



***OVERSTROOMBARE
DIJKEN***

MODELPROEVEN - 3

1979

MOD. 395-3

OVERSTROOMBARE DIJKEN.

Modelproeven - 3e Rapport.

Model 395-3

INHOUDSOPGAVE.

	<u>bladz.</u>
1. Inleiding.	1
2. Modelproeven.	2
2.1. Beschrijving van het model.	2
2.2. Omrekening naar andere modelschalen.	4
2.3. De wiskundige benadering.	5
2.3.1. Bepaling van de kritische diepte.	5
2.3.2. Bepaling van de evenwichtsdiepte.	5
2.3.3. Berekende verhanglijnen.	6
3. De uitgevoerde proeven.	7
3.1. Onderzoek naar de verhanglijnen en de water- snelheden op de kruin en op het talud.	7
3.2. De stabilisatie van de watersprong.	12
3.3. De watersnelheid achter de watersprong.	12
4. De snelheidsverdeling over de verticaal.	14
4.1. Metingen.	14
4.2. De overeenkomst van de opgemeten snelheids- verticalen met de theorie van Prandtl-Von Karman.	17
5. Besluiten.	22

LIJST DER SYMBOLEN.

- De symbolen worden gewoonlijk verklaard op de plaats waar zij aangewend worden.
- Zie in het bijzonder § 4.2.
- Verder is :

e_w	: gemiddelde grootte van de wandoneffenheden.	(m)
g	: valversnelling $g = 9,81 \text{ m/s}^2$	
h	: waterdiepte	(m)
h_{cr}	: kritische diepte	(m)
h_n	: evenwichtsdiepte	(m)
n	: Manning-ruwheidscoëfficiënt	
q	: debiet per eenheidsbreedte	$\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}}\right)$
q_0	: q gemeten met meetbak	$\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}}\right)$
v_e	: watersnelheid bij eenparige beweging	(m/s)
R	: hydraulische straal. In natuur is $R = h$ en in model $R = \frac{Bh}{B+2h}$ genomen, waarbij B de bodembreedte in model van de rechthoekige sectie	
δ	: dikte van de laminaire grenslaag	(m)
δ_w	: soortelijk gewicht van water	(t/m^3)
\bar{x}	: rekenkundig gemiddelde van x	
ϑ	: hoek met de horizontaal (beloop = $\cotg \vartheta$)	
$/\text{m}^1$: strekkende meter	
$[L]$: de modelschaal is L	

1. INLEIDING.

In het kader van de beheersing van de stormtijden in het Zeescheldebekken werd ondermeer de inrichting van overstromingsgebieden vooropgesteld. Deze overstromingsgebieden worden gevuld langs een overloopdijk.

Over het probleem van de overloopdijk werd reeds Rapport Mod. 395-1 "Overstroombare dijken - proeven op model Lesse" en Rapport Mod. 395-2 "Overstroombare dijken - Kruinkleppen I - II - III" gepubliceerd. Dit huidige rapport is een gedeeltelijke herneming en voortzetting van rapport Mod. 395-1, in die zin, dat de theoretische extrapolaties die uitgevoerd werden voor kleine debieten in bovenvernoemd rapport, kunnen getoetst worden aan de resultaten van de modelproeven met grotere debieten die in het nieuw gebouwde model uitgevoerd werden.

De proeven beschreven in dit rapport werden uitgevoerd op een nieuw gebouwd schaalmodel zoals beschreven onder Appendix A van rapport Mod. 395-1. Het doel van de bouw van het model was proeven uit te voeren over het debiet in functie van de waterstand in de Schelde, over de snelheden op het binnenbeloop van het talud en over de verschijnselen in de polder (stabilisatie van de watersprong), waarbij in eerste instantie werd uitgegaan van een gladde bodem.

Als typeprofiel van overloopdijk is in het model het basisontwerp bestudeerd, gebouwd volgens plan AL 542 van de Dienst der Zeeschelde (doc. 6) * . Hierbij werd alleen het landwaartse gedeelte van de overloopdijk in model gebracht (bijlage 1).

Dit rapport bevat berekeningen en modelproefresultaten (uitgevoerd van januari tot maart 1979) betreffende de verhanglijnen en de watersnelheden op het binnentalud van een overloopdijk, alsook betreffende de stabilisatie van de watersprong aan de voet van de dijk.

* (doc. 6) verwijst naar het classificatienummer in het dossier van Mod. 395.

2. MODELPROEVEN.

In dit rapport zullen verschillende modellen behandeld en/of vermeld worden : deze worden gedefinieerd als volgt :

maquette 1 : het model uit rapport Mod. 395-1.

maquette 2 : het model uit rapport Mod. 395-2.

maquette 3 : het huidige model (Mod. 395-3) op schaal 1/1 zonder dat aan de teen van de dijk een afvoergracht voorzien is (bijlage 1). Dit model kan steeds geïnterpreteerd worden als zijnde een model op schaal 1/3. Hierbij gelden dan evenwel afwijkingen die nader zullen besproken worden in § 2.2.

maquette 3bis : ombouw van maquette 3 (Mod. 395-3) op schaal 1/3 met afvoergracht aan de teen van de overloepdijk. Hierbij gelden de afwijkingen die zullen besproken worden in § 2.2.

De resultaten worden in eenheden natuur gegeven, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld.

2.1. Beschrijving van het model.

De regeling van de voeding van het model (maquettes 3 en 3bis) bestaat uit een combinatie van 2 meetbakken met overlaat en een elektromagnetische debietmeter. Hierbij wordt meetbak I gebruikt voor de debieten van 0 tot $0,200 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ (modeleenheden); meetbak I + meetbak II voor debieten van $0,200$ tot $0,400 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ (modeleenheden) en de 3 systemen samen worden gebruikt om een debiet te leveren van $0,400 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ tot het maximale $0,533 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ (modeleenheden). (bijlage 1).

Na door woelkamers geleid te zijn, stroomt het water langs geleidingen tot op de kruin van de dijk, waar het eigenlijke model, waarop de proeven gebeurd zijn, begint.

De metingen van de waterstand worden uitgevoerd met meetnaalden in de punten B, C, D, E, F en G (bijlage 1 voor maquette 3 en bijlage 8 voor maquette 3bis). Voor maquette 3bis werd tevens gemeten in de punten K, M, O en Q (bijlage 8). Deze meetnaalden staan loodrecht op de bodem.

De snelheidsmetingen gebeurden op het talud met een Pitotbuis. De aflezing geschiedde door middel van een differentiaal manometer, gevuld met kwik.

Voor het model maquette 3 (bijlage 1) werd een lengte voor de helling opgemeten van 11,13 m van de kruin van de dijk tot de teen van de dijk.

Voor het model maquette 3bis (bijlage 8) dat op schaal 1/3 gebouwd is, werd door het inbrengen van de verhoging voor de afvoergracht de helling in het model ingekort, maar door de overgang van maquette 3 naar maquette 3bis is tevens de schaal veranderd van 1/1 naar 1/3, waaruit resulteert dat de helling in maquette 3bis 27,21 m (natuureenheden) geworden is, d.w.z. 16,08 m langer in vergelijking met de helling volgens maquette 3. De gevolgen van deze verlenging worden besproken in § 3.2.

Door de onvolmaaktheid van de instroming en door de onvolmaaktheid van de wanden, ontstaat boven op de kruin van de dijk een golfvorm. Top en dal van deze golf variëren naargelang het debiet en zijn niet eenvormig vast te leggen. De maximale afwijking van deze golftoppen of -dalen bedraagt 5% van de waterhoogte ten overstaan van de gemiddelde waterhoogte boven op de kruin. Naarmate men dichter de knik nadert tussen de kruin en de taludhelling verdwijnt de golfvorming. Deze golfvorming is echter niet van die aard dat grote verschillen zullen opgemeten worden, noch dat de proeven op een bepaalde manier zouden beïnvloed worden.

Ter hoogte van de punten K, M, O en Q waren voor de maquette 3bis (bijlage 8) tevens drukpunten in het model aanwezig om de waterstand te bepalen.

Om de reproduceerbaarheid van het model te bepalen, werden twee proeven, los van elkaar herdaan. Dit betrof de metingen van de waterhoogte op de kruin en op het talud van de overloofdijk in de punten B, C,

D, E, F en G. Voor de proef met $0,100 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ werd een maximale afwijking van 3% op de waarde opgemeten (modeleenheden) met een gemiddelde (niet wetmatige) afwijking van 0,6 mm (modeleenheden).

Voor de proef met $0,300 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ (modeleenheden) werd een maximale afwijking van 1% op de waarde opgemeten met een gemiddelde afwijking (niet wetmatig) van 0,7 mm (modeleenheden). Deze waarden kunnen als gunstig ervaren worden wat betreft de reproduceerbaarheid en aldus kan het model betrouwbaar genoemd worden.

2.2. Omrekening naar andere modelschalen.

Voor de proeven uitgevoerd op de maquette 3 op schaal 1/1 zijn de proefresultaten dezelfde, of zij uitgedrukt worden in model- of natuureenheden.

Voor de proeven uitgevoerd op de maquette 3bis, die omwille van de beschikbare plaatsruimte op schaal 1/3 gebouwd werd, gelden de volgende schaalfactoren :

- lengten, hoogten $1/3$: 0,333
- snelheden $\sqrt{1/3}$: 0,58
- debieten $(1/3)^{2,5}$: 0,064
- debiet/ m^1 $(1/3)^{1,5}$: 0,19

De in model op schaal 1/3 gemeten waarden moeten door deze schaalfactoren gedeeld worden om de waarden van het prototype te bekomen.

Daarenboven is het mogelijk (zoals ook in het rapport Mod. 395-1 beschreven in § 4.4.2.) de proefresultaten naar andere schalen om te werken. Men kan b.v. de resultaten van de maquette 3, die eigenlijk gebouwd is op schaal 1/1, omrekenen alsof dat de schaal van de maquette 1/3 zou geweest zijn. De resultaten moeten dan overeenstemmen met deze bekomen op de maquette 3bis op schaal 1/3.

Bij deze omrekening moet er rekening mede gehouden worden dat de ruwheid niet aangepast werd. Met de formule van Manning-Strickler $v = R^{2/3} i^{1/2}/n$ wordt dit :

$\frac{n_{\text{maquette}}}{n_{\text{prototype}}} = \left(\frac{1}{L}\right)^{1/6}$. Met $L = 3$ wordt dat 0,8327 (zie ook Mod. 395-1

p. 19 waar de γ van Bazin gebruikt wordt).

Voor het model op schaal 1/3 zou dus de ruwheid n^t slechts 83% van de ruwheid n van het model 1/1 mogen bedragen.

De grootte van deze aanpassing is echter niet van die aard dat grote afwijkingen in de proefresultaten te verwachten zijn.

2.3. De wiskundige benadering.

2.3.1. Bepaling van de kritische diepte h_{cr} .

De uitdrukking van de kritische diepte is

$$h_{cr} = \frac{v_{cr}^2}{g}$$

In deze formule is :

v_{cr} : de snelheid in m/s.

g : de zwaartekrachtversnelling.

h_{cr} : de kritische diepte.

Deze kritische diepte is het vertrekpunt van de wiskundige berekening.

De kritische diepte in functie van het debiet is uitgezet op bijlagen 2 en 3.

2.3.2. De bepaling van de evenwichtsdiepte.

De evenwichtsdiepte h_n wordt berekend door oplossing van de formule van Manning

$$v_e = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} = \frac{Q}{\Omega}$$

waarin :

v_e : de snelheid bij eenparige beweging.

n : de coëfficiënt van Manning (hier $n = 0,01$ zie § 3.1.).

R : de hydraulische straal = Ω / X .

Ω : de natte oppervlakte = $B \times h$.

- X : de natte omtrek = $B + 2h$.
B : de breedte = 1 m.
h : de waterhoogte : loodrecht gemeten op de bodem.
I : de bodemhelling.
Q : het debiet.

Door iteratieve oplossing is het mogelijk de evenwichtsdiepte te vinden.

De evenwichtsdiepte in functie van het debiet is uitgezet op bijlagen 2 en 4.

2.3.3. De berekende verhanglijnen op de helling $16/4$.

De berekeningsmethode is gebaseerd op de in vorige paragraaf vermelde formule van Manning, waarbij, zoals uit de verdere proeven (§ 3.1.) zal blijken, een aanname van $n = 0,01$ van de coëfficiënt van Manning, een zeer aanvaardbare waarde is.

Er zijn berekeningen gedaan voor het hellend gedeelte van het binnenbeloop van de overloopdijk, die als oneindig lang wordt beschouwd.

Bij de berekeningen voor de verhanglijnen is in het punt gelegen op de kruin, R (bijlage 1) de kritische diepte aangenomen, niettegenstaande dit, zoals uit bijlage 4 reeds blijkt, geen juiste aanname is. Door de methode van berekening, waarbij gerekend wordt met rekensecties met een vast hoogteverschil van 0,2 cm, beginnend vanaf de kritische diepte op het punt R, waaruit dan de resulterende afstand wordt bepaald, wordt deze licht overschatte waterhoogte zeer snel aangepast tot de juiste waterhoogte.

Gezien de goede overeenkomst tussen de berekende en de gemeten waarden werd het niet nodig geacht meer uitgewerkte berekeningsmethoden (Tison, Chow, Keller, e. a.) te gebruiken.

De resultaten van het wiskundig programma zullen tegelijkertijd besproken worden met de proeven op het model.

3. DE UITGEVOERDE PROEVEN.

In het onderzoek kunnen grosso modo twee gedeelten onderscheiden worden.

1. Onderzoek naar de watersnelheden en verhanglijnen op schaal 1/1 waarbij geen afvoergracht aan de voet van de dijk is aangebracht. Het debiet kan oplopen tot $0,533 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ (maquette 3) (bijlage 1).
2. Onderzoek naar de stabilisatie van de watersprong op schaal 1/3 waarbij de afvoergracht is aangebracht (maquette 3bis, bijlage 8). De watersnelheden en de verhanglijnen op het dijktalud werden door omwerking van schaal 1/1 naar schaal 1/3 overgebracht. De watersnelheden achter de watersprong werden in het model opgemeten met behulp van Ottmolens. Het grootste debiet is thans $0,150 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ (modeleenheden).

3.1. Onderzoek naar de verhanglijnen en de watersnelheden op de kruin en op het talud (maquette 3).

Deze proeven op schaal 1/1 hadden tot doel een algemeen overzicht te verkrijgen van de verhanglijnen en de watersnelheden, zonder dat eventuele schaalearde effecten een rol zouden kunnen spelen. Hieruit resulteert een grotere zekerheid voor de proeven die op schaal 1/3 zijn uitgevoerd, omdat deze gedeeltelijk de proeven op schaal 1/1 overlappen. Bij deze proeven was nog geen afvoergracht aan de voet van de overloopdijk ingebouwd. De afwezigheid van deze gracht heeft echter geen invloed op de stromingen op de kruin, noch op het talud.

