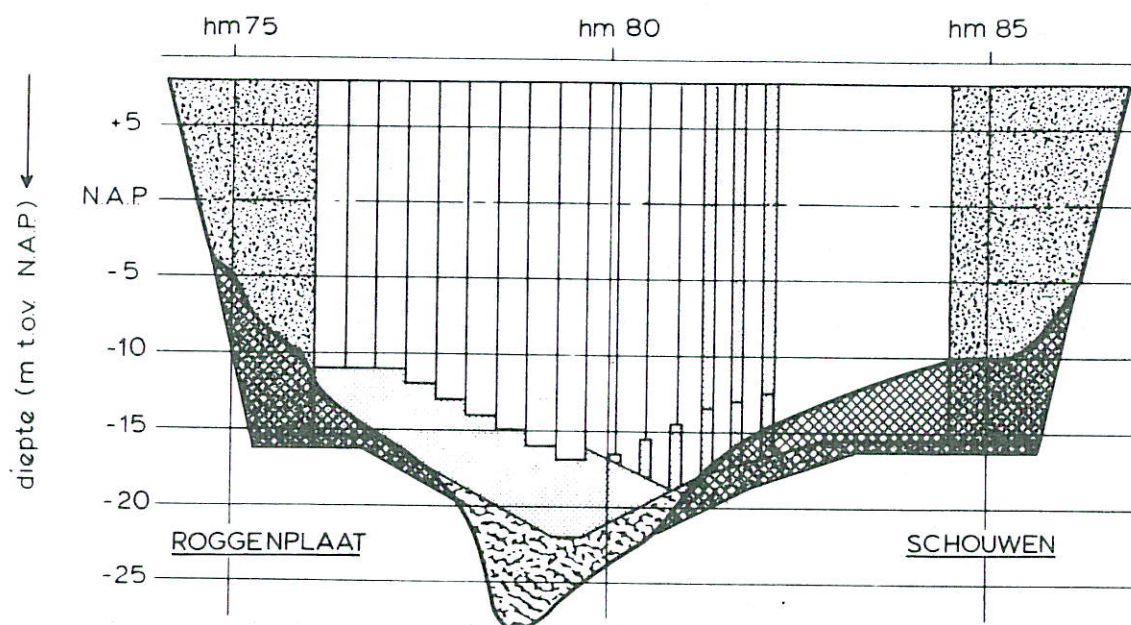
SCHAAL hor. 1:10.000  
vert. 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.15<sup>b</sup>





aangenomen ontgronding in voorgaande fasen : 0 m

ontgronding volgens tijdschema :

|           |            |
|-----------|------------|
| ————      | bouwfase 1 |
| -----     | bouwfase 2 |
| - . - . - | bouwfase 3 |
| — · — · — | bouwfase 4 |
| — · — · — | bouwfase 5 |

lengte bodembescherming 450 m

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINGSDIEPTEN

HAMMEN

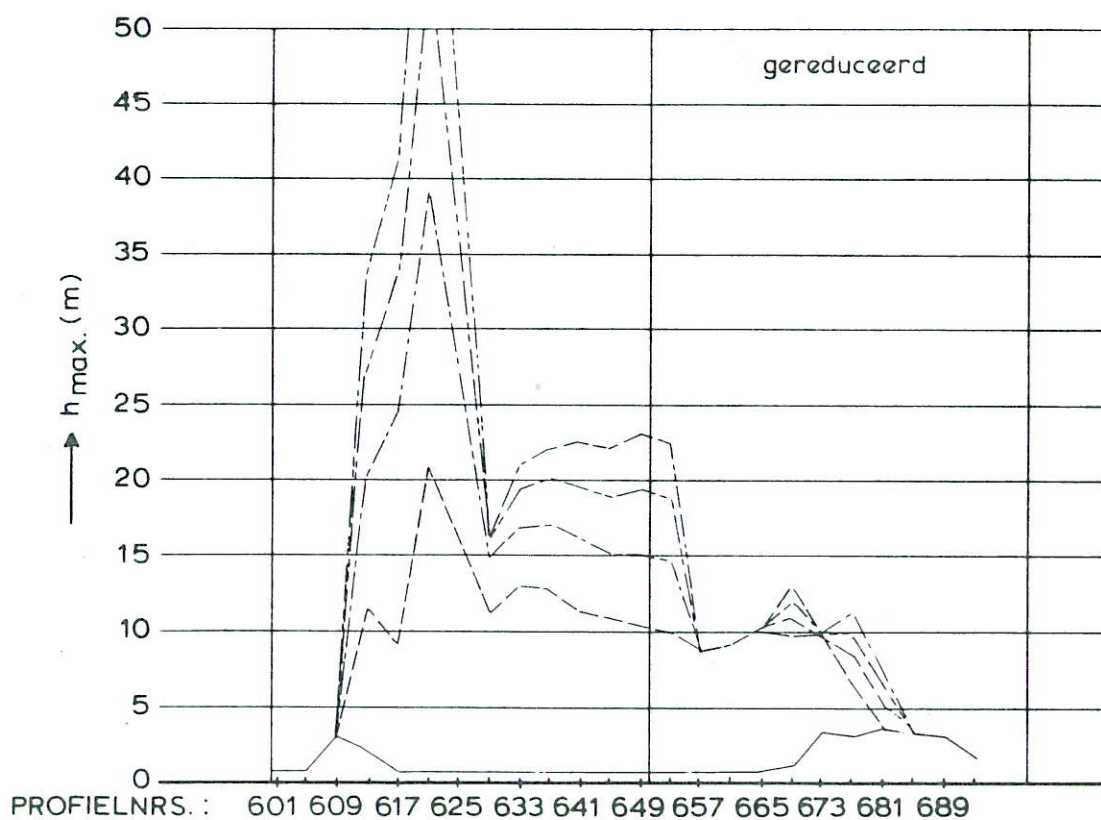
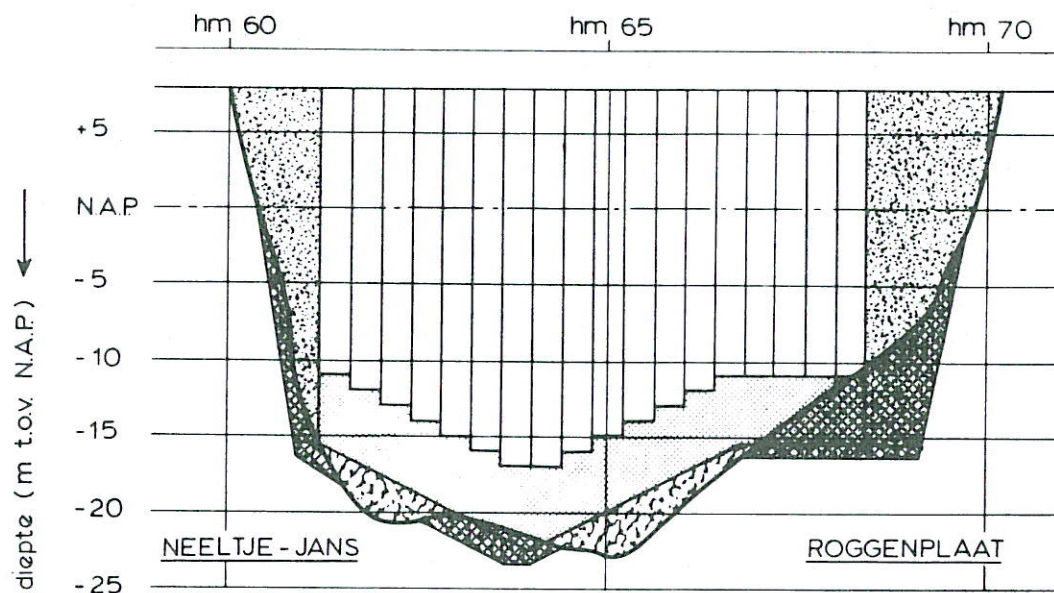
EB

SCHAAL hor. 1: 10.000  
vert. 1: 500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 15<sup>c</sup>



aangenomen ontgroning in voorgaande fasen: 0 m

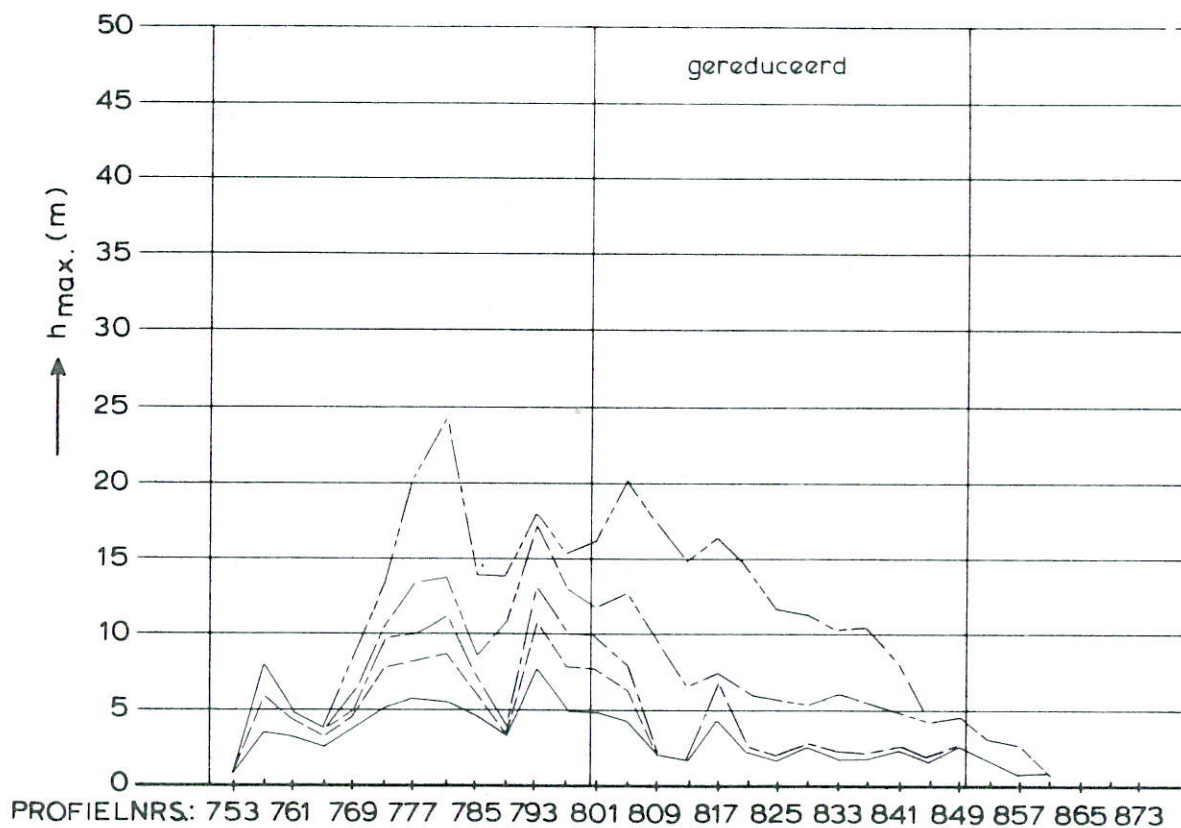
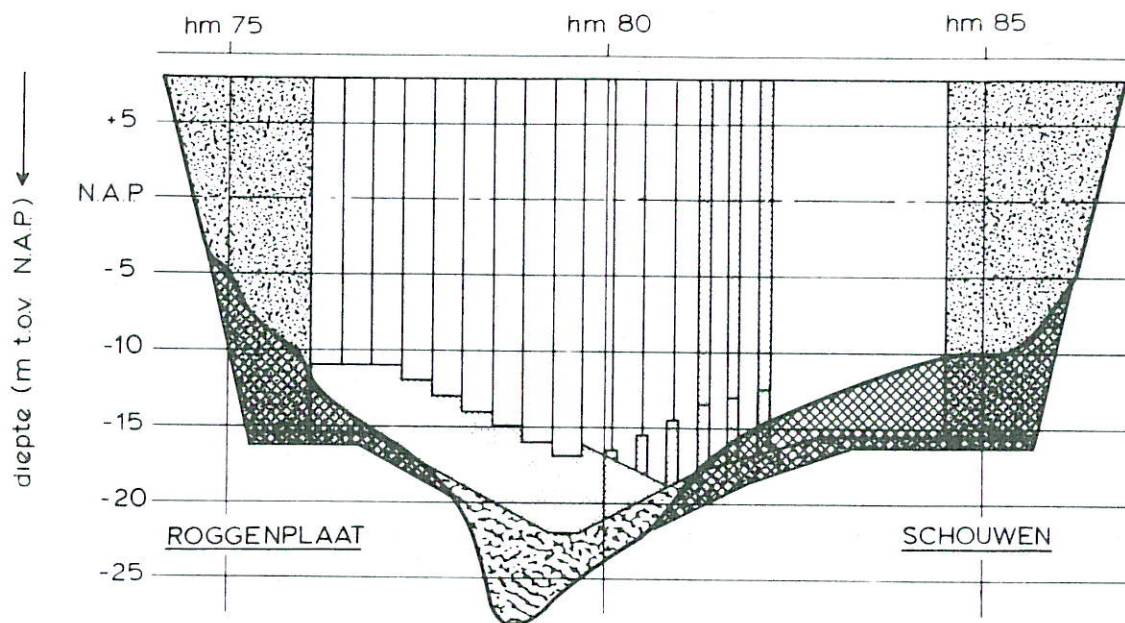
ontgroning volgens tijdschema:

- bouwfase 1
- - - bouwfase 2
- · - bouwfase 3
- - - bouwfase 4
- · - bouwfase 5

lengte bodembescherming 450 m

|                                               |        |                              |
|-----------------------------------------------|--------|------------------------------|
| TE VERWACHTEN MAXIMALE<br>ONTGRONDINGSDIEPTEN | SCHAAR | EB                           |
|                                               | SCHAAL | hor. 1:10.000<br>vert. 1:500 |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM                  | M 1001 | FIG.16 <sup>b</sup>          |





aangenomen ontgroning in voorgaande fasen: 0 m

ontgroning volgens tijdschema

|           |            |
|-----------|------------|
| ————      | bouwfase 1 |
| -----     | bouwfase 2 |
| - . - . - | bouwfase 3 |
| — · — · — | bouwfase 4 |
| — · — · — | bouwfase 5 |

