

MODELONDERZOEK KLEPSTUWEN

2

STUW IN DE ZANDWETERING BIJ DIEPENVEEN

NOTA 28

Laboratorium voor
Hydraulica en Afvoerhydrologie
Landbouwhogeschool
juli 1973
(71-54)

INHOUD

	<u>Pag.</u>
1. Inleiding	3
2. Veldmetingen	3
3. Modelonderzoek	4
3.1. Metingen in het model	4
3.1.1. Ongestuwde afvoeren	5
3.1.2. Gestuwde afvoeren	7
4. Nauwkeurigheidskontrolle	7
5. Samenvatting en konklusies	9

BIJLAGEN

- I. Gestuwde afvoeren
- II. Verband tussen klephoek en kruinniveau
- III. Fortran rekenprogramma
- IV. Meetcijfers
- V. Waarden van C_v en C_d .

1 figuur

5 grafieken

1. INLEIDING

Dit tweede rapport betreffende het onderzoek naar de invloed van de kruinvorm op de afvoerrelatie bij klepstuwen behandelt het onderzoek aan een model van de klepstuw in de Zandwetering bij Diepenveen. Dit onderzoek werd verricht in samenwerking met Rijkswaterstaat. Deze Dienst stelde tekeningen van de stuw beschikbaar.

In het veld werden tezamen met de Technische Dienst van het Waterschap Salland aanvullende metingen verricht.

De klepstuw bij Diepenveen dient om het waterpeil te regelen in de Zandwetering. Om ook debietmetingen met behulp van deze stuw te kunnen verrichten moest getracht worden om een relatie te vinden tussen de optredende waterpeilen, de klepstanden en de afvoeren. Hiertoe werd in het Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie van de Landbouwhogeschool een schaalmodel van de betreffende stuw onderzocht.

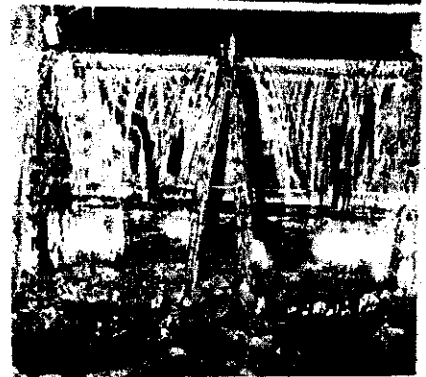
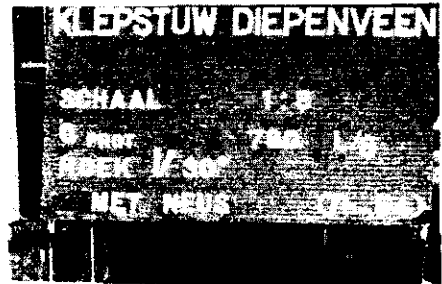
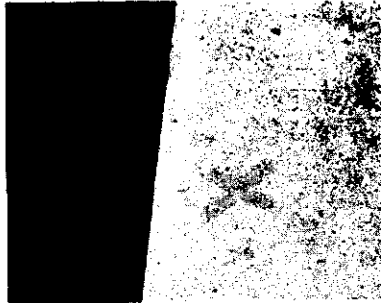
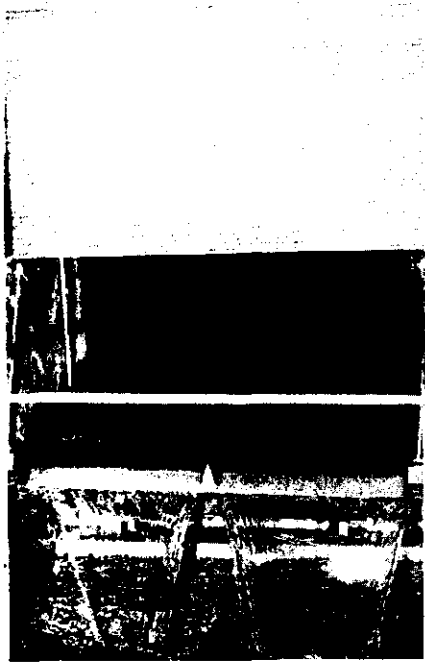
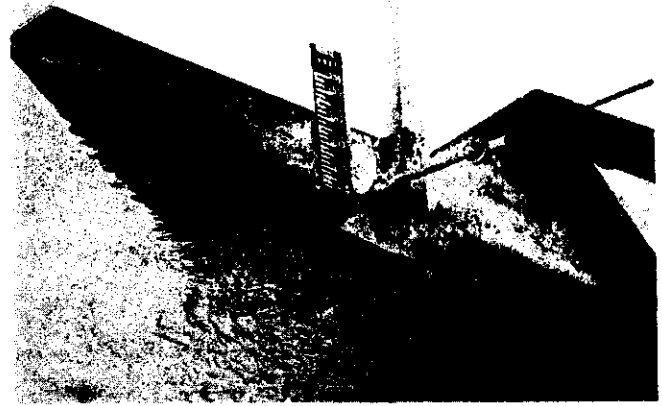
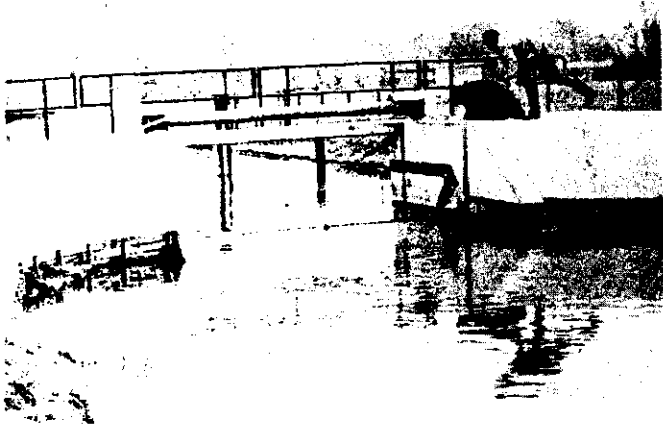
De heer G.H. Stolker assisteerde bij het onderzoek, de leiding berustte bij Ir. R.H. Pitlo.