De proeven op schaal 1/1 zijn gebeurd voor de volgende debieten :
0,025 - 0,050 - 0,075 - 0,100 (2 x) - 0,125 - 0,150 - 0,200 - 0,300 (2 x) -
0,400 - 0,500 - $0,533 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ (modeleenheden). De metingen van de waterstanden en de snelheden werden uitgevoerd in de punten B, C, D, E, F en G (bijlage 1). Hierbij werd de waterstand gemeten loodrecht op de bodem en de watersnelheden met een Pitotbuis evenwijdig aan de bodem, volgens de eenpunt- of de driepuntmethode (uitleg zie verder § 4).

Op de bijlage 2 wordt de relatie debiet-waterstand in functie van de plaats op de kruin en het talud van de overloopdijk gegeven. Tevens werd op deze grafiek de kritische diepte en de evenwichtsdiepte getekend.

Voor wat het verband tussen het waterpeil in de Schelde of m. a. w. de energiehogte H t. o. v. de kruin van de dijk enerzijds en het debiet per strekkende meter anderzijds betreft, leiden de huidige proeven tot een debietswet met lagere debieten dan in het rapport Mod. 395-1 opgegeven. In dat rapport werden op bijlage 2 de volgende waarden van de coëfficiënt m in de uitdrukking $q = m H^{3/2}$ gegeven :

theoretisch : $m = 1,705$

voor kromme 2 : $m = 1,576$ (voor h gaande tot 0,40 m model) (= maquette 2)

voor kromme 3 : $m = 1,540$ (voor h gaande tot 0,13 m model)

Voor de huidige maquette 3 vindt men een nog iets hogere waarde $m = 1,74$.

Vermits het hier over proeven op een kruin met gladde bodem gaat hebben deze coëfficiënten nog geen reële betekenis. Dit punt dient nochtans verder onderzocht te worden.

De kritische diepte (berekend) wordt reeds bereikt op de kruin en niet op het theoretische punt R, gelegen tussen de punten D en E. Dit wordt duidelijker voorgesteld op bijlage 3, waar enkele opgemeten verhanglijnen op het model werden getekend en waaruit blijkt dat de kritische diepte steeds verder opwaarts verschuift op de kruin tegen de stroomrichting in, naarmate de debieten groter worden.

Ook de evenwichtsdiepte (berekend) is in het laatste opgemeten punt G (bijlage 2), nog niet bereikt voor waarden groter dan $0,100 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ en wijkt in die mate af, dat voor een debiet van $0,500 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ een afwijking voorkomt van $\pm 29 \%$.

De ineenstrengeling van de krommen voor de punten B en C van bijlage 2 boven op de kruin is te wijten aan een golfvorming tengevolge van een niet volmaakte instroming.

Op de bijlage 4 zijn de berekende verhanglijnen op het binnentalud van de overloopdijk getekend voor verschillende debieten. Ter verhoging van

de leesbaarheid werden echter niet alle verschillende verhanglijnen getekend. Ook de opgemeten punten in het model staan op deze grafiek. (Het talud wordt oneindig lang verondersteld). Omdat ook de evenwichts- diepte werd getekend (welke slechts op oneindige afstand optreedt) kan uit deze veronderstelling een beeld gevormd worden van de verhouding van de evenwichtsdiepte tot de meetwaarden (zie verder).

Uit deze bijlage volgt tevens dat een ruwheidscoëfficiënt $n = 0,01$ een goede benadering is van het opgemeten patroon en dat verder in het rapport ook berekende waarden kunnen gebruikt worden ter vervollediging van de opgemeten waarden, zonder dat hierbij te kort gedaan wordt aan de nauwkeurigheid. Dit stemt overeen met het rapport Mod. 395-1 waar een ruwheidscoëfficiënt $\gamma = 0,06$ als meest waarschijnlijke waarde gevonden werd.

Bij de interpretatie van de proefresultaten werd in het rapport Mod. 395-1 (p. 17) aangenomen dat aan de voet van het binnenbeloop (omgeving van punt G van 395-3) de evenwichtsdiepte nagenoeg bereikt werd. Bij een binnenbeloop van 11,13 m lengte met een helling van $16/4$ dat zeer glad uitgevoerd is, is dit echter slechts waar voor debieten kleiner dan ongeveer $0,125 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$. * Voor de proeven op Model 395-1 was het grootste debiet $0,125 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$. Bij de voorstelling van de proefresultaten (bijlagen van dat rapport) werden aldaar dan ook de evenwichtsdiepten (en bijbehorende snelheden) gebruikt. Dit is echter enkel toelaatbaar bij ofwel deze kleine debieten, ofwel ook bij grotere debieten, maar dan moet de lengte van het binnenbeloop verhoudings- gewijze langer worden (bv. 3 maal langer als voor de omrekening der modeldebieten een schaal $1/3$ aangenomen was).

Dit wordt gestaafd door op de bijlage 5 tevens de evenwichtsdiepte voor een ruwheidscoëfficiënt $n = 0,01$ te tekenen die een gelijkaardig verloop heeft als de kromme h uit Mod. 395-1 (maquette 1), die trouwens zelf overeenkomt met een ruwheidscoëfficiënt $n = 0,007$.

* Er weze opgemerkt dat, naargelang het binnenbeloop ruwer is of de helling flauwer, dit debiet - tot hetwelk de waterdiepte aan de voet van het talud nagenoeg gelijk blijft aan de evenwichtsdiepte - groter wordt.

Op deze bijlage 5 is de Q h kromme getekend voor het punt G; dit is op 8,95 m van de kruin K. De Q h kromme in Mod. 395-1 (maquette 1) is echter opgemeten op 4,35 m van de kruin K. Een volledig identieke plaats werd in het huidige model niet opgemeten, hoewel het punt F deze plaats benadert, namelijk op 4,88 m van de kruin K. Indien de opgemeten Q h kromme wordt opgetekend ter vergelijking op bijlage 6, valt een nog sterkere afwijking op bij de hogere debieten, uit reden dat er minder voldaan is aan de benadering van de evenwichtsdiepte.

Voor de Prandtl-Von Karman krommen : zie onderaan bladz. 18.

Uiteraard kan ook in de huidige proeven een omrekening naar de schaal 1/3 gebeuren voor de Q h kromme. Indien de waarden van Q voldoende klein genomen worden, vallen deze nog binnen de overlapping met de proeven op schaal 1/1, waardoor een controle mogelijk is. Deze omgerekende punten vallen ongeveer op de getekende kromme (bijlagen 5 en 6) en kunnen als juist aanvaard worden. Zij zijn het resultaat van een combinatie van de wiskundige benadering en de opgemeten waarden in die zin dat de waterstanden op een afstand 1/3 van de afstand R G (bijlage 1) of R F (bijlage 6) werden vermenigvuldigd met de schaalfactor 3 om in het model 1/3 de Q h kromme te bepalen (zie punten : maquette 3bis).

Uit het voorgaande onthouden we dat in het rapport Mod. 395-1 de evenwichtsdiepte (welke in het prototype niet voor alle debieten zal bereikt worden) weergegeven geworden is. In onderhavig rapport worden de werkelijk optredende waterdiepten weergegeven (voor zoverre in natuur een glad beloop zou aanwezig zijn).

Tijdens de metingen op het talud werden gelijktijdig waterstandsmetingen en snelheidsmetingen met een Pitotbuis, volgens de eenpunt- of de driepuntmethode, uitgevoerd (zie ook bladz. 14).

De snelheid uit de waterstand berekend volgens de formule $v = q/h$ werd aangeduid als v_h . De snelheid afgeleid uit de Pitotbuismetingen werd aangeduid door v_p . Op de bijlage 7 werden deze beide snelheidsverdelingen in functie van het debiet getekend voor het punt F (op 4,88 m van de kruin R) (zie ook bijlage 1). Samen met deze beide krommen werd tevens de overeenstemmende snelheidscurve uit bijlage 5 van Mod. 395-1 overgenomen.

Tussen de v_h en v_p krommen werd een gemiddelde afwijking van 8% in de snelheid opgemeten, waarbij de Pitotbuis de hoogste snelheid aanwees. Dit kan te wijten zijn aan de moeilijkheid een volledig nauwkeurige waterstandsmeting uit te voeren bij schietend water en deels door het feit dat de statische druk van de Pitotbuis kan beïnvloed zijn door de snelheid en door de aanwezigheid van lucht in het water. Nochtans zijn de beide snelheidskrommen gelijkaardig wat betreft hun vorm, alleen zijn ze ten overstaan van elkaar verschoven.

In het punt G (bijlagen 1 en 7) stijgt de gemiddelde afwijking tot 13%, nochtans wederom bij een ongeveer gelijkvormige kromme die alleen verschoven is. Omdat de stroming in het betreffende punt G onregelmatiger is geworden, wordt het steeds moeilijker een nauwkeurige waterstand te meten en kan ook door een grotere luchtinvloed de meting met de Pitotbuis minder goed zijn.

Tevens valt op te merken dat de snelheden in het punt G de kromme uit Mod. 395-1 het best benaderen, omdat zij het dichtst aanleunen bij de snelheidsverdeling bij evenwichtsdiepte.

Voor het punt G werden eveneens de snelheden, in maquette 1, met een Pitotbuis gemeten in het punt D * van dat model, uitgezet. In volle lijn is het deel getekend dat volgt uit de opmeting maar na omrekening van helling $9,5/4$ naar $16/4$; in streeplijn het deel waar, bij de omrekening, daarenboven gebruik werd gemaakt van de extrapolatie met behulp van de evenwichtsdiepte. Men ziet duidelijk de overeenkomst in de metingen (volle lijn) en de grote fout die kan ontstaan bij aannahme van de evenwichtsdiepte.

Op de bijlage 7 werden volledigheidshalve de snelheden v_R getekend welke volgen uit de berekening van de hydraulische as met $n = 0,01$. Men ziet hierbij een goede overeenkomst met de v_h , hetgeen logisch is, omdat de verhanglijn berekend is met een zodanig gekozen waarde van n (Manning) dat zij zo goed mogelijk door (al) de gemeten verhanglijnen gaat.

* Dit punt D ligt het dichtst bij het huidige punt G.

3.2. De stabilisatie van de watersprong (maquette 3bis) (bijlage 8).

De proeven op de stabilisatie van de watersprong werden uitgevoerd, wegens plaatsgebrek, op een model op schaal 1/3. Een overzicht van het model wordt gegeven op bijlage 8. De plaatsing van de afvoergracht heeft geen invloed op de stroming op de kruin en op het binnenbeloop van de overlooptdijk. De stroming aldaar werd reeds besproken in het vorige hoofdstuk.

Deze proeven werden zodanig uitgevoerd dat de watersprong alleen kan veroorzaakt worden door de afvoergracht en niet door opstuwend water afwaarts de afvoergracht. Dit werd verkregen door een vrije afvoer van het water afwaarts de gracht.

Bij de lagere debieten tot $0,400 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$ (natuureenheden) (bijlage 9) treedt de watersprong tussen de voet van het talud en het begin van de afvoergracht op.

Bij de hogere debieten zorgt de gracht zelf voor een stabilisering van de watersprong. Uiteraard is een sterke aanstroming te verwachten op het afwaartse talud van de afvoergracht.

Bij dit model op schaal 1/3 dient vermeld te worden dat de lengte van het talud sterk overdreven is (zoals vermeld in § 2.1.), zodanig dat onderaan bij de teen van het talud altijd de evenwichtsstroming zal bereikt zijn. Omdat deze evenwichtsstroming echter altijd overeenkomt met de grootste snelheid, zal de bepaling van de stabilisatie van de watersprong steeds gebeuren aan de hand van iets overtrokken snelheden, hetgeen voor de evaluatie van de proeven als veilig kan ervaren worden.

3.3. De watersnelheid achter de watersprong.

Een overzicht van de bodemsituatie achter de watersprong wordt gegeven in bijlage 10. De proeven werden uitgevoerd voor 2 situaties, namelijk de overstortklep achteraan het model volledig omlaag en deze klep zodanig geplaatst dat haar bovenkant even hoog komt als de bodem stroomafwaarts van de afvoergracht, zodat een bijkomende waterrem kan verondersteld worden.

Metingen werden uitgevoerd in 4 punten K, M, O, Q onrechtstreeks door middel van waterstandsmetingen met meetnaald en drukpunten alsook rechtstreeks met een Ottmolen. Tussen de methode van de meetnaald en de drukpunten was geen eenduidigheid. Omdat meer meetnaaldmetingen voorhanden waren, werden deze weerhouden. Uit geen van beide werkwijzen kon een juiste snelheid bepaald worden, omdat het water achter de watersprong zeer turbulent is. Omdat de snelheden volgens de beide werkwijzen elkaar echter benaderen, werd hun gemiddelde genomen. Hieruit volgt dat de volgende uitslagen slechts een grootteorde van snelheid geven.

De proeven met de watersprong zijn, zoals vroeger vermeld, uitgevoerd op schaal 1/3. Alle waarden worden gegeven in eenheden natuur.

Op de grafieken in bijlage 10 werden zowel de snelheidsverdelingen met neergelaten klep achteraan het model, als met opgetrokken klep opgetekend.

In het punt K dat in een zeer turbulente stroming gelegen is, werden de snelheden slechts zeer benaderend opgemeten.

De invloed van de afwaartse waterstand (tengevolge van de klepstand) op de snelheidsverdeling is nihil voor het punt M. Voor grotere debieten neemt die invloed toe van punt M naar punt Q.

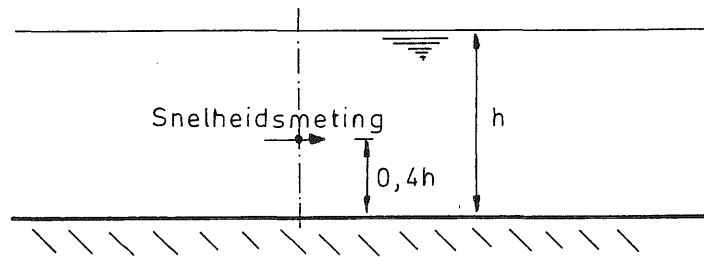
In het punt M echter, waar de rechtstreekse invloed van de watersprong verdwenen is en waar nog geen grote invloed bestaat tengevolge van de overstortklep, zijn de beide snelheidsprofielen identiek. Dit snelheidsprofiel zou kunnen genomen worden als richtinggevende afvoersnelheid van het water achter de watersprong, ontstaan tengevolge van de afvoergracht aan de voet van de overlooptdijk, in het geval dat de polder nog volledig ledig is.

