MODELONDERZOEK "FLAT-V TRIANGULAR PROFILE WEIR"

MEETPUNT 6 GULP

Nota No. 34

Laboratorium voor
Hydraulica en Afvoerhydrologie
Landbouwhogeschool
november 1975
(70-55)

INHOUD

	pagina
1. Inleiding	1
2. Modelonderzoek	2
2.1. Vóóronderzoek	2
2.2. De afvoerrelatie	2
2.2.1. Ongestuwde afvoeren	2
2.2.2. Gestuwde afvoeren	5
2.2.3. Sediment	6
2.2.4. Nauwkeurigheid van de debietmeting	7
3. Samenvatting en conclusies	10
4. Literatuur	11

BIJLAGEN

1. Nauwkeurigheidscontrole regressie berekening meetcijfers onge-	12
stuwde afvoeren, veldmeting	13
2. Afvoertabel	14
3. Afleiding afvoerformule samengesteld profiel	15
4. Verband tussen bovenstroomse energiehoogte en overstorthoogte	17
Berekening natte oppervlakten dwarsprofielen C' en AA	18
5. Gestuwde afvoeren (meetcijfers en berekeningen)	20
Berekening "Drowned Flow Reduction Factor"	21

5 figuren.

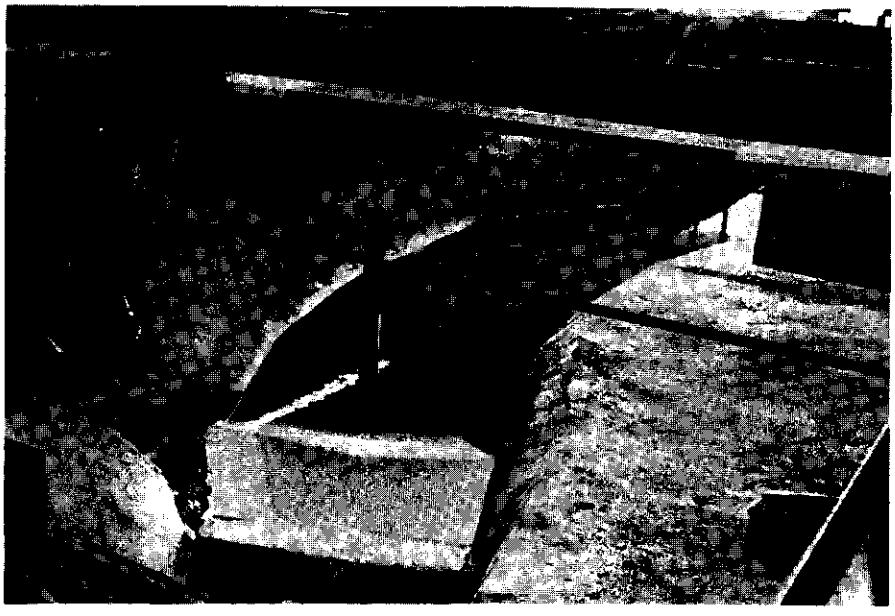


Foto W.L.Delft.

INLEIDING

In samenwerking met de vakgroep Bodemkunde en Geologie van de Landbouwhogeschool werd in de bovenloop van de Gulp bij Hombourg (België) een afvoermeetpunt ingericht. Dit meetpunt vormt het lozingspunt van een stroomgebied van ongeveer 600 ha. In dit stroomgebied verricht de vakgroep Bodemkunde en Geologie een geo-hydrologisch onderzoek.

Na een voorbereidend modelonderzoek waarbij vooral werd gelet op de stijging van het bovenstroomse waterpeil bij de bouw van een stuw, werd gekozen voor een "Flat-V triangular profile" stuw zoals deze o.m. door White[1)] wordt beschreven. De hellingen van het lengteprofiel van de stuw bedragen: 1 : 2 (bovenstroomse zijde) en 1 : 5 (benedenstroomse zijde). In dwarsrichting zijn de hellingen van de V-vormige kruin 1 : 10 (zie ook fig. 1.b en fotopagina).

Aangezien de stuw in eigen beheer moest worden vervaardigd, werd afgezien van een aanstroomkanaal met rechthoekige dwarsdoorsnede (White[1)]). De eigenlijke stuw werd direkt in de -ter plaatse beklede- beek gebouwd. Het dwarsprofiel van de beek is trapeziumvormig. De stuw werd gemaakt van gewapend beton. De lokatie van de stuw werd gekozen juist bovenstrooms van een bestaande bodemval. De kans op verdrinking bij hoge afvoeren wordt hierdoor verkleind. Het laagste punt van de stuwkruin kon, in verband met de kans op overstroming bij hoge afvoeren van de lage linker oever, niet meer dan 20 cm boven de bodem van de beek worden gelegd. Doordat de uitvoering afweek van de standaardvoorschriften, was het noodzakelijk om achteraf een schaalmodel van de stuw in het laboratorium te ijken. In het model kon ook de invloed van verdrinking en aanslibbing op de afvoerrelatie worden onderzocht.

Veldmetingen werden verricht door medewerkers van de vakgroepen Bodemkunde en Geologie en Hydraulica en Afvoerhydrologie van de Landbouwhogeschool. Toestemming voor de bouw van de stuw werd verkregen van "Gouvernement Provincial de Liège" (brief no. 31.370/158, d.d. 15 mei 1975). De Bescherming Bevolking, Afd. Gulpen heeft tijdens het installeren van de stuw gedurende ongeveer 30 uur het water van de beek omgeleid.

Het modelonderzoek werd verricht door Ir. R.H. Pitlo.

MODELONDERZOEK

Vóóronderzoek

Direkt bovenstrooms van het meetpunt komen in de beek een tweetal bochten voor (fig. 1^A). Het stromingsbeeld nabij de stuw kan door deze bochten worden beïnvloed. Het nabootsen van een beekgedeelte van ongeveer 35 meter lengte was daarom noodzakelijk. Bij een modelschaal van 1 : 4 bleek het juist mogelijk om dit beekgedeelte in de beschikbare modelgoot onder te brengen. De bij een modelschaal van 1 : 4 behorende debietenschaal bedraagt volgens de modelwet van Froude 1 : 32.

Alvorens in het nagebootste beekgedeelte werd overgegaan tot de bouw van de stuw, werd eerst, bij een debiet overeenkomende met 71 l/sec in werkelijkheid, het verloop van de verhanglijn gemeten. In het veld was dit reeds eerder gebeurd. In fig. 2 is het verloop van beide verhanglijnen weergegeven. De verhanglijn in het model bleek vrij sterk af te wijken van die in werkelijkheid. Nadat enkele details in het model van de waterloop beter op schaal waren nagebootst, werd een vrij goede overeenkomst met de werkelijkheid verkregen (fig. 2). Vervolgens werd in het model van de waterloop de stuw nagebootst. Evenals in het prototype werd in het model het oppervlak van de stuw met cementpoeder ingestrooid en glad gepleisterd. Het model werd vervolgens met een laag verf afgewerkt (zie foto's). Omdat de bodem en zijwanden van het beekprofiel met bazaltblokken zijn bekleed, was het zonder ernstige beschadiging van deze bekleding niet mogelijk om buiten het beekprofiel een peilbuis te plaatsen. Gekozen werd daarom voor een opstelling zoals is weergegeven in fig. 1 en op de foto's. De peilbuis werd voorzien van 4 vertikale rijen gaten (fig. 1^B). Om de invloed van verdrinking op de afvoerrelatie na te gaan werd in het model benedenstrooms van de bodemval een tweede peilbuis (h_2) aangebracht (zie fig. 1^B).

. De afvoerrelatie

.1. Ongestuwde afvoeren

In het model werden bij een reeks bekende debieten telkens de bijbehorende overstorthoogten (h_1) gemeten. De resultaten van de modelmetingen zijn weergegeven in figuur 3.

Tot op heden kon slechts één afvoermeting in het veld worden verricht

bij $\pm$ 50 l/sec. De uitkomst wijkt minder dan 5% af van de modelmetingen (zie bijlage 1).

Door middel van een regressieberekening met behulp van logarithmen werd uit de meetcijfers voor ongestuwde afvoeren het volgende empirische verband tussen het debiet (Q) en de overstorthoogte (h_1) gevonden:

$$\log Q = a + b \log(h_1) + c\{\log(h_1)\}^2 \qquad \ldots\ldots (1)$$

met

a = 1.6855

b = 2.5755

c = -0.2408

Hierbij geldt: Q in liters per seconde en h_1 in decimeters.
De met behulp van deze formule berekende debieten ($Q_{berekend}$) bleken bij controle minder dan 2% af te wijken van de in het model ingestelde debieten ($Q_{gemeten}$, zie bijlage 1). In bijlage 2 is het met formule (1) berekende verband tussen het debiet en de overstorthoogte in tabelvorm weergegeven.

Het is ook mogelijk om voor de stuw langs theoretische weg een verband af te leiden tussen de overstorthoogte en het debiet.

Voor een driehoekig dwarsprofiel kan worden afgeleid[4]:

$$Q = C_d \cdot \frac{16}{25} \left(\frac{2}{5} g\right)^{1/2} \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} H_1^{5/2} \qquad \ldots\ldots (2)$$

waarbij: $H_1 \leq 1.25\ y_g$

In formule (2) is:

Q = debiet (m^3/sec)

C_d = afvoercoëfficiënt (-)

g = versnelling van de zwaartekracht (m/sec^2)

Θ = tophoek driehoekig dwarsprofiel (^{o});
hier is $\operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} = 10$.

H_1 = bovenstroomse energiehoogte (m)

y_g = grensdiepte (m)

Formule (2) is geldig voor lange en korte overlaten met een driehoekig dwarsprofiel (zie literatuur 4).

White[1)] geeft als afvoerformule:

$$Q = C_d \cdot \frac{4}{5}\sqrt{g}\, tg\, \frac{\Theta}{2}\, H_{1_e}^{5/2} \qquad \ldots\ldots (3)$$

Hierin is $H_{1_e} = H_1 - K_h$, de effectieve energiehoogte, dit is: de energiehoogte bovenstrooms verminderd met een korrectiefactor voor schaaleffecten. Bij het onderzochte stuwtype[*)] komt White tot een waarde voor K_h van 0.0008 m. Behalve door het gebruik van de effectieve energiehoogte verschillen de formules (2) en (3) een factor $\frac{4}{5}\sqrt{\frac{2}{5}}$.

Om de berekende waarden van de afvoercoëfficiënten C_d uit de formules (2) en (3) te kunnen vergelijken, werd in formule (2) H_{1_e} ingevoerd en werden de door White gevonden uitkomsten van C_d met $\frac{1}{4/5\sqrt{2/5}} = 1{,}976$ vermenigvuldigd. Het resultaat is weergegeven in figuur 4. Hierin is C_d uitgezet als functie van H_{1_e}/H_B.[**)] De beide reeksen punten komen vrij goed met elkaar overeen, ondanks dat meetstuw 6 door een iets scheve ligging, een ondiep trapeziumvormig aanstroomkanaal en een afwijkende meetplaats voor H_1 nogal verschilt van het door White onderzochte model. Bij een bovenstroomse energiehoogte (H_1) groter dan 1,25 y_g, stroomt het water niet langer binnen het driehoekige dwarsprofiel boven de kruin. Formule (2) mag niet meer worden toegepast. Wel kan voor het samengestelde dwarsprofiel een formule worden afgeleid (zie bijlage 3).

Hiertoe wordt dit profiel vervangen door een trapeziumvormig dwarsprofiel met bodembreedte x.

De verkregen formule luidt:

$$Q = C_d\{x.y_g' + \frac{1}{m}.y_g'^2\}\{2g(H_1' - y_g')\}^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots\ldots (4)$$

Hierin is

Q = debiet (m^3/sec)

C_d = afvoercoëfficiënt (-)

x = bodembreedte van het vervangende trapeziumvormige profiel (m)

y_g' = grensdiepte t.o.v. vervangende bodem (m)

m = helling zijwanden trapezium (m:1, m verticaal, hier is m = 0.85)

H_1' = energiehoogte t.o.v. vervangende bodem (m).

Uit de veldmetingen is in bijlage 3 berekend, dat voor deze stuw geldt:

---

*) Lengteprofiel 1 : 2 bovenstrooms en 1 : 5 benedenstrooms, dwarsprofiel 1 :10.

**) H_B = verschil tussen laagste en hoogste punt van het driehoekige dwarsprofiel (0.14 m, zie bijlage 3)

TABEL 1: y_g'/H_1' als functie van m en H_1'/x voor trapeziumvormige profielen.
(Overgenomen uit: H.W. KING and E.F. BRATER, Handbook of Hydraulics, McGraw-Hill Book Company, 1963.)

H_1'/x	Side slopes of channel, ratio of horizontal to vertical (1 : m)									
	Vertical	¼:1	½:1	¾:1	1:1	1½:1	2:1	2½:1	3:1	4:1
.00		.667	.667	.667	.667	.667	.667	.667	.667	.667
.01	.667	.667	.667	.668	.669	.669	.670	.670	.671	.672
.02	.667	.667	.668	.669	.670	.671	.672	.674	.675	.678
.03	.667	.668	.669	.670	.671	.673	.675	.677	.679	.683
.04	.667	.668	.670	.671	.672	.675	.677	.680	.683	.687
.05	.667	.668	.670	.672	.674	.677	.680	.683	.686	.692
.06	.667	.669	.671	.673	.675	.679	.683	.686	.690	.696
.07	.667	.669	.672	.674	.676	.681	.685	.689	.693	.699
.08	.667	.670	.672	.675	.678	.683	.687	.692	.696	.703
.09	.667	.670	.673	.676	.679	.684	.690	.695	.698	.706
.10	.667	.670	.674	.677	.680	.686	.692	.697	.701	.709
.12	.667	.671	.675	.679	.684	.690	.696	.701	.706	.715
.14	.667	.672	.676	.681	.688	.693	.699	.705	.711	.720
.16	.667	.672	.678	.683	.687	.696	.703	.709	.715	.725
.18	.667	.673	.679	.684	.690	.698	.706	.713	.719	.729
.20	.667	.674	.680	.686	.692	.701	.709	.717	.723	.733
.22	.667	.674	.681	.688	.694	.704	.712	.720	.726	.736
.24	.667	.675	.683	.689	.696	.706	.715	.723	.729	.739
.26	.667	.676	.684	.691	.698	.709	.718	.725	.732	.742
.28	.667	.676	.686	.693	.699	.711	.720	.728	.734	.744
.30	.667	.677	.686	.694	.701	.713	.723	.730	.737	.747
.32	.667	.678	.687	.696	.703	.715	.725	.733	.739	.749
.34	.667	.678	.688	.697	.705	.717	.727	.735	.741	.751
.36	.667	.679	.690	.699	.706	.719	.729	.737	.743	.752
.38	.667	.680	.691	.700	.708	.721	.731	.738	.745	.754
.40	.667	.680	.692	.701	.709	.723	.733	.740	.747	.756
.42	.667	.681	.693	.703	.711	.725	.734	.742	.748	.757
.44	.667	.681	.694	.704	.712	.727	.736	.744	.750	.759
.46	.667	.682	.695	.705	.714	.728	.737	.745	.751	.760
.48	.667	.683	.696	.706	.715	.729	.739	.747	.752	.761
.5	.667	.683	.697	.708	.717	.730	.740	.748	.754	.762
.6	.667	.686	.701	.713	.723	.737	.747	.754	.759	.767
.7	.667	.688	.705	.716	.728	.742	.752	.758	.761	.771
.8	.667	.692	.709	.723	.732	.746	.756	.762	.767	.774
.9	.667	.694	.713	.727	.737	.750	.759	.766	.770	.776
1.0	.667	.697	.717	.730	.740	.754	.762	.768	.773	.778
1.2	.667	.701	.723	.737	.747	.759	.767	.772	.776	.782
1.4	.667	.706	.729	.742	.752	.764	.771	.776	.779	.784
1.6	.667	.709	.733	.747	.756	.767	.774	.778	.781	.786
1.8	.667	.713	.737	.750	.759	.770	.776	.781	.783	.787
2	.667	.717	.740	.754	.762	.773	.778	.782	.785	.788
3	.667	.730	.753	.766	.773	.781	.785	.787	.790	.792
4	.667	.740	.763	.773	.778	.785	.788	.790	.792	.794
5	.667	.748	.768	.777	.782	.788	.791	.792	.794	.795
10	.667	.768	.782	.788	.791	.794	.795	.796	.797	.798
∞		.800	.800	.800	.800	.800	.800	.800	.800	.800

$x = 2.68$ m en $H_1' = H_1 + 0.07$ m. Y_g' moet met behulp van tabel 1 worden bepaald. Uit formule (4) zijn voor een aantal modelmetingen de waarden van de afvoercoëfficiënt C_d berekend. Het resultaat is weergegeven in figuur 4. Ook bij deze berekening (zie bijlage 3) werd H_1' vervangen door H_{1_e}' ($H_{1_e}' = H_1' - K_h$). De uitkomsten blijken goed aan te sluiten bij de met behulp van formule (2) berekende waarden van C_d voor het driehoekig gedeelte van het dwarsprofiel. C_d blijkt bij toenemende debieten te stijgen.

Als bovengrens voor de bruikbaarheid van een debietmeetinrichting kan een waarde van 0.5 van het Froude getal ($Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$) in de aanvoerleiding worden gehanteerd. Bij hogere Froude getallen ontstaat een hinderlijke golving. Berekend kan worden, dat bij een overstorthoogte (h_1) van ongeveer 0,51 m het Froude getal 0.5 bedraagt. De waterdiepte y in de aanvoerleiding bedraagt dan ongeveer 0.65 m en de gemiddelde snelheid $\bar{v} \approx 1.27$ meter per sec. Bij grotere overstorthoogten worden de uitkomsten van de debietmeting onbetrouwbaar.

Samenvattend kan worden opgemerkt, dat voor bijna het gehele traject van mogelijke overstorthoogten van meetstuw 6 de afvoeren kunnen worden berekend uit de bovenstroomse energiehoogte (H_1) en de formules (2) en (4). In de formules (2) en (4) moet dan resp. H_{1_e} en H_{1_e}' worden gebruikt. Het verband tussen bovenstroomse energiehoogte (H_1) en overstorthoogte (h_1) is weergegeven in bijlage 4.

. Gestuwde afvoeren

De invloed van de benedenwaterstand op de relatie tussen afvoer en bovenwaterstand werd in het model onderzocht met behulp van een peilbuis (h_2) welke op een afstand overeenkomende met $\pm$ 1.60 m in werkelijkheid benedenstrooms van de bodemval was geplaatst (zie figuur 1[A]).

Bij een vijftal debieten werd de benedenwaterstand trapsgewijze verhoogd. Telkens na het bereiken van een evenwicht werden de waarden van h_1 en h_2 afgelezen. Door interpolatie kon uit de metingen het verband tussen de "verdrinkingsgraad" (h_2/h_1) en de verhoging van de bovenwaterstand (Δh_1) worden afgeleid. In figuur 3, de Q-h relatie, is dit verband weergegeven. Het blijkt, dat bij een konstante afvoer de bovenwaterstand begint te stijgen indien de verdrinkingsgraad groter wordt dan ongeveer 0.65 (zie ook bijlage 5).

Men kan stellen, dat de overlaat moduul is zolang bij een konstante overstorthoogte de reductie van het debiet ten gevolge van verdrinking minder dan 1% bedraagt. Om te onderzoeken hoe de "flat-V triangular profile weir" zich

in dit opzicht gedraagt, is in figuur 5 voor drie verschillende debieten het verband uitgezet tussen H_2/H_1 en Q_D/Q_m. De verhouding Q_D/Q_m wordt genoemd de "Drowned flow reduction factor". Dit is dus het gereduceerde debiet ten gevolge van verdrinking (Q_D) gedeeld door het module debiet (Q_m) bij dezelfde bovenstroomse energiehoogte (H_1). Uit figuur 5 blijkt, dat afhankelijk van het debiet de overlaat nog moduul is tot H_2/H_1 = 0.65 bij 500 l/sec en tot H_2/H_1 = 0.76 bij 2500 l/sec. Deze uitkomsten komen goed overeen met de resultaten van White[1].

.3. Sediment

Uit veldwaarnemingen is gebleken, dat vooral bij hoge afvoeren grote hoeveelheden sediment door de Gulp worden getransporteerd. Bij lage afvoeren wordt sediment afgezet. Indien bovenstrooms van de stuw sediment wordt afgezet zou dit kunnen leiden tot een beïnvloeding van de afvoerrelatie. Tijdens het modelonderzoek is indicatief nagegaan of een verandering van de leidingruwheid en aanslibbing bovenstrooms van de stuw invloed hebben op de verkregen ijking.

Bij de eerste proef werd de wandruwheid veranderd door het strooien van grint (diameter 1-3 cm) in de waterloop (zie fotopagina). Tot een debiet overeenkomende met ongeveer 1000 l/sec in werkelijkheid werd weinig invloed van het grint op de Q-h relatie gevonden. Boven 1000 l/sec nam de invloed geleidelijk iets toe. Er trad enige daling op van h_1 in vergelijking met een schone waterloop bij hetzelfde debiet.