lengte bodembescherming 450 m

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINGSDIEPTEN

HAMMEN

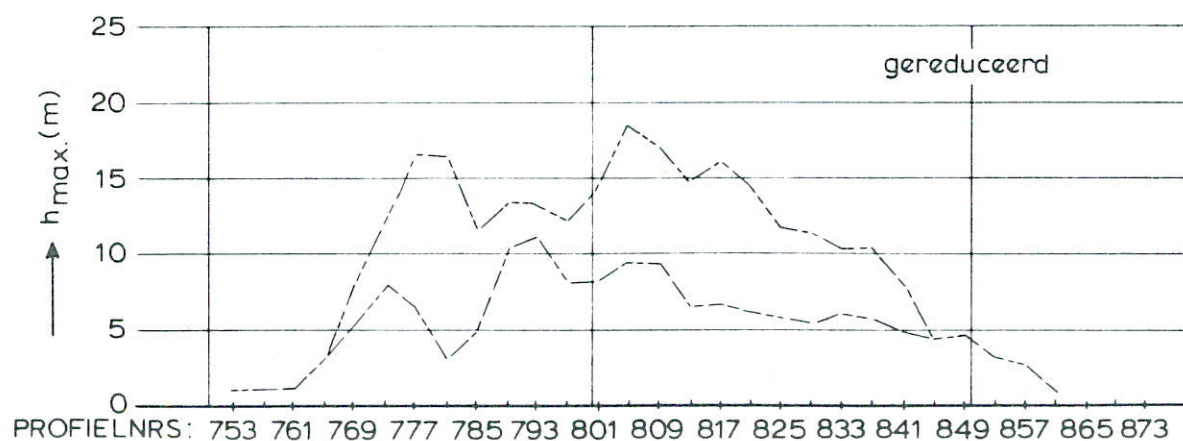
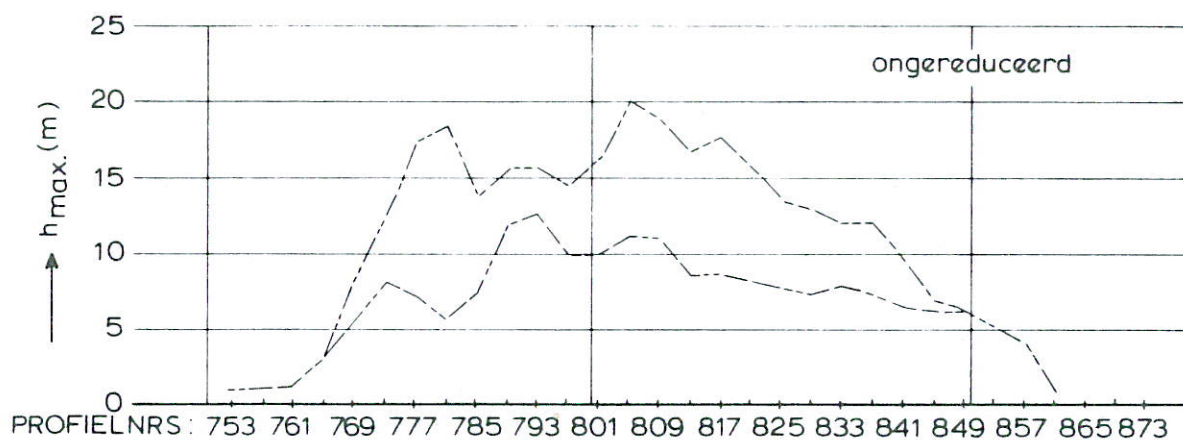
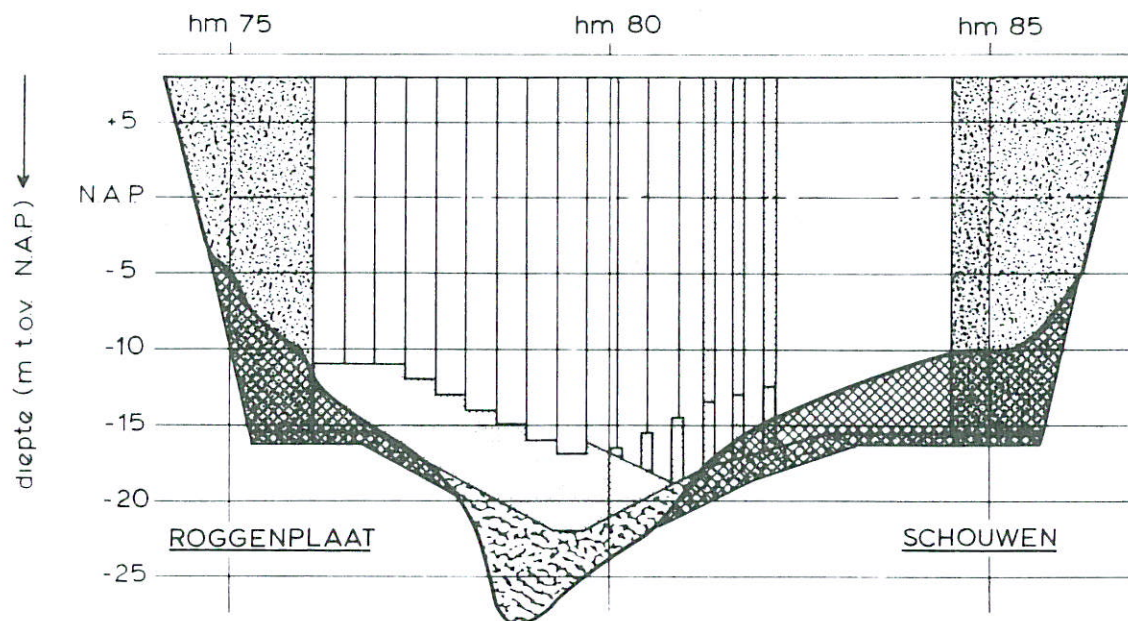
EB

SCHAAL hor. 1: 10.000  
vert. 1: 500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.16<sup>c</sup>

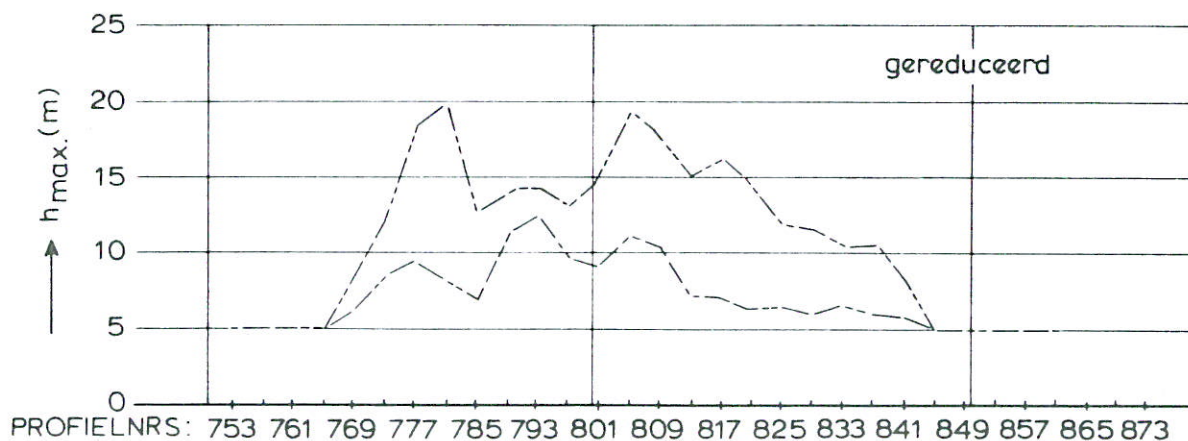
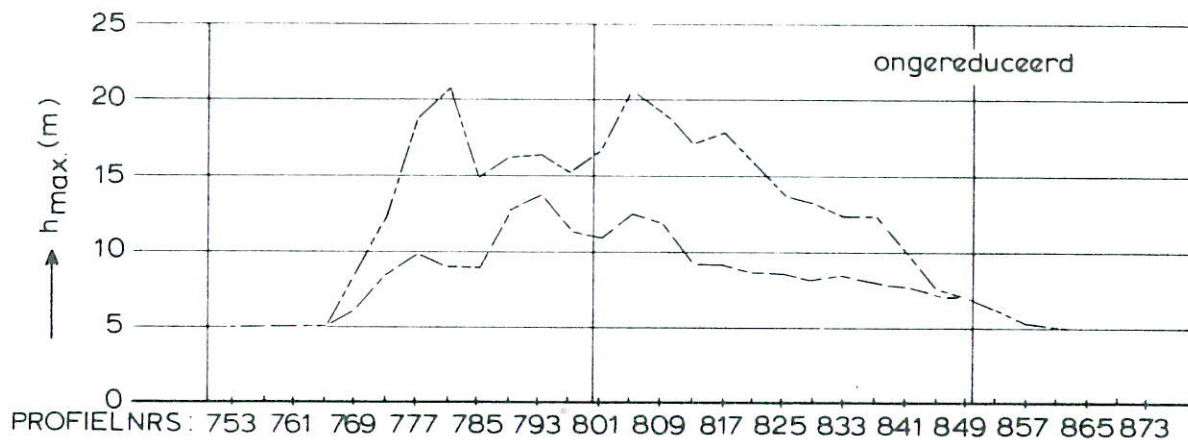
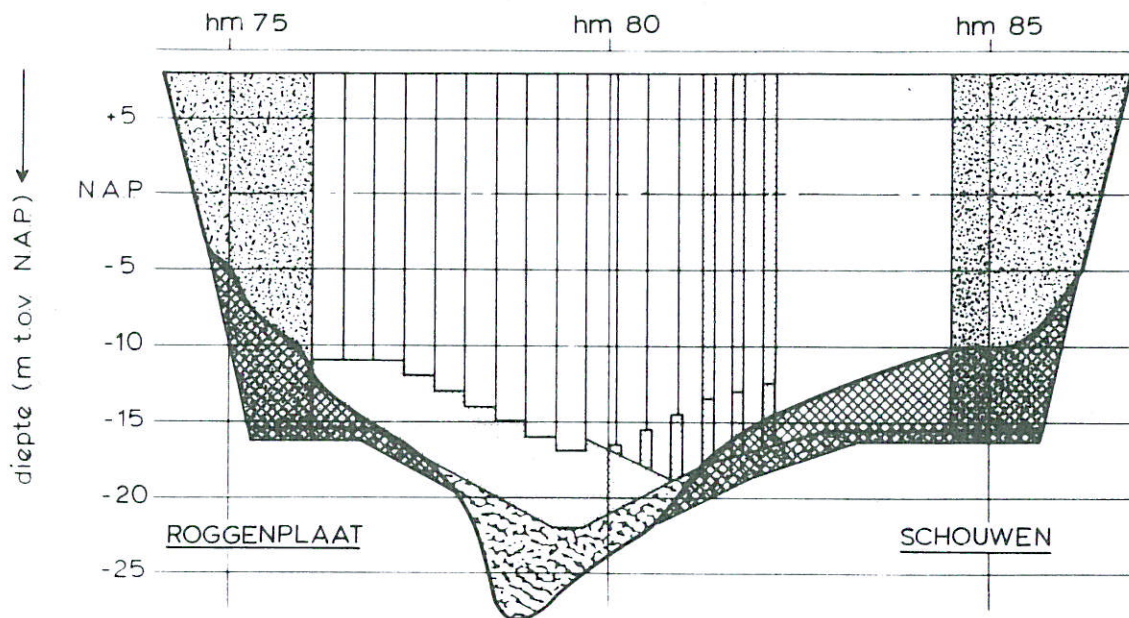


aangenomen ontgroning in voorgaande fasen: 0 m  
 ontgroning volgens tijdschema : ——— bouwfase 4  
                                                       - - - - - bouwfase 5

lengte bodembescherming 450 m

|                                               |        |                                |
|-----------------------------------------------|--------|--------------------------------|
| TE VERWACHTEN MAXIMALE<br>ONTGRONDINGSDIEPTEN | HAMMEN | EB                             |
|                                               | SCHAAL | hor. 1: 10.000<br>vert. 1: 500 |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM                  | M 1001 | FIG.17 <sup>c</sup>            |





aangenomen ontgroning in voorgaande fasen: 5 m

ontgroning volgens tijdschema: ——— bouwfase 4  
 - - - - - bouwfase 5

lengte bodembescherming 450 m

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
 ONTGRONDINGSDIEPTEN

HAMMEN

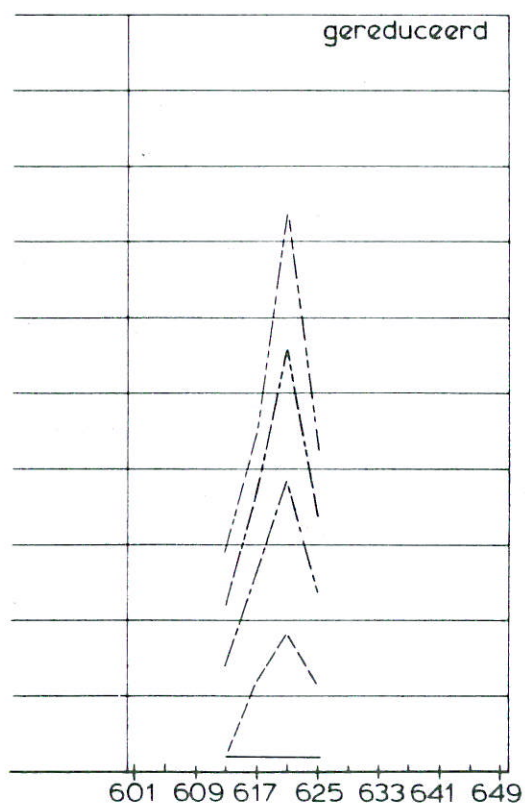
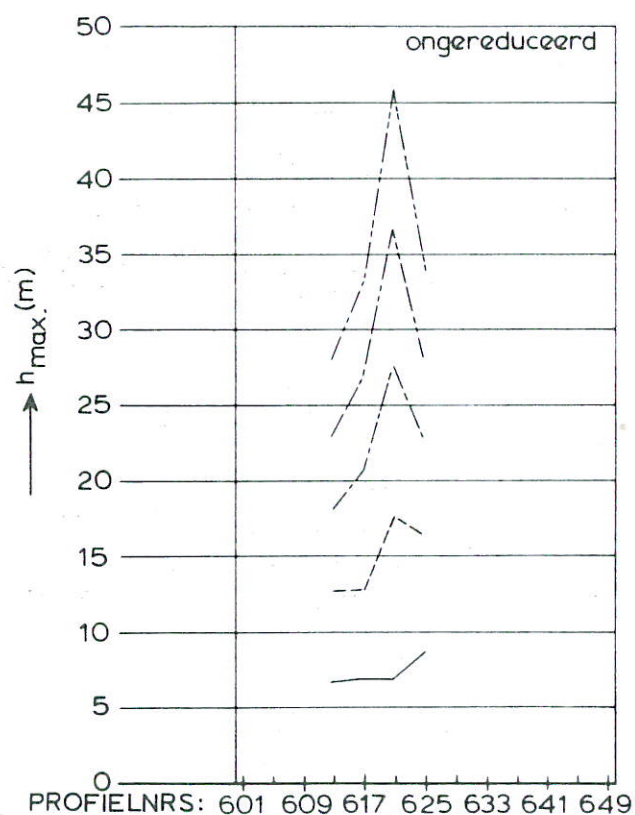
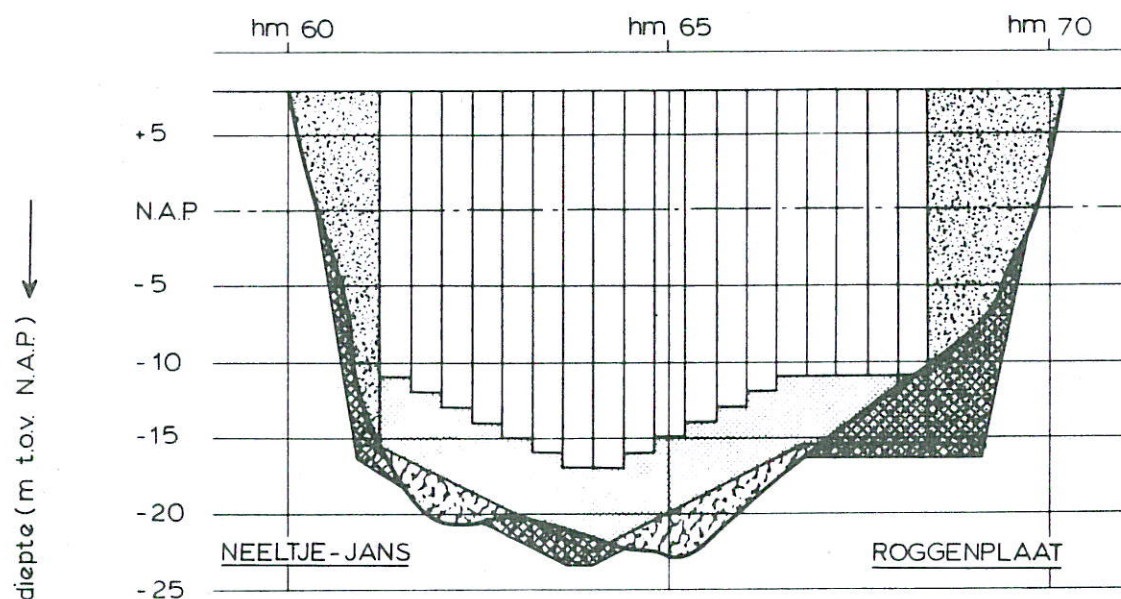
EB

SCHAAL hor. 1:10.000  
 vert. 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.18<sup>c</sup>



aangenomen ontgraving in voorgaande fasen: 0 m

ontgraving volgens tijdschema:

- bouwfase 1
- bouwfase 2
- - - - - bouwfase 3
- · — · — bouwfase 4
- · · · · bouwfase 5

ontgraving tweedimensionaal van karakter ; lengte bodembescherming 600/700 m, berekend