4. DE SNELHEIDSVERDELING OVER DE VERTICAAL.

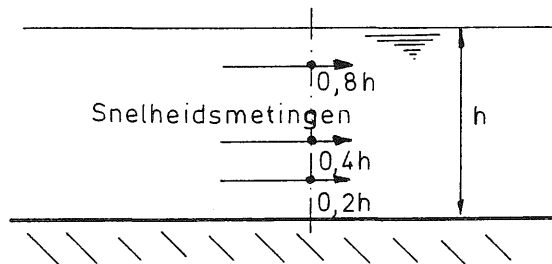
4.1. Metingen.

Op de drie gemeten punten (E, F en G, bijlage 1) op de helling van de overlooppdijk is de snelheidsverdeling bepaald in schietend water. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen de snellere eenpunt- of driepuntmethode en een meer nauwkeurige meting.

- a - De eenpuntmethode bestaat erin de watersnelheid te meten op $0,4 h$, te meten vanaf de bodem (zie figuur)



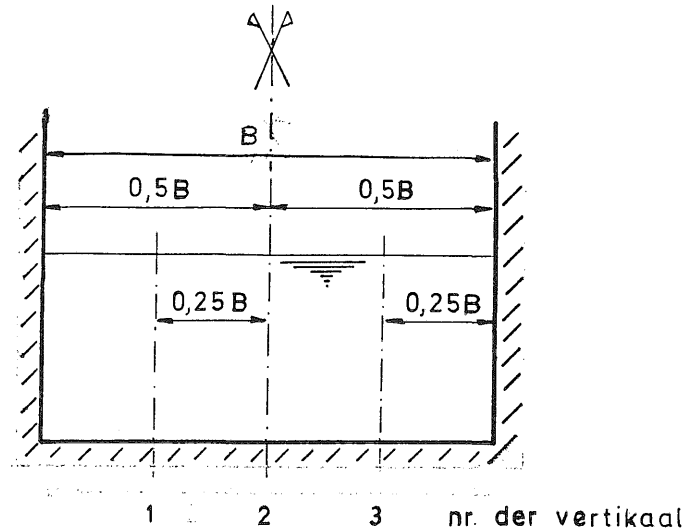
- b - De driepuntmethode bestaat erin de watersnelheid te meten op $0,2 - 0,4$ en $0,8 h$, te meten vanaf de bodem (zie figuur)



- c - De meer nauwkeurige meting werd als volgt gedefinieerd :
Een eerste meting op $0,66$ cm gemeten vanaf de bodem, (wegens de beperkingen opgelegd door de Pitotbuis) en vandaar af elke cm tot 1 cm onder het wateroppervlak bereikt is. Deze meting noemt men de meerpuntsmeting (*).

De drie methoden van meting werden in dwarsdoorsnede steeds in drie verticalen uitgevoerd, zoals getekend in de figuur.

(*) Alle maten met betrekking op de Pitotbuis zijn gegeven in modeleenheden.



Per verticaal werd het gemiddelde gemaakt. Zo werd voor een driepuntmeting het gemiddelde bepaald over 9 punten.

Vermits met de Pitotbuis, die gebruikt werd, slechts kan gemeten worden vanaf $0,66$ cm boven de bodem, kan met deze metingen slechts gestart worden indien er een voldoende waterhoogte bereikt is.

De minimum waterhoogte, noodzakelijk voor de eenpuntmeting, is dus $0,4 h = 0,66$ cm, waaruit volgt dat een waterhoogte $h = 1,65$ cm noodzakelijk is.

De minimum waterhoogte, noodzakelijk voor de driepuntmeting, is dus $0,2 h = 0,66$ cm, waaruit volgt dat de waterhoogte minimum $h = 3,3$ cm is.

De minimum waterhoogte voor de meerpuntsmeting is per definitie $0,66$ cm.

De eenpuntmethode werd gebruikt indien de waterhoogte gelegen was tussen $1,65$ cm en $3,30$ cm. Bij grotere waterhoogten werd steeds de driepuntmethode gebruikt, en de meerpuntmethode.

Voor de meerpuntsmetingen werd ook per hoogte het gemiddelde gemaakt per verticaal. Dit gemiddelde werd uitgezet voor het punt E op bijlage 11, voor het punt F op bijlage 12 en voor het punt G op bijlage 13.

Voor het punt E (bijlage 11), waar de watersnelheid juist boven de kritische snelheid uitstijgt, is de invloed van de nabijgelegen knik (bijlage 1) van het talud met de kruin nog duidelijk merkbaar. De snelheidsverdeling is duidelijk een rechte, waarbij praktisch gezien over de ganse diepte een zelfde snelheid kan aangenomen worden. Deze snelheidsverdeling is echter niet representatief voor schietend water en dit wegens de nabijheid van de knik.

Het punt F (bijlage 12), waar bij de grotere debieten nog niet de watersnelheid van de evenwichtsdiepte bereikt is, kan beschouwd worden als een tussengelegen stap tussen de overgang van stromend naar schietend regime en het regime op evenwichtsdiepte of de uniforme beweging. Bij deze toestand werd de kwadratische benadering als goed ervaren. Tevens werd op deze punten een logaritmische benadering toegepast, met eveneens een zeer goede overeenkomst. De overeenkomst met de theorie van Prandtl en Von Karman, die verder zal besproken worden in § 4.1., is minder goed. De kwadratische benadering is getekend op bijlage 12.

Voor het punt G (bijlage 13), waar de watersnelheid voor de evenwichtsdiepte bereikt is of benaderd is, komt met de spreiding van de punten een logaritmische verdeling zeer goed overeen. De overeenkomst met de theorie van Prandtl en Von Karman, die goed is, zal in de volgende paragraaf besproken worden. De logaritmische benadering is getekend op bijlage 13.

Bij de vergelijking van de beide meetmethoden kan voor het punt E (tabel 1 op bijlage 14) bevestigd worden dat de snelheid gemeten volgens de eenpunt- of de driepuntmethode iets hoger ligt dan de snelheid gemeten volgens de meerpuntmethode, hetgeen uiteraard bevestigd wordt door het algemeen gemiddelde van de metingen dat 2% hoger ligt bij de eenpunt- of driepuntmethode. Gezien over het debiet is echter geen bepaalde wet voorop te stellen.

Voor het punt F (bijlage 14) kan een zelfde tendens gevonden worden als voor het punt E.

Voor het punt G (bijlage 14) kan ook geen logische wet getrokken worden uit de afwijking van de eenpunt- en de driepuntmethode ten overstaan van de meer nauwkeurige methode.

Wanneer de drie punten samengenomen worden is het onmogelijk een algemene tendens vast te stellen omdat de verschillen tussen de beide methoden dusdanig klein zijn, dat de meetonnauwkeurigheden een zeer belangrijke rol zullen spelen.

4.2. De overeenkomst van de opgemeten snelheidsverticalen met de theorie volgens Prandtl - Von Karman.

De beweging in de turbulente kern van de stroming in een verticaal kan berekend worden uit de formule van Prandtl - Von Karman.

$$\frac{v_{\max} - v}{u_f} = - 5,75 \log \frac{y}{R} \quad (*)$$

waarin :

- v_{\max} : de maximum snelheid in de beschouwde doorsnede.
Deze snelheid wordt aangenomen als de maximaal opgemeten snelheid in de doorsnede (Pitotbuismeting).
Men had eveneens kunnen veronderstellen dat v_{\max} zodanige waarde moest hebben dat de eruit afgeleide snelheden een debiet door de doorsnede opleveren dat gelijk is aan het opgemeten debiet. Men beperkte zich evenwel tot de eerste, minder bewerkelijke, aanname.
- v : de snelheid in het beschouwde punt.
- y : de waterhoogte : = de afstand tot de wand.
- u_f : "de schuifsnellheid" : bij vele auteurs wordt deze voorgesteld onder het symbool u_* .

(*) Carlier : Hydraulique générale et appliquée. p. 226.

Deze schuifsnelheid kan uitgedrukt worden in functie van de gemiddelde snelheid.

$$u_* \text{ of } u_f = v \sqrt{\frac{\lambda}{8}} \quad (*)$$

waarin

λ : de weerstandscoefficiënt : deze coefficiënt kan uitgedrukt worden volgens de formule van Manning.

$$\lambda = 8g \frac{n^2}{R^{1/3}} \quad (**)$$

waarin

$$g : 9,81 \text{ m/s}^2$$

n : de coefficiënt van Manning

$$R : \text{ de hydraulische straal} = \frac{B \times h}{B + 2h} \quad (h = \text{ de opgemeten waterhoogte.})$$

De uitwerking van u_* of u_f staat in de tabel 2 (bijlage 15) voor de meetwaarden in het punt G.

Tevens wordt in deze tabel de waarde gegeven van de coefficiënten van de logaritmische kromme volgens Prandtl - Von Karman.

In de laatste kolom zijn ook ter vergelijking de waarden gegeven van de meest waarschijnlijke logaritmische kromme door de meetpunten. De vergelijking van de beide curven is ook weergegeven op de bijlage 13 voor de verschillende debieten. Hieruit volgt een goede overeenkomst tussen de beide krommen.

Deze snelheidsverdeling blijft geldig zolang men zich bevindt in de turbulente kern van de stroming. De voorwaarden aan de randen zullen dus door de dikte δ van de grenslaag (A) bepaald worden en door de wandruwheid (B). Voor A en B zie bladz. 19.

Om een vergelijking te kunnen maken met de Q - h krommen van bijlagen 5 en 6 werd hierbij uitgegaan van de waterstandsmetingen met de daaruit afgeleide snelheid, dit wegens het verschil tussen v_p en v_h (zie p. 10 onderaan en p. 11).

(*) Tison : Cours d'hydraulique, deel 1, p. 254.

(**) Carlier : Hydraulique générale et appliquée. p. 222.

A) De dikte van de grenslaag kan gevonden worden uit de formule (*)

$$\delta = \frac{11,6}{\sqrt{g R I}}$$

met ν = kinematische viscositeitscoëfficiënt

$$= 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$g : 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$I \quad i : 0.2425$$

R : hydraulische straal

Deze grenslaag in doorsnede G, waar de uniforme beweging nagenoeg bereikt is, is in onderstaande tabel berekend voor enkele waarden.

$q_G \text{ (m}^3/\text{s/m}^4\text{)}$	$\delta \text{ (m)}$
0,101	$4,79 \times 10^{-5}$
0,195	$3,62 \times 10^{-5}$
0,300	$3,14 \times 10^{-5}$
0,405	$2,84 \times 10^{-5}$
0,501	$2,56 \times 10^{-5}$
0,533	$2,56 \times 10^{-5}$
	$\bar{\delta} = 3,25 \times 10^{-5}$

B) Ter bepaling van de gemiddelde wandoneffenheden e_w moet een onderscheid gemaakt worden of de stroming zich bevindt in het gebied van de technisch ruwe dan wel de hydraulisch ruwe wanden. Dit wordt bepaald door de relatieve grootte

(*) Carlier : Hydraulique générale et appliquée. p. 330.

ten overstaan van de dikte van de laminaire grenslaag
(zie ook Mod. 395-1, p. 17).

Zo wordt aangenomen dat een stroming zich bevindt in het gebied van technisch ruwe wanden als $1/4 < \frac{e_w}{\delta} < 8$ en in het gebied van de hydraulisch ruwe wanden als $\frac{e_w}{\delta} < 8$.

Zo heeft men voor het gebied der hydraulisch ruwe wanden :

$$v = 2,5 u_f \ln \frac{12 R}{e_w}$$

en voor het gebied der technisch ruwe wanden

$$v = 2,5 u_f \ln \frac{12 R}{e_w + \delta/4}$$

Omdat men op voorhand niet weet welk gebied toepasbaar is, moet men de beide formules uitwerken.

In de volgende tabel zijn de beide formules uitgewerkt :

	volgens formule technisch ruwe wand		volgens formule hydraulisch ruwe wand	
	e_w (m)	e_w/δ	e_w	e_w/δ
0,101	$3,02 \times 10^{-4}$	6,3	$3,1 \times 10^{-4}$	6,5
0,195	$2,49 \times 10^{-4}$	6,9	$2,6 \times 10^{-4}$	7,2
0,300	$2,48 \times 10^{-4}$	7,9	$2,6 \times 10^{-4}$	8,3
0,405	$2,41 \times 10^{-4}$	8,5	$2,5 \times 10^{-4}$	8,8
0,501	$2,21 \times 10^{-4}$	8,6	$2,3 \times 10^{-4}$	8,9
0,533	$1,74 \times 10^{-4}$	6,8	$1,8 \times 10^{-4}$	7,0
	<hr/> $2,39 \times 10^{-4} = \overline{e_w}$		<hr/> $2,49 \times 10^{-4} = e_w$	

$$\frac{e_w}{\delta} = 7,50 \text{ (technisch ruw)} \qquad \frac{e_w}{\delta} = 7,78 \text{ (hydraulisch ruw)}$$

Uit de gemiddelden kan men dus besluiten dat men zich bevindt in het gebied der technisch ruwe wanden, zij het echter een randgeval.

Met de waarden $e_w = 2,39 \times 10^{-4}$ en $\bar{\delta} = 3,25 \times 10^{-5}$ kan v en h in functie van q berekend worden

$$v = 5,75 u_* \log \frac{12 R}{\frac{\delta}{4} + e_w}$$

Deze curve staat eveneens getekend op de bijlage 5, nl. $h = Q/b.v$

Deze kromme verschilt slechts weinig met de opgemeten krommen, waaruit volgt dat de aanname van e_w als juist mag beschouwd worden.

Een gelijkaardige redenering kan gemaakt worden voor het punt F. De kromme staat getekend op de bijlage 6 en geeft opnieuw een goede overeenkomst voor een $e_w = 2,20 \times 10^{-4}$.