Door het strooien van zand in het model werd nagegaan wat het effect van sediment afzetting op de gevonden ijkrelatie zou kunnen zijn. Bij debieten groter dan overeenkomende met 1000 l/sec in werkelijkheid werd slechts weinig zand afgezet tussen peilbuis en stuw (zie fotopagina). Het zand werd grotendeels met het water over de stuw meegevoerd. Bij kleine debieten bleef er wel zand liggen tussen peilbuis en stuw. Ook in het veld is geconstateerd, dat bij lage afvoeren sediment wordt afgezet bovenstrooms van de stuw. In alle gevallen werd in het model enige daling van de waterstand gemeten in peilbuis h_1. Zolang niet kwantitatief is onderzocht wat het effect van sedimentafzettingen is op de ijkrelatie, wordt aangeraden om het beekgedeelte bovenstrooms van de meetinrichting regelmatig schoon te maken. Dit geldt vooral voor het gedeelte van de beek tussen meetpunt h_1 en de stuw.

2.4. Nauwkeurigheid van de debietmeting

Bij de bepaling van het debiet uit de gevonden afvoerrelaties is een aantal factoren van invloed op de nauwkeurigheid:

a. driehoekig dwarsprofiel

$$\text{formule (2): } Q = C_d \cdot \frac{16}{25} \left(\frac{2}{5} g\right)^{1/2} \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \cdot H_1^{5/2}$$

De factoren C_d; $C_v = \left(\frac{H_1}{h_1}\right)^{5/2}$; $\operatorname{tg} \frac{\Theta}{2}$ en h_1 leveren ieder een bijdrage in de bepaling van het debiet. De waarschijnlijke procentuele fout X_Q in de bepaling van het debiet kan worden berekend uit:

$$X_Q = \sqrt{X_{C_d}^2 + X_{C_v}^2 + X_{\operatorname{tg}\frac{\Theta}{2}}^2 + (2.5\, X_{h_1})^2}$$

X_{C_d}, de grootste te verwachten afwijking van de afvoercoëfficiënt C_d kan worden gesteld op 2%.

X_{C_v}, heeft betrekking op de afwijking van C_v. Bij toenemende debieten neemt de stroomsnelheid toe en ook C_v. Uit de literatuur [4] blijkt, dat voor de "flat-V triangular profile" stuw de waarschijnlijke fout in C_v kan worden voorgesteld door:

$$X_{C_v} = (10\, C_v - 8)\ \%$$

$X_{\operatorname{tg}\frac{\Theta}{2}}$ kan worden geschat op minder dan 0.5%. De bepaling van de tophoek met behulp van een waterpas instrument kon zeer nauwkeurig geschieden.

X_{h_1}. De overstorthoogte h_1 wordt geregistreerd op een peilschrijver met een overbrengverhouding van 5 : 1 (5 mm waterstandsverandering veroorzaakt 1 mm verandering in de registratie).
Uit eigen onderzoek is gebleken, dat bij dergelijke apparatuur de fout in het geregistreerde waterpeil kan worden geschat op 2 mm. Een afwijking van de nulstand van de peilschrijver kan een extra fout in de geregistreerde overstorthoogte veroorzaken. De grootte van deze fout kan worden geschat op maximaal 2 mm. De totale geschatte fout in de geregistreerde waterstand volgt dan uit:

$$\sqrt{2^2 + 2^2} \approx 3 \text{ mm}$$

De waarschijnlijke procentuele fout in de bepaling van de overstorthoogte wordt: $X_{h_1} = 100 \cdot 3/h_1$ % (h_1 in millimeters).

De waarschijnlijke procentuele fout in het berekende debiet met formule (2) bedraagt:

$$X_Q = \sqrt{2^2 + (10\ C_v - 8)^2 + (0{,}5)^2 + (2{,}5\ .\ 100\ .\ 3/h_1)^2}$$

Voor een drietal overstorthoogten is in onderstaande tabel de grootte van X_Q berekend.

h_1 (dm)	Q (1/sec)	X_{h_1} (%)	X_{C_v} (%)	X_Q (%)
0,6	12,7	5	2	12,8
1,0	48,5	3	2,1	8,0
1,7	135,4	1,8	2,4	5,4

Uit de berekening blijkt, dat bij kleine overstorthoogten een aanzienlijke fout in het berekende debiet kan optreden. Door het zeer nauwkeurig vaststellen van het nulpunt van de peilschrijver en het regelmatig controleren van dit nulpunt kan de fout in Q worden gereduceerd.

b. Samengesteld dwarsprofiel

$$\text{formule (4): } Q = C_d\{x\ y'_g + \frac{1}{m}\ y'^2_g\}\{2g(H'_{1_e} - y'_g)\}^{\frac{1}{2}}$$

Deze formule kan worden geschreven als:

$$Q = C_d(H'_{1_e})^{5/2}\ \{\frac{x}{H'_{1_e}}\ .\ \frac{y'_g}{H'_{1_e}} + \frac{1}{m}(\frac{y'_g}{H'_{1_e}})^2\}\{2g(1 - \frac{y'_g}{H'_{1_e}})\}^{\frac{1}{2}}$$

De volgende factoren leveren een bijdrage in de bepaling van het debiet: C_d; $C_v = (\frac{H_1}{h_1})^{5/2}$; x; m en h_1.

Evenals is beschreven onder a. kan de waarschijnlijke procentuele fout in C_d: X_{C_d} worden gesteld op 2% en in C_v: $X_{C_v} = (10\ C_v - 8)$ %.

De afwijkingen van x: X_x en van m: X_m zijn erg klein en zullen verder worden verwaarloosd.

De waarschijnlijke procentuele fout in de overstorthoogte (h_1) bedraagt evenals onder a.: $X_{h_1} = 100\ .\ \frac{3}{h_1}$ % (h_1 in millimeters).

We noemen $\{\frac{x}{H'_{1_e}}\ .\ \frac{y'_g}{H'_{1_e}} + \frac{1}{m}\ (\frac{y'_g}{H'_{1_e}})^2\}$: I en berekenen nu eerst de waarschijn-

lijke procentuele fout X_I. Hiertoe is voor een drietal overstorthoogten de term I uitgerekend zowel voor de gekozen overstorthoogten (h_1) als voor deze overstorthoogten vermeerderd met de geschatte totale fout in h_1 : (h_1 + 3 mm) (zie onder a.).
Eenzelfde berekening werd toegepast op de term II: $\{2g(1 - \frac{y'_g}{H'_{1_e}})\}$

Vervolgens werd de waarschijnlijke procentuele fout X_Q in het berekende debiet bepaald:

$$X_Q = \sqrt{X_{C_d}^2 + X_{C_v}^2 + (2{,}5\ X_{h_1})^2 + X_I^{\ 2} + (0{,}5\ X_{II})^2}$$

In onderstaand overzicht zijn een aantal uitkomsten van de berekening vermeld.

h_1 (dm)	h_1+3mm (dm)	Q (1/sec)	X_{h_1} (%)	X_{C_v} (%)	X_I (%)	X_{II} (%)	X_Q (%)
1.753	1.783	199.1	1.7	2.4	2.3	0.06	5.7
4.064	4.094	1460.7	0.7	4.6	0.9	0.02	5.3
5.284	5.314	2639.3	0.6	6.1	0.7	0.05	6.6

Uit de overzichten onder a. en b. blijkt, dat de waarschijnlijke procentuele fout in de berekening van Q voor ongestuwde afvoeren groter is dan 5%. Bij het meten van gestuwde afvoeren moet de waarschijnlijke fout in de bepaling van het debiet nog worden vermeerderd met X_E. Hierbij is $E = (Q_E - Q)/Q_E \cdot 100$ %. (Q_E is het module debiet dat hoort bij de verhoogde waterstand h_1 tijdens verdrinking.)

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Uit het modelonderzoek is het volgende gebleken:

- Past men op het driehoekige deel van het dwarsprofiel van meetpunt 6 afvoerformule (2) (zie pagina 3) toe en berekent men hieruit de afvoercoëfficiënt C_d, dan blijkt C_d goed overeen te komen met de op formule (2) herleide waarden van C_d uit de literatuur voor de "flat-V triangular weir".
- Voor het samengestelde dwarsprofiel (overstorthoogte groter dan ongeveer 17 cm) kan de afvoer worden berekend met behulp van formule (4) en tabel 1. De afvoercoëfficiënt is dan niet konstant, maar kan worden afgelezen uit figuur 4. (Let hierbij op het gebruik van H_{1_e} i.p.v. H_1!)
- Wenst men de afvoer rechtstreeks uit de overstorthoogte te bepalen, dan kan bijlage 2 worden gebruikt. De afwijkingen tussen de berekende debieten (bijlage 2) en de gemeten debieten (model) bedroegen minder dan 2%.
- De afvoerrelatie bleek weinig gevoelig te zijn voor verdrinking. Bij $H_2/H_1 < 0.65$ was in alle gevallen de afname van het debiet bij gelijke overstorthoogte minder dan 1%.
- Uit hoofdstuk 2.2.4. blijkt, dat de debieten niet nauwkeuriger dan op $\pm$ 6% kunnen worden bepaald. Het bijbehorende meetbereik ligt dan globaal tussen 50 en 2500 liter per seconde.
- Sediment afzettingen bovenstrooms van de stuw kunnen invloed hebben op de ijkrelatie. Nader onderzoek op dit punt is gewenst. Aanbevolen wordt om de beek bovenstrooms van de stuw regelmatig schoon te maken.
- Aanvullende veldmetingen van de afvoeren zijn gewenst om, ook bij grote debieten, de verkregen ijkresultaten te kunnen verifiëren.

LITERATUUR

1. W.R. White,
The performance of two dimensional and flat-V triangular profile weirs, paper 7350 S, Proc. of the Institution of Civil Engrs, 1971.

2. W.R. White,
Flat-Vee Weirs in alluvial channels,
Journal of the Hydraulics Division, A.S.C.E. Vol 97, No. HY3, Proc. Paper 7989, 1971.

3. H.W. King and E.F. Brater,
Handbook of Hydraulics,
McGraw-Hill Book Company, 1963.

4. M.G. Bos, editor,
Discharge measurement structures,
Publication of the Working Group on Small Hydraulic Structures,
te publiceren medio 1976.

BIJLAGE 1

Nauwkeurigheidscontrole regressie berekening ongestuwde afvoeren (omgerekend op prototype).