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINSDIEPTEN

SCHAAR

EB

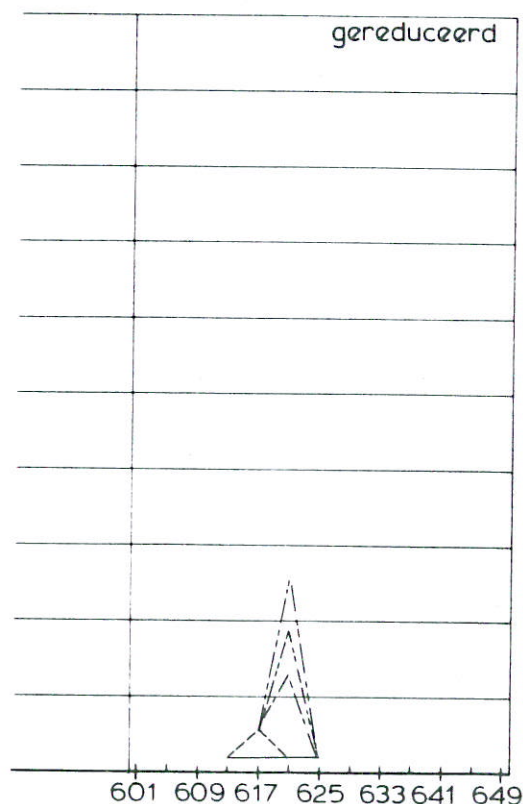
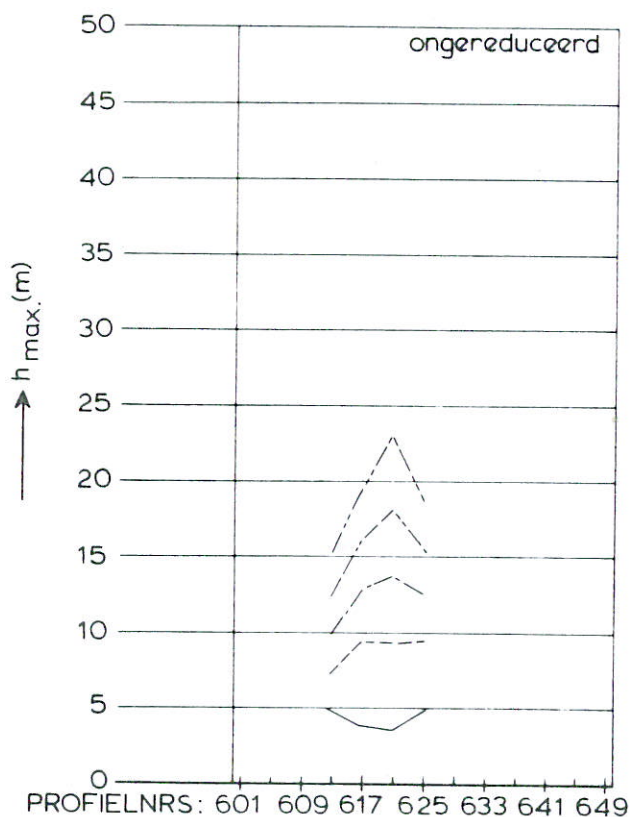
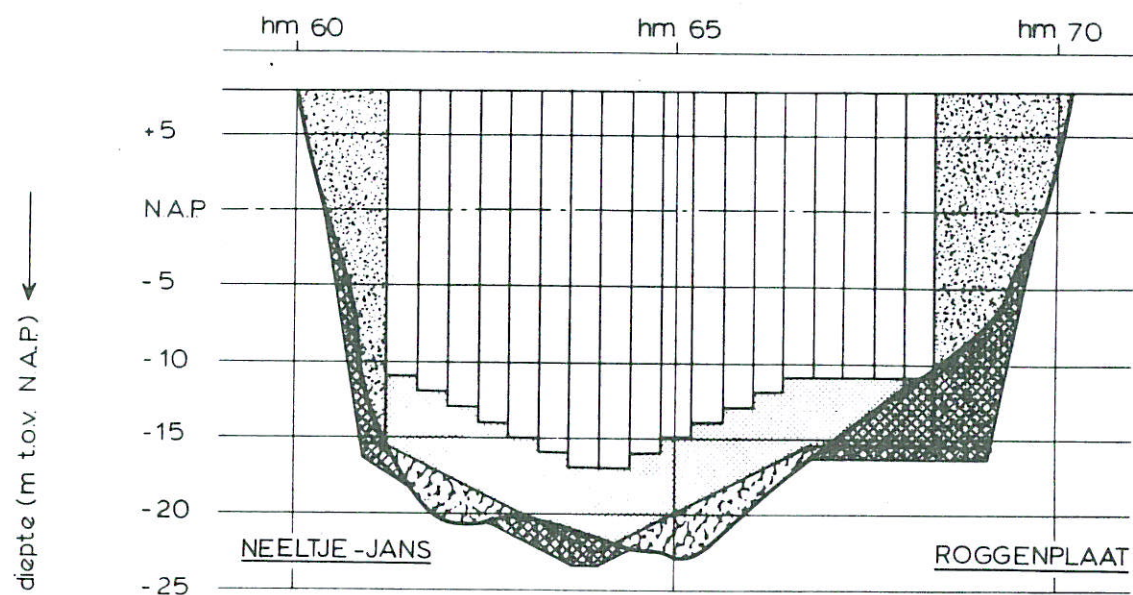
SCHAAL hor 1:10.000  
vert 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.19<sup>b</sup>





aangenomen ontgraving in voorgaande fasen: 0 m

ontgraving volgens tijdschema:

- bouwfase 1
- bouwfase 2
- - - bouwfase 3
- - - bouwfase 4
- - - bouwfase 5

ontgraving driedimensionaal van karakter; lengte bodembescherming 600m, berekend

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINSDIEPTEN

SCHAAR

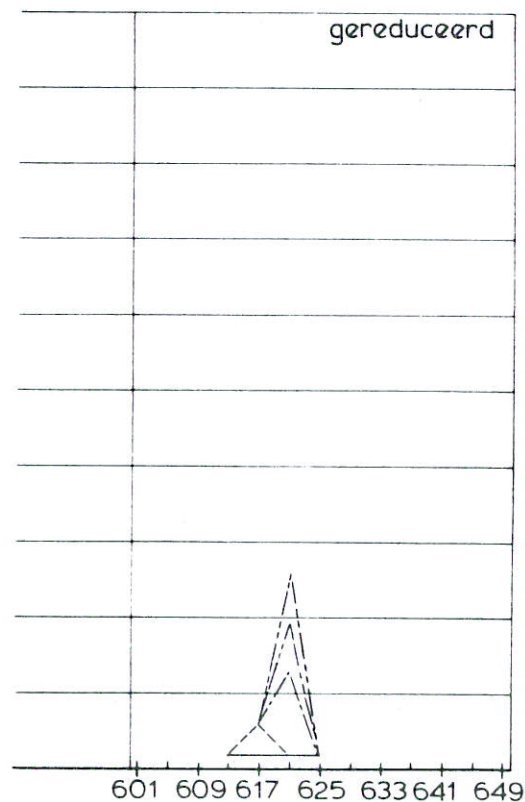
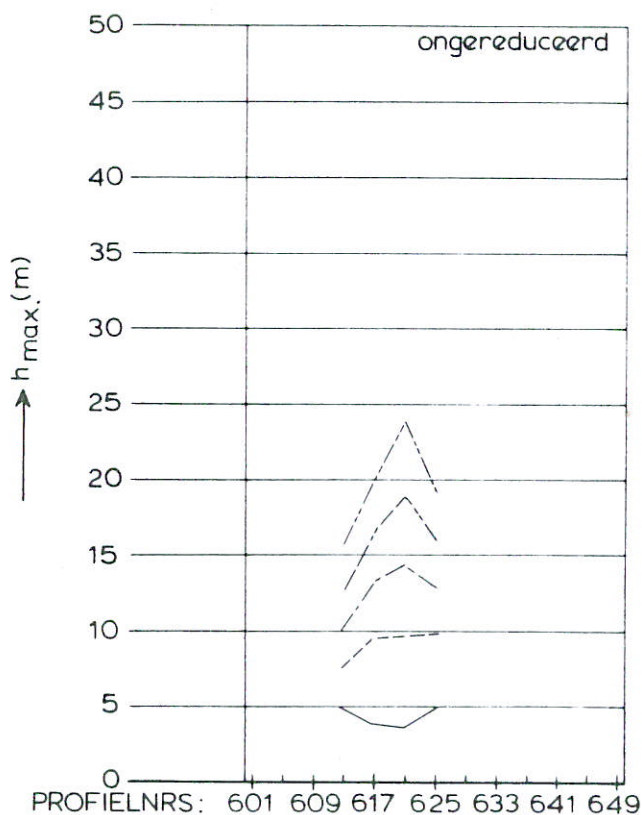
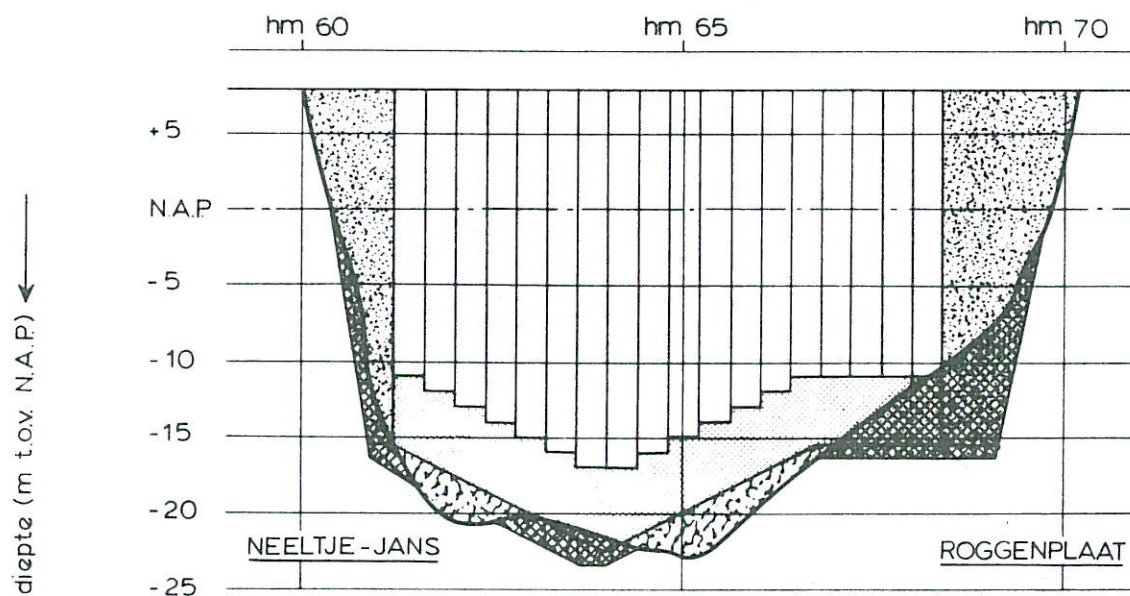
EB

SCHAAL hor 1:10.000  
vert 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.20<sup>b</sup>



aangenomen ontgroning in voorgaande fasen: 0m

ontgroning volgens tijdschema:

- bouwfase 1
- bouwfase 2
- - - - - bouwfase 3
- · — · — bouwfase 4
- · · · · bouwfase 5

ontgroning tweedimensionaal van karakter; lengte bodembescherming 750/950 m, berekend

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINSDIEPTEN

SCHAAR

EB

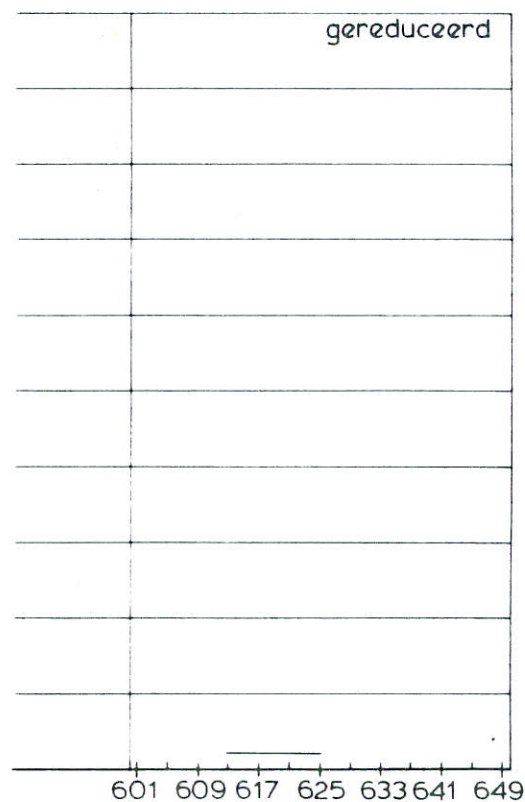
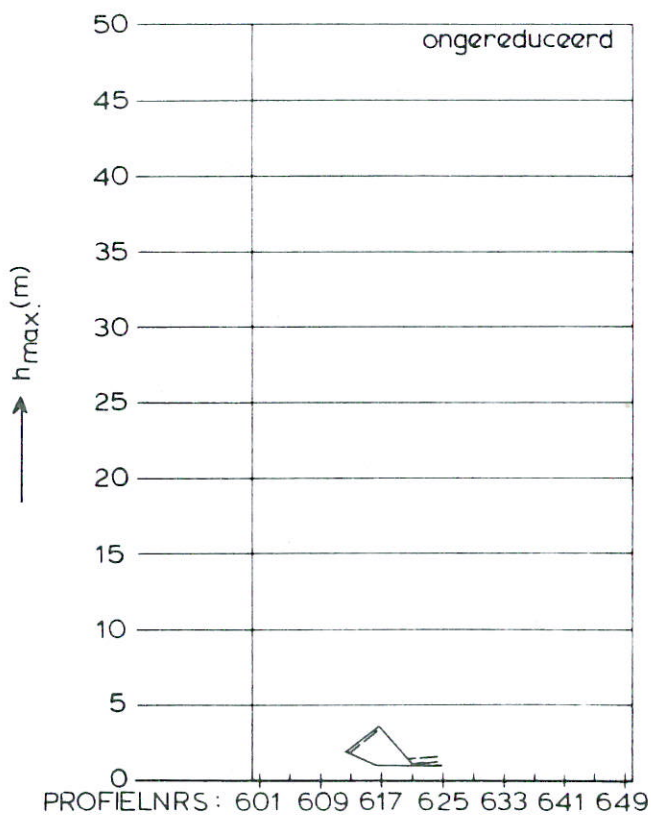
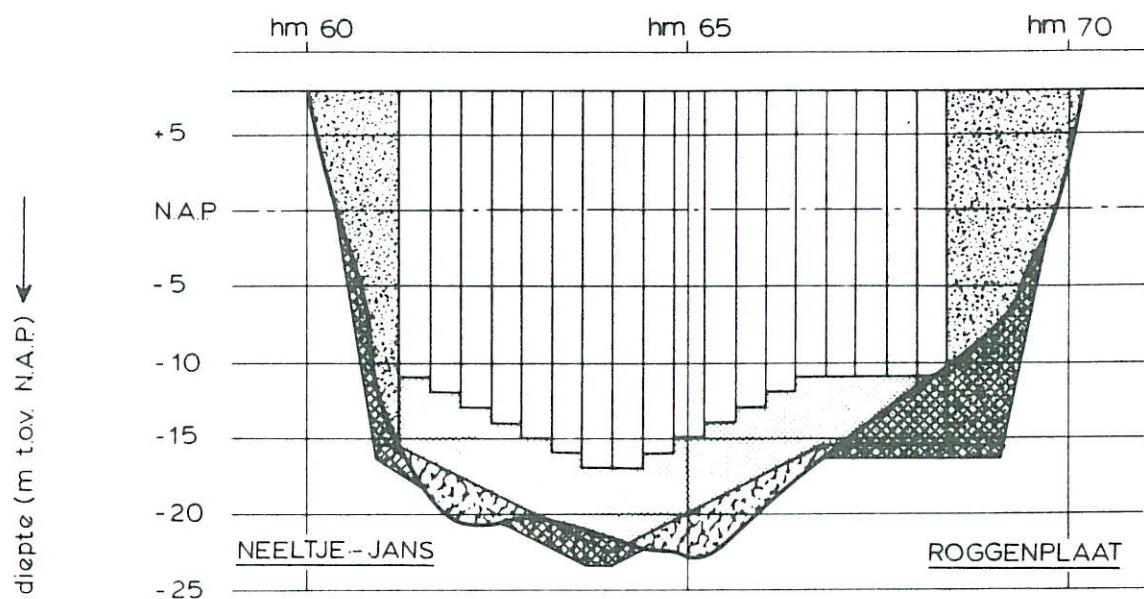
SCHAAL hor 1:10 000  
vert 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 21<sup>b</sup>





aangenomen ontgroning in voorgaande fasen: 0m

ontgroning volgens tijdschema:

- bouwfase 1
- - - bouwfase 2
- . - bouwfase 3
- - - bouwfase 4
- - - bouwfase 5

ontgroning driedimensionaal van karakter; lengte bodembescherming 750m, berekend

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINDIEPTEN

SCHAAR

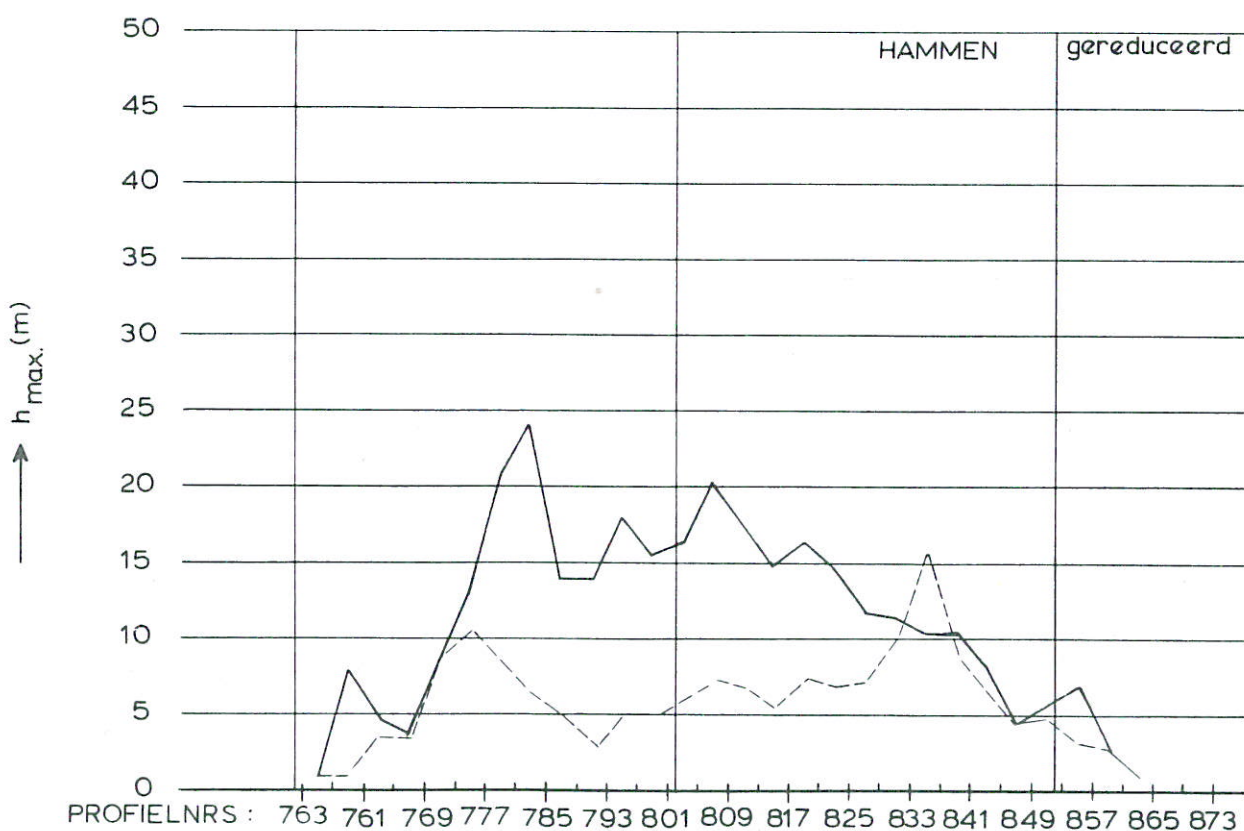
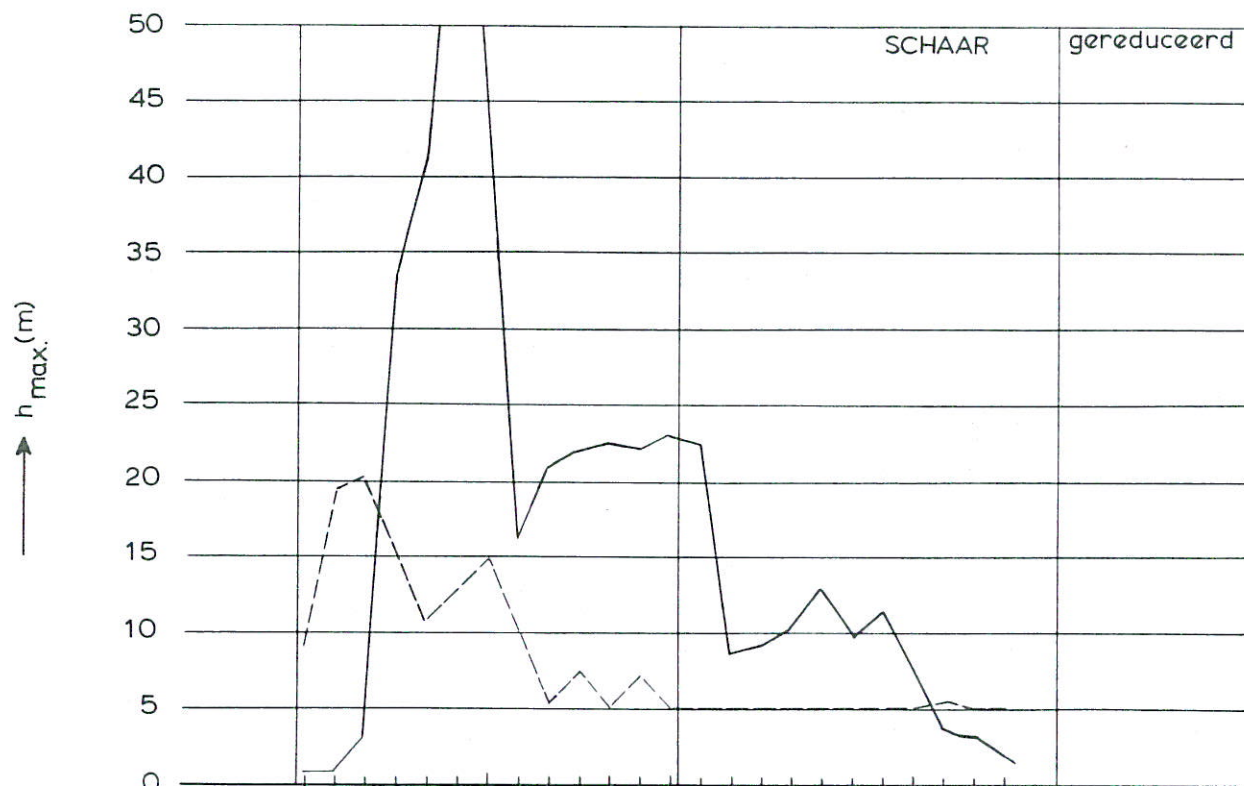
EB

SCHAAL hor 1:10000  
vert 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 22<sup>b</sup>



ontgrondingen na bouwfase 5 = 5/6 pijlers geplaatst

————— pijlerplaatsingen zuid-noord

----- pijlerplaatsingen noord-zuid

zie toelichting  
paragraaf 6

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINGSDIEPTEN

EB

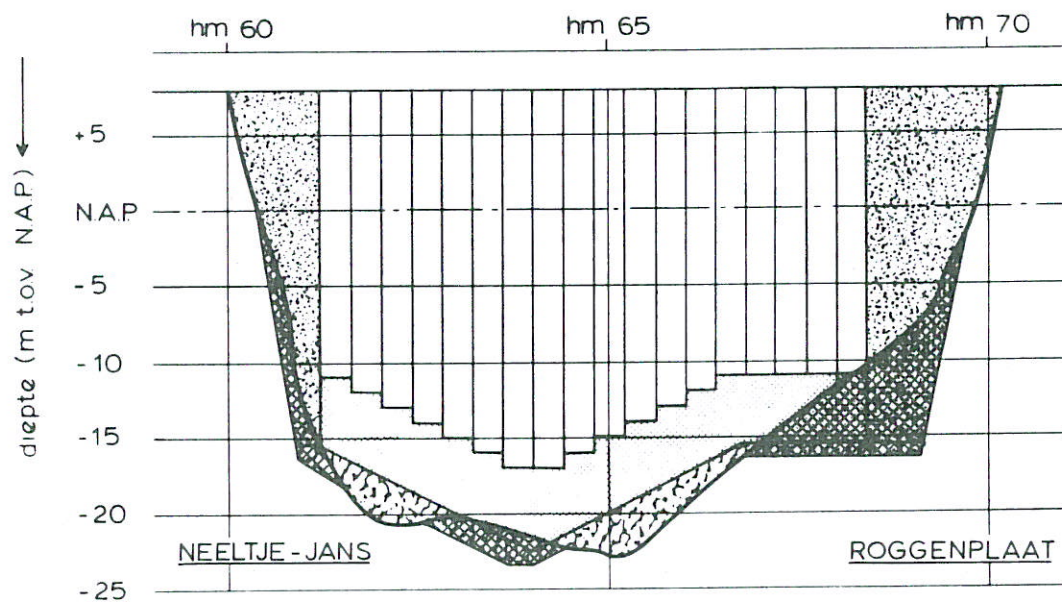
SCHAAL hor. 1:10.000  
vert. 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

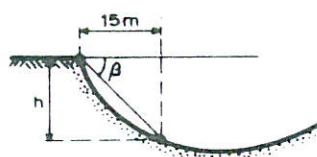
M 1001

FIG. 23<sup>b,c</sup>

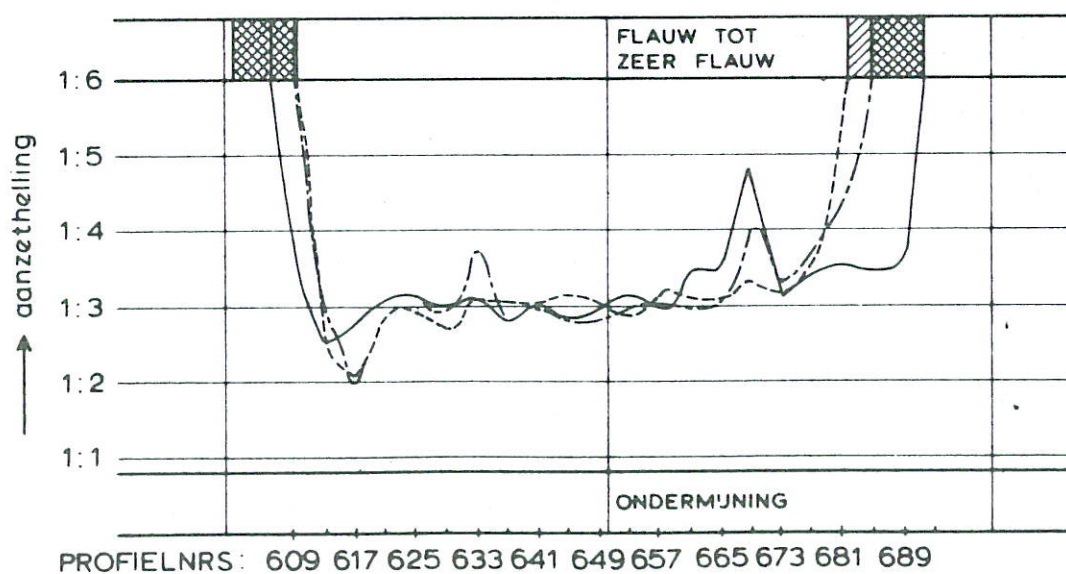




DEFINITIE :



$$\text{aanzethelling} = h/15$$



- bouwfase 1
- - - - - bouwfase 2
- . - . - bouwfase 4-5

TE VERWACHTEN AANZETHELLINGEN  
( BIJ BENADERING )

SCHAAR

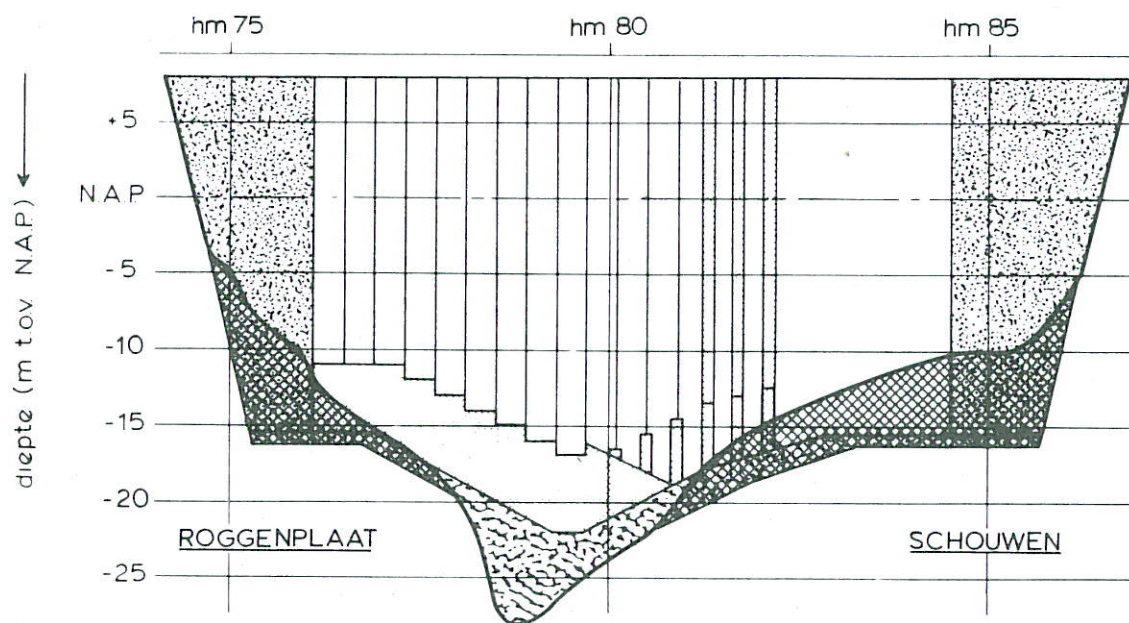
EB

SCHAAL hor. 1:10.000  
vert. 1:500

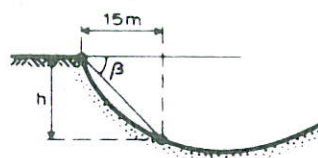
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

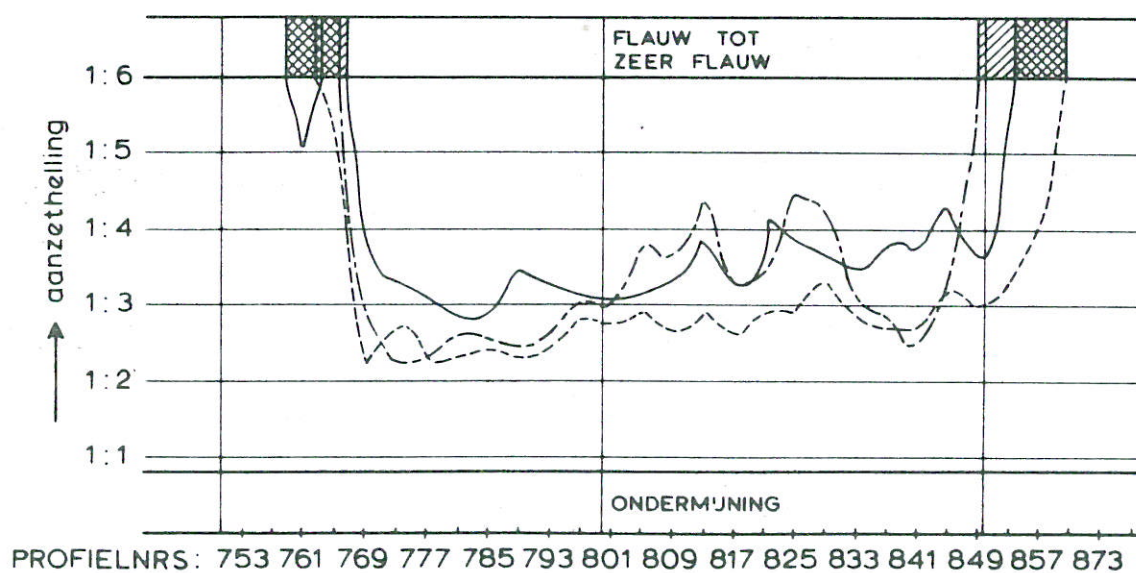
FIG.24<sup>b</sup>



DEFINITIE:



$$\text{aanzethelling} = h/15$$



- bouwfase 1
- - - bouwfase 4
- · - bouwfase 5

TE VERWACHTEN AANZETHELLINGEN  
( BIJ BENADERING )

HAMMEN

EB

SCHAAL hor. 1:10.000  
vert. 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