5. BESLUITEN.

1. De overeenstemming met de resultaten gepubliceerd in rapport Mod. 395-1 is goed. Er dient evenwel benadrukt te worden dat in Mod. 395-1 grafieken (bijlagen 4-5) gegeven werden die gebaseerd zijn op extrapolatie van de evenwichtsdiepte. Deze extrapolatie is slechts geldig indien de evenwichtsdiepte bereikt wordt in het onderzochte punt. In het huidige rapport is daar rekening mee gehouden. Bij de toepassing van de formules van het rapport Mod. 395-1 dient nagegaan of de evenwichtsdiepte inderdaad bereikt wordt.
2. De huidige proeven zijn gebeurd voor een dijk zoals voorgesteld in bijlage 1. De ruwheid voor de proeven bedroeg $n = 0,01$ (Manning), hetgeen overeenkomt met een glad uitgevoerde cementbodem. Het maximum debiet bedroeg $0,533 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$. Deze waarde van het debiet stemt overeen met een waterhoogte in de Schelde van ongeveer 0,45 m boven het kruinpeil.
3. In die omstandigheden kunnen aan de voet van het binnenbeloop snelheden tot ongeveer 6,50 m/sec optreden (zie grafiek op bijlage 7 punt G). Bij nog grotere mogelijke debieten kan uit de vorm van de kromme afgeleid worden dat de snelheden tot maximaal 7 m/s (natuurwaarde) kunnen oplopen.
4. Door de gracht aan de voet van het binnentalud wordt de watersprong gestabiliseerd. Onder de modelomstandigheden werden daarachter snelheden tot bijna 2,5 m/s (natuurwaarde) opgemeten. In de natuur echter zullen de zeer hoge debieten slechts voorkomen als reeds een gedeelte van het overstromingsgebied zal volgelopen zijn, waardoor de watersprong dichterbij de dijk zal optreden.
Voorbeeld : het overstromingsgebied te Bazel (kruinhoogte dijk 6,88 m opp. 176 ha) (Mod. 331-5, bijlage 8, geval 5.b). Zo is na 30 minuten vullen het peil van de polder reeds gestegen met 24 cm, terwijl de waterstand in de Schelde is opgelopen tot 7,14 m.
Uit de niet gepubliceerde resultaten van dat rapport leiden we door vereenvoudigde berekeningen af dat tijdens het "1e stormtij" de

maximum snelheid na de watersprong na ongeveer 30 minuten "overstorting" optreedt en ongeveer 1 m/s bedraagt. De maximum snelheid van 7 m/s uit § 3 zal echter weinig of niet beïnvloed worden.

5. De resultaten van de theoretisch berekende verhanglijn op het binnenbeloop stemmen goed overeen met de in de modelomstandigheden opgemeten resultaten. De aan te nemen ruwheidscoëfficiënt stemt hierbij overeen met deze van een glad afgestroken cementbodem.
6. De snelheidsprofielen (in het model opgemeten met de eenpunts- of driepuntsmethoden) op het binnenbeloop van de dijk, komen voor het schietend water goed overeen met de snelheidsprofielen volgens de theorie van Prandtl-Von Karman.

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

De Hoofdingenieur-Directeur
van Bruggen en Wegen,

De Hoofdingenieur-Directeur
van Bruggen en Wegen,
Directeur van het Waterbouw-
kundig Laboratorium,



ir. W. GRARÉ.

ir. F. VERBIST.

ir. P. ROOVERS.

LIJST DER BIJLAGEN.

Bijlage nr.

1. Modelplan schaal 1/1.
2. Relatie debiet-waterstand op de kruin en het binnenbeloop van de dijk.
3. Verhanglijnen op de ontplooid bodem.
4. Berekende verhanglijnen.
5. Relatie debiet-waterstand onderaan de dijk, vergelijking met rapport Mod. 395-1.
6. Relatie debiet-waterstand midden op de dijk, vergelijking met rapport Mod. 395-1.
7. Snelheidskromme in functie van het debiet op het binnentalud van de overloopdijk.
8. Modelplan schaal 1/3.
9. Stabilisatie van de watersprong.
10. Snelheidsverdeling achter de watersprong.
11. Snelheidsverdeling over de verticaal bovenaan de dijk.
12. " " " " midden " "
13. " " " " onderaan " "
14. Vergelijkingstabel nauwkeurige snelheidsmeting en meting volgens de eenpunt- of driepuntmethode.
15. Vergelijking metingen met theorie van Prandtl en Von Karman.

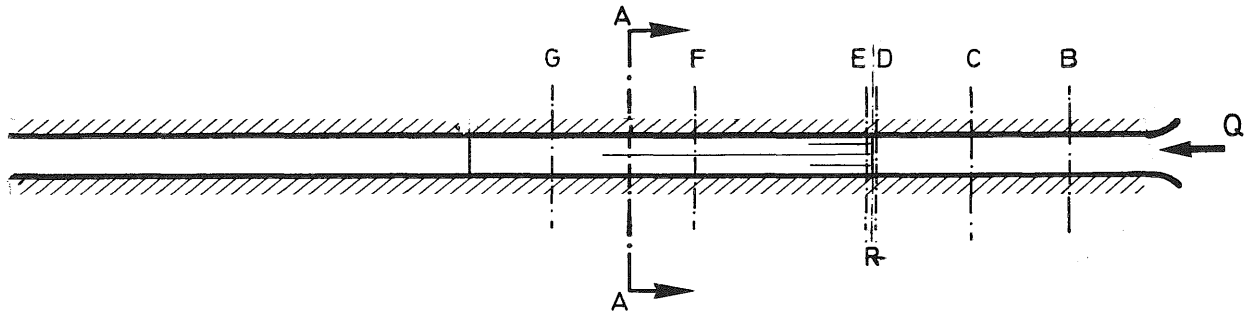


schalen 1 / 200
1 / 100
maten m model = m natuur

OVERZICHTSPLAN MAQUETTE 3 (modelschaal 1/1)

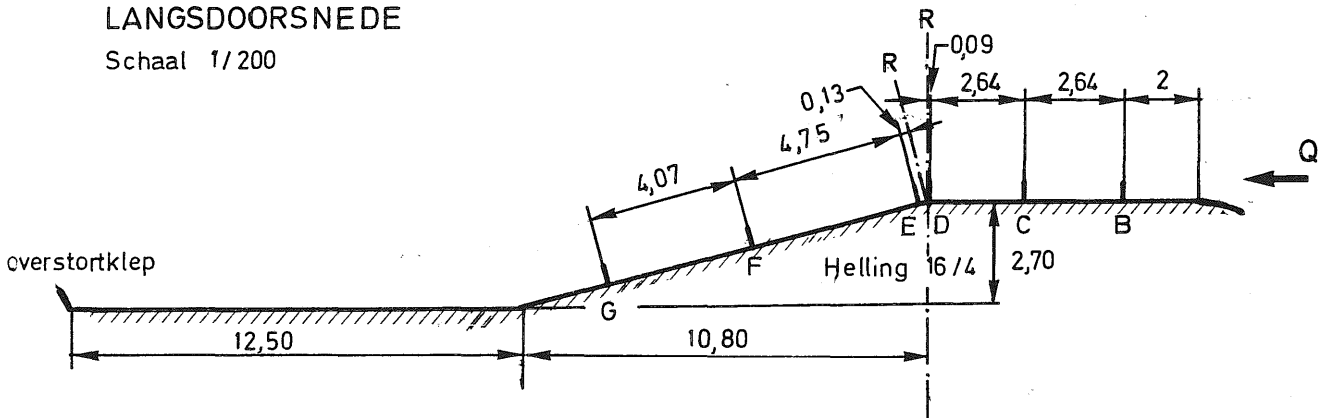
BOVENAANZICHT

Schaal 1 / 200



LANGSDOORSNEDE

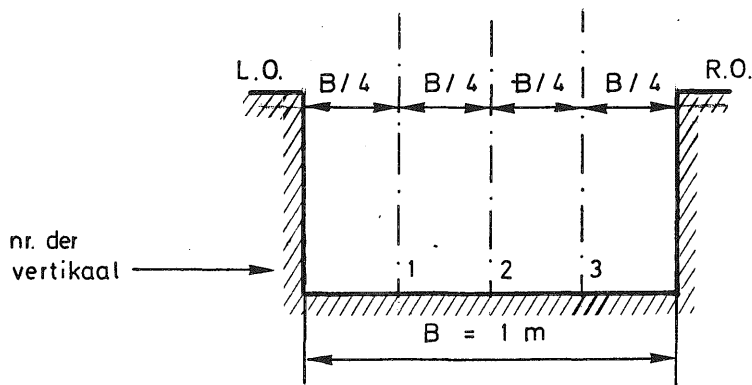
Schaal 1 / 200



DOORSNEDE AA

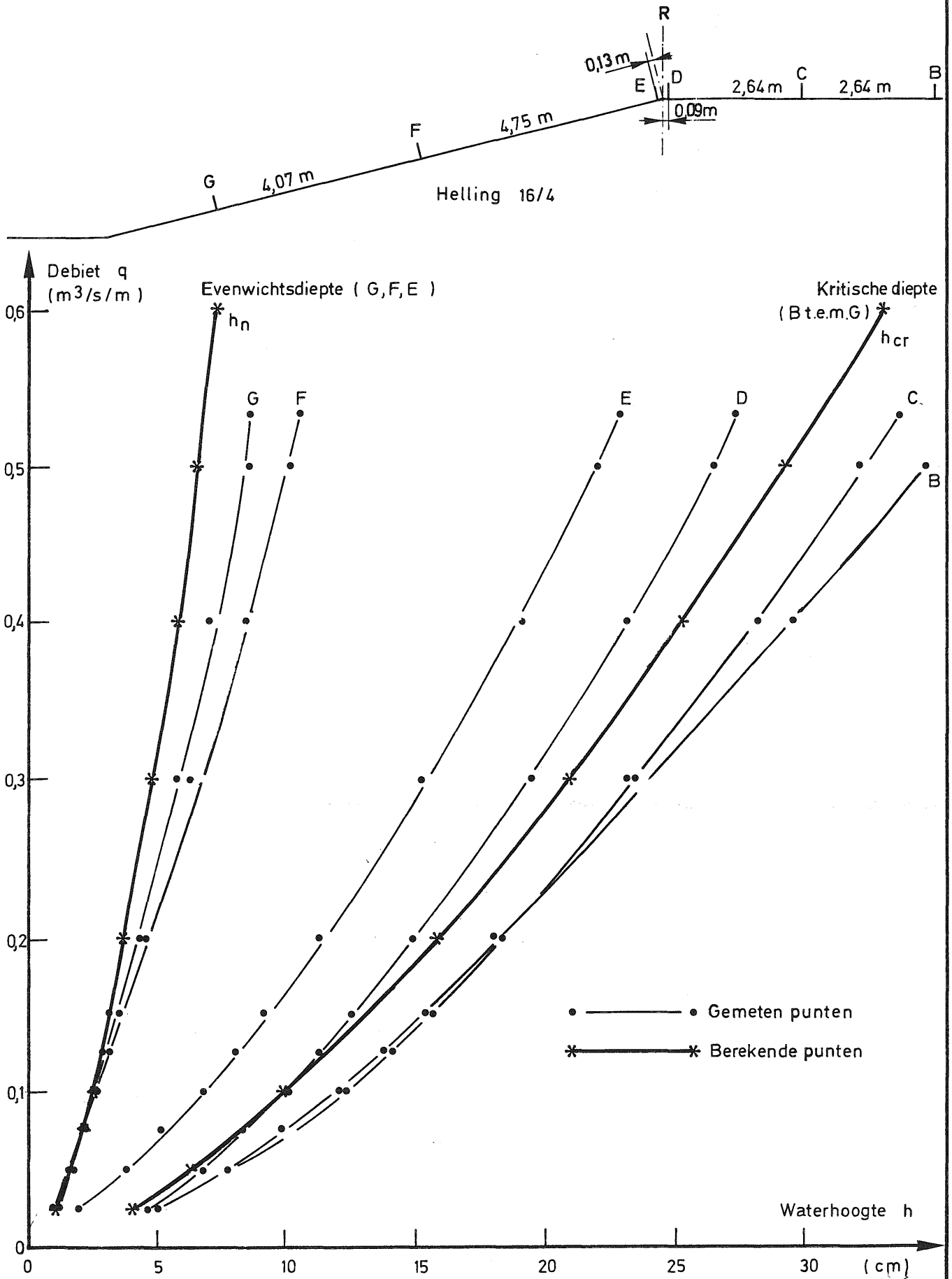
Schaal 1 / 100

Plaats der meetraaien



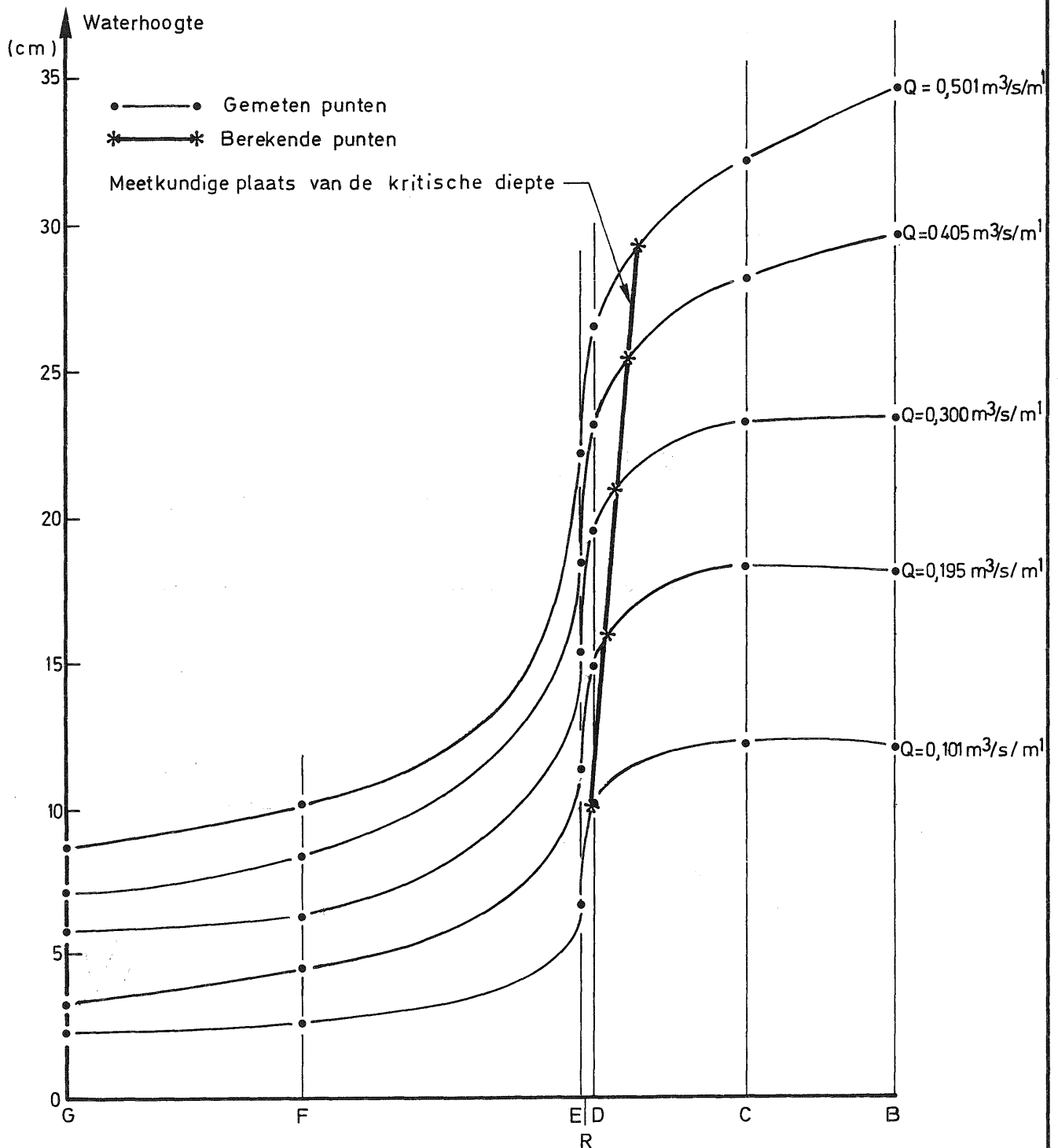
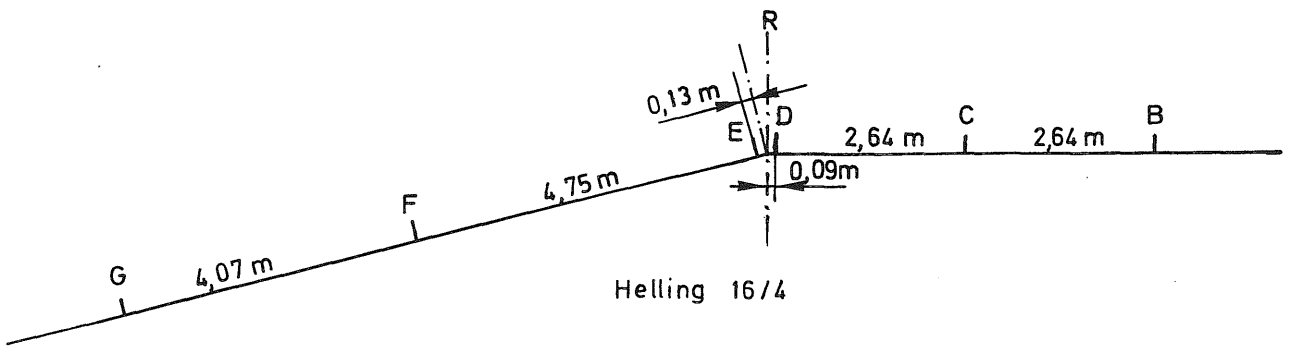