Meetcijfers

h_1 (dm)	$Q_{gemeten}$ (l/sec)	$Q_{berekend}$ (l/sec)	Afwijking (%)
0.772	24.6	24.7	0.60
0.844	31.7	31.2	- 1.50
1.112	63.0	63.6	0.95
1.308	94.4	96.1	1.76
1.460	125.8	126.6	0.63
1.580	154.6	154.0	- 0.34
1.692	183.0	182.5	- 0.29
1.796	215.0	211.3	- 1.74
2.108	315.8	312.2	- 1.16
2.428	440.3	438.5	- 0.42
2.700	567.4	564.5	- 0.50
3.124	789.4	795.6	0.78
3.388	957.4	961.0	0.38
3.620	1111.7	1120.2	0.76
3.828	1268.8	1273.8	0.39
4.224	1581.1	1595.0	0.88
4.588	1900.8	1923.5	1.20
4.888	2234.2	2218.2	- 0.72
5.180	2566.1	2525.7	- 1.57

Aanvullend op de modelmetingen werd in het veld bij een overstorthoogte van 1.0 dm op de peilschrijver, het debiet bepaald met behulp van een OTT-molen. De uitkomst bedroeg 50.9 l/sec. De afwijking van dit debiet t.o.v. het vermelde in bijlage 2 bedraagt 4.9%. In bijgaande figuur is de meetmethode weergegeven.

AFVOERMETING Stroomgebied Gulp (meetpunt 6)

Instrument : OTT -C1 nr 15468 ·
Schaap nr 1 Ø 50mm

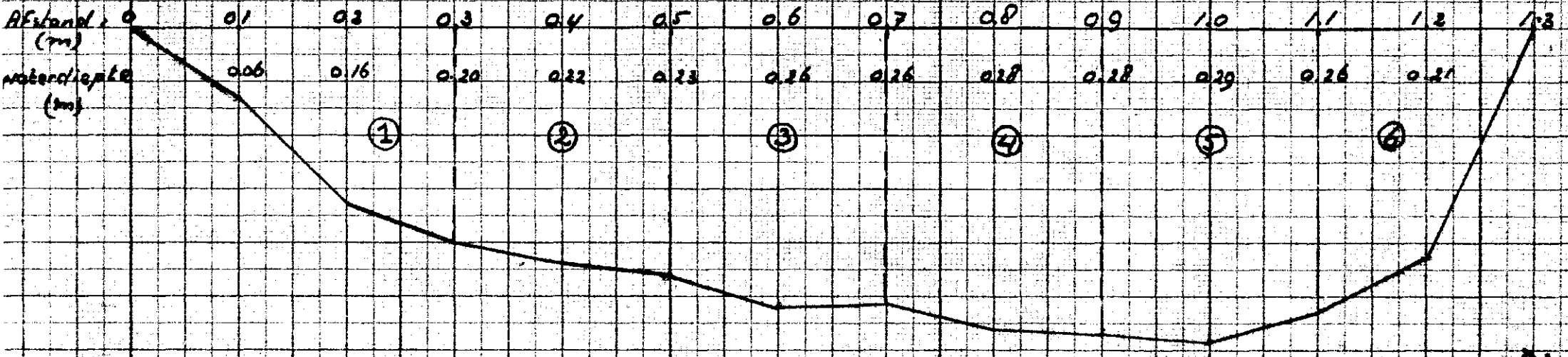
Peilschrijver (1:5) : 20mm ≡ h_1 = 1.0 dm

dd : 02-12-1975 (10.30u)

Lokatie : bovenstroomse spoorweg-viaduct e. Hombourg

Waarnemers : A. Dommerholt
J. Kole.

Afstand (m)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
waterdiepte (m)		0.06	0.16	0.20	0.22	0.23	0.26	0.26	0.28	0.28	0.29	0.26	0.21	



$V_1 = 0.093$ (m/s) $A_1 = 0.0320$ (m²) $Q_1 = 2.976$ (l/s)

$V_2 = 0.109$ $A_2 = 0.0430$ $Q_2 = 4.687$

$V_3 = 0.202$ $A_3 = 0.0505$ $Q_3 = 10.201$

$V_4 = 0.206$ $A_4 = 0.0550$ $Q_4 = 11.330$

$V_5 = 0.233$ $A_5 = 0.0520$ $Q_5 = 12.095$

$V_6 = 0.231$ $A_6 = 0.0330$ $Q_6 = 8.943$

$Q_{tot} = \Sigma Q_{1 \text{ t/m } 6} = 50.9$ (l/s)

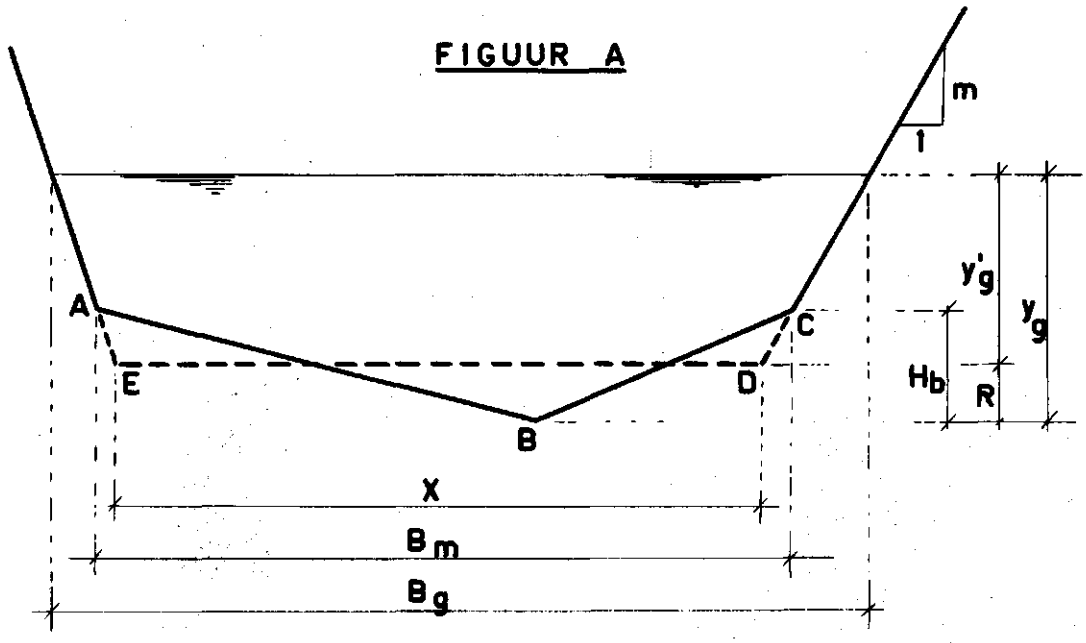
BIJLAGE 2-13

BIJLAGE 2

H_f(DM)	
0.6	
0.7	
0.8	
0.9	
1.0	
1.1	
1.2	
1.3	
1.4	
1.5	
1.6	
1.7	
1.8	
1.9	
2.0	
2.1	
2.2	
2.3	
2.4	
2.5	
2.6	
2.7	
2.8	
2.9	
3.0	
3.1	
3.2	
3.3	
3.4	
3.5	1
3.6	1
3.7	1
3.8	1
3.9	1
4.0	1
4.1	1
4.2	1
4.3	1
4.4	1
4.5	1
4.6	1
4.7	2
4.8	2
4.9	2
5.0	2
5.1	2
5.2	2
5.3	2
5.4	2

BIJLAGE 3

Afleiding afvoerformule samengesteld profiel



Gegevens:

Helling talud m : 1; m = 0,85

Breedte op de "waterspiegel" van het driehoekige deel: B_m = 2.85 m.

$H_b \approx 0.14$ m.

Voor het samengestelde dwarsprofiel ter plaatse van de stuwkruin (figuur A) is in het onderstaande een afvoerformule afgeleid. Hierbij is aangenomen, dat dit dwarsprofiel samenvalt met de kritische doorsnede (dit is de doorsnede waar de grenssnelheid optreedt). Eerst wordt het samengestelde dwarsprofiel vervangen door een trapeziumvormig dwarsprofiel met gelijk oppervlak. De driehoek ABC wordt hiertoe vervangen door het trapezium AEDC.

Oppervlakte driehoek ABC : $\frac{1}{2} B_m \cdot H_b$.

Oppervlakte trapezium AEDC: $\frac{1}{2}(B_m + x) \cdot \frac{1}{2}(B_m - x).m = \frac{m}{4}(B_m^2 - x^2)$

Stel beide oppervlakken aan elkaar gelijk:

$$\frac{m}{4}(B_m^2 - x^2) - \frac{1}{2} H_b \cdot B_m = 0$$

$$\frac{0.85}{4}(2.85^2 - x^2) - \frac{1}{2} \cdot 0.14 \cdot 2.85 = 0 \qquad \underline{x = 2.68 \text{ m}}.$$

x is dus de bodembreedte van het vervangende trapeziumvormige dwarsprofiel ter

laatse van de grensdiepte y_g.

De energiehoogte H_1 die werd bepaald t.o.v. punt B moet nu worden verangen door H_1' gemeten t.o.v. x. $H_1' = H_1 - R$. De toe te passen korrektie beraagt: $R = H_b - \frac{1}{2}\, m\, (B_m - x) = 0.14 - \frac{1}{2} \,.\, 0.85\, (2.85 - 2.68) = \underline{0.07\ m}$.

$$H_1' = y_g' + \frac{\bar{v}_g^{\,2}}{2g} \rightarrow v_g = \sqrt{2g\, H_1' - y_g'}$$

$$A_g = \tfrac{1}{2}\, (B_g + x) \,.\, y_g' = \tfrac{1}{2}\, (2x + \frac{2}{m}\, y_g') \,.\, y_g' = xy_g' + \frac{1}{m}\, (y_g'^{\,2}).$$

$$Q = v_g \,.\, A_g = \{xy_g' + \frac{1}{m}\, (y_g')^2\}\{2g\, (H_1' - y_g')\}^{\frac{1}{2}}$$

a invullen van de bekende waarden voor x, m en g ontstaat:

$$Q = C_d\{2.68\, y_g' + \frac{(y_g')^2}{0.85}\}\{19.62(H_1' - y_g')\}^{\frac{1}{2}} \quad m^3/sec.$$

oor het bepalen van y_g' maken we gebruik van tabel 1; hierin kan voor verschilende waarden van H_1'/x de bijbehorende waarde van y_g'/H_1' worden afgelezen.

<u>Voorbeeld</u>:

$H_1 = 0.57\ m \rightarrow H_1' = 0.5\ m$ en $H_1'/x = 0.186$

Voor $m = 0.85$ volgt $1{:}m = 1.176$.

Om y_g'/H_g' te vinden moeten we interpoleren tussen de kolommen 1:1 en $1\frac{1}{2}$: 1.

We vinden: $y_g'/H_1' = 0.694$ (zie tabel 1 t.o. pag. 5).