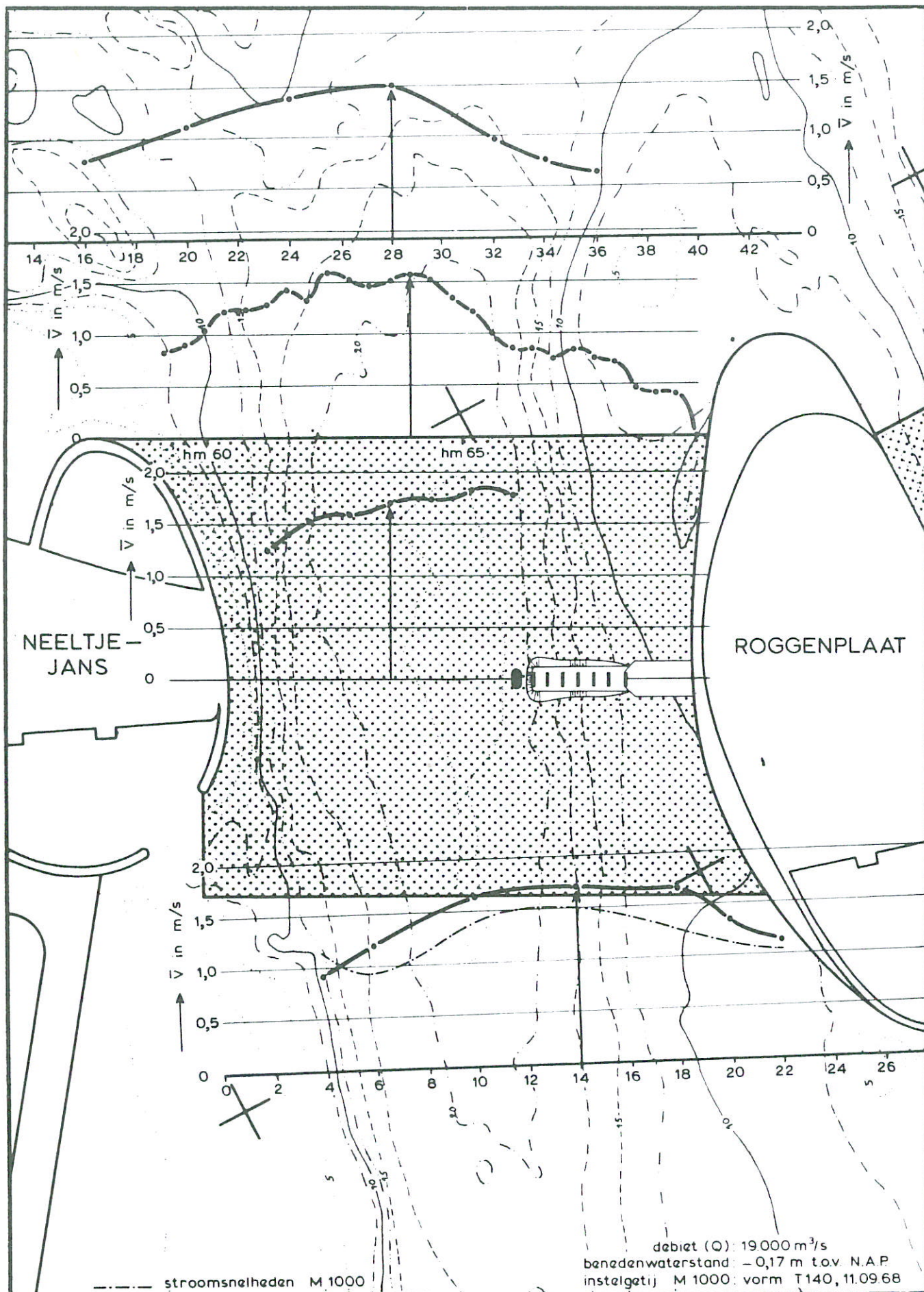
M 1001

FIG.24<sup>c</sup>



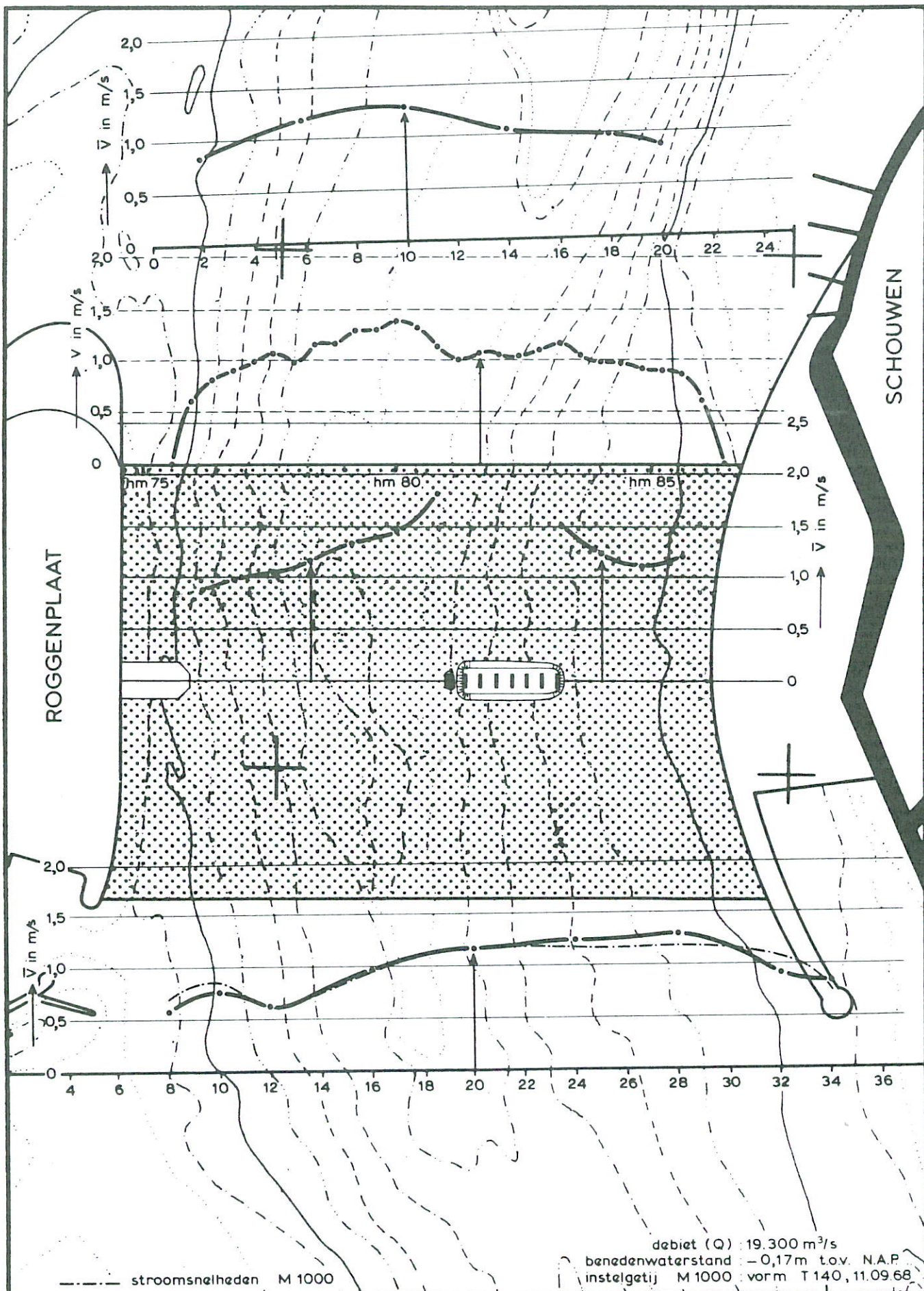
Bijlage: Resultaten onderzoek pijlerplaatsingen vanuit het noorden  
(zie ook verslag WL 8-50)





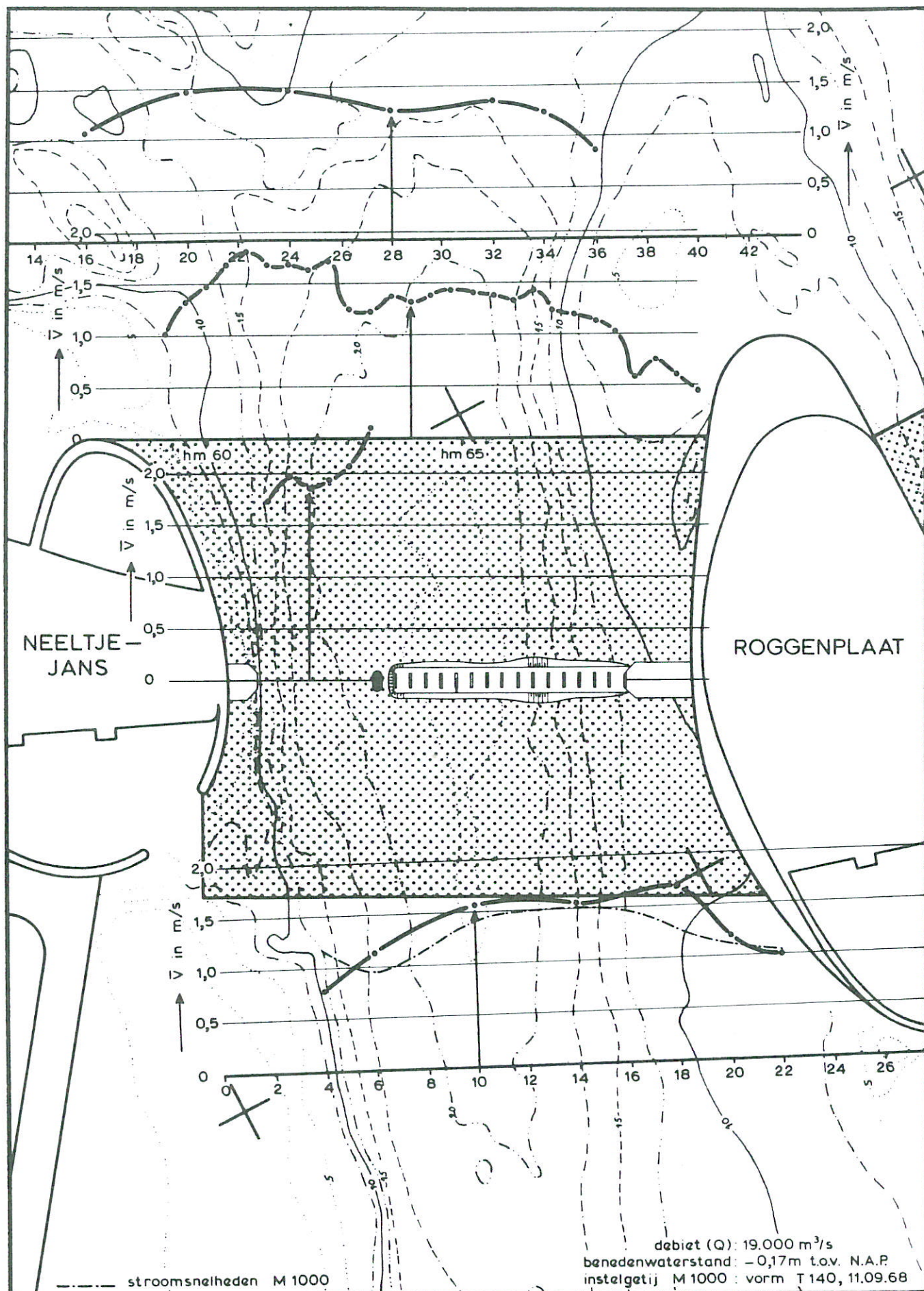
|                                                                          |                  |                     |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN<br>SITUATIE $\frac{1}{3}$ PULERS MET BOUWKUIP | SCHAAR           | EB                  |
|                                                                          | SCHAAL 1: 10.000 |                     |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM                                             | M 1001           | FIG. 1 <sup>b</sup> |





|                                                                |                  |                     |
|----------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN<br>SITUATIE 1/3 PULERS MET BOUWKUIP | HAMMEN           | EB                  |
|                                                                | SCHAAL 1: 10.000 |                     |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM                                   | M 1001           | FIG. 1 <sup>c</sup> |





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
SITUATIE  $\frac{2}{3}$  PULERS MET BOUWKUIP

SCHAAR

EB

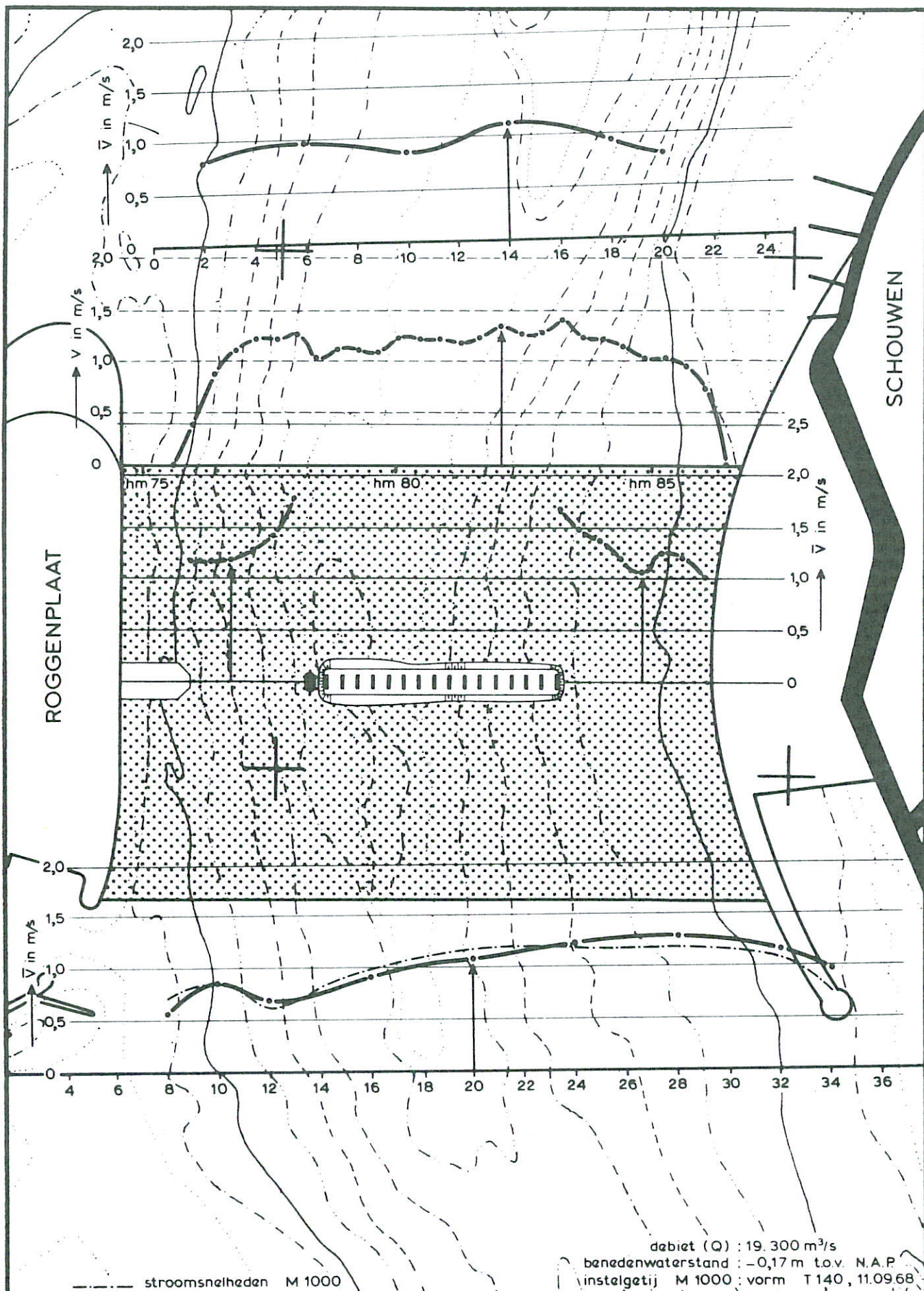
SCHAAL 1 : 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