2. VELDMETINGEN

Allereerst werden in het veld bij verschillende klepstanden de bijbehorende kruinniveaus t.o.v. een ter plaatse aanwezig referentieniveau gemeten (zie fotopagina). De resultaten van deze metingen zijn tezamen met overeenkomstige metingen uit het model weergegeven in bijlage II en grafiek 3.

Uit bijlage II blijkt, dat de kruin van het prototype bij geen van de gemeten klepstanden geheel horizontaal is. Wordt nu het kruinniveau slechts op één punt van de kruin gemeten, dan wordt bij het vaststellen van de overstorthoogte van het water een fout geïntroduceerd. Op het effect hiervan zal in hoofdstuk 4 worden ingegaan. Het is daarom noodzakelijk om bij elke voorkomende klepstand het gemiddelde kruinniveau te bepalen uit metingen links en rechts op de kruin.

De klepstand is gekarakteriseerd door de hoek (α) tussen de vertikaal en een raaklijn aan de klep (zie fig. 1).



referentie punt



Het gedeelte van grafiek 3 voor klephoeken groter dan $\pm 57^\circ$ werd verkregen uit modelmetingen; het is aan te bevelen om deze metingen in het veld te controleren.

Na elke verandering van de klepstand moet opnieuw het niveau van de kruin worden bepaald t.o.v. het genoemde referentiepunt (zie fotopagina). Ook de aflezing van de peilschrijver(s) t.o.v. het referentiepunt dient nauwkeurig te worden bepaald, bijvoorbeeld d.m.v. een waterpassing.*

3. MODELONDERZOEK

In het laboratorium werd een model van de klepstuw te Diepenveen gebouwd op schaal 1 : 8. De debietenschaal bedraagt hierbij volgens de modelwet van Froude 1 : 181,02. In het model werd een gedeelte van de waterloop nagebootst van ± 20 m bovenstrooms tot ± 15 m benedenstrooms van de stuw. Ongeveer 10,60 m. stroomopwaarts van de stuw bevindt zich een peilbuis met recorder voor het registreren van de bovenwaterstand (h_1) (zie fig. 1). In het model werd nog een tweede meetpunt (h_2) aangebracht, op een afstand overeenkomende met ongeveer 7,70 m in werkelijkheid stroomafwaarts van de stuw. Dit meetpunt dient in het prototype te worden aangebracht om gestuwde afvoeren te kunnen meten. Uit de foto's blijkt, dat gestuwde afvoeren in werkelijkheid kunnen voorkomen.

3.1. Metingen in het model

Bij een vijftal klepstanden α resp. 30° , 45° , 60° , 75° en $82,5^\circ$ werden telkens bij een reeks debieten de overstorthoogten (h_1) bepaald. De klepstanden werden vastgelegd door de hoek (α) tussen de raaklijn aan de klep en de vertikaal (zie fig. 1). In verband met de computerverwerking van de meetcijfers zijn hoekminuten decimaal uitgedrukt b.v. $82,5^\circ$ in plaats van $82^\circ 30'$. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in grafiek 1 en vermeld in bijlage IV.

* Nulpuntsbepaling bij meetstuwen. Nota no. 15, Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie, december 1969.

3.1.1. Ongestuwde afvoeren

Aangezien bij kleine overstorthoogten in het model onzekerheid bestaat over de geldigheid van de modelregel van Froude, werd besloten om debieten kleiner dan overeenkomende met ± 150 l/sec. in werkelijkheid niet bij de berekeningen te betrekken. De overstortende straal wordt in het prototype niet belucht. In het model bleek dat bij afvoeren overeenkomende met meer dan 3000 l/sec. in werkelijkheid beluchting invloed had op de afvoerrelatie. Om deze reden werden de metingen uitgevoerd met een extra beluchting d.m.v. pijpen onder de overstortende straal. Voor het verkrijgen van betrouwbare metingen is het noodzakelijk om ook in het prototype beluchtungs pijpen van voldoende doorsnede aan te brengen.

De algemene afvoerformule voor deze horizontale overlaat luidt:

$$Q = C_v \cdot C_d \cdot B_r \cdot (2/3)^{3/2} \cdot g^{1/2} \cdot h_1^{3/2} \quad \dots\dots (1)$$

Hierin is Q = afvoer ($m^3 s^{-1}$)

$$C_v = \left(\frac{H}{h_1}\right)^{3/2}$$

C_d = afvoercoëfficiënt (dimensieloos)

B_r = kruinbreedte (m); hier 4 meter

g = versnelling van de zwaartekracht ($m s^{-2}$)

h_1 = overstorthoogte (m)

H = hoogte bovenstrooms energieniveau t.o.v. de kruin (m)

Formule (1) kan ook worden geschreven als:

$$Q_{ongestuwd} = A \cdot h_1^B \quad \dots\dots (2)$$

Uit de modelmetingen werd bij elk van de onderzochte klephoeken met behulp van een regressieberekening A en B berekend. Hierbij bleek vooral A afhankelijk te zijn van de klephoek (zie grafiek 2). B blijkt voor de in de praktijk meestal voorkomende klepstanden ($> 45^\circ$) weinig afhankelijk van de klephoek. Wel blijkt de grootte van B af te wijken van de theoretische waarde (1,5): gemiddeld werd gevonden 1,6766.