Berekening C_d

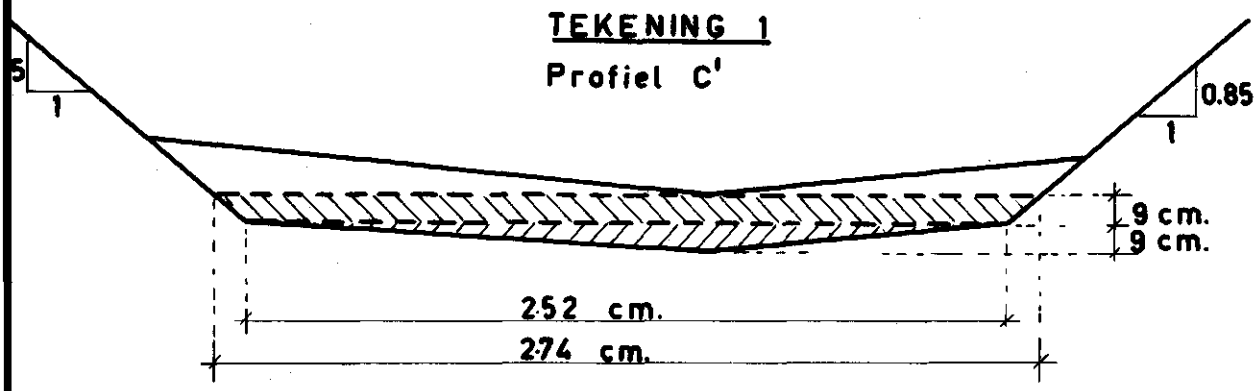
Q (m^3/s)	h_1 (m)	H_1 (m)	$H_{1_e} = H_1 - K_h$	$H_{1_e}' = H_{1_e} - 0.07$	H_{1_e}'/x	y'/H_{1_e}'	y_g' (m)	C_d	H_{1_e}/H_B
0.1991	0.1753	0.1780	0.1772	0.1072	0.04	0.673	0.0721	1.204	1.27
0.2768	0.2006	0.2048	0.2040	0.1340	0.05	0.675	0.0904	1.188	1.46
0.8354	0.3190	0.3388	0.3380	0.2680	0.10	0.682	0.1828	1.220	2.42
1.4607	0.4064	0.4460	0.4452	0.3752	0.14	0.688	0.2565	1.265	3.18
1.8227	0.4480	0.4996	0.4988	0.4288	0.16	0.690	0.2959	1.260	3.56
2.6393	0.5284	0.6069	0.6061	0.5361	0.20	0.695	0.3725	1.269	4.33

VERBAND TUSSEN SPECIFIEKE ENERGIEHOOGTE H1 EN OVERSTORTHOOGTE h1

h_1(DM)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,6	0,600	0,610	0,620	0,630	0,640	0,650	0,660	0,671	0,681	0,691
0,7	0,701	0,711	0,721	0,731	0,741	0,751	0,761	0,771	0,781	0,791
0,8	0,801	0,811	0,821	0,831	0,841	0,851	0,862	0,872	0,882	0,892
0,9	0,902	0,912	0,922	0,932	0,942	0,952	0,962	0,973	0,983	0,993
1,0	1,003	1,013	1,023	1,033	1,043	1,054	1,064	1,074	1,084	1,094
1,1	1,104	1,115	1,125	1,135	1,145	1,155	1,165	1,176	1,186	1,196
1,2	1,206	1,216	1,227	1,237	1,247	1,257	1,268	1,278	1,288	1,298
1,3	1,309	1,319	1,329	1,339	1,350	1,360	1,370	1,381	1,391	1,401
1,4	1,412	1,422	1,432	1,443	1,453	1,463	1,474	1,484	1,494	1,505
1,5	1,515	1,525	1,536	1,546	1,557	1,567	1,577	1,588	1,598	1,609
1,6	1,619	1,630	1,640	1,651	1,661	1,672	1,682	1,693	1,703	1,714
1,7	1,724	1,735	1,745	1,756	1,766	1,777	1,787	1,798	1,808	1,819
1,8	1,830	1,840	1,851	1,861	1,872	1,883	1,893	1,904	1,915	1,925
1,9	1,936	1,947	1,957	1,968	1,979	1,989	2,000	2,011	2,022	2,032
2,0	2,043	2,054	2,065	2,075	2,086	2,097	2,108	2,119	2,129	2,140
2,1	2,151	2,162	2,173	2,184	2,194	2,205	2,216	2,227	2,238	2,249
2,2	2,260	2,271	2,282	2,293	2,304	2,315	2,326	2,337	2,348	2,359
2,3	2,370	2,381	2,392	2,403	2,414	2,425	2,436	2,447	2,458	2,469
2,4	2,480	2,491	2,502	2,514	2,525	2,536	2,547	2,558	2,569	2,581
2,5	2,592	2,603	2,614	2,625	2,637	2,648	2,659	2,670	2,682	2,693
2,6	2,704	2,715	2,727	2,738	2,749	2,761	2,772	2,783	2,795	2,806
2,7	2,818	2,829	2,840	2,852	2,863	2,875	2,886	2,897	2,909	2,920
2,8	2,932	2,943	2,955	2,966	2,978	2,989	3,001	3,012	3,024	3,036
2,9	3,047	3,059	3,070	3,082	3,094	3,105	3,117	3,128	3,140	3,152
3,0	3,163	3,175	3,187	3,199	3,210	3,222	3,234	3,245	3,257	3,269
3,1	3,281	3,292	3,304	3,316	3,328	3,340	3,351	3,363	3,375	3,387
3,2	3,399	3,411	3,423	3,435	3,446	3,458	3,470	3,482	3,494	3,506
3,3	3,518	3,530	3,542	3,554	3,566	3,578	3,590	3,602	3,614	3,626
3,4	3,638	3,650	3,662	3,674	3,686	3,699	3,711	3,723	3,735	3,747
3,5	3,759	3,771	3,784	3,796	3,808	3,820	3,832	3,845	3,857	3,869
3,6	3,881	3,894	3,906	3,918	3,930	3,943	3,955	3,967	3,980	3,992
3,7	4,004	4,017	4,029	4,041	4,054	4,066	4,078	4,091	4,103	4,116
3,8	4,128	4,141	4,153	4,166	4,178	4,190	4,203	4,215	4,228	4,240
3,9	4,253	4,266	4,278	4,291	4,303	4,316	4,328	4,341	4,354	4,366
4,0	4,379	4,391	4,404	4,417	4,429	4,442	4,455	4,467	4,480	4,493
4,1	4,505	4,518	4,531	4,544	4,556	4,569	4,582	4,595	4,607	4,620
4,2	4,633	4,646	4,659	4,671	4,684	4,697	4,710	4,723	4,736	4,749
4,3	4,761	4,774	4,787	4,800	4,813	4,826	4,839	4,852	4,865	4,878
4,4	4,891	4,904	4,917	4,930	4,943	4,956	4,969	4,982	4,995	5,008
4,5	5,021	5,034	5,047	5,060	5,073	5,086	5,099	5,113	5,126	5,139
4,6	5,152	5,165	5,178	5,191	5,205	5,218	5,231	5,244	5,257	5,271
4,7	5,284	5,297	5,310	5,324	5,337	5,350	5,363	5,377	5,390	5,403
4,8	5,417	5,430	5,443	5,457	5,470	5,483	5,497	5,510	5,523	5,537
4,9	5,550	5,563	5,577	5,590	5,604	5,617	5,631	5,644	5,657	5,671
5,0	5,684	5,698	5,711	5,725	5,738	5,752	5,765	5,779	5,792	5,806
5,1	5,819	5,833	5,847	5,860	5,874	5,887	5,901	5,914	5,928	5,942
5,2	5,955	5,969	5,982	5,996	6,010	6,023	6,037	6,051	6,064	6,078
5,3	6,092	6,105	6,119	6,133	6,147	6,160	6,174	6,188	6,202	6,215
5,4	6,229	6,243	6,257	6,270	6,284	6,298	6,312	6,326	6,339	6,353

BIJLAGE 4 (vervolg)

Berekening natte oppervlakten dwarsprofiel beek ter plaatse van h_1 (profiel C') en van h_2 (profiel AA).



Profiel C'

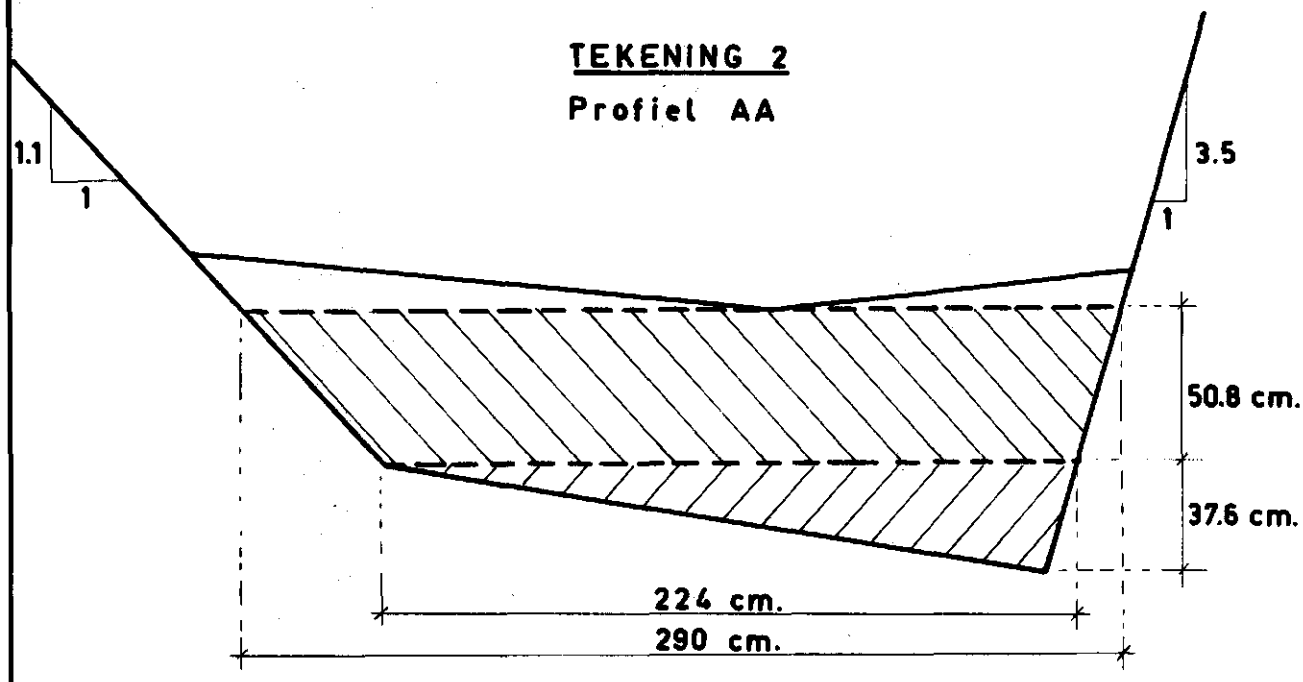
Oppervlakte onder laagste punt kruin (gearceerd in tekening 1) is de som van driehoek en trapezium, totaal: 0.35 m^2.