RELATIE DEBIET-WATERSTAND OP KRUIN EN
BINNENBELOOP VAN DE DIJK (MAQUETTE 3)





WATERHOOGTEN OP ONTPLOOIDE BODEM





BEREKENDE
OPGEMETEN

VERHANGLIJNEN

$n = 0,01$

(MANNING)

(MAQUETTE 3)

waterhoogte (cm)

h

25

20

15

10

5

0

- * — * berekende verhanglijnen
- gemeten punten op model

Einde van de helling

Evenwichtsdiepte (G,F,E)



afstand vanaf punt R

(m)

15

10

G

5

F

ER

$0,500 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$

$0,400 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$

$0,300 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$

$0,200 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$

$0,100 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$

$0,050 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$

$0,025 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^1$

G 4,07 m

Helling 16/4

F 4,75 m

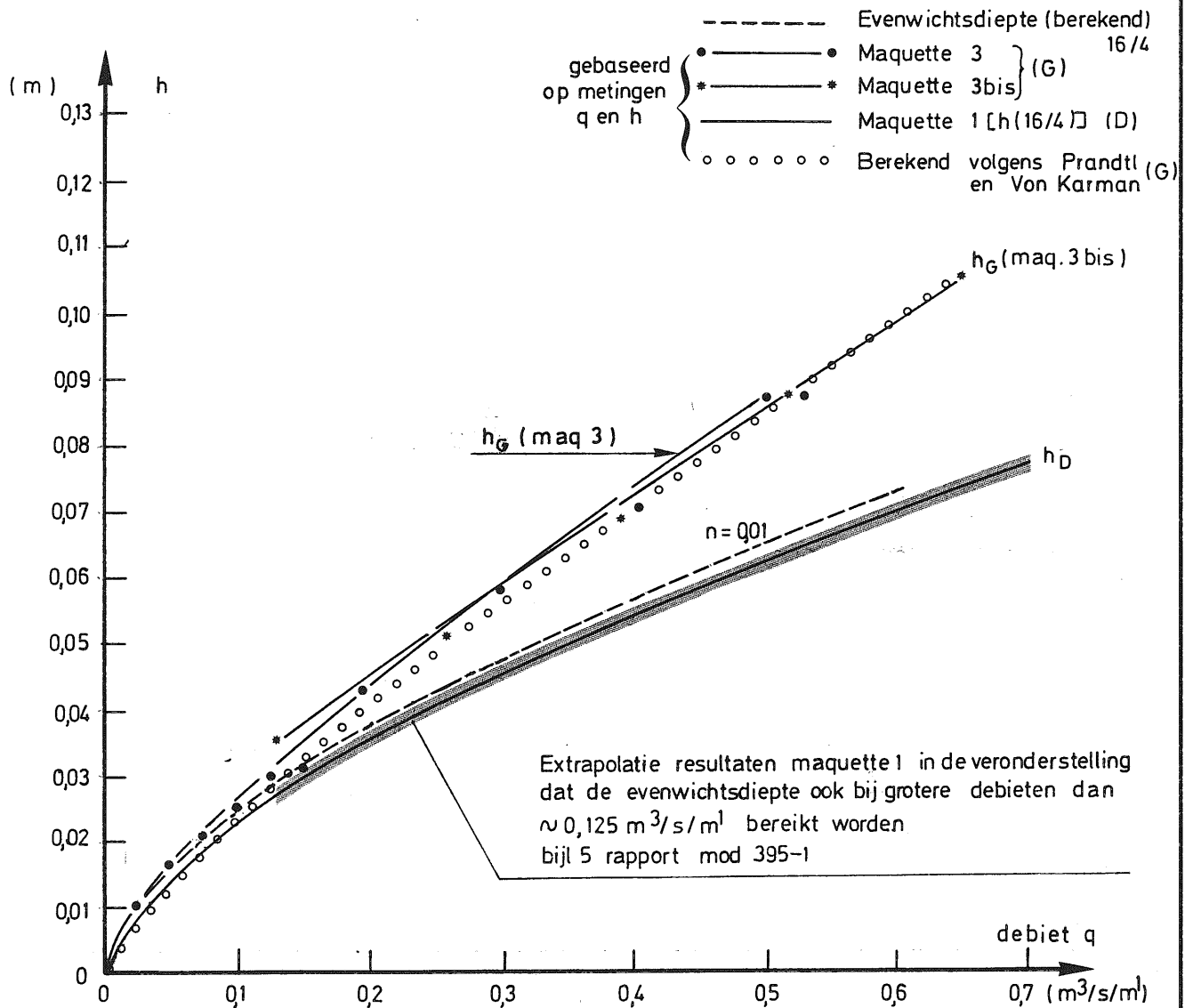
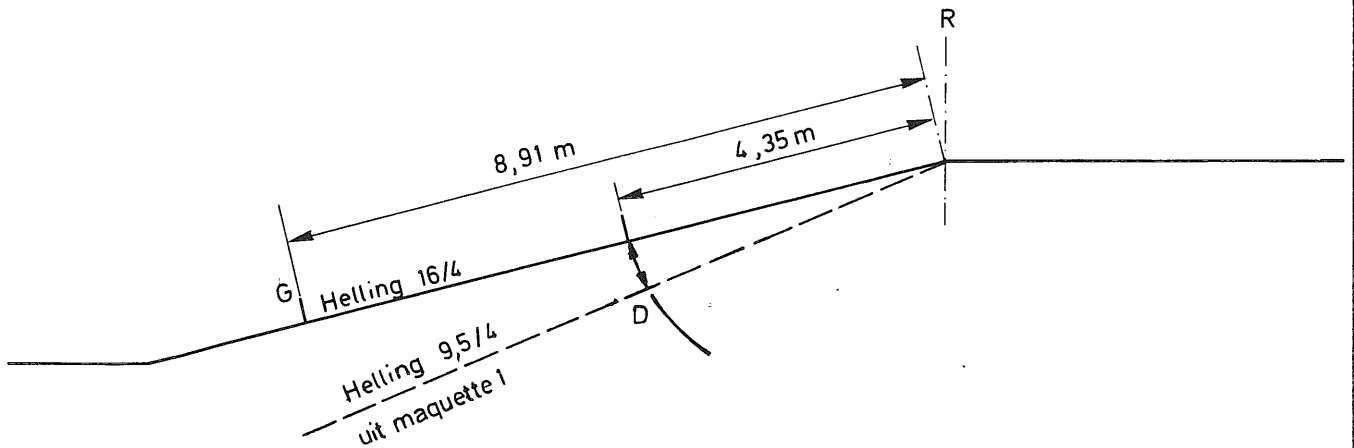
E R D 0,13 m

C B



Maquette 3

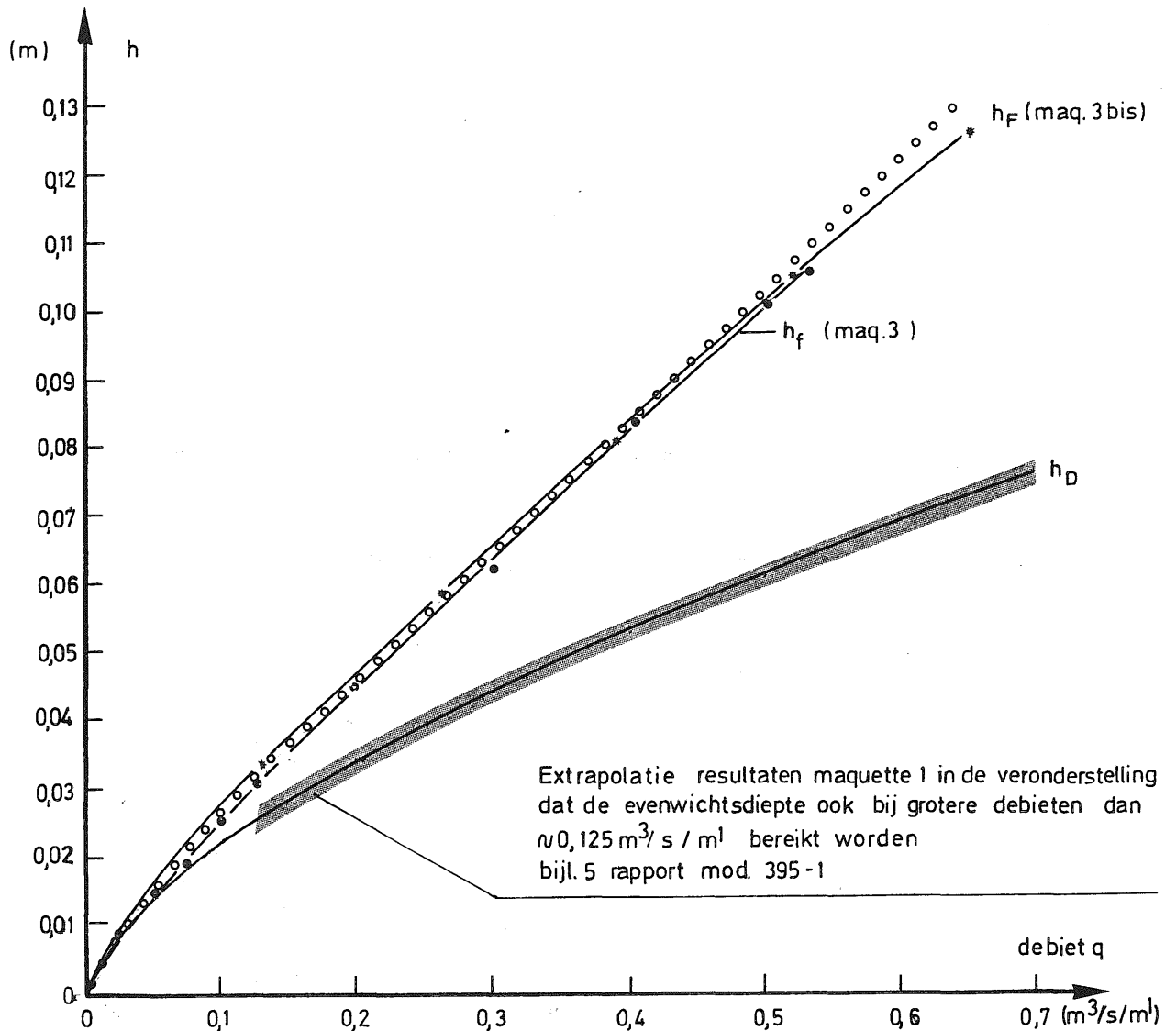
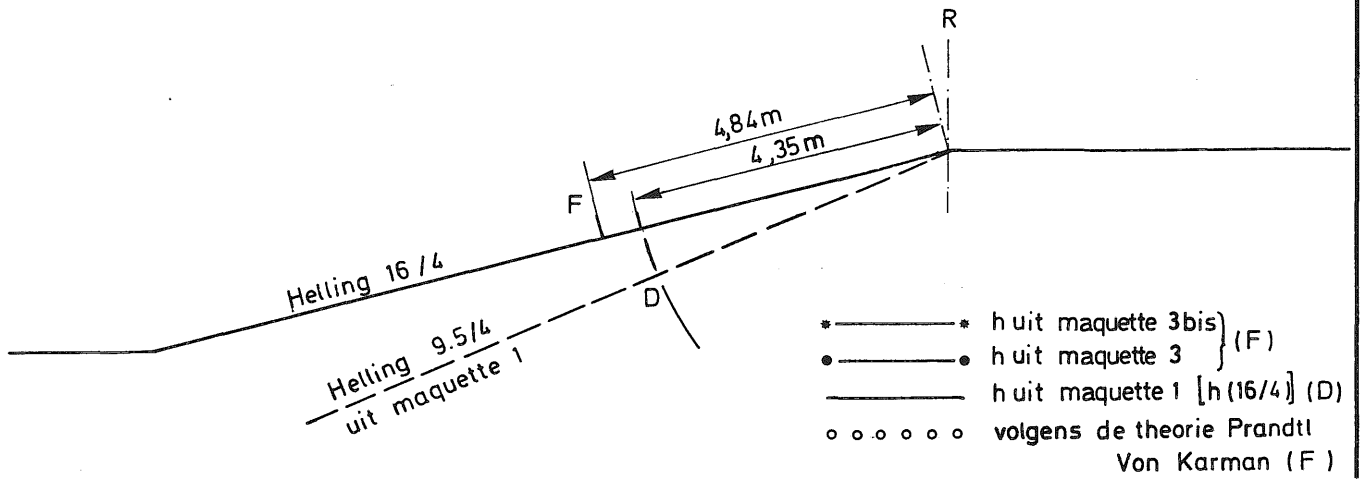
RELATIE "DEBIET - WATERSTAND" ONDERAAN DE DIJK
IN PUNT G