De oorzaak van deze afwijking die ook werd gevonden tijdens het modelonderzoek aan de klepstuw in de Groenlose Slinge bij Beekvliet^z, moet vermoedelijk worden gezocht in de kruinvorm van de overlaat en althans bij kleine klephoeken in de aanwezigheid van ophangblokken en stooreslement(en). Ook de aanstroming naar de klep bleek van enige invloed op B. Over een en ander zal in een afzonderlijke nota worden gerapporteerd.

Besloten werd om voor de klepstuw Diepenveen een waarde van $B = 1,6766$ te gebruiken voor alle klephoeken. Bij deze waarde van B werd bij de verschillende klephoeken (α) A opnieuw uitgerekend (zie tabel 1):

Tabel 1: verband α en A bij $B = 1,6766$

α ($^{\circ}$)	A
30	8.8542
45	8.5300
60	9.1217
75	9.8930
82,5	10.6365

Met behulp van een regressieberekening werd uit tabel 1 het volgende verband tussen A en α gevonden:

$$\log A = 3,5399 - 3,2426 \cdot \log \alpha + 1,0070 \cdot (\log \alpha)^2 \quad \dots (3)$$

$(30^{\circ} < \alpha < 82,5^{\circ})$

Wenst men bij de berekening van het debiet uit te gaan van formule (2) waarbij $B \neq 1,50$ dan is A uiteraard niet dimensieloos. De dimensie van A varieert dan met de waarde van de exponent B. Wenst men daarentegen uit te gaan van formule (1) dan kan men daarin schrijven:

$$A = C_v \cdot C_d \cdot B_r (2/3)^{3/2} \cdot g^{1/2} \quad \dots (4)$$

Bij de onderzochte stuw bedraagt de kruinbreedte $B_r = 4$ meter, zodat:

$$A = C_v \cdot C_d \cdot 6,8196 (m^{3/2} s^{-1}) \quad \dots (4^a)$$

^z Modelonderzoek klepstuw in de Groenlose Slinge bij Beekvliet, nota no. 24, Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie, juni 1972.

Eerst werd C_v berekend uit het debiet en het dwarsprofiel van de bovenstroomse leiding ter plaatse van de peilschrijver (h_1).

Vervolgens werd C_d berekend uit:

$$Q = C_v \cdot C_d \cdot 6,8196 h_1^{3/2} \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{)} \quad \dots (5)$$

De berekende waarden van C_v en C_d zijn weergegeven in de grafieken 4 en 5 en in bijlage V.

3.1.2. Gestuwde afvoeren

In grafiek 1 is in de rechter helft de invloed van de opstuwingsgraad (h_2/h_1) op de relatie tussen overstorthoogte en debiet weergegeven voor een klephoek van 45° . Het bleek mogelijk om ook voor andere klephoeken de invloed van h_2/h_1 op de relatie tussen Q en h_1 in een empirische betrekking vast te leggen. Deze betrekking die geldig is voor debieten groter dan ongeveer $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en $0,02 < h_2/h_1 < 0,8$ luidt:

$$(Q_{\text{gestuwd}} - 0,7) = (Q_{\text{ongestuwd}} - 0,7) \cdot (1 - R) \text{ m}^3\text{s}^{-1} \dots (6)$$

R stelt hierin een van P (zie grafiek 1) en de klephoek (α) afhankelijke grootte voor. In bijlage 1 is de afleiding van deze formule weergegeven.

4. NAUWKEURIGHEIDSKONTROLE

In 196 gevallen werd het met behulp van de formules 2 t/m 6 berekende debiet vergeleken met het in het model ingestelde debiet. Zowel gestuwde als ongestuwde afvoeren werden hierbij betrokken. Van alle onderzochte gevallen werd de procentuele afwijking t.o.v. het ingestelde debiet berekend. De resultaten zijn in onderstaande tabel weergegeven:

Klephoek α°	Aantal punten met een procentuele afwijking van:					
	0-2	2-3	3-4	4-5	> 5	totaal
30	5	2	2	-	-	9
45	38	6	1	-	-	45
60	43	9	3	-	1(1)	57
75	33	4	4	-	3(1)	45
82,5	13	5	6	7(2)	7	40
totaal	132	26	16	9	13	196

De tussen haakjes geplaatste aantallen hebben betrekking op gestuwde afvoeren waarbij h_2/h_1 tussen 0.75 en 0.8.

Alle berekeningen werden uitgevoerd op de C.D.C. computer van het Rekencentrum van de Landbouwhogeschool. In bijlage III is een rekenprogramma opgenomen met behulp waarvan het debiet kan worden bepaald uit de klephoek en de waterstanden. De Klephoek en de overstorthoogte te velde moeten worden afgeleid uit het kruinniveau. Uit de metingen (bijlage II) blijkt de kruin een scheve ligging te hebben.