Oppervlakte boven laagste punt kruin hangt af van de overstorthoogte (h_1):

$(2.74 + 2.74 + 2 \cdot \frac{100}{85} h_1)\ h_1 \quad (m^2)$.

Totale natte oppervlakte: $0.35 + (2.74 + \frac{20}{17} \cdot h_1)\ h_1 \quad (m^2)$.

Deze natte oppervlakte werd gebruikt bij de berekening van bijlage 4.



Profiel AA

Oppervlak onder laagste punt kruin (gearceerd in tekening 2) is de som van driehoek en trapezium, totaal: 1.727 (m^2).

Oppervlak boven laagste punt kruin hangt af van de benedenwaterstand (h_2):

$\frac{1}{2}(2.90 + 2.90 + \frac{1}{1.1} h_1 + \frac{1}{3.5} h_1) h_1$ (m^2).

Totale natte oppervlakte: $1.727 + (2.90 + 0.597 h_2) h_2$ (m^2).

Beide natte oppervlakten werden gebruikt bij de berekeningen van H_1 en H_2 in bijlage 5.

JLAGE 5 GESTUWDE AFVOEREN

(m^3/sec)	h1 (m)	H1 (m)	h2 (m)	H2 (m)	H2/H1	h2/h1
3158	0.2113	0.2166	-0.0399	-1.0000	0.0000	0.0000
3158	0.2113	0.2166	0.0321	0.0336	0.1553	0.1519
3158	0.2113	0.2166	0.1065	0.1077	0.4974	0.5040
3158	0.2117	0.2170	0.1161	0.1173	0.5406	0.5484
3158	0.2117	0.2170	0.1377	0.1383	0.6393	0.6504
3158	0.2125	0.2177	0.1485	0.1496	0.6870	0.6983
3158	0.2133	0.2185	0.1681	0.1691	0.7740	0.7881
3158	0.2149	0.2201	0.1849	0.1859	0.8447	0.8604
3158	0.2221	0.2270	0.2061	0.2070	0.9119	0.9230
3158	0.2317	0.2367	0.2221	0.2230	0.9435	0.9536
3158	0.2417	0.2461	0.2341	0.2350	0.9549	0.9636
5683	0.2705	0.2324	-0.0399	-1.0000	0.0000	0.0000
5683	0.2705	0.2324	0.0709	0.0753	0.2666	0.2621
5683	0.2709	0.2323	0.1777	0.1809	0.6399	0.6560
5683	0.2709	0.2323	0.1933	0.1964	0.6946	0.7135
5683	0.2737	0.2354	0.2201	0.2230	0.7814	0.8042
5683	0.2749	0.2365	0.2377	0.2404	0.8393	0.8647
5683	0.2793	0.2906	0.2573	0.2599	0.8944	0.9212
5683	0.2917	0.3022	0.2793	0.2818	0.9322	0.9575
5683	0.3041	0.3140	0.2953	0.2977	0.9481	0.9711
5683	0.3261	0.3349	0.3205	0.3227	0.9637	0.9828
5683	0.3321	0.3406	0.3301	0.3320	1.1216	1.1445
9574	0.3389	0.3623	-0.0399	-1.0000	0.0000	0.0000
9574	0.3389	0.3623	0.0441	0.0577	0.1592	0.1301
9574	0.3389	0.3623	0.0777	0.0899	0.2482	0.2293
9574	0.3389	0.3623	0.1221	0.1323	0.3666	0.3603
9574	0.3389	0.3623	0.2369	0.2447	0.6755	0.6990
9574	0.3421	0.3651	0.2845	0.2914	0.7981	0.8316
9574	0.3689	0.3891	0.3625	0.3688	0.9464	0.9827
9574	0.3909	0.4000	0.3765	0.3820	0.9551	0.9884
9574	0.4501	0.4642	0.4439	0.4536	0.9772	0.9973
9574	0.5241	0.5346	0.5265	0.5305	0.9923	1.0046
5808	0.4221	0.4654	-0.0399	-1.0000	0.0000	0.0000
5808	0.4221	0.4654	0.1633	0.1892	0.4067	0.3869
5808	0.4221	0.4654	0.2277	0.2495	0.5361	0.5394
5808	0.4229	0.4660	0.3149	0.3324	0.7133	0.7446
5808	0.4241	0.4670	0.3321	0.3489	0.7471	0.7831
5808	0.4245	0.4673	0.3485	0.3646	0.7803	0.8210
5808	0.4313	0.4729	0.3861	0.4009	0.8478	0.8952
5808	0.4393	0.4795	0.4129	0.4263	0.8902	0.9399
5808	0.4505	0.4888	0.4341	0.4474	0.9152	0.9636
5808	0.4861	0.5193	0.4853	0.4972	0.9575	0.9984
5808	0.5381	0.5653	0.5401	0.5507	0.9742	1.0037
5664	0.5217	0.5979	-0.0399	-1.0000	0.0000	0.0000
5664	0.5221	0.5981	0.3593	0.4008	0.6700	0.6832
5664	0.5229	0.5987	0.3961	0.4342	0.7252	0.7575
5664	0.5229	0.5987	0.4201	0.4562	0.7619	0.8034
5664	0.5265	0.6013	0.4485	0.4824	0.8023	0.8519
5664	0.5277	0.6022	0.4621	0.4950	0.8221	0.8757
5664	0.5329	0.6059	0.4881	0.5192	0.8569	0.9159
5664	0.5425	0.6130	0.5225	0.5515	0.8996	0.9631
5664	0.5581	0.6247	0.5541	0.5812	0.9305	0.9928
5664	0.5817	0.6429	0.5801	0.6059	0.9424	0.9972

JF EXECUTION
CIME: 1.44 ELAPSED TIME: 6:42.03

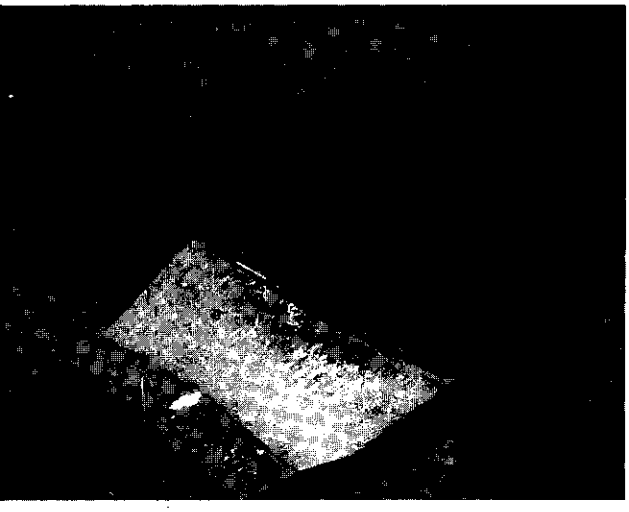
BIJLAGE 5 (vervolg)

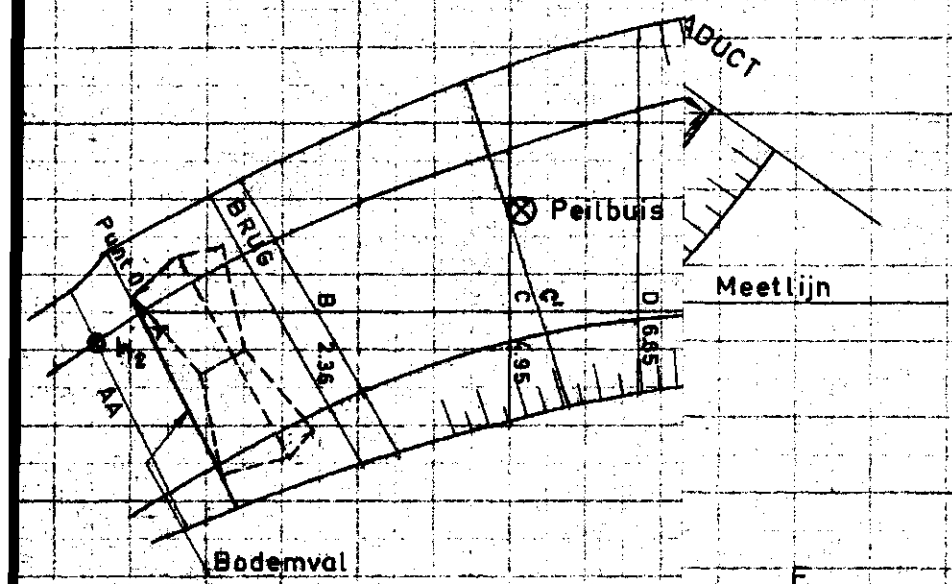
"Drowned Flow Reduction Factor"

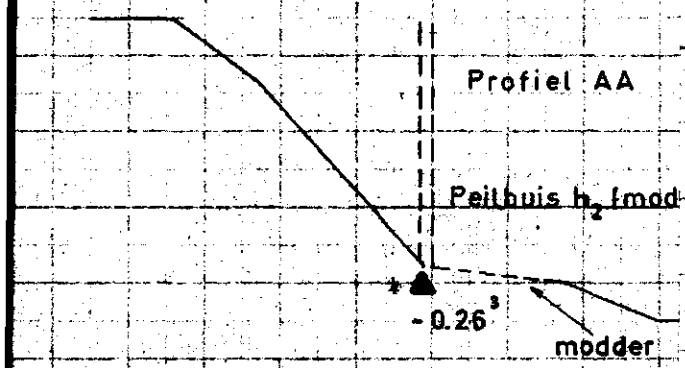
Q_M (l/sec)	Q_D (l/sec)	Q_D/Q_M	H_2/H_1
500	490	0.98	0.7
	485	0.97	0.8
	475	0.95	0.85
	455	0.91	0.90
	425	0.85	0.95
1500	1490	0.99[3]	0.7
	1475	0.98[3]	0.8
	1455	0.97	0.85
	1410	0.94	0.90
	1335	0.89	0.95
2500	2490	0.996	0.7
	2455	0.982	0.8
	2435	0.974	0.85
	2390	0.956	0.90
	2295	0.918	0.95

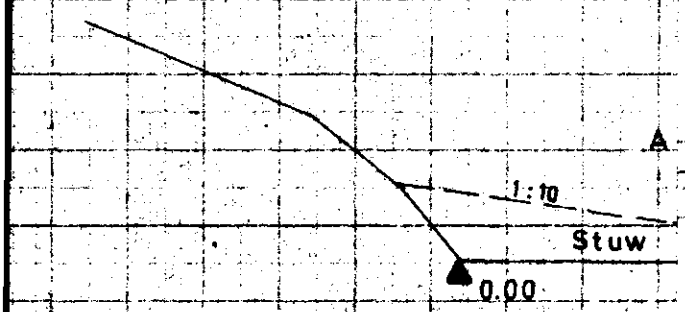
Bouw prototype en . . .