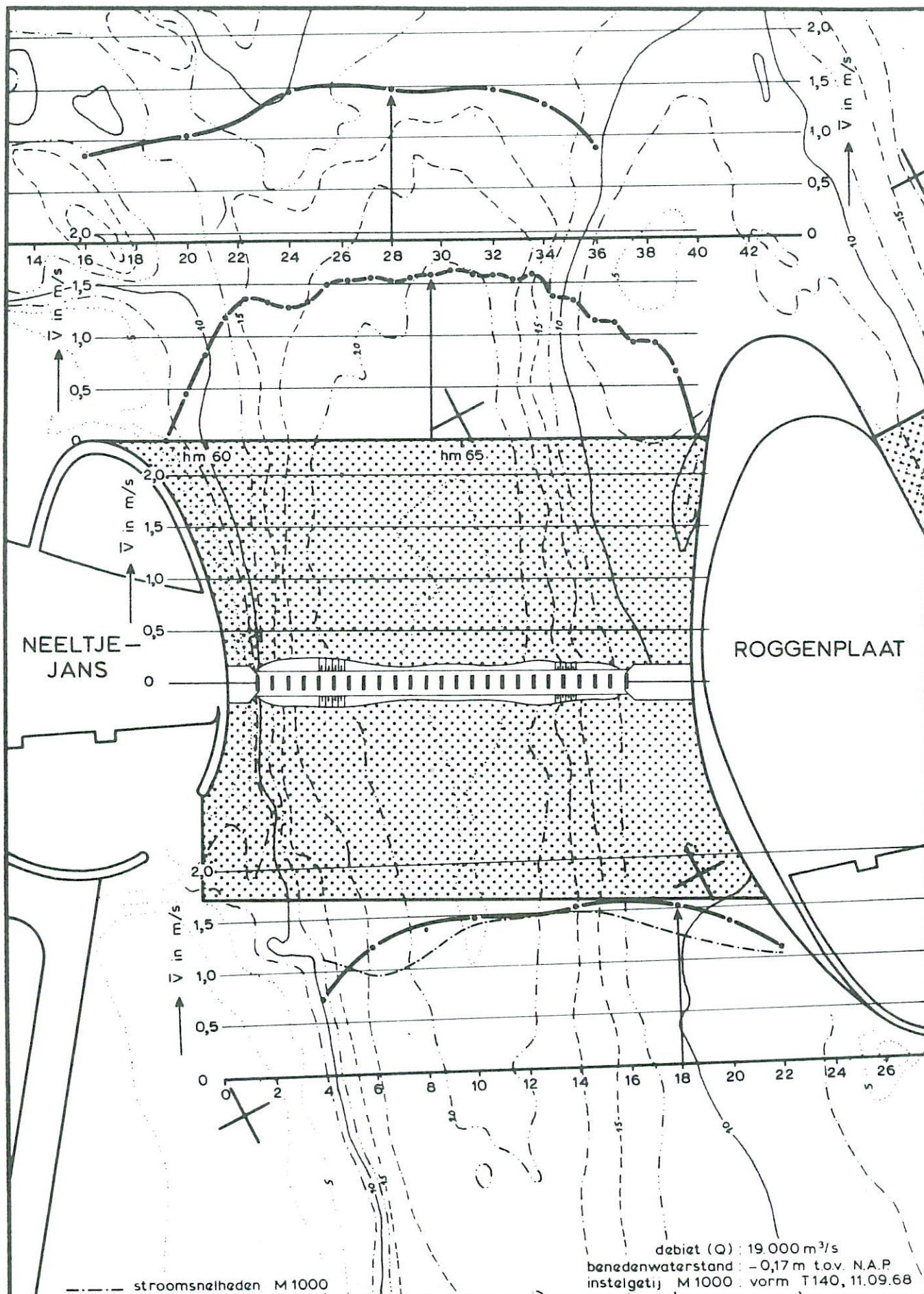
FIG. 2<sup>b</sup>





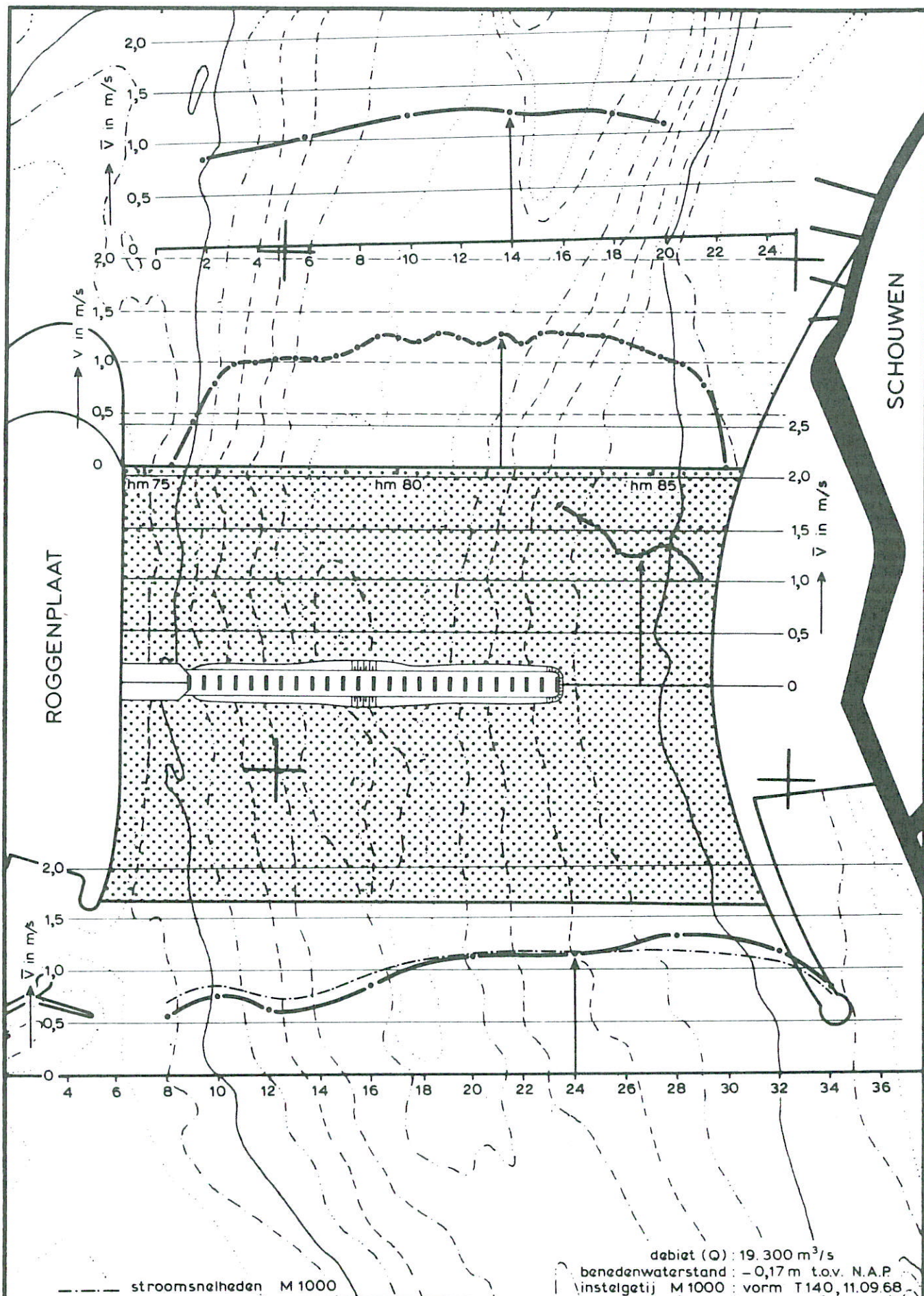
|                                                                           |                  |                     |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN<br>SITUATIE $\frac{2}{3}$ P'JLERS MET BOUWKUIP | HAMMEN           | EB                  |
|                                                                           | SCHAAL 1: 10.000 |                     |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM                                              | M 1001           | FIG. 2 <sup>c</sup> |





|                                                               |                  |                     |
|---------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN<br>SITUATIE ALLE P'JLERS GEPLAATST | SCHAAR           | EB                  |
|                                                               | SCHAAL 1: 10.000 |                     |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM                                  | M 1001           | FIG. 3 <sup>b</sup> |





STROOMSNELHEIDSVERDELINGEN  
 SITUATIE ALLE P'JLERS GEPLAATST

HAMMEN

EB

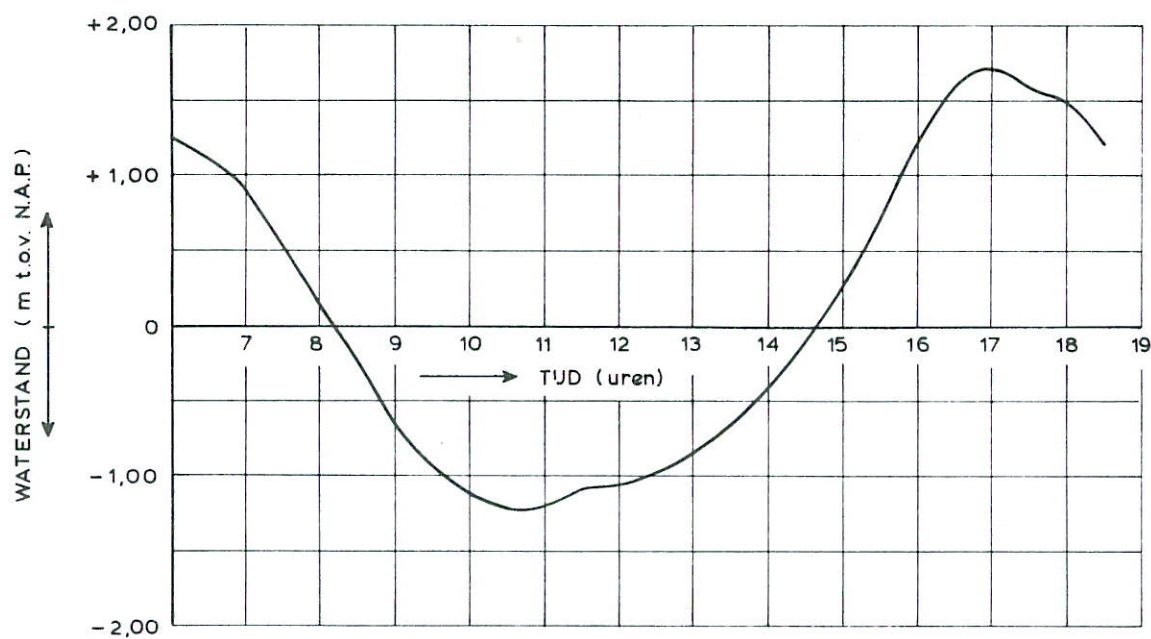
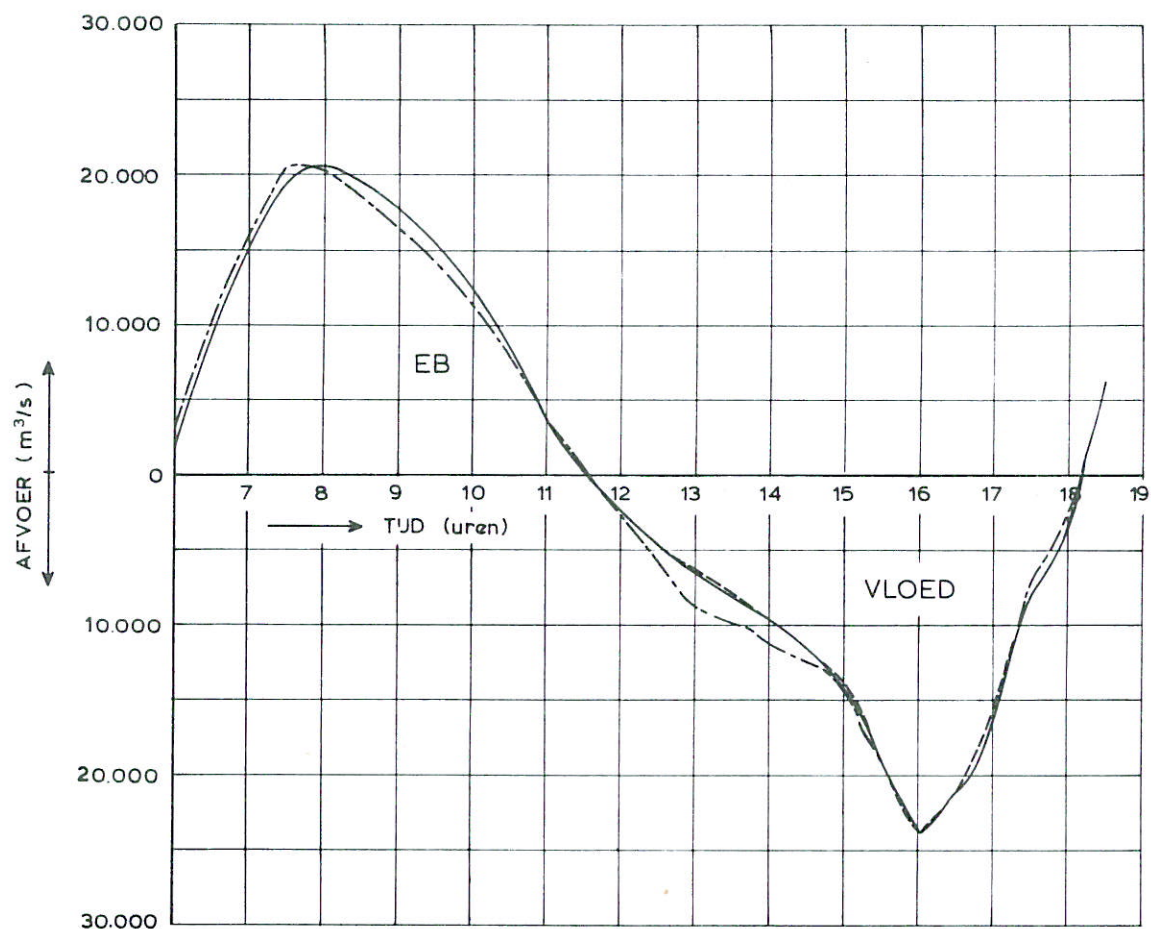
SCHAAL 1: 10.000

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 3<sup>C</sup>





- situatie 1/6 pijlers vorm getij: M1000 T112
- - - situatie 2/6 pijlers vorm getij: M1000 T112
- . - . situatie 3/6 pijlers vorm getij: M1000 T180

tijdens pijlerplaatsingen in de Hammen

DEBIETEN EN WATERSTANDEN

HAMMEN

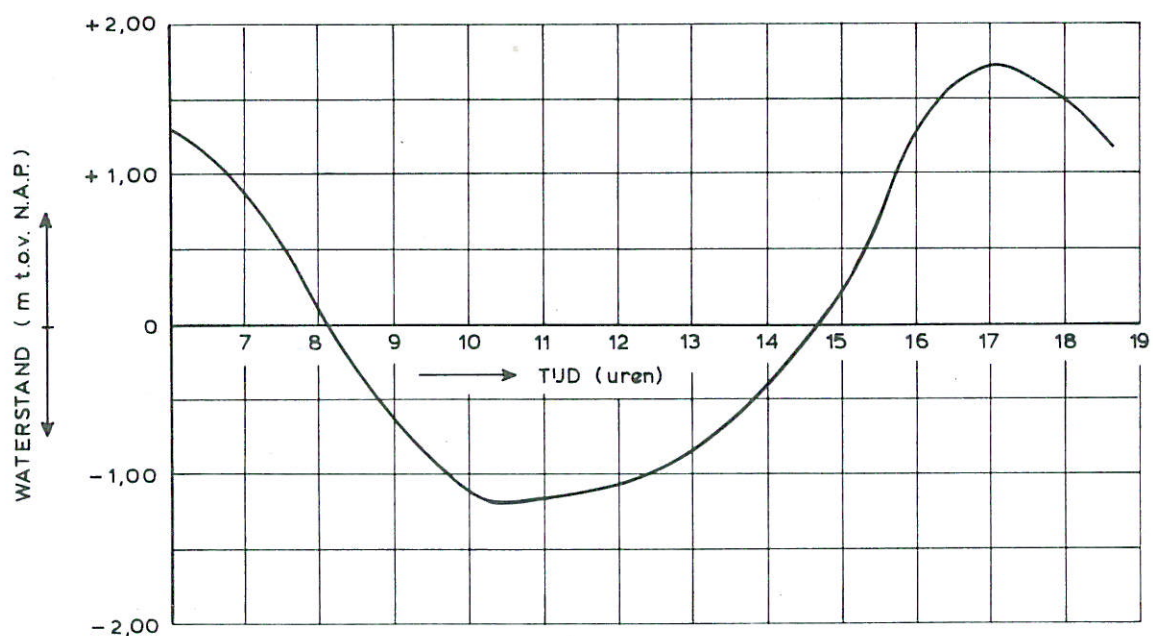
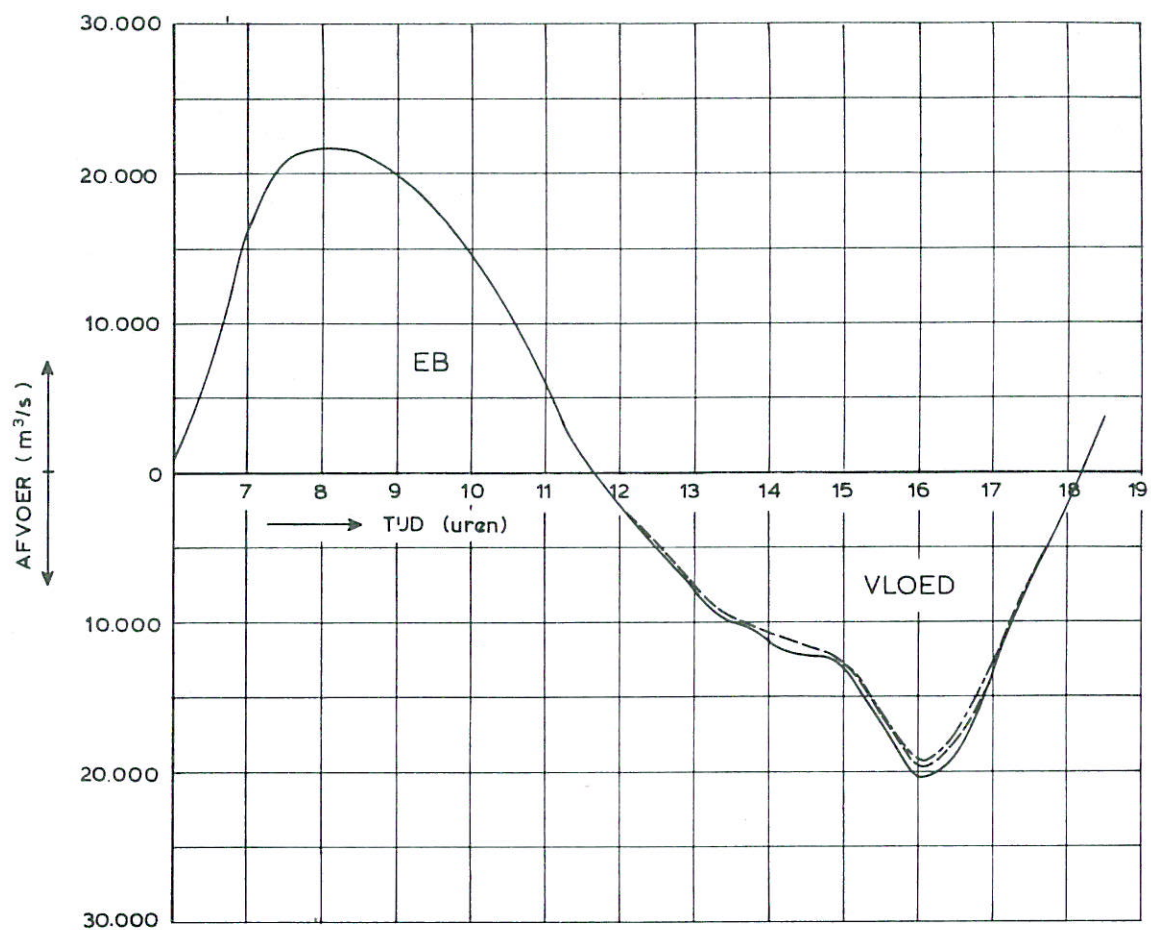
GEEN PIJLERS IN SCHAAR