Maquette 3

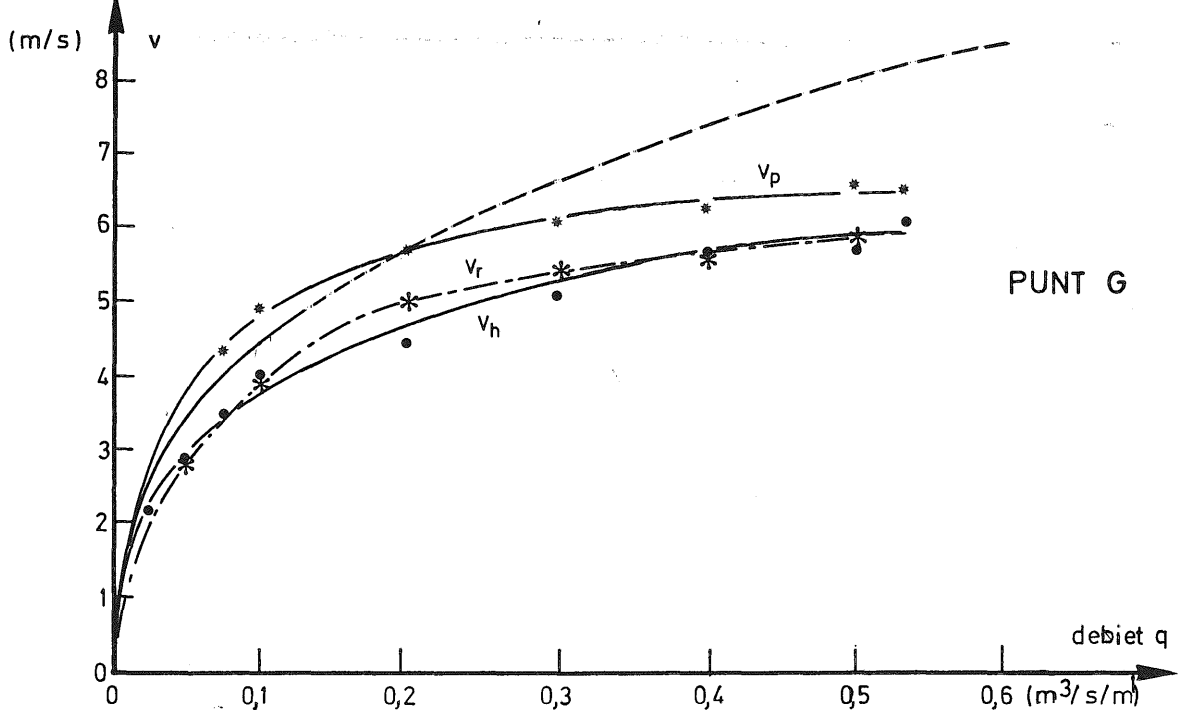
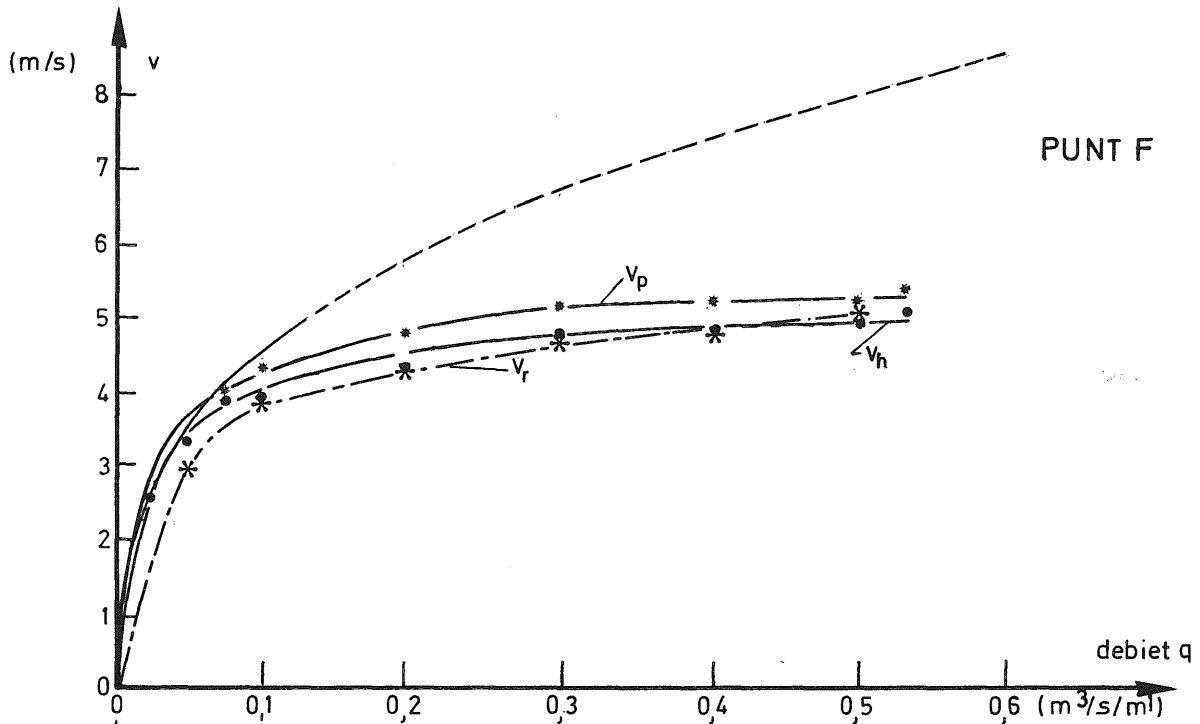
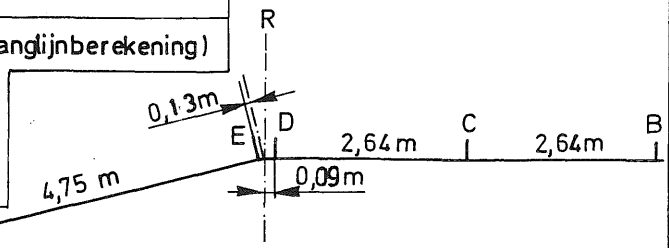
RELATIE "DEBIET - WATERSTAND" MIDDEN DE DIJK
IN PUNT F





SNELHEIDSKROMME IN FUNCTIE VAN HET DEBIET OP HET
BINNEN TALUD VAN DE OVERLOOPDIJK

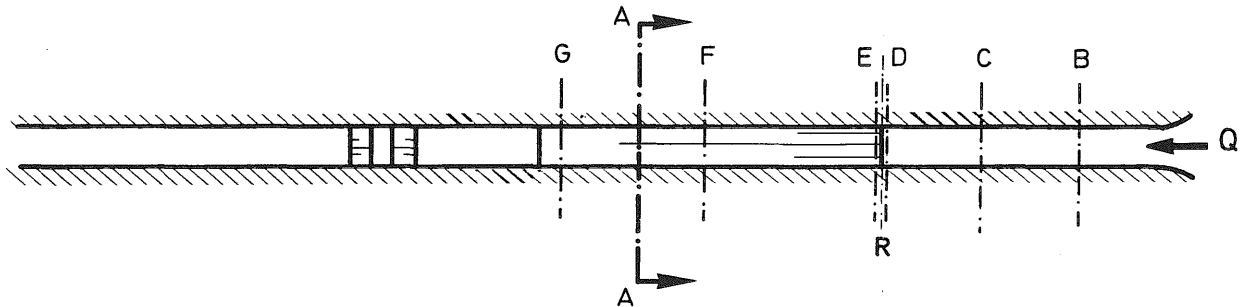
Symbol	V Bepaald uit
*- - - - *	maquette 3 (berekende snelheid uit verhanglijnberekening)
• - - - •	hoogtemeting
* - - - *	pitot
— — — —	16/4 (mod 395-1) maquette 1 (bijl 5)
- - - - -	16/4 (mod 395-1) geextrapoleerd (bijl 5)



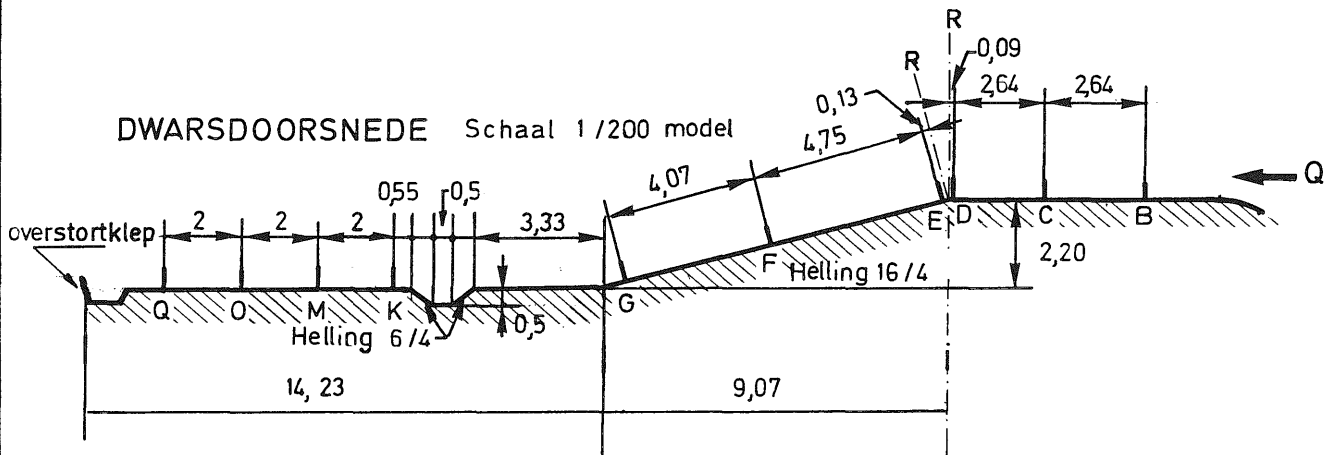
schalen: 1/200
1/100
maten m model

OVERZICHTSPLAN MAQUETTE 3bis (modelschaal 1/3)

BOVENAANZICHT Schaal 1/200 model

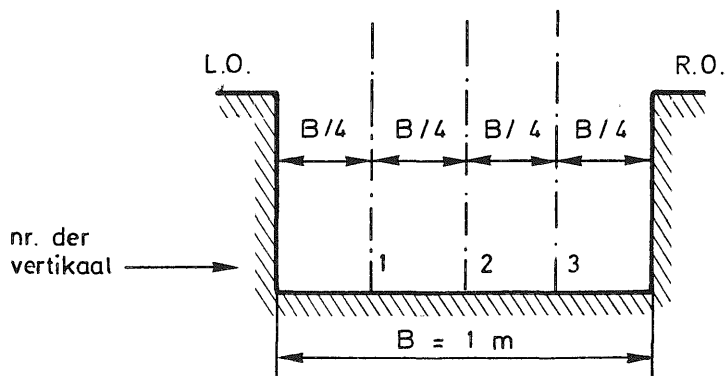


DWARSDOORSNEDE Schaal 1/200 model



DOORSNEDE AA Schaal 1/100 model

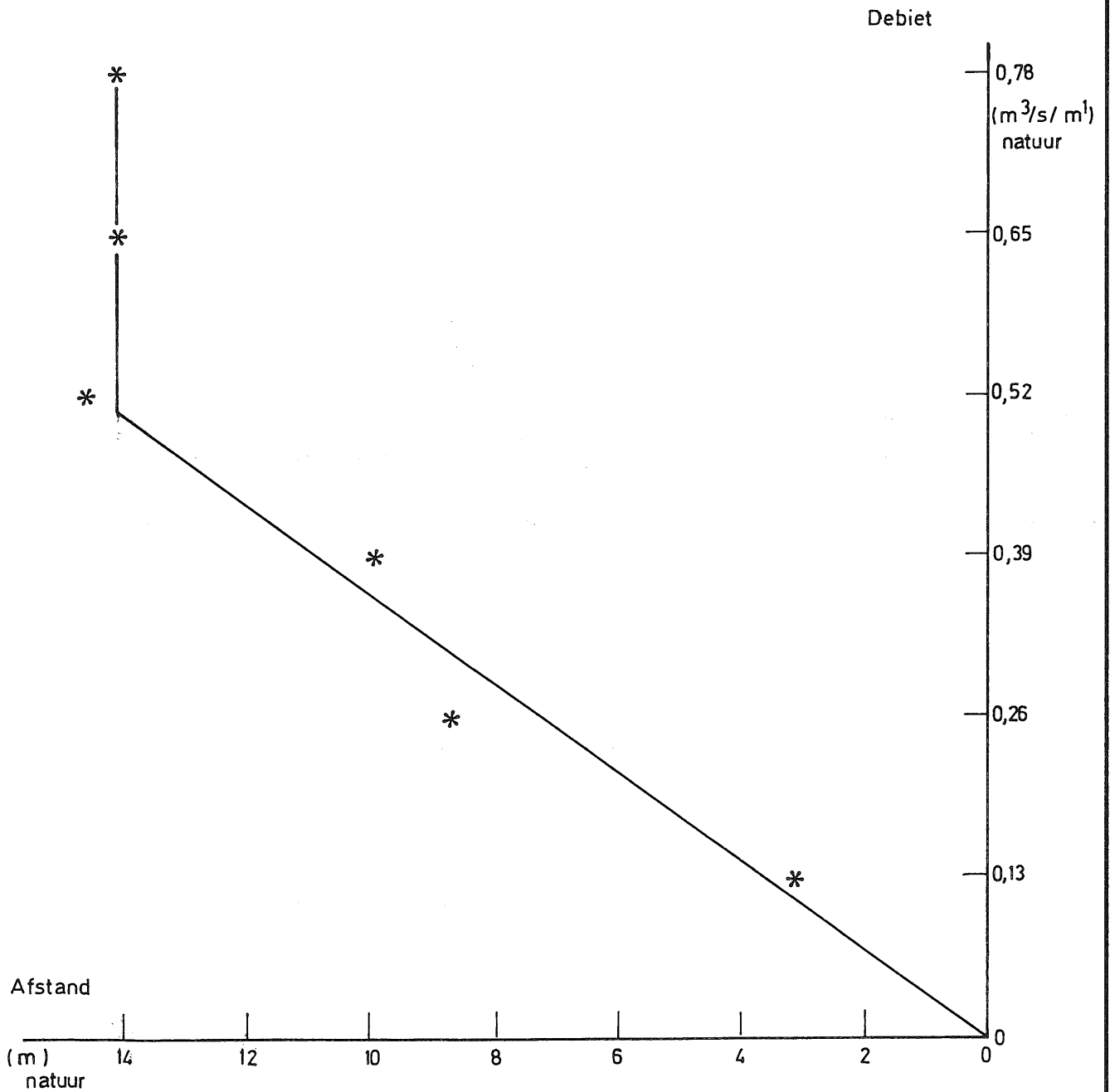
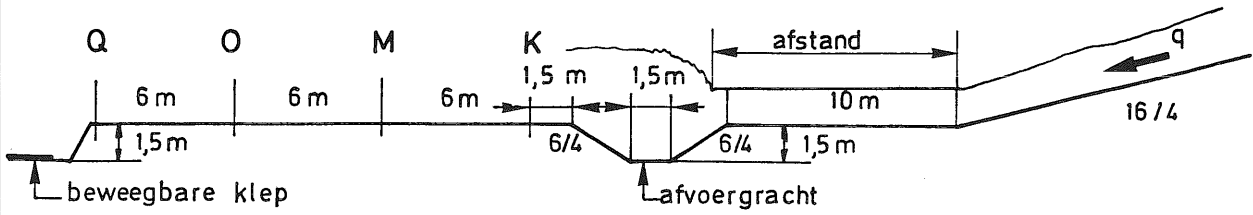
Plaats der meetraaien