Hoewel er geen lineair verband bestaat tussen Q en h_1 krijgt men t.o.v. de bepaling van de kruinhoogte op 1 punt een verbetering door het gemiddelde te nemen van twee punten links en rechts op de kruin. Toch wordt ook aldus nog een kleine fout in de overstorthoogte (h_1) gemaakt, die toeneemt naarmate (h_1) kleiner wordt. Dit blijkt uit het volgende voorbeeld:

Voor een hoek van 45° geldt:

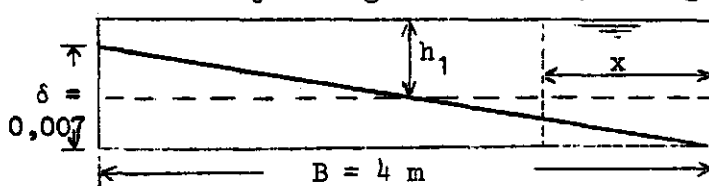
$$Q = 8,8542 h_1^{1,6766} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad \text{of bij benadering:}$$

$$Q = 8,854 \cdot h_1^{5/3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}.$$

Uit bijlage II blijkt dat het verschil δ tussen het niveau links en rechts op de kruin ongeveer 7 mm bedraagt. Wordt Q berekend met het gemiddelde kruinniveau (\bar{h}_1) dan volgt:

$$Q = 8,854 \bar{h}_1^{5/3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}.$$

In werkelijkheid geldt echter (zie figuur):



$$Q_w = \int_{x=0}^{x=B} q dx$$

$$\text{voor } x=0 \text{ is } h_1 = \bar{h}_1 + \frac{\delta}{2}$$

$$Q_w = \int_0^B \frac{8,854}{4} \left\{ \bar{h}_1 + \frac{\delta}{2} - \frac{x}{B}(\delta) \right\}^{5/3} dx = \int_0^B 2,2135 \left\{ \bar{h}_1 + \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{B} \right) \delta \right\}^{5/3} dx$$

Stel $\bar{h}_1 = 0.09$ m dan volgt:

$$Q = 2,2135 \int_0^B (0,0935 - 0,00175 x)^{5/3} dx = 2,2135 \cdot$$

$$\cdot \frac{(0,0935 - 0,00175 x)^{8/3}}{-0,00175 \cdot 8/3} \Big|_0^4 = 0,1604 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}.$$

Uit het berekende debiet met de eerder genoemde formule volgt:

$$Q = 0,1600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1},$$

een afwijking dus van 0,25 %.

Is het gemiddelde kruinniveau vastgesteld, dan kan met behulp van grafiek 3 de bijbehorende klephoek (α) worden bepaald. Voor klephoeken boven de 57° is deze grafiek uit de modelmetingen afgeleid. Het verdient aanbeveling om deze metingen in het veld te controleren.

Als ondergrens van het meetbereik van klepstuw Diepenveen kan $\pm 150 \text{ l s}^{-1}$ worden aangehouden, indien de overstorthoogte op 4 mm nauwkeurig kan worden gemeten. Er kan worden afgeleid^{*}, dat het debiet (Q) binnen 5% nauwkeurig kan worden bepaald voor debieten groter dan $\pm 150 \text{ l s}^{-1}$.

5. SAMENVATTING EN KONKLUSIE

Tijdens het onderzoek werd de volgende relatie tussen de overstorthoogte (h_1) en het debiet Q voor ongestuwde afvoeren gevonden:

$$Q = A \cdot h_1^{1,6766}$$

Uit tabel 1 blijkt dat A afhankelijk is van de klephoek (α).

Ook voor gestuwde afvoeren bleek het mogelijk te zijn om een empirische betrekking op te stellen tussen de overstorthoogte (h_1), de benedenwaterstand (h_2) en het debiet (Q).

Eerst dient de opstuwingsgraad h_2/h_1 te worden gekorrigeerd met een term Δ welke afhankelijk is van de klephoek:

$$\Delta = 2,9535 \cdot 10^{-9} \cdot \alpha^{3,9110}$$

$$(\Delta = 0 \quad \text{voor} \quad \alpha = 45^\circ)$$

De gekorrigeerde opstuwingsgraad is dan:

$$P = h_2/h_1 - \Delta$$

* Pitlo, R.H., Nomogram ter bepaling van de ondergrens van het meetbereik bij debietmeetinrichtingen, Landbouwkundig Tijdschrift, 83^e jaargang nr. 12, december 1971.

Voert men nu een grootheid R in welke weer een functie is van P:

$$\log R = - 0,1976 + 2,8547 \log P + 1,2977 (\log P)^2$$

dan geldt voor $P \geq 0,02$ en $h_2/h_1 < 0,8$:

$$(Q_{\text{gestuwd}} - 0,7) = (Q_{\text{ongestuwd}} - 0,7) (1 - R) \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}.$$

Voor $P < 0,02$ geldt de formule voor ongestuwde afvoeren.

Alle bovengenoemde relaties gelden voor klephoeken $\leq 82,5^\circ$. Reeds bij de laatstgenoemde klephoek traden echter in het model tengevolge van hoge stroomsnelheden instabiliteiten op.

- De klepstuw bij Diepenveen kan worden gebruikt voor het meten van afvoeren groter dan ongeveer 150 l s^{-1} .
- De ruimte onder de overstortende straal moet worden belucht.
- Het stromingsbeeld boven de klep bleek gevoelig te zijn voor de aanstromingskondities. Ook de plaats van de peilschrijvers (h_1) en (h_2) is van invloed op de gevonden afvoerrelaties. Het zonder meer toepassen van deze relaties op andere soortgelijke kleppen moet daarom worden ontraden.

Gestuwde afvoeren

In het algemeen zullen benedenwaterstanden welke hoger zijn dan de stuwkruin de relatie tussen afvoer (Q) en bovenwaterstand (h_1) beïnvloeden. In het veld werd geconstateerd, dat deze situatie zich kan voordoen (zie fotopagina).

In het model werd de invloed van de benedenwaterstand (h_2) op de relatie tussen Q en h_1 onderzocht met behulp van een peilbuis welke op een afstand overeenkomende met ongeveer 7,70 m in werkelijkheid benedenstrooms van de stuw was geplaatst. Nadat in het model een bepaalde klephoek was gekozen (resp. 45° , 60° , 75° en 82.5°) werd een bepaald debiet ingesteld. Hierbij werd de benedenwaterstand trapsgewijze verhoogd. Na iedere verhoging werden de waarden van h_1 en h_2 afgelezen.

Uit grafiek 1 voor ongestuwde afvoeren werd bij de gemeten h_1 de bijbehorende ongestuwde afvoer afgelezen.

Vervolgens werden tegen elkaar uitgezet de ingestelde (gestuwde) afvoer en de bij h_1 behorende ongestuwde afvoer.

Bij elk punt werd de opstuwingsgraad P^* genoteerd.

Door de aldus verkregen punten werden lijnen getrokken voor constante waarden van P (de rechterhelft van grafiek 1). Bij benadering bleken deze lijnen te kunnen worden vervangen door een bundel rechten die voldoet aan:

$$(Q_{\text{gestuwd}} - 0,7) = (Q_{\text{ongestuwd}} - 0,7) \cdot (1 - R) m^3/s \dots\dots (6)$$

In deze formule is R een van P afhankelijke functie.

Door middel van een regressieberekening werd gevonden:

$$\log R = - 0,1976 + 2,8547 \log P + 1,2977 (\log P)^2 \dots\dots (7)$$

Begrenzingsen van deze formule:

$$P \geq 0,02 \quad \text{en} \quad h_2/h_1 < 0,8$$

$$\delta f \quad 0,8 - \Delta > P \geq 0,02 \quad (R = 0 \quad \text{als} \quad P < 0,02)$$

De formules (6) en (7) zijn bruikbaar voor debieten groter dan ± 1000 l/sec.

* Voor $\alpha = 45^\circ$ geldt: $P = h_2/h_1$; voor grotere klephoeken: $P = h_2/h_1 - \Delta$, waarin Δ een van de klephoek afhankelijke correctie voorstelt (zie tekst).

Uit het modelonderzoek is gebleken dat voor klephoeken groter dan 45° bij een konstante waarde van $\frac{Q_{\text{gestuwd}}}{Q_{\text{ongestuwd}}}$ de waarde van P toeneemt met de klephoek.

Zonder korrektie (Δ) is daarom de rechterhelft van grafiek 1 alleen bruikbaar voor klephoeken van omstreeks 45° .

Tussen klephoek (α) en de op P toe te passen korrektie (Δ) werd uit de modelproeven het volgende empirische verband afgeleid:

$$\Delta = 2.9535 \cdot 10^{-9} \cdot (\alpha)^{3.9110} \quad \dots\dots (8)$$

Dit verband is grafisch weergegeven in de inzet van grafiek 1.

Klepstuw Diepenveen: verband tussen klephoek en kruinniveau
gemeten in het prototype:

Klephoek (α) ¹⁾	Kruinniveau in m + N.A.P. ²⁾	
	Links	Rechts
24°55'	3.989	3.985
27° -	3.946	3.942
30° -	3.882	3.878
32°50'	3.817	3.812
35°55'	3.744	3.739
38° -	3.688	3.683
42° -	3.584	3.579
44°05'	3.530	3.523
45°40'	3.489	3.481
46°40'	3.459	3.452
49°05'	3.394	3.385
52°35'	3.294	3.285
56°55'	3.160	3.151

Referentiepunt (zie fotopagina): 4.400 m + N.A.P.

Modelmetingen omgerekend op prototype:

Klephoek	Kruinniveau (midden) in m + N.A.P.
30°	3.867
45°	3.505
60°	3.079
75°	2.630
82.5°	2.397

-
- 1) Bij gebruik van het computerprogramma (bijlage III) dienen de hoek-
minuten als tiendelige breuk te worden ingelezen b.v. 24°55' = 24,90°.
- 2) De aanduidingen Links en Rechts gelden in de stroomrichting gezien.

PROGRAM PITLO

AFD. HYDRAULICA PROJECT 71-54

BEREKENING AFVOER KLEPSTUW DIEPENVEEN UIT KLEPHOEK EN WATERPEILEN
INVOER KLEPHOEK IN HONDERSTEN GRADEN BV. 82.5, H1 EN H2 IN METERS
INDIEN ONGESTUWD DAN $H2 = -1$.

INDIEN $H2/H1$ GROTER DAN 0.8 GEEN UITVOER $Q = *$
LAATSTE KAART PER SERIE 9998. SLUITKAART 9999.

$F = 1./ALOG(10.)$

$A = -1.1976$

$B = 2.8547$

$C = 1.2977$

$AA = 3.5399$

$BB = -3.2426$

$CC = 1.0070$

PRINT 105

1 READ 99,HOEK

IF (HOEK.EQ.9999.) STOP 1

PRINT 99,HOEK

PRINT 103

$X3 = ALOG(HOEK)*F$

$X4 = X3**2$

$Y1 = AA + BB*X3 + CC*X4$

$A1 = 10.**Y1$

$DELH = (2.9535/10.**9)*HOEK**3.911$

2 READ 100,H1,H2

IF (H1.EQ.9998.) GO TO 1

IF (HOEK.EQ.45.) 3,4

3 $P = H2/H1$

IF (P.LT.0.02) 11,7

4 $P = H2/H1 - DELH$

IF (P.LT.0.02) 11,7

7 $X1 = ALOG(P)*F$

$X2 = X1**2$

$Y = A + B*X1 + C*X2$

$R = 10.**Y$

GO TO 15

11 $R = 0.$

15 $QBER = (A1*H1**1.6766 - 0.7)*(1.-R) + 0.7$

IF (H2/H1.LT.0.8) 16,25

16 IF (P.LT.0.02) 17,20

17 PRINT 101,H1,H2,QBER

GO TO 2

20 PRINT 102,H1,H2,P,QBER

GO TO 2

25 PRINT 104,H1,H2,P

GO TO 2

99 FORMAT (F6.2)

100 FORMAT (2F10.4)

101 FORMAT (2F10.4,10X,F10.4)

102 FORMAT (4F10.4)

103 FORMAT (H0 4X2HH1,8X2HH2,8X1HP,9X4HQBER)

104 FORMAT (3F10.4,9X1H*)

105 FORMAT (1H1///)

END

OPBEELDEN UITVOER

75.00

H1	H2	P	QBER
.3680	-1.0000		1.8724
.5328	.2032	.3177	3.3419
.8448	.7000	.7650	*

A FTNO 0061 STOP 00001

MEETCIJFERS (OMGEREKEND OP PROTOTYPE) $\alpha = 30^\circ$

h_1 (m)	h_2 (m)	Q (m ³ /s)	h_1 (m)	h_2 (m)	Q (m ³ /s)
0.104	-1	0.2064	0.471	-1	2.4474
0.126	"	0.2860	0.559	"	3.2638
0.190	"	0.5503	0.579	"	3.4430
0.227	"	0.7259	0.582	0.038	"
0.262	"	0.9341	0.586	0.091	"
0.285	"	1.0734	0.592	0.146	"
0.323	"	1.3160	0.598	0.192	"
0.362	"	1.5785	0.609	0.306	"
0.412	"	1.9550	0.623	0.374	"

 $\alpha = 45^\circ$

			0.647	0.438	"
			0.675	0.495	"
			0.732	0.586	"
0.092	-1	0.1539	0.642	-1	4.1091
0.121	"	0.2408	0.701	"	4.7481
0.151	"	0.3548	0.730	"	5.0486
0.241	"	0.7766	0.746	0.222	"
0.301	"	1.1404	0.750	0.246	"
0.334	"	1.3703	0.751	0.272	"
0.364	"	1.5731	0.765	0.344	"
0.394	"	1.8084	0.778	0.409	"
0.394	"	1.8102	0.799	0.476	"
0.400	0.053	"	0.823	0.542	"
0.400	0.060	"	0.858	0.618	"
0.404	0.105	"	0.885	0.670	"
0.410	0.149	"	0.885	0.670	"
0.412	0.200	"	0.905	0.699	"
0.421	0.254	"	0.758	-1	5.3690
0.435	0.309	"	0.828	"	6.2180
0.459	0.358	"			
0.491	0.410	"			
0.423	-1	2.0328			
0.452	"	2.2048			

$\alpha = 60^\circ$

IV-2

h_1 (m)	h_2 (m)	Q (m^3/s)	h_1 (m)	h_2 (m)	Q (m^3/s)
0.064	-1	0.0887	0.641	0.452	3.4828
0.078	"	0.1238	0.668	0.514	"
0.096	"	0.1794	0.697	0.562	"
0.109	"	0.2227	0.666	-1	4.5925
0.142	"	0.3497	0.704	"	4.9563
0.175	"	0.4906	0.705	0.074	"
0.207	"	0.6571	0.711	0.158	"
0.234	"	0.8073	0.722	0.262	"
0.266	"	1.0047	0.726	0.302	"
0.309	"	1.2889	0.736	0.374	"
0.378	"	1.8102	0.746	0.417	"
0.381	0.025	"	0.785	0.502	"
0.382	0.061	"	0.842	0.613	"
0.382	0.068	"	0.889	0.690	"
0.383	0.090	"	0.905	0.733	"
0.383	0.093	"	0.785	-1	6.0189
0.383	0.115	"	0.886	"	7.3295
0.383	0.138	"			
0.386	0.173	"			
0.390	0.201	"			
0.398	0.234	"			
0.406	0.264	"	0.120	-1	0.2571
0.418	0.296	"	0.179	"	0.5014
0.431	0.326	"	0.226	"	0.7512
0.465	0.382	"	0.260	"	0.9648
0.465	0.382	"	0.337	"	1.4862
0.390	-1	1.9079	0.420	"	2.1614
0.551	"	3.3742	0.527	"	3.1334
0.562	"	3.4828	0.614	"	4.0150
0.570	0.103	"	0.698	"	4.9364
0.572	0.189	"	0.824	"	6.4714
0.582	0.232	"			
0.592	0.282	"			
0.596	0.325	"			
0.621	0.414	"			

Hermeting $\alpha = 60^\circ$

$$\alpha = 75^\circ$$

h_1 (m)	h_2 (m)	Q (m ³ /s)	h_1 (m)	h_2 (m)	Q (m ³ /s)
0.070	-1	0.1086	0.669	-1	4.9183
0.133	"	0.3367	0.682	"	5.0939
0.185	"	0.5919	0.289	0.104	"
0.238	"	0.9268	0.289	0.171	"
0.282	"	1.1929	0.689	0.227	"
0.317	"	1.4699	0.689	0.278	"
0.348	"	1.7197	0.693	0.324	"
0.368	"	1.8772	0.698	0.359	"
0.370	0.034	"	0.714	0.386	"
0.374	0.114	"	0.739	0.435	"
0.374	0.143	"	0.770	0.510	"
0.377	0.170	"	0.804	0.594	"
0.380	0.206	"	0.828	0.639	"
0.385	0.219	"	0.845	0.700	"
0.405	0.290	"	0.726	-1	5.6478
0.417	0.323	"			
0.435	0.359	"			
0.384	-1	2.0039			
0.422	"	2.3333	0.092	-1	0.1937
0.451	"	2.6375	0.150	"	0.4580
0.494	"	3.0140	0.190	"	0.6535
0.526	"	3.3597	0.222	"	0.8436
0.530	0.063	"	0.246	"	0.9956
0.531	0.102	"	0.270	"	1.1712
0.532	0.133	"	0.286	"	1.2925
0.533	0.203	"	0.301	"	1.4409
0.538	0.250	"	0.338	"	1.7487
0.560	0.342	"	0.345	"	1.8102
0.586	0.423	"	0.347	0.066	"
0.599	0.458	"	0.349	0.087	"
0.639	0.525	"	0.350	0.114	"
0.530	-1	3.3995	0.350	0.168	"
0.574	"	3.8611	0.361	0.251	"
0.622	"	4.3897	0.387	0.327	"

$$\alpha = 82.5^\circ$$

$\alpha = 82.5^\circ$ (vervolg)

h_1 (m)	h_2 (m)	Q (m ³ /s)
0.372	-1	2.0853
0.406	"	2.4474
0.473	"	3.1570
0.482	"	3.2638
0.483	0.123	"
0.483	0.185	"
0.495	0.263	"
0.506	0.317	"
0.543	0.414	"
0.588	0.503	"
0.538	-1	3.7453
0.583	"	4.2540
0.648	"	4.9672
0.666	"	5.1247
0.669	0.068	"
0.671	0.083	"
0.674	0.157	"
0.674	0.208	"
0.675	0.227	"
0.680	0.302	"
0.686	0.362	"
0.700	0.413	"
0.715	0.457	"
0.734	0.507	"
0.756	0.564	"
0.814	0.672	"
0.711	-1	5.6478

BIJLAGE V $\alpha = 30^\circ$ Q (m³/s)C_vC_d

0.2064

1.0000

0.8938

0.2860

1.0000

0.9243

0.5503

1.0002

0.9679

0.7259

1.0002

0.9733

0.9341

1.0004

1.0136

1.0734

1.0005

1.0252

1.3169

1.0007

1.0395

1.5785

1.0009

1.0499

1.9550

1.0013

1.0723

 $\alpha = 45^\circ$

0.1539

1.0000

0.8010

0.2408

1.0001

0.8329

0.3548

1.0002

0.8763

0.7766

1.0006

0.9539

1.1404

1.0012

1.0028

1.3703

1.0015

1.0276

1.5731

1.0019

1.0384

1.8084

1.0023

1.0579

2.0328

1.0028

1.0694

2.2048

1.0031

1.0505

2.4474

1.0036

1.0950

3.2638

1.0053

1.1276

4.1091

1.0071

1.1509

4.7481

1.0085

1.1655

5.3690

1.0098

1.1711

6.2180

1.0115

1.1850

 $\alpha = 60^\circ$ Q (m³/s)C_vC_d

0.0887

1.0001

0.7956

0.1238

1.0001

0.8317

0.1794

1.0002

0.8758

0.2227

1.0003

0.9010

0.3497

1.0006

0.9526

0.4906

1.0011

0.9706

0.6571

1.0017

1.0101

0.8073

1.0023

1.0361

1.0047

1.0033

1.0626

1.2889

1.0047

1.0858

1.9079

1.0080

1.1304

3.3742

1.0159

1.1788

4.5925

1.0219

1.1998

6.0189

1.0284

1.2226

7.3295

1.0336

1.2342

hermeting

0.2571

1.0004

0.8980

0.5014

1.0011

0.9589

0.7512

1.0021

1.0161

0.9648

1.0031

1.0537

1.4862

1.0057

1.0981

2.1614

1.0094

1.1426

3.1334

1.0146

1.1717

4.0150

1.0191

1.1904

4.9364

1.0235

1.2023

6.4714

1.0300

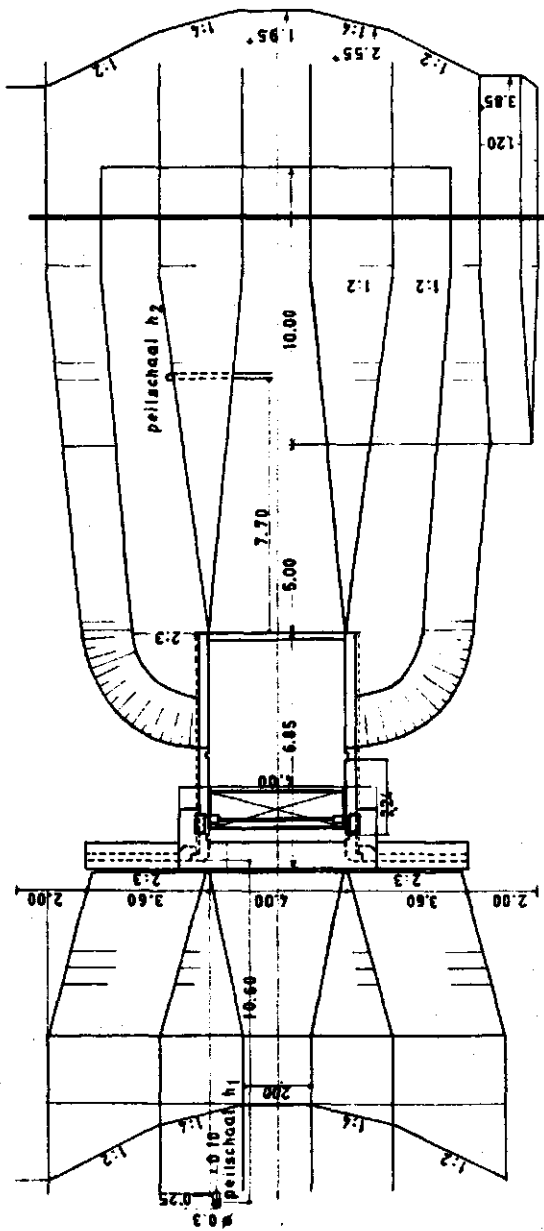
1.2199

$$\alpha = 75^\circ$$

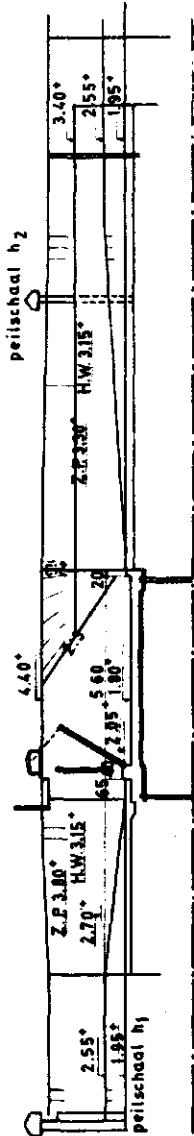
Q (m ³ /s)	C _v	C _d
0.1086	1.0009	0.8583
0.3367	1.0054	1.0051
0.5919	1.0118	1.0695
0.9268	1.0211	1.1325
1.1929	1.0275	1.1236
1.4699	1.0350	1.1568
1.7197	1.0410	1.1687
2.0039	1.0470	1.1681
2.3333	1.0539	1.1747
2.6375	1.0606	1.1917
3.0140	1.0663	1.1837
3.3995	1.0732	1.1937
3.8611	1.0799	1.1954
4.3897	1.0867	1.1971
4.9183	1.0923	1.1956
5.6478	1.1005	1.2039

$$\alpha = 82.5^\circ$$

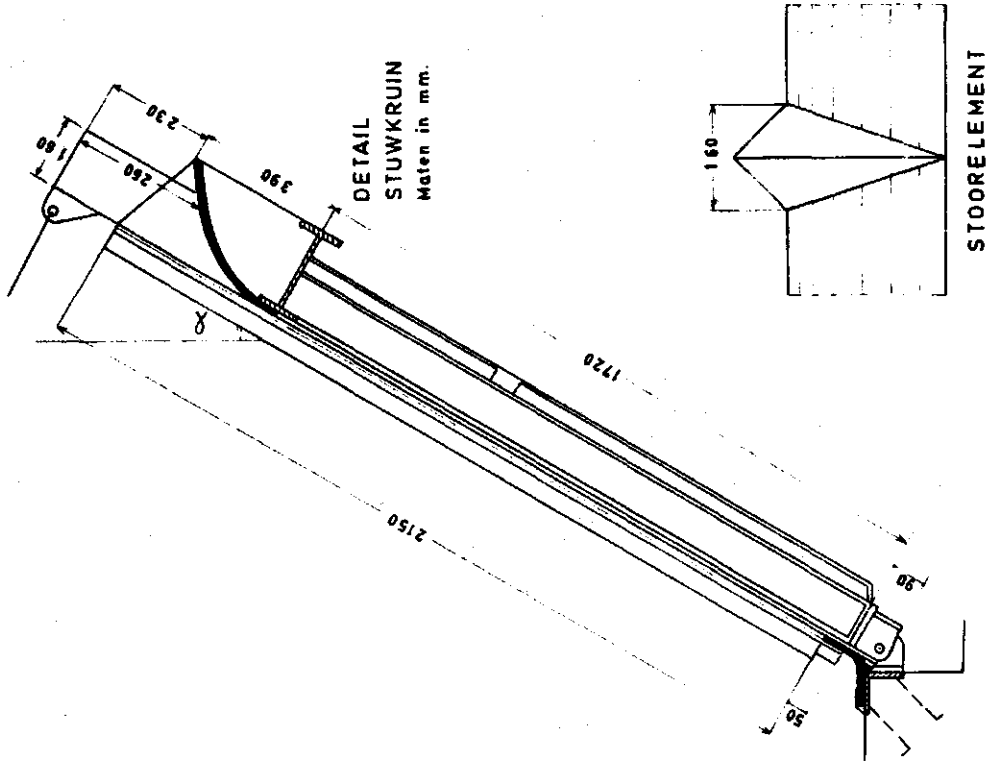
0.1937	1.0206	0.9877
0.4580	1.0601	1.0843
0.6535	1.0818	1.0560
0.8436	1.1022	1.0598
0.9956	1.1161	1.0593
1.1712	1.1324	1.0684
1.2925	1.1433	1.0758
1.4409	1.1589	1.0946
1.7487	1.1784	1.0946
2.0853	1.2022	1.1104
2.4474	1.2245	1.1238
3.1570	1.2504	1.1279
3.7453	1.2483	1.1055
4.2540	1.2554	1.1050
4.9672	1.2580	1.0994
5.6478	1.2542	1.0904



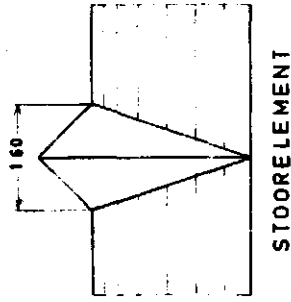
BOVENAANZICHT



DOORSNEDE



DETAIL
STUWKRUIN
Maten in mm.



STOORELEMENT

FIGUUR 1

ONDERZOEK KLEPSTUWEN	No. 73 - 4 - 06
	D.D. 4 - 6 - '73
LABORATORIUM	Project 71-54
	Gez.
Blad - 1 van.	Maten: in m.
	Schaal
Rev.:	File K