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.4<sup>c</sup>





————— situatie 4/6 pijlers vorm getij: M1000 T180  
 - - - - - situatie 5/6 pijlers vorm getij: M1000 T180  
 - · - · - situatie 6/6 pijlers vorm getij: M1000 T180

tijdens pijlerplaatsingen in de Schaar

DEBIETEN EN WATERSTANDEN

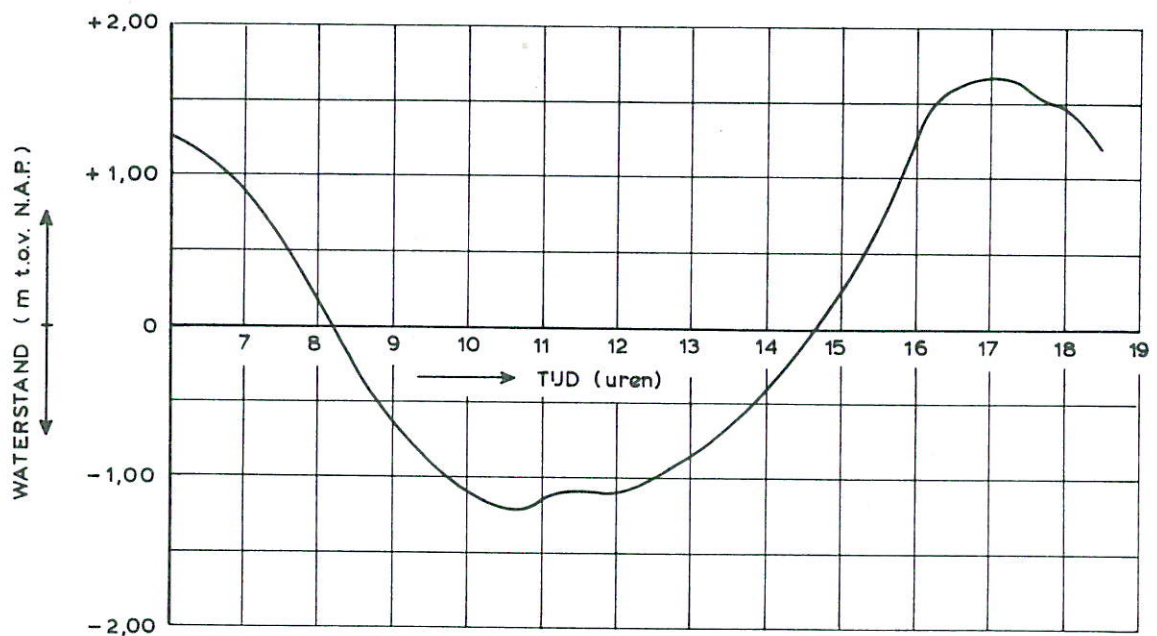
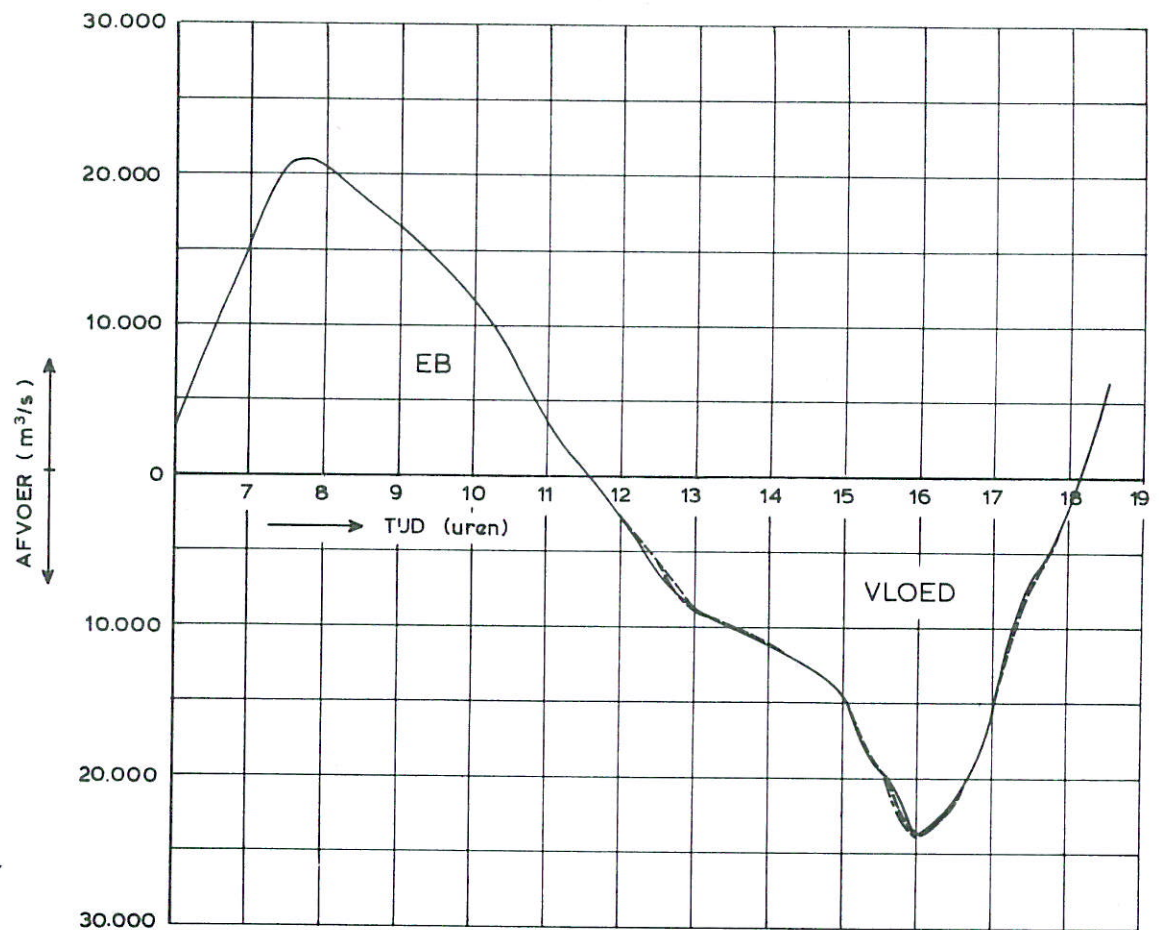
SCHAAR

ALLE PIJLERS IN HAMMEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.5<sup>b</sup>



- situatie 4/6 pijlers vorm getij: M1000 T180  
 - - - situatie 5/6 pijlers vorm getij: M1000 T180  
 - . . . situatie 6/6 pijlers vorm getij: M1000 T180

tijdens pijlerplaatsingen in de Schaar

DEBIETEN EN WATERSTANDEN

HAMMEN

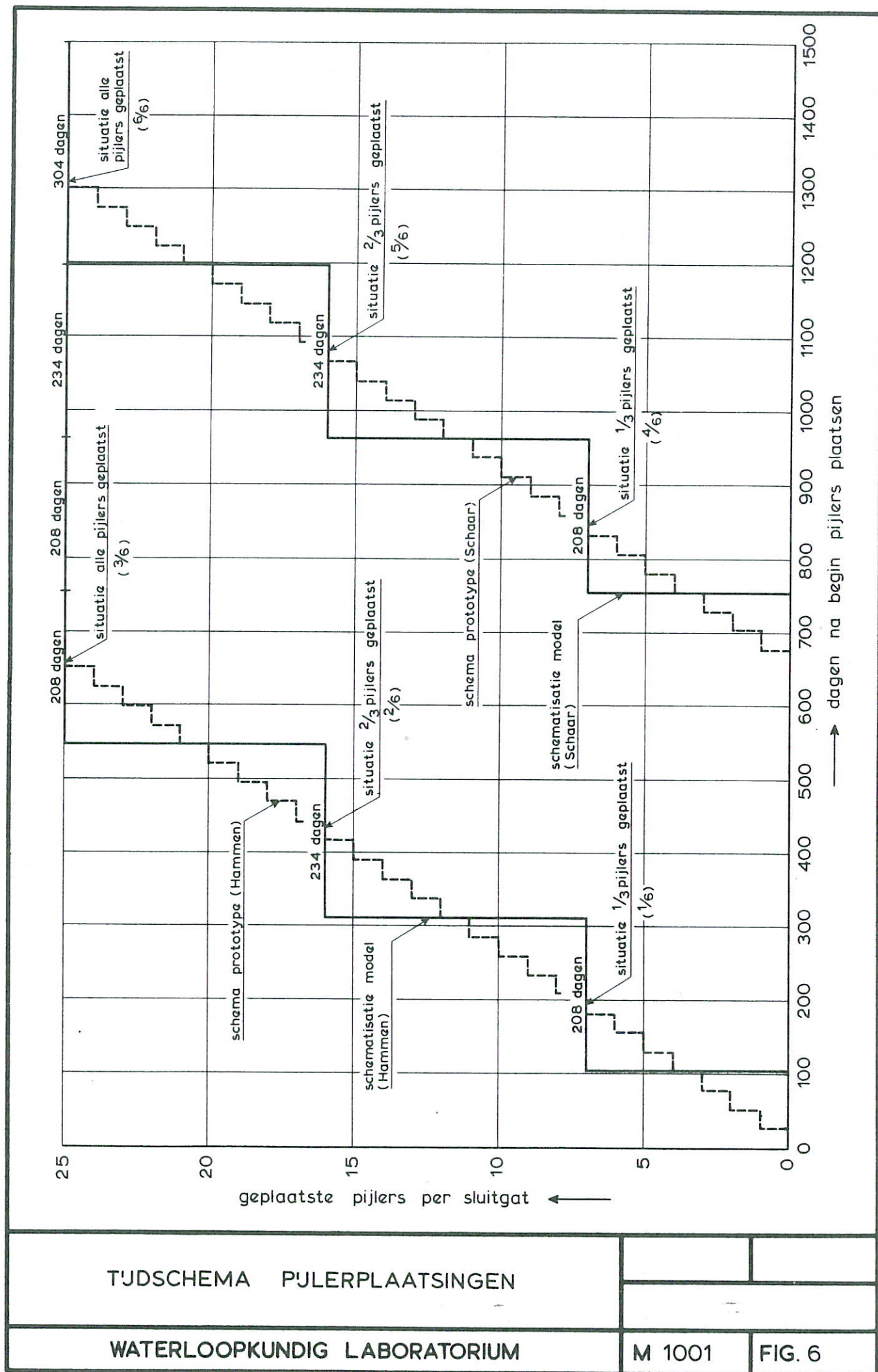
ALLE PULERS IN HAMMEN

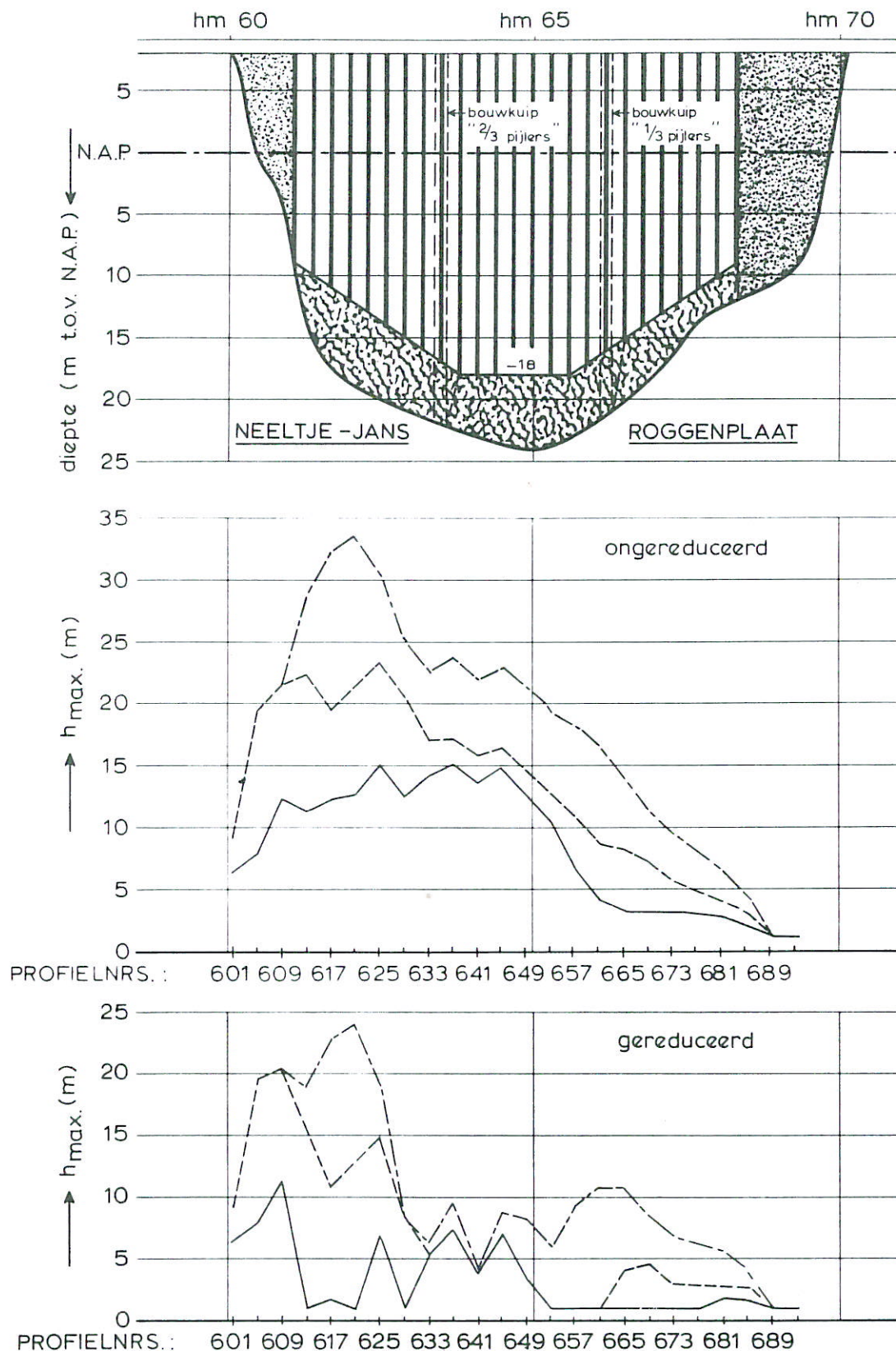
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.5<sup>c</sup>