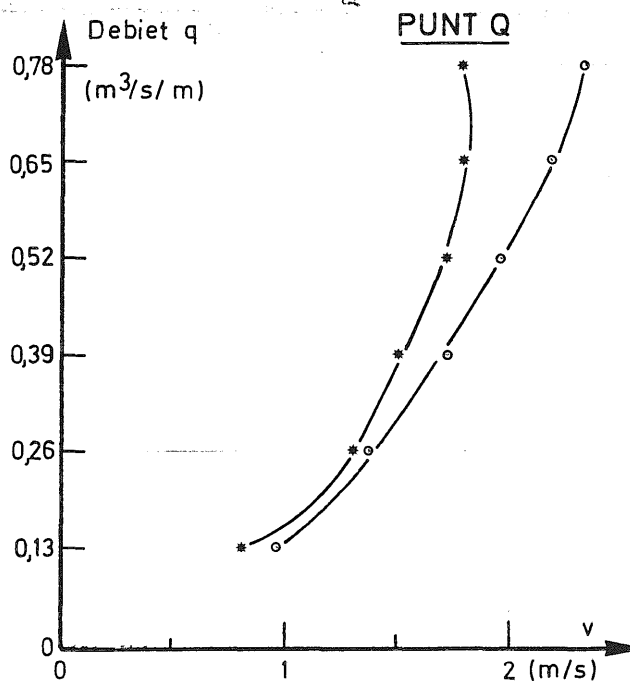
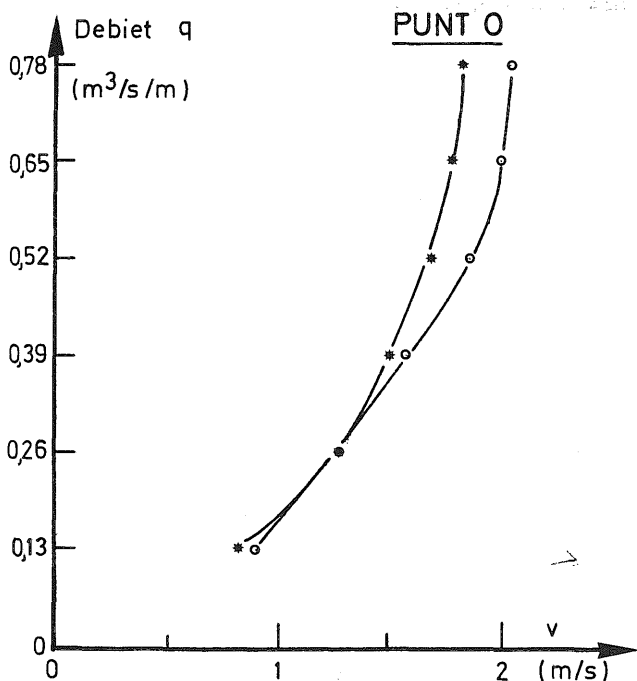
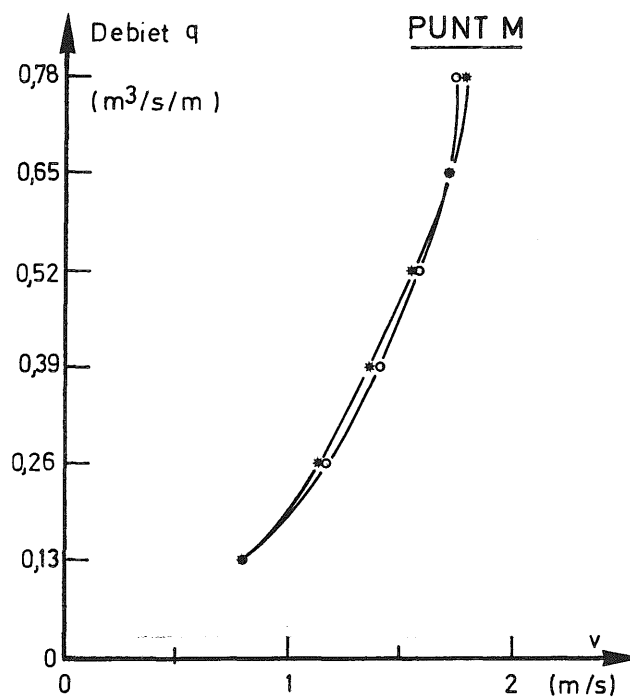
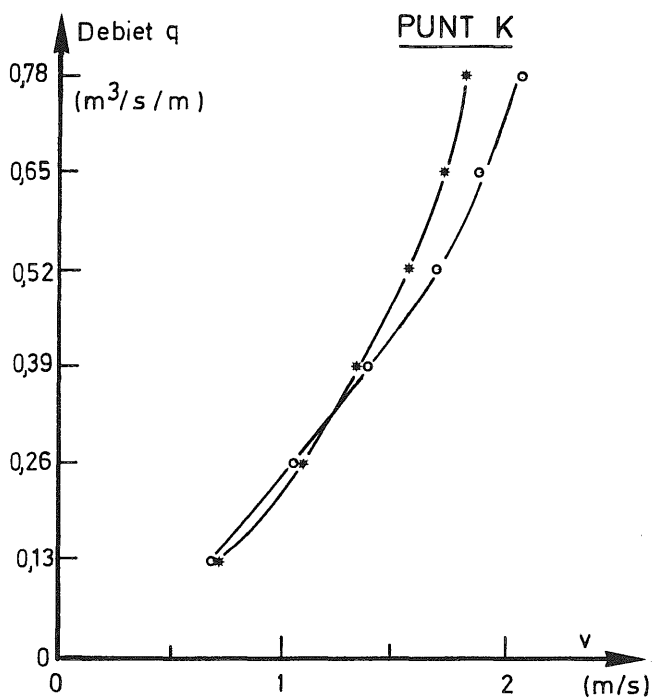
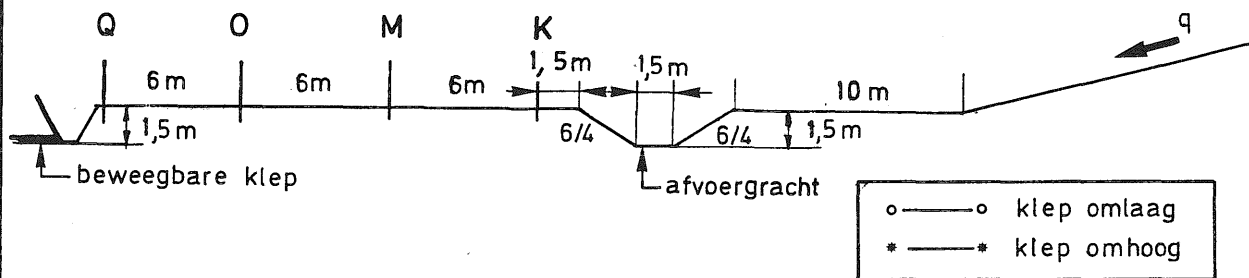


maten m natuur

STABILISATIE VAN DE WATERSPRONG (maquette 3 bis)

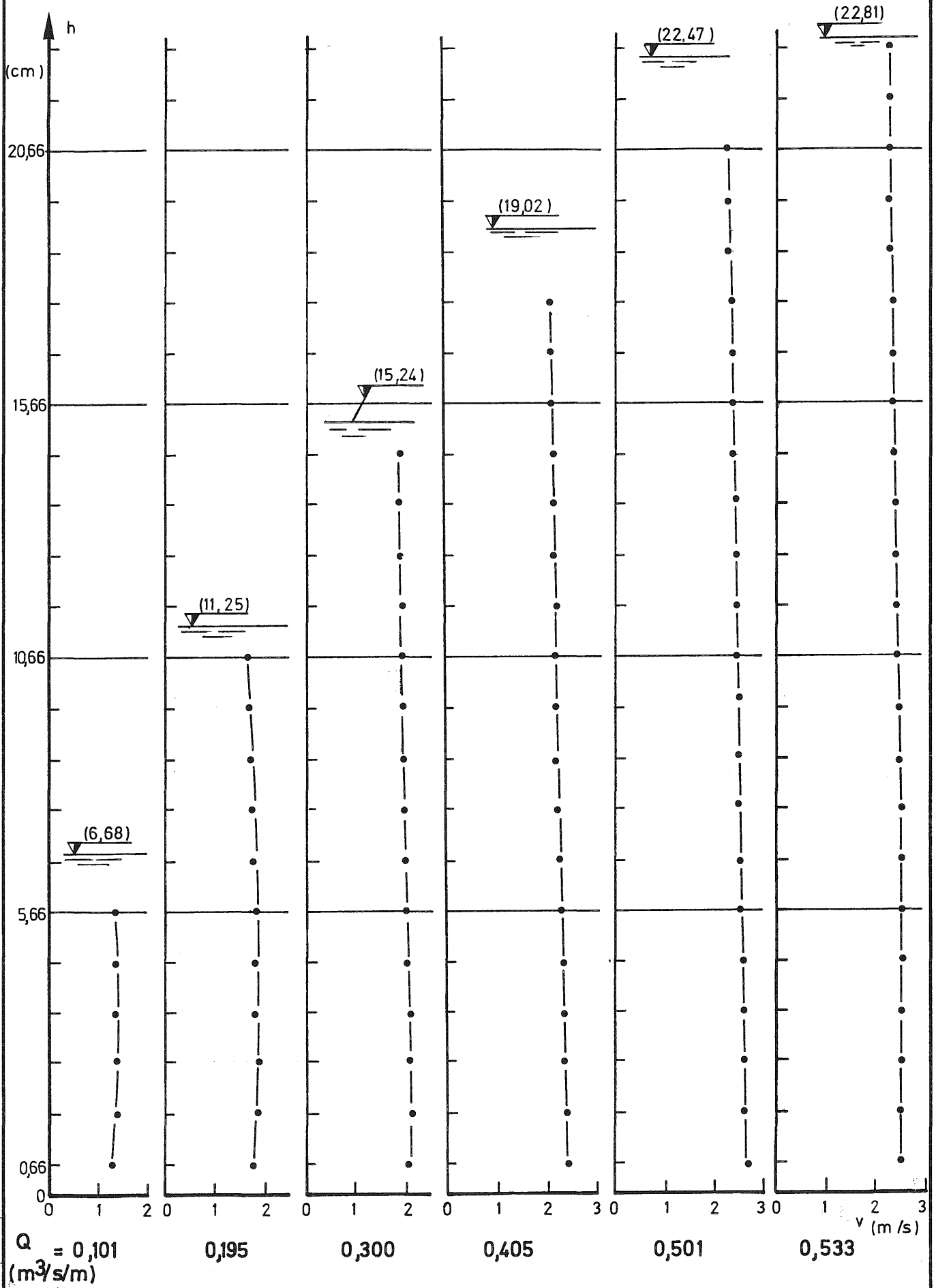


**SNELHEIDSVERDELING ACHTER DE WATERSPRONG
(maquette 3bis)**





SNELHEIDSPROFIELEN PUNT E (maquette 3) VAN BIJL 1



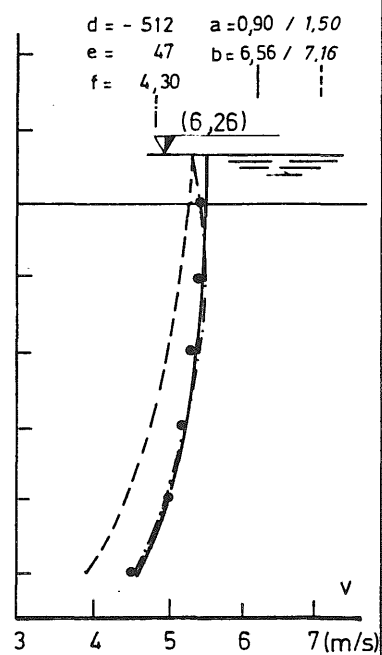
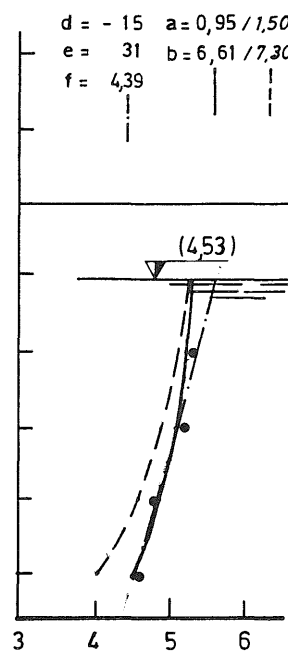
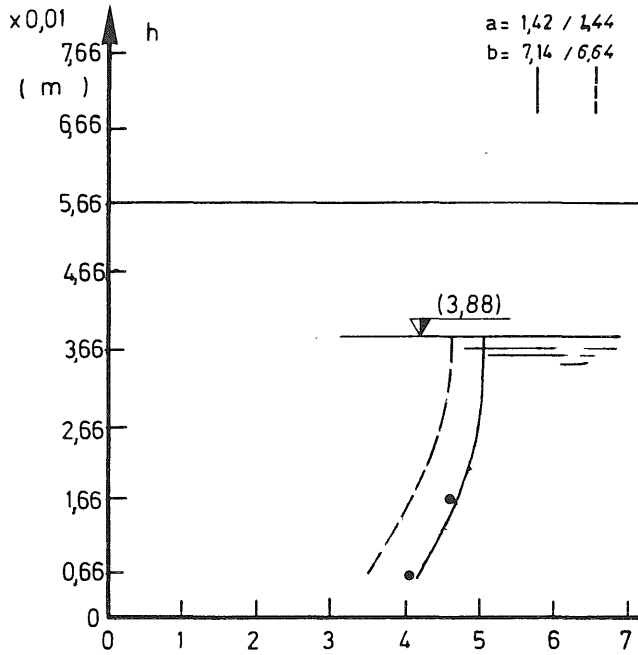
W.L. 79/452



opgemeten waarden ——— logaritm.
" ——— 2de gr. vgl.
theorie Prandtl - - - - - logaritm.
Von Karman

SNELHEIDSPROFIELEN

PUNT F VAN BIJL 1



$Q = 0,101$
($m^3/s/m$)