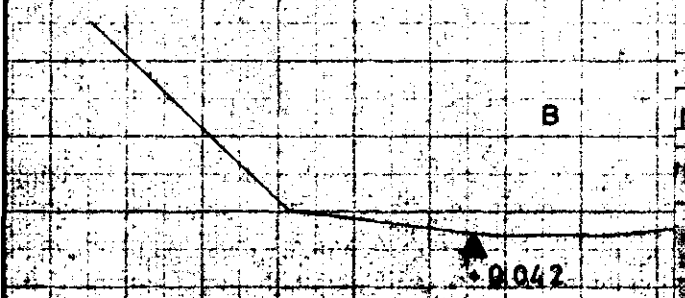
model.

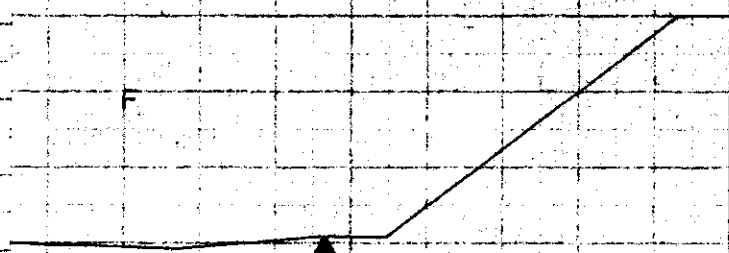


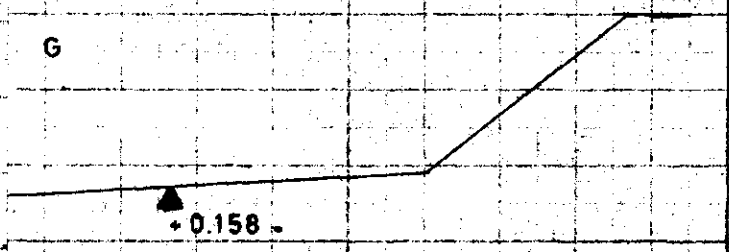






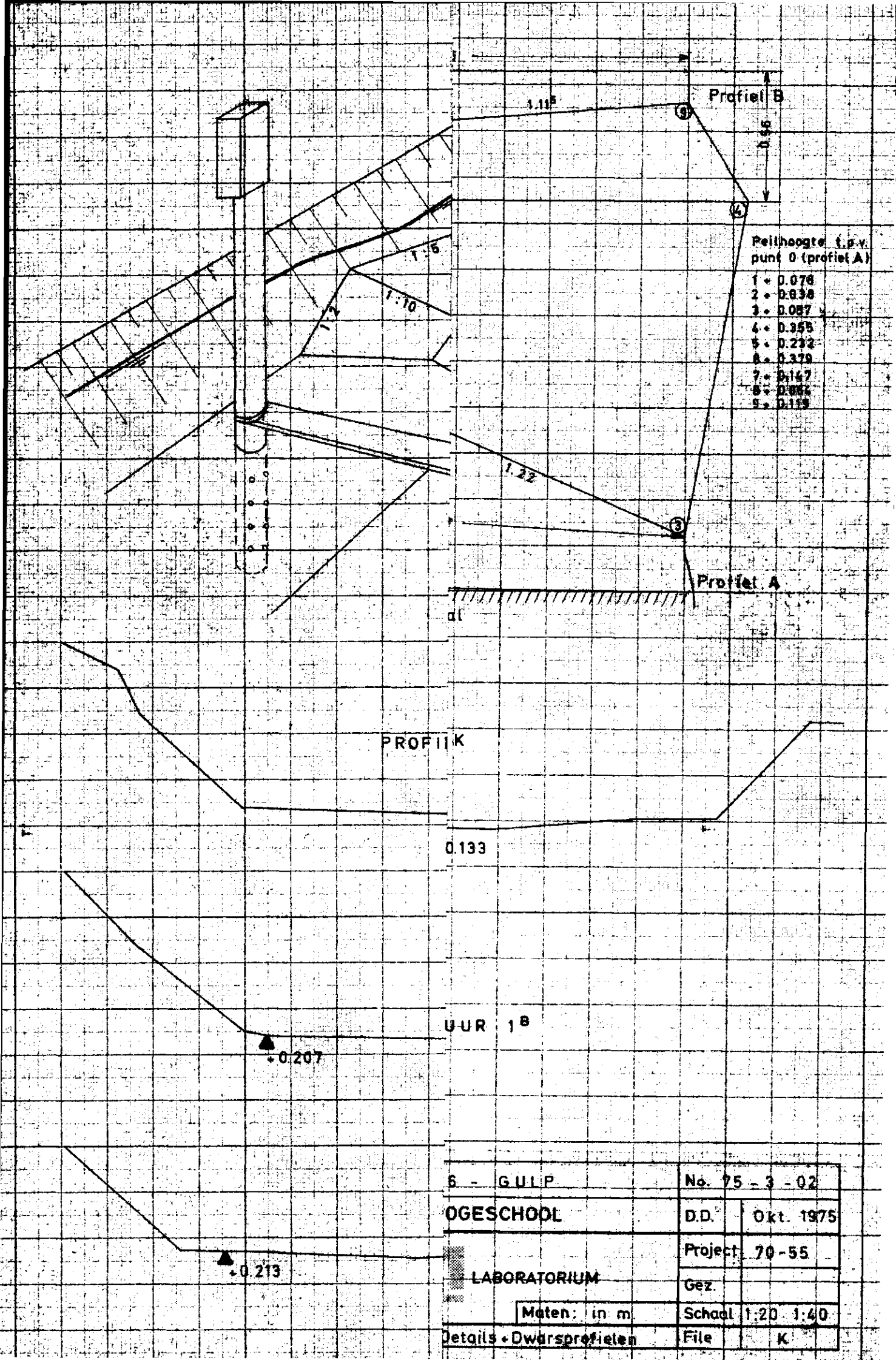


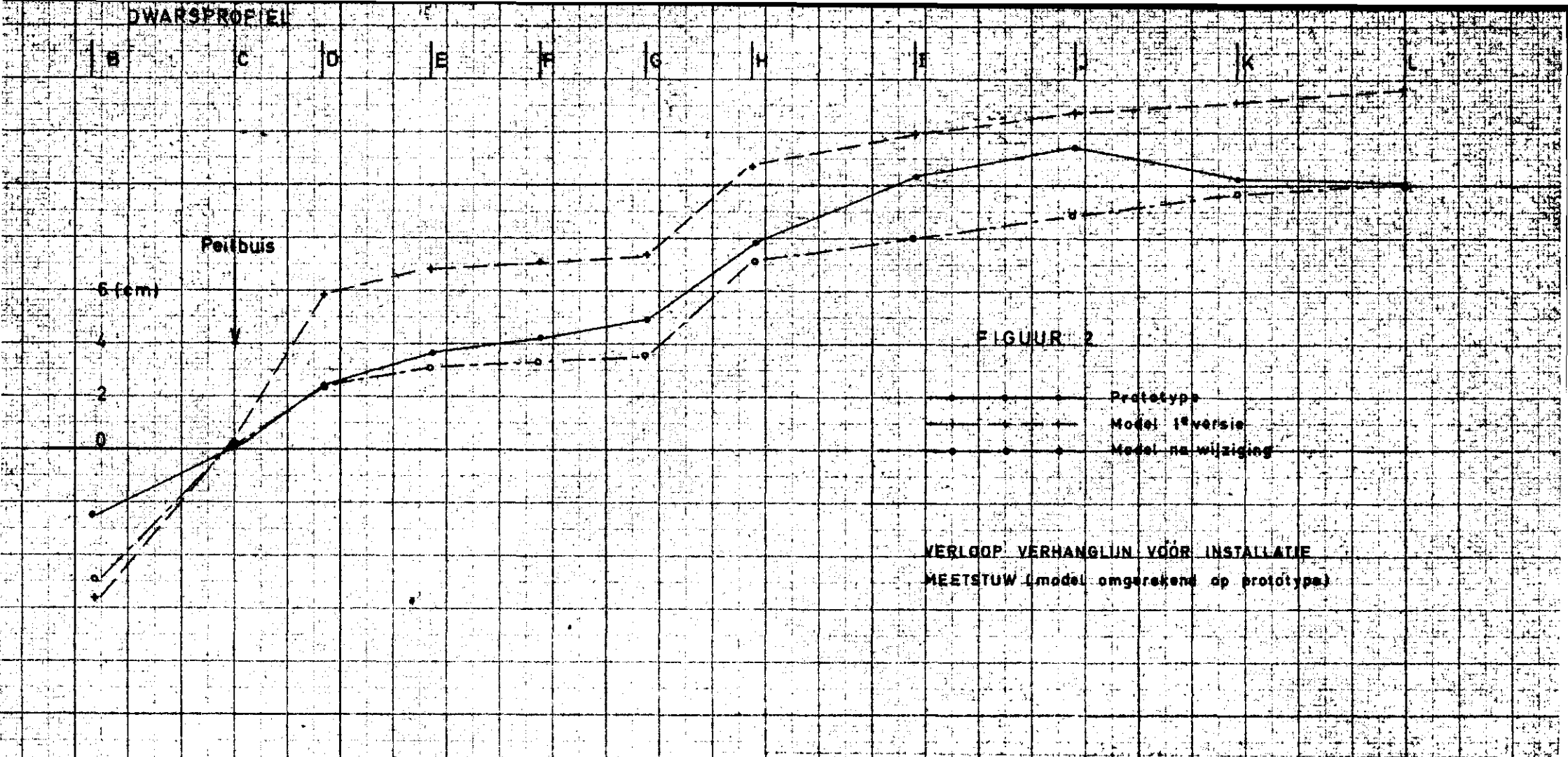




FIGUUR 1A

NT 6 - GULP	No. 75 - 3 - 01
HOGESCHOOL	D.D. Okt. 1975
	Project 20 - 56
LABORATORIUM	Gez.
Meten, is ra.	Schaal 1:100 - 1:50
Situatie en dwarsprofielen	File K