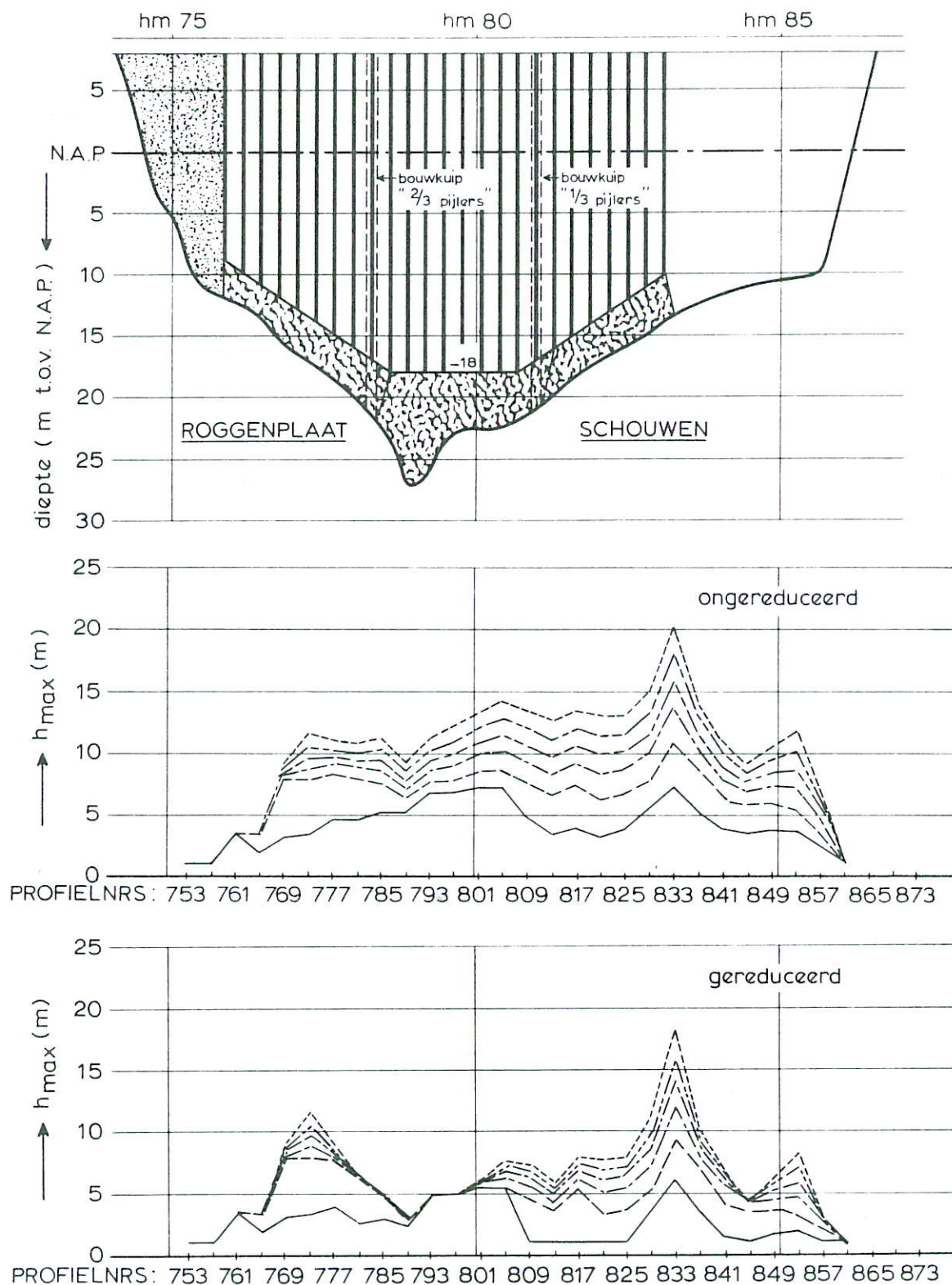
aangenomen ontgronding in voorgaande fasen: 0 m

ontgrondingen volgens tijdschema: ———— situatie 1/3 pijlers met bouwkuip  
 - - - - - situatie 2/3 pijlers met bouwkuip  
 - . - . - . situatie alle pijlers geplaatst

alle pijlers in de Hammen

|                                               |        |                              |
|-----------------------------------------------|--------|------------------------------|
| TE VERWACHTEN MAXIMALE<br>ONTGRONDINGSDIEPTEN | SCHAAR | EB                           |
|                                               | SCHAAL | hor. 1:10.000<br>vert. 1:500 |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM                  | M 1001 | FIG. 7 <sup>b</sup>          |





aangenomen ontgraving in voorgaande fasen: 0 m

ontgraving volgens tijdschema:

————— situatie 1/3 pijlers met bouwkuip  
 - - - - - situatie 2/3 pijlers met bouwkuip  
 - - - - - situatie alle pijlers met bouwkuip  
 ————— situatie 1/3 pijlers met bouwkuip  
 - - - - - situatie 2/3 pijlers met bouwkuip  
 - - - - - situatie alle pijlers met bouwkuip

pijlerplaatsingen in de Schaar, {  
 alle pijlers in de Hammen

TE VERWACHTEN MAXIMALE  
ONTGRONDINGSDIEPTEN

HAMMEN

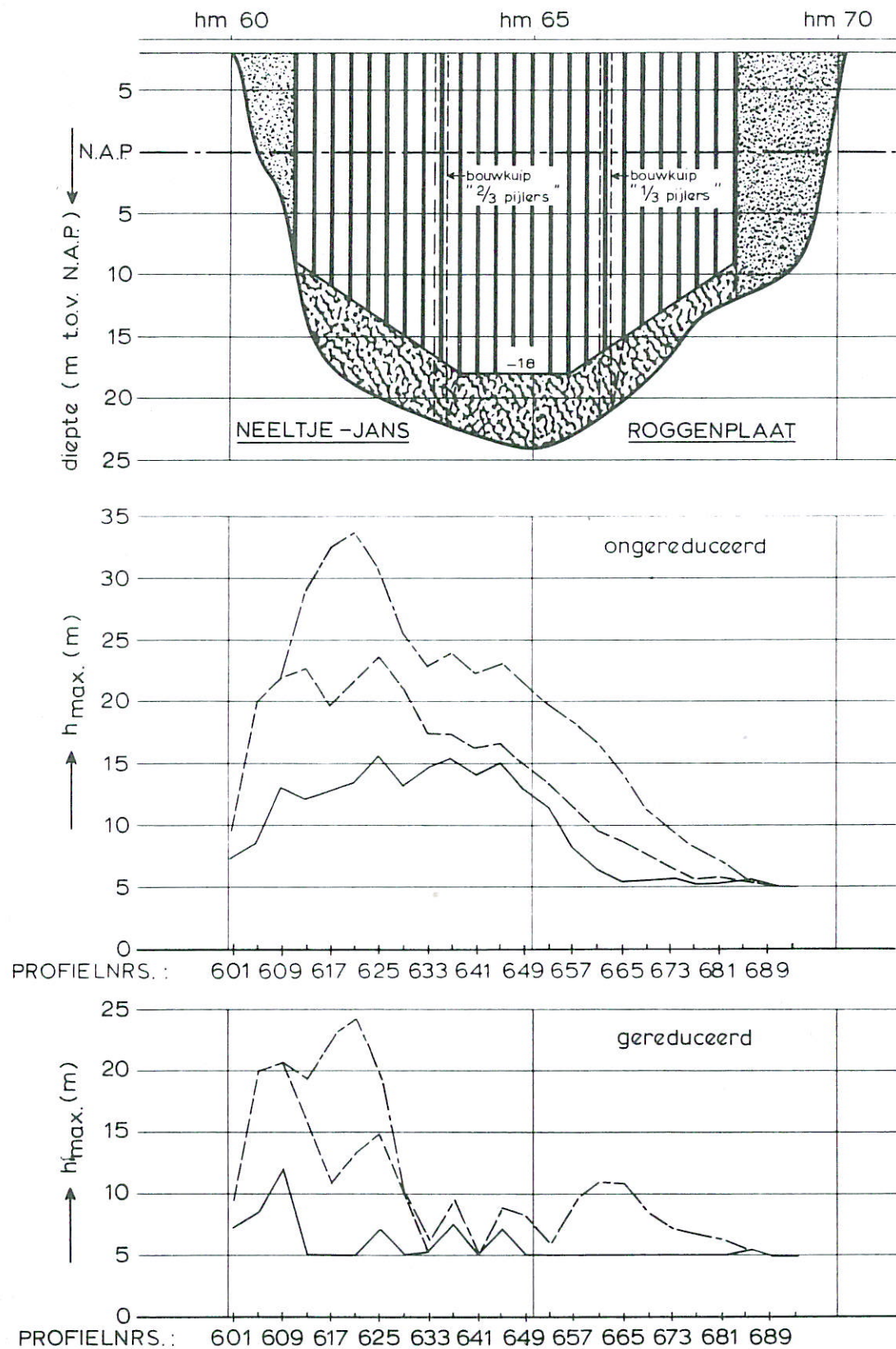
EB

SCHAAL hor. 1:10.000  
vert. 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG. 7<sup>c</sup>



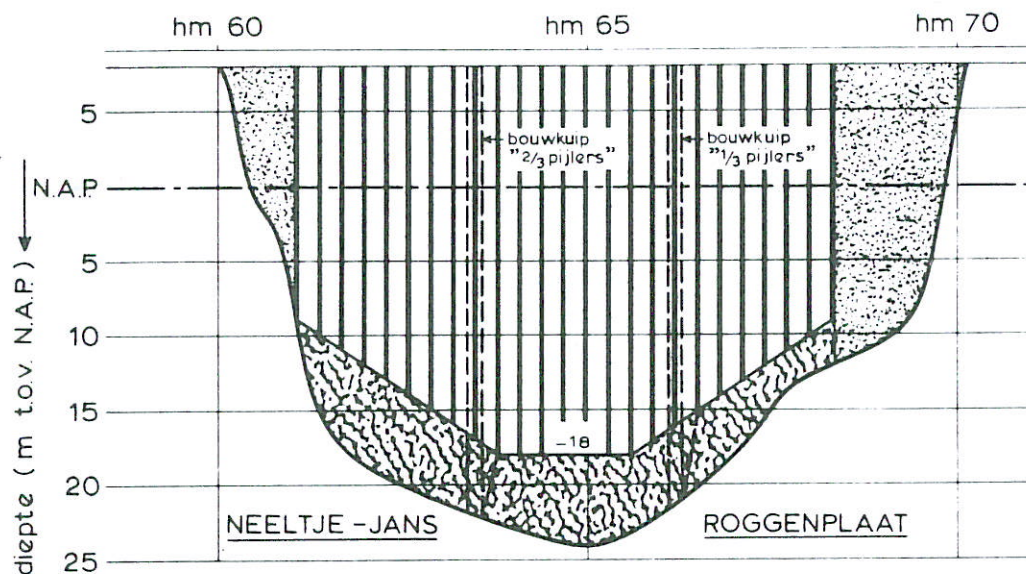
aangenomen ontgronding in voorgaande fasen : 5 m

ontgrondingen volgens tijdschema : ———— situatie 1/3 pijlers met bouwkuip  
 - - - - - situatie 2/3 pijlers met bouwkuip  
 . . . . . situatie alle pijlers geplaatst

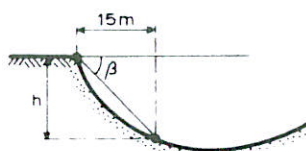
alle pijlen in de Hammen

|                                               |        |                              |
|-----------------------------------------------|--------|------------------------------|
| TE VERWACHTEN MAXIMALE<br>ONTGRONDINGSDIEPTEN | SCHAAR | EB                           |
|                                               | SCHAAL | hor. 1:10.000<br>vert. 1:500 |
| WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM                  | M 1001 | FIG.8 <sup>b</sup>           |

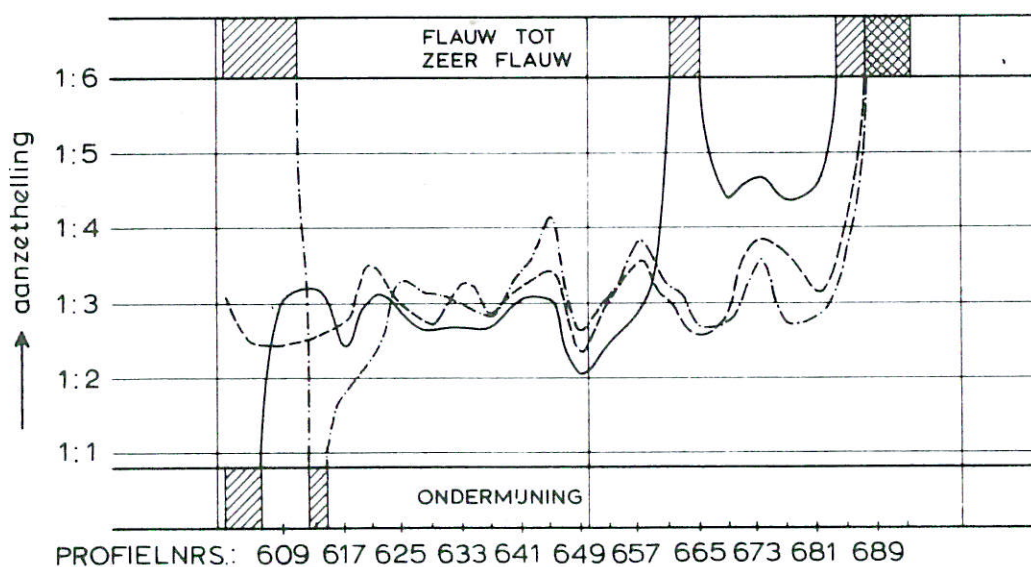




DEFINITIE:



$$\text{aanzethelling} = h/15$$



- situatie 1/3 pijlers met bouwkuip
- - - situatie 2/3 pijlers met bouwkuip
- ... situatie alle pijlers geplaatst

TE VERWACHTEN AANZETHELLINGEN  
( BIJ BENADERING )

SCHAAR

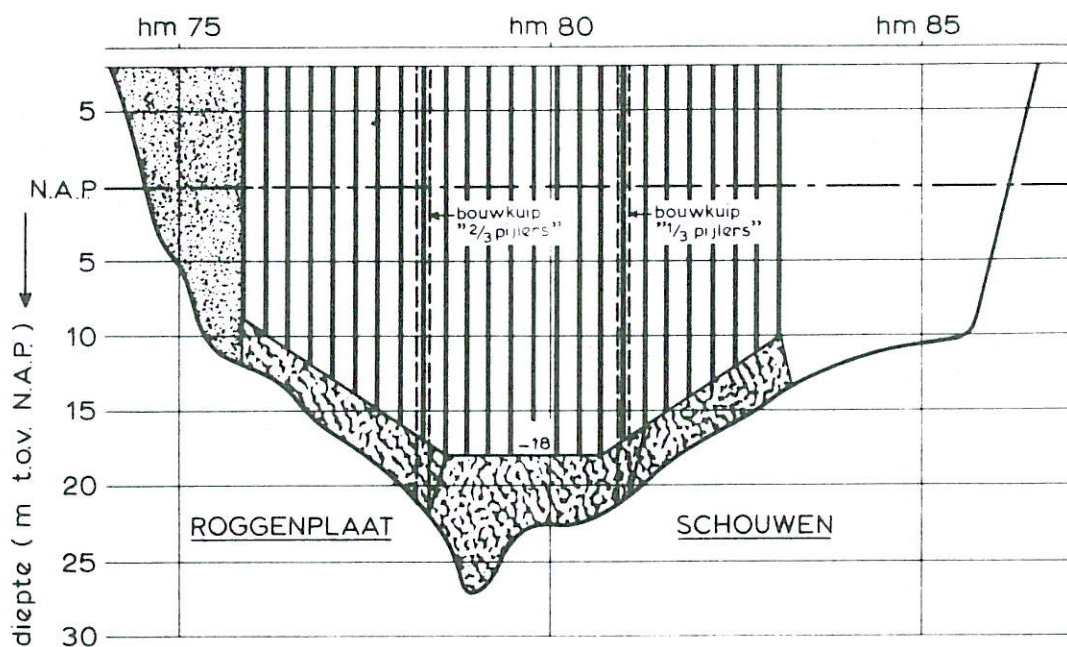
EB

SCHAAL hor. 1:10.000  
vert. 1:500

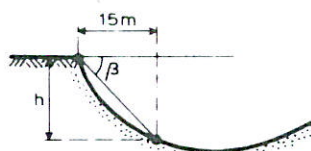
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

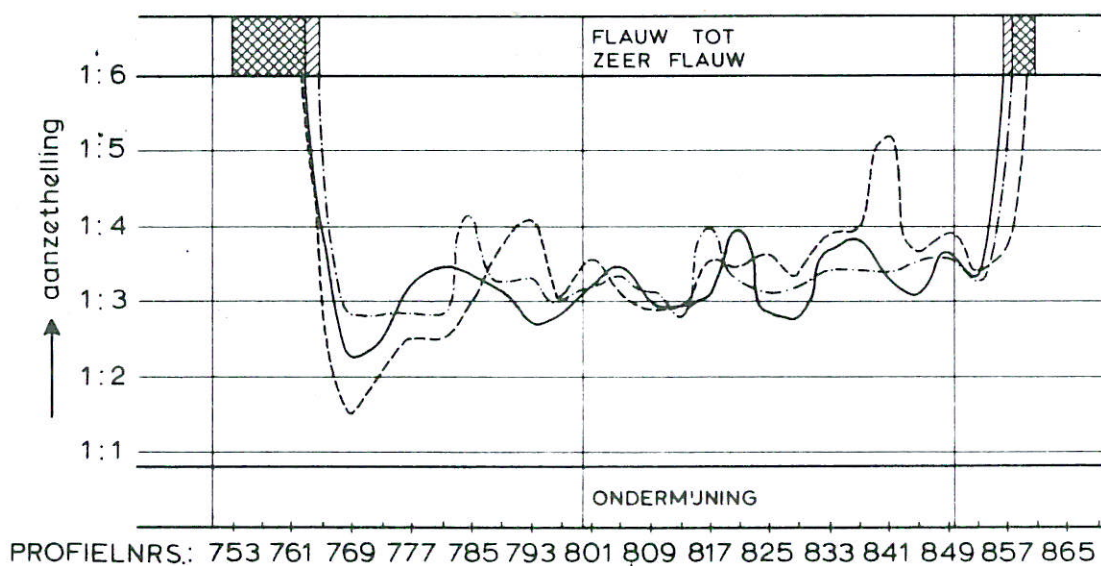
FIG. 9<sup>b</sup>



DEFINITIE:



$$\text{aanzethelling} = h/15$$



- situatie 1/3 pijlers met bouwput
- - - situatie 2/3 pijlers met bouwput
- . - situatie alle pijlers geplaatst

TE VERWACHTEN AANZETHELLINGEN  
( B J BENADERING )

HAMMEN

EB

SCHAAL<sup>hor.</sup> 1:10.000  
<sup>vert.</sup> 1:500

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M 1001

FIG.9<sup>c</sup>