$Q = 0,195$

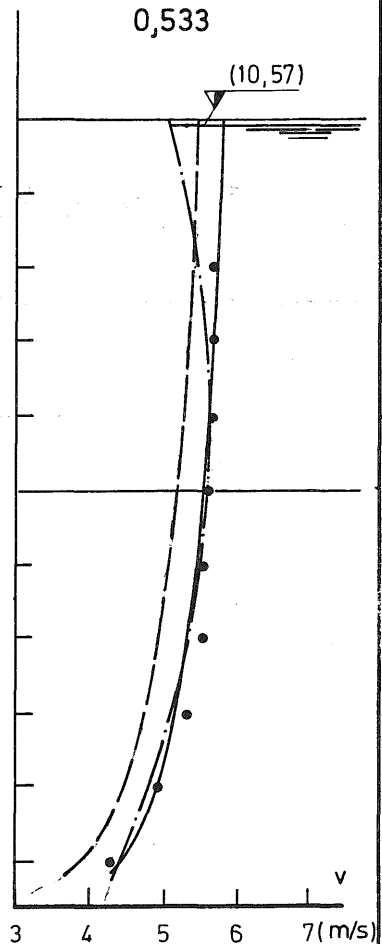
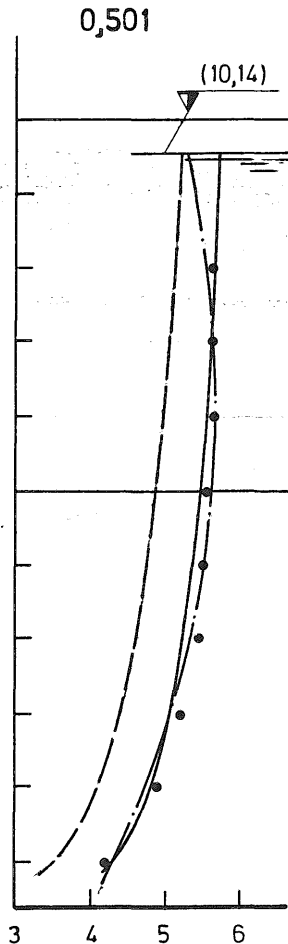
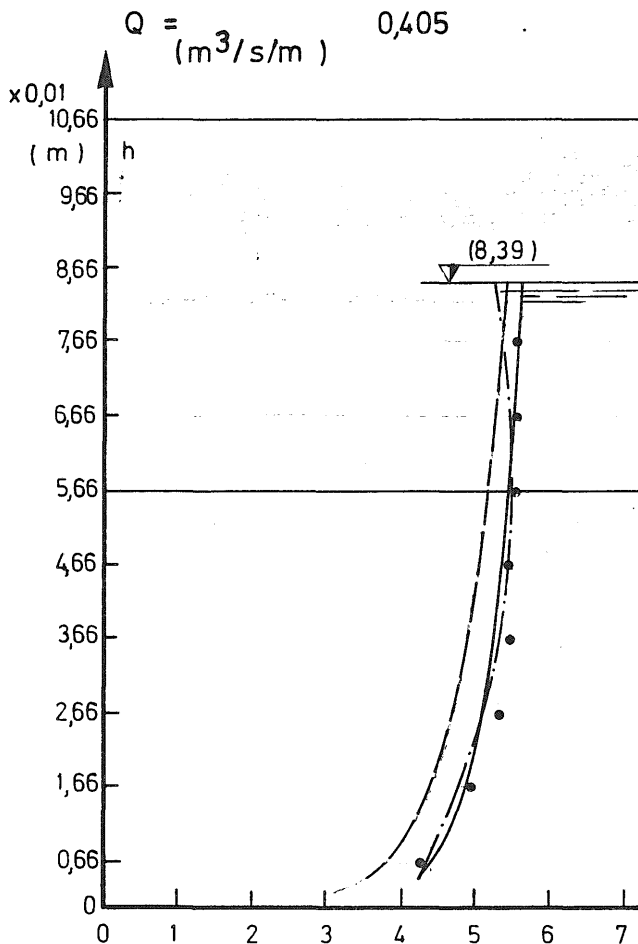
$Q = 0,300$

$v = dh^2 + eh + f$

of

$v = a \log h + b$

= meetpunt



$Q = 0,405$
($m^3/s/m$)

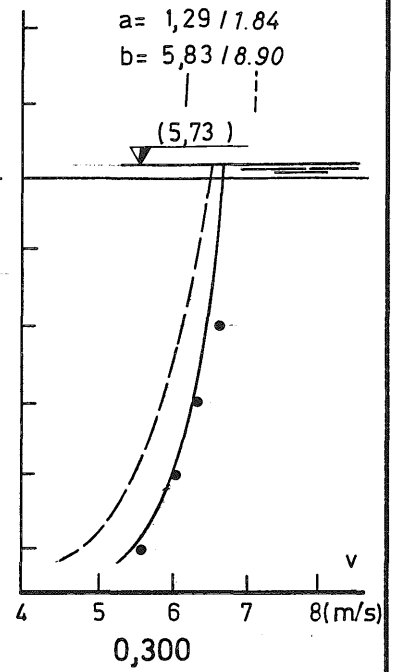
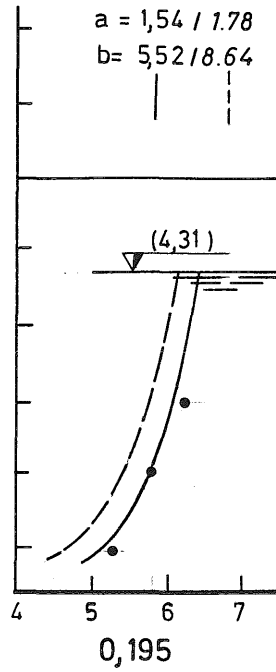
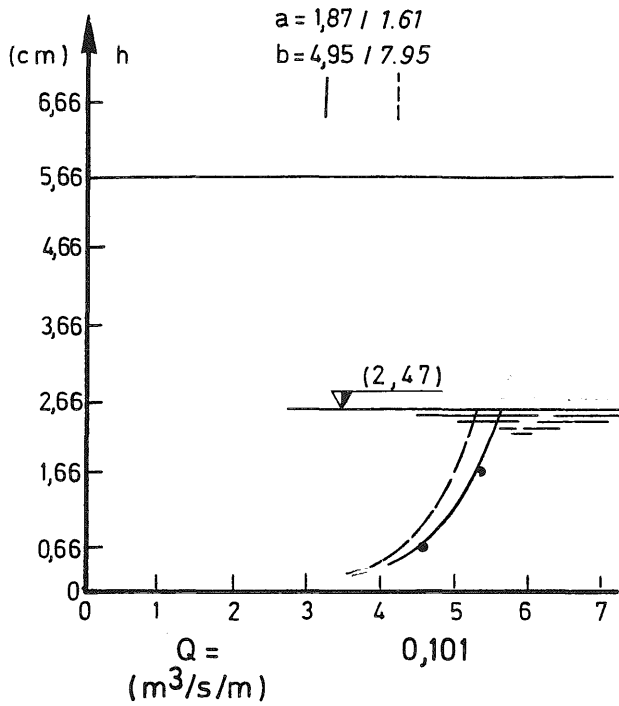
$Q = 0,501$

$Q = 0,533$

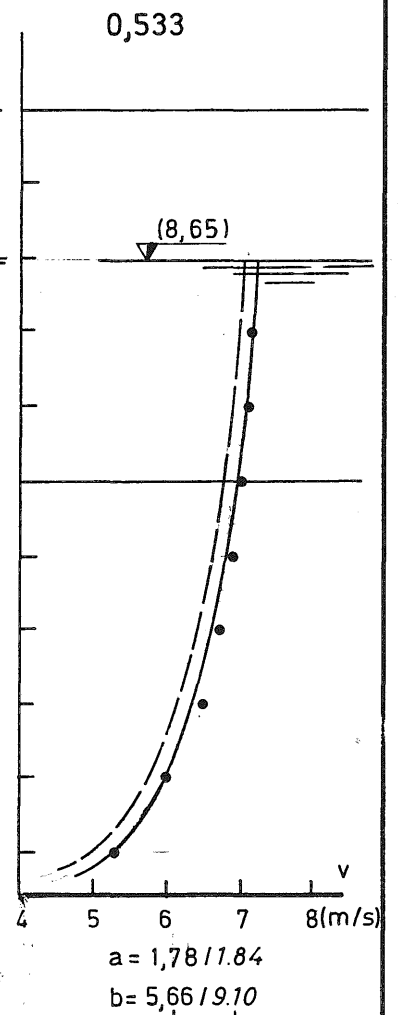
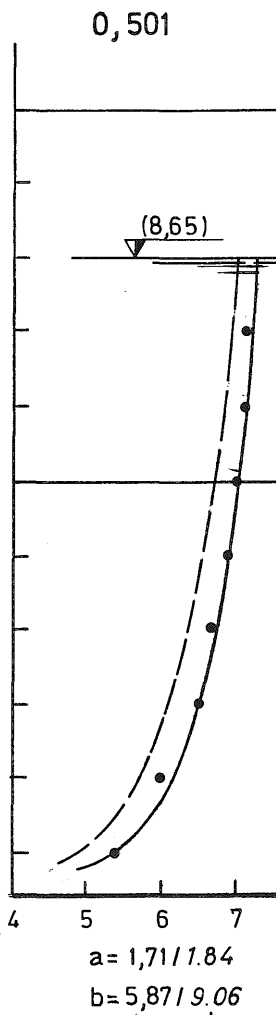
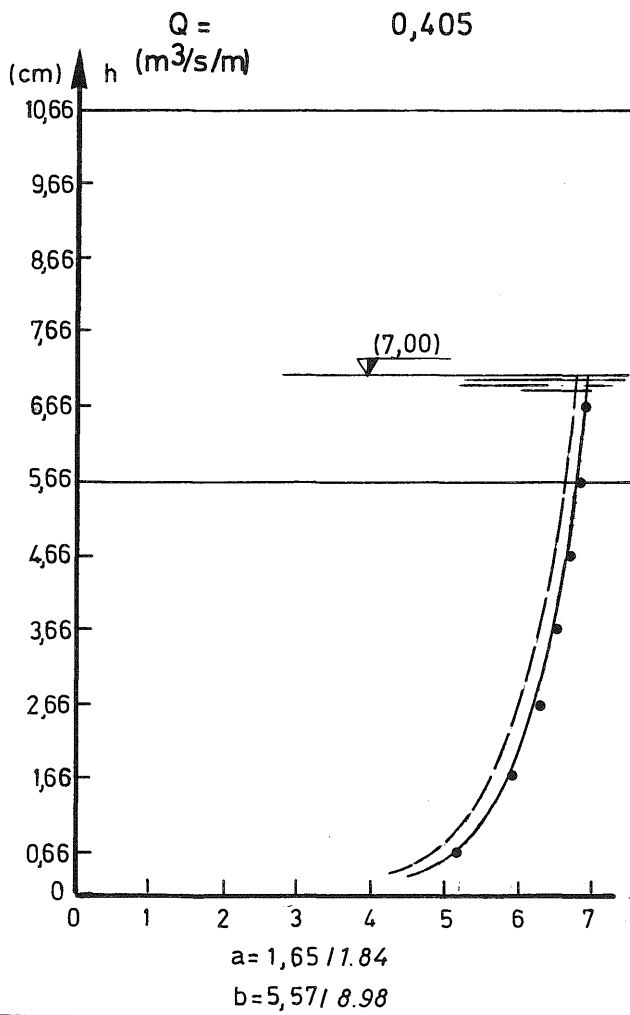


opgemeten waarden ——— logaritm.
theorie Prandtl - - - - - logaritm.
Von Karman

SNELHEIDSPROFIELEN PUNT G VAN BIJL 1



$v = a \log h + b$





VERGELIJKING MEERPUNTSNELHEIDSMETING EN METING
VOLGENS EENPUNTS OF DRIEPUNTSMETHODE

	1	2	3	4
	Debiet Q ($m^3/s/m^1$)	Snelheid (m/s) (1 of 3 punt)	Snelheid (m/s) (elke cm)	Vershil kolom 2 t.o.v. kolom 3 in %
E	0.101	1.38	1.33	4
	0.195	1.78	1.74	2
	0.300	1.99	1.98	1
	0.405	2.23	2.23	0
	0.501	2.50	2.42	3
	0.533	2.46	2.44	1
	gemiddelde	2.06	2.44	2
F	0.101	4.48	4.33	3
	0.195	4.91	4.79	3
	0.300	5.04	5.13	-2
	0.405	5.33	5.23	2
	0.501	5.43	5.28	3
	0.533	5.44	5.36	1
	gemiddelde	5.11	5.02	2
G	0.101	4.88*	4.99	-2
	0.195	5.83	5.76	1
	0.300	6.21	6.17	1
	0.405	6.26	6.34	-1
	0.501	6.70	6.67	0
	0.533	6.70	6.59	0
	0.5 gemiddelde	6.10	6.09	0

* Eenpuntsmethode.

VERGELIJKING METINGEN — THEORIE PRANDTL
 VON KARMAN

Q	v	h = R	$R^{0,33} = h^{0,33}$	u_f	V _{max}	Volgens Prandtl - Von Kàrmàn $v = a \log h + b$		Volgens meest waar- schijnlijke log. krommè door de meetpunten $v = a \log h + b$	
						a	b	a	b
PUNT F									
0,101	4,6	0,0388	0,34	0,25	4,61	1,44	6,64	1,42	7,14
0,195	5	0,0453	0,36	0,26	5,29	1,50	7,30	0,95	6,61
0,300	5,2	0,0626	0,40	0,26	5,36	1,50	7,16	0,90	6,56
0,405	5,4	0,0839	0,44	0,25	5,10	1,44	7,05	1,16	6,94
0,501	5,5	0,101	0,47	0,25	5,58	1,44	6,72	1,24	7,05
0,533	5,6	0,157	0,54	0,24	5,63	1,38	6,98	1,16	7,02
$m^3/s/m^1$	m/s	m	m	m/s	m/s	volgens Prandtl - Von Kàrmàn		Volgens meest waar- schijnlijke log. kromme door de meetpunten $= a \log h + b$	
						a	b	a	b
PUNT G									
0,101	4,9	0,0247	0,29	0,28	5,36	1,61	7,95	1,87	8,69
0,195	5,9	0,0431	0,35	0,31	6,21	1,78	8,64	1,54	8,62
0,300	6,3	0,0573	0,39	0,32	6,62	1,84	8,90	1,29	8,42
0,405	6,3	0,07	0,42	0,32	6,85	1,84	8,98	1,65	8,87
0,501	6,9	0,0865	0,45	0,32	7,10	1,84	9,06	1,71	9,29
0,533	6,8	0,0865	0,45	0,32	7,14	1,84	9,10	1,78	9,23

editie

WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM

BERCHEMLEI 115
2200 BORGERHOUT
BELGIE
TELEFOON 031/36.18.50.



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be