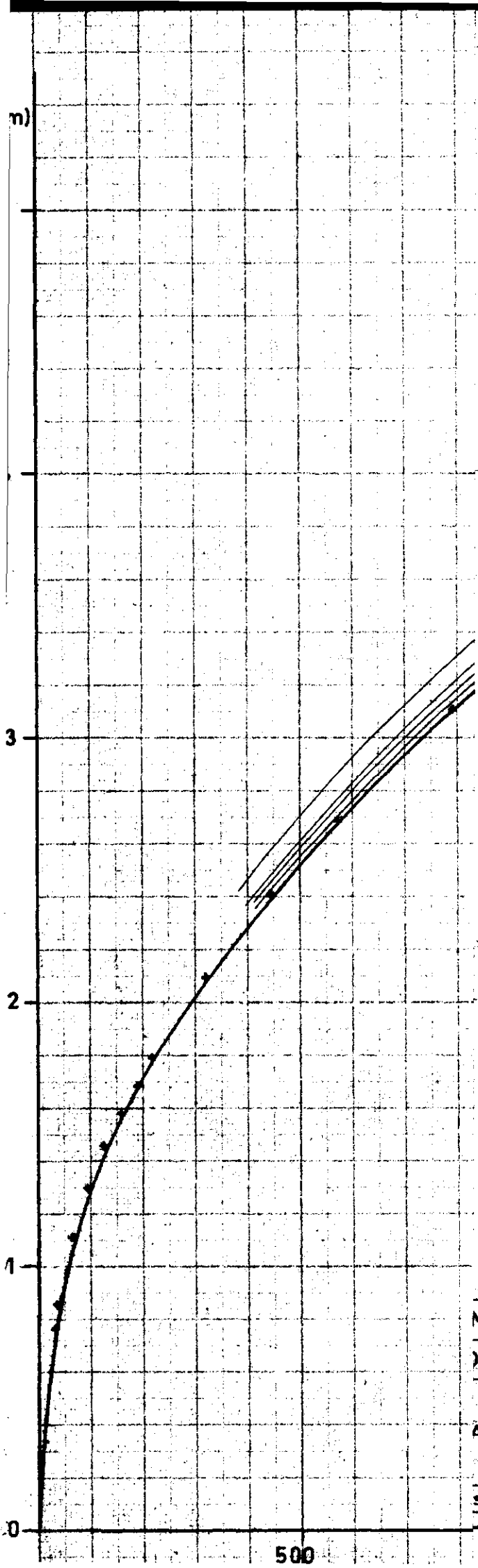

Profiel B
1.115
0.56
Peilhoogte t.p.v. punt 0 (profiel A)
1 = 0.078
2 = 0.038
3 = 0.087
4 = 0.355
5 = 0.232
6 = 0.379
7 = 0.147
8 = 0.054
9 = 0.119
1:5
1:10
1:2
1.22
Profiel A
PROFIEL K
0.133
+0.207
+0.213
6 - GULP
OGESCHOOL
LABORATORIUM
Maten: in m
Details + Dwarsprofielen
No. 75 - 3 - 02
D.D. Okt. 1975
Project 70-55
Gez.
Schaal 1:20 1:40
File K



FIGUUR 2

VERLOOP VERHANGLIJN VÓÓR INSTALLATIE
MEETSTUW (model omgerekend op prototype)

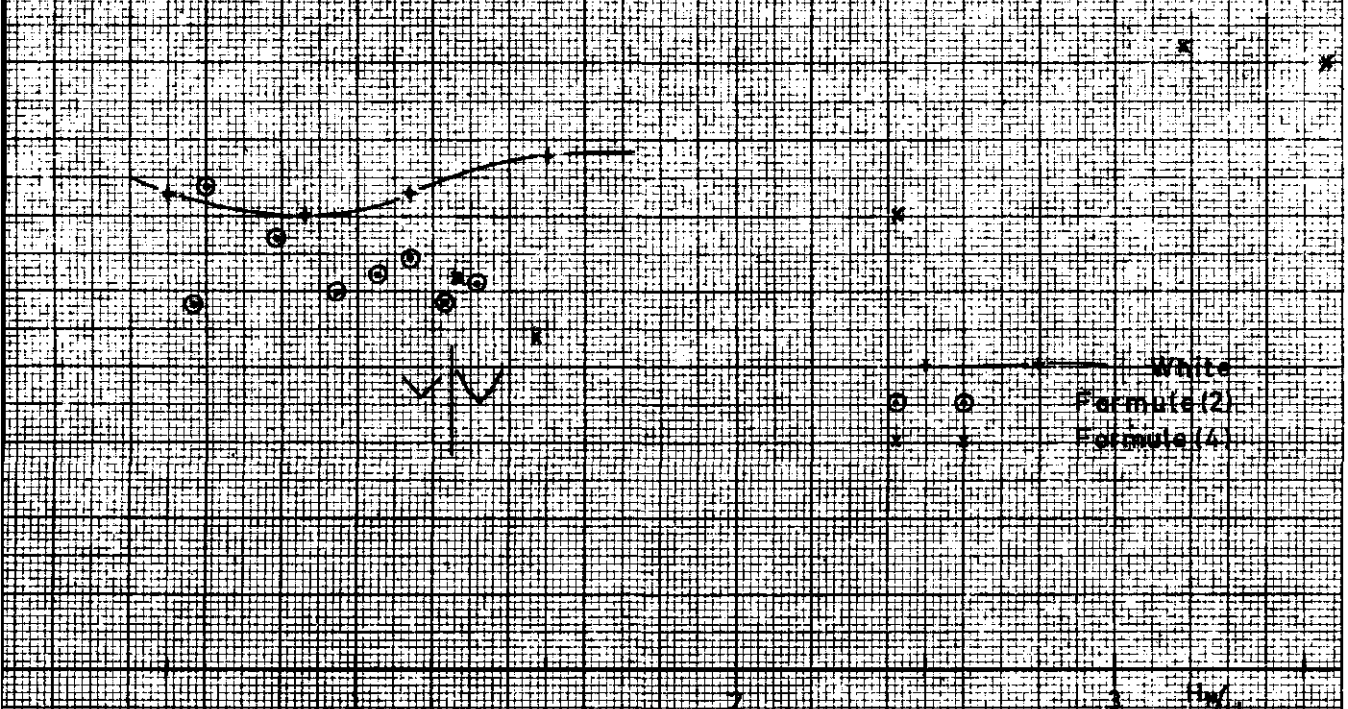
MEETPUNT 6 - GULP		No. 75 - 4 - 09
LANDBOUWHOGESCHOOL		D.d. okt. 1975
		Project 70 - 55
HYDRAULICA LABORATORIUM		Gez.
Blad 1 van 1	Meten:	Schaal vert. 1 : 2
Rev.	Omschr: Verhangmeting	File K

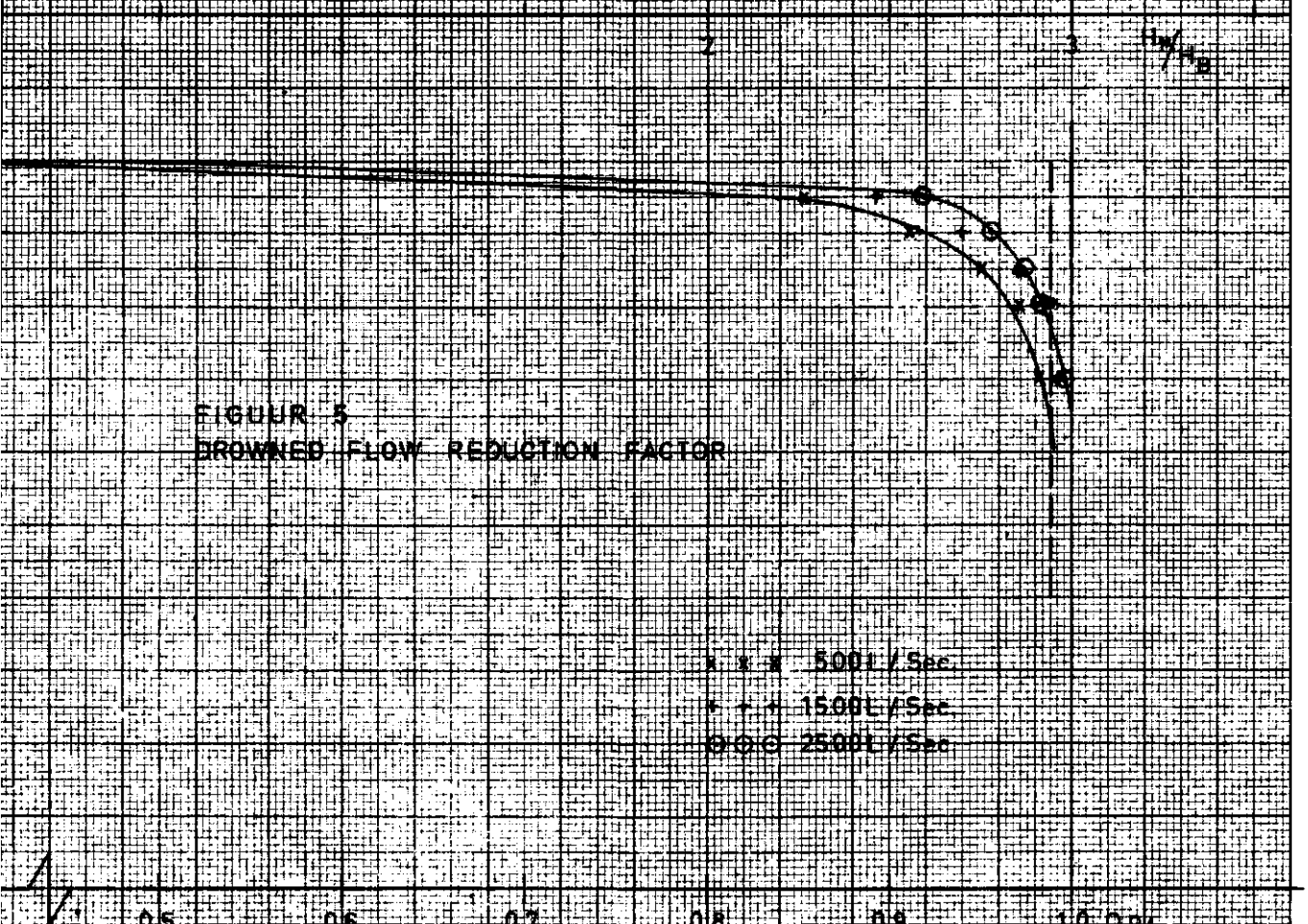


FIGUUR 3

NT 6 - GULP		No. 75-3-04	
UWHOGESCHOOL		D.D.	Okt. 1975
		Project	70-55
A LABORATORIUM		Gez.	
	Maten:	Schaal:	
schr: ijkresultaten		File	K

FIGUUR 4





FIGUUR 5
DROWNED FLOW REDUCTION FACTOR

MERTPUNT 6 - GULP		No. 75-44-05	
LANDBOUWHOGESCHOOL		O.D.	Okt. 1975
		Project: 70-65	
HYDRAULICA LABORATORIUM		Gez.	
Schaal 1 Vak 1	Meten	School	
Rek.	Opzicht C_d en h_w/H_B - Q_p/Q_m	File	K