

# Hydraulisch ontwerp dubbelwerkende meetschuif bij de Gietwaterplas

W. Boiten

## Rapport 118

Sectie Waterhuishouding  
Nieuwe Kanaal 11  
6709 PA Wageningen  
Internet: [www.dow.wau.nl/whh](http://www.dow.wau.nl/whh)

ISSN 0926-230X

1708493

## **INHOUD**

|  | <b>Pagina</b> |
|--|---------------|
| Lijst van symbolen en eenheden                         |               |
| 1. Inleiding   | 1             |
| 2. Hydraulisch ontwerp van de meetschuif               | 2             |
| 3. Afvoer relatie ongestuwde afvoer                    | 4             |
| 4. De onzekerheid in de debietmeting ongestuwde afvoer | 6             |
| 5. Het minimaal benodigde verval                       | 7             |
| 6. Gestuwde afvoer                                     | 9             |
| 7. Conclusies en aanbevelingen                         | 11            |
| Geraadpleegde literatuur                               | 12            |

### Lijst van symbolen en eenheden

|            |  |                   |
|------------|--|-------------------|
| $B$        | dagmaat meetschuif, afvoerende breedte           | m                 |
| $C_D$      | karakteristieke afvoercoëfficiënt meetschuif     | -                 |
| $C_{dr}$   | reductie coëfficiënt gestuwde afvoer             | -                 |
| $g$        | versnelling zwaartekracht                        | m/s <sup>2</sup>  |
| $h_1$      | overstorthoogte, bovenwaterstand t.o.v. de kruin | m                 |
| $h_2$      | benedenwaterstand t.o.v. de kruin                | m                 |
| $H_1$      | bovenstroomse energiehogte t.o.v de kruin        | m                 |
| $H_B$      | hoogte van de V-vorm                             | m                 |
| $h_K$      | kruinhoogte                                      | m NAP             |
| $L$        | lengte van de kruin                              | m                 |
| $Q$        | debiet   | m <sup>3</sup> /s |
| $R$        | afrondingsstraal van de kruin                    | m                 |
| $S$        | verdrinkingsgraad $h_2 / h_1$                    | -                 |
| $X_C$      | onzekerheid in $C_D$                             | %                 |
| $X_h$      | toevallige fout in $h_1$                         | %                 |
| $X_Q$      | onzekerheid in het debiet $Q$                    | %                 |
| $\alpha$   | openingshoek V-vorm                              | graden            |
| $\Delta h$ | verval $h_1 - h_2$ over de meetschuif            | m                 |
| $\delta_h$ | absolute toevallige fout in $h_1$                | m                 |

## 1. Inleiding

Op 28 november 2003 verleende de Dienst Landelijk Gebied te Assen opdracht aan de Sectie Waterhuishouding van de Wageningen Universiteit, per brief DLGD03/76048/JvR/tk, tot het hydraulisch ontwerp van een dubbelwerkende meetschuif bij de Gietwaterplas. De meetschuif is gepland in het kader van het DLG project (7036) PWE-415, Rundedal.

De opdracht was conform de offerte d.d. 26 november 2003, waarin uitvoering van de volgende werkzaamheden is aangeboden:

- maken van een voorontwerp, incl. overleg met het waterschap Hunze en Aa's op 24 november
- definitief ontwerp, gebaseerd op een minimum benodigd verval
- afvoerrelatie ongestuwde afvoer, gebaseerd op ISO standards en overige literatuur
- enige informatie om ook de af en toe voorkomende gestuwde afvoer te kunnen berekenen
- eenvoudige rapportage

Via de geplande meetschuif wordt water vanuit de Runde (met 7,5 ha retentie) naar de Gietwaterplas (12,5 ha oppervlakte) geleid. Van hieruit kunnen de kastuinders water ontvangen voor beregening van gewassen. Bij de plas is een zgn. waterfabriek aanwezig, die het water reinigt en distribueert. Tussen het waterschap Hunze en Aa's en de Waterfabriek (WMD) zullen de hoeveelheden worden verrekend.

De meetschuif met een bewegingsbereik  $+13,70 \text{ m} < h_K < +14,70 \text{ m}$  is gepland in een 2,50 m brede doorstroomopening, met daarnaast twee brede noodoverlaten,  $h_K = +14,70 \text{ m}$ . De noodoverlaten treden pas in werking als het kaswater uit het (op termijn 180 ha grote) kassengebied te veel of te snel wordt afgevoerd. Omgekeerd kan de Gietwaterplas ook water afvoeren, indien door kwel of andere oorzaken het peil te hoog wordt. De schuif is derhalve tweezijdig kerend en in beide richtingen moet debietmeting mogelijk zijn onder de volgende voorwaarden:

- meetbereik  $0 < Q < 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$
- benodigd verval ten behoeve van ongestuwde afvoer zo gering als mogelijk is
- onzekerheid (meetfout) in de debietmeting niet groter dan  $X_Q = 5\%$

Het hydraulisch ontwerp is gemaakt door dhr. W. Boiten, gastmedewerker bij de Sectie Waterhuishouding van de Wageningen Universiteit in goed overleg met dhr. J. van Roon van de Dienst Landelijk Gebied te Assen, en met medewerkers van de Grontmij en het waterschap Hunze en Aa's.

## 2. Hydraulisch ontwerp van de meetschuif

Tijdens het vooroverleg viel de keuze voor het type meetstuw al spoedig op de V-vormige lange overlaat om de volgende twee redenen:

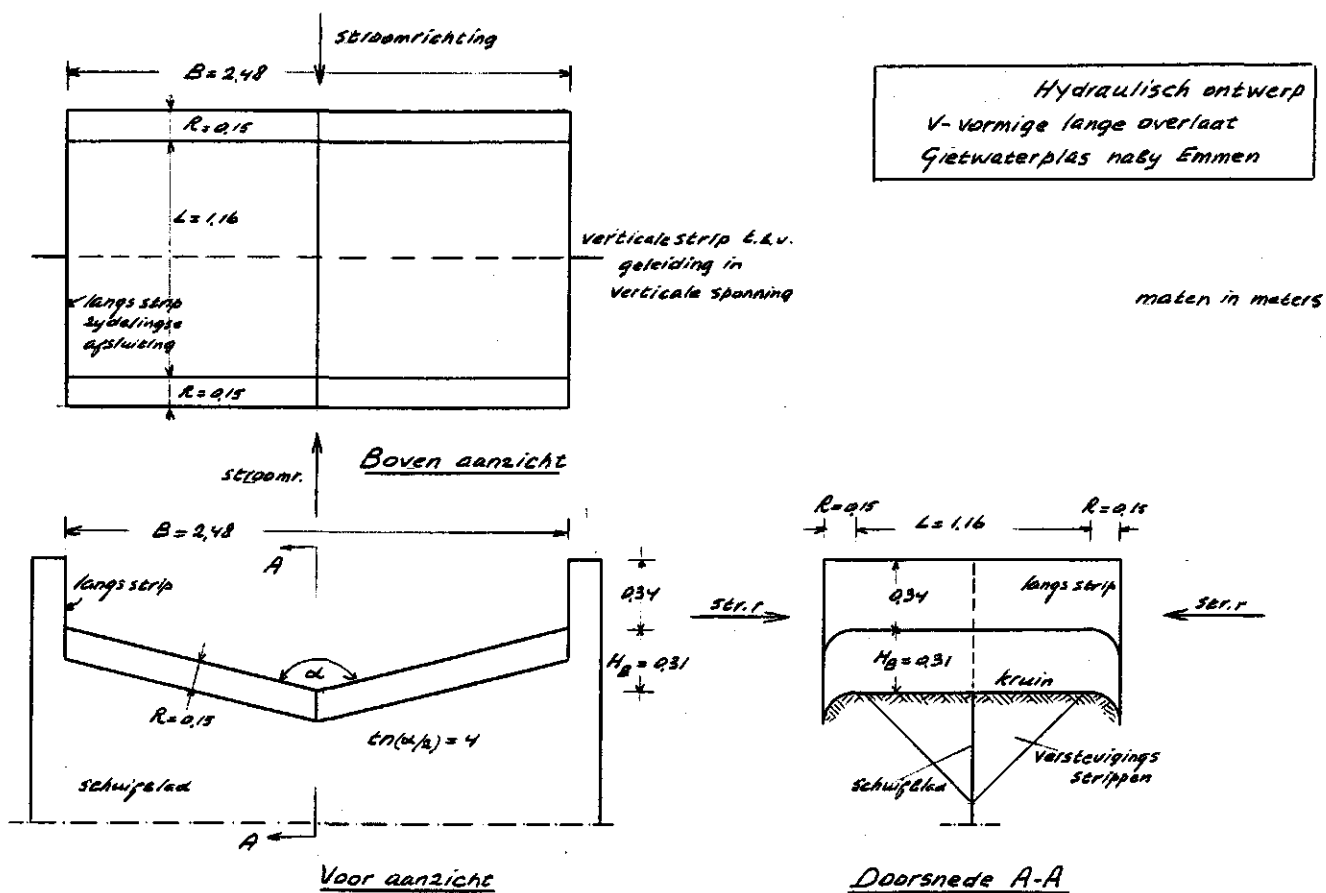
- de beste garantie voor een minimaal benodigd verval ten behoeve van ongestuwde afvoer wordt geleverd door een lange overlaat: kruinlengte  $L$  (gemeten in de stroomrichting) circa twee maal de maximale overstorthoogte  $h_1$ .
- de beste vorm van de doorstroomopening (het vooraanzicht) om in een zo groot mogelijk bereik nauwkeurig te kunnen meten, is een samengesteld profiel: V-vormig onderin, en rechthoekig daarboven (in vooraanzicht gelijk aan de Rossum overlaat)

In een eerste voorontwerp werd gekozen voor een grote V-vorm,  $\tan(\alpha / 2) = 2$ , waarbij de maximale overstorthoogte zou uitkomen op  $h_1 = 0,69$  m met een minimaal benodigd verval  $h_1 - h_2 = 0,17$  m.

Tijdens het overleg op 24 november werd overeengekomen, dat dit eerste voorontwerp zou worden verfijnd, hoofdzakelijk om het minimaal benodigd verval verder te reduceren.

Dit heeft geleid tot het definitief hydraulisch ontwerp.

Figuur 1 geeft het definitieve hydraulisch ontwerp van de gewenste meetschuif.



Figuur 1 Hydraulisch ontwerp V-vormige lange overlaat Gietwaterplas

Het ontwerp is ontleend aan de standard ISO 8333. De afvoerende breedte is gehouden op  $B = 2,48$  m. De V-vorm met  $\tan(\alpha/2) = 4$  leidt nu tot een maximale overstorthoogte  $h_1 = 0,55$  m en een minimaal benodigd verval  $h_1 - h_2 = 0,12$  m.

De overlaat moet worden uitgevoerd als dubbele schuifstuw (onderaanslag meetschuif).

### 3. Afvoerrelatie ongestuwde afvoer

De afvoerrelatie is opgebouwd uit twee gedeeltes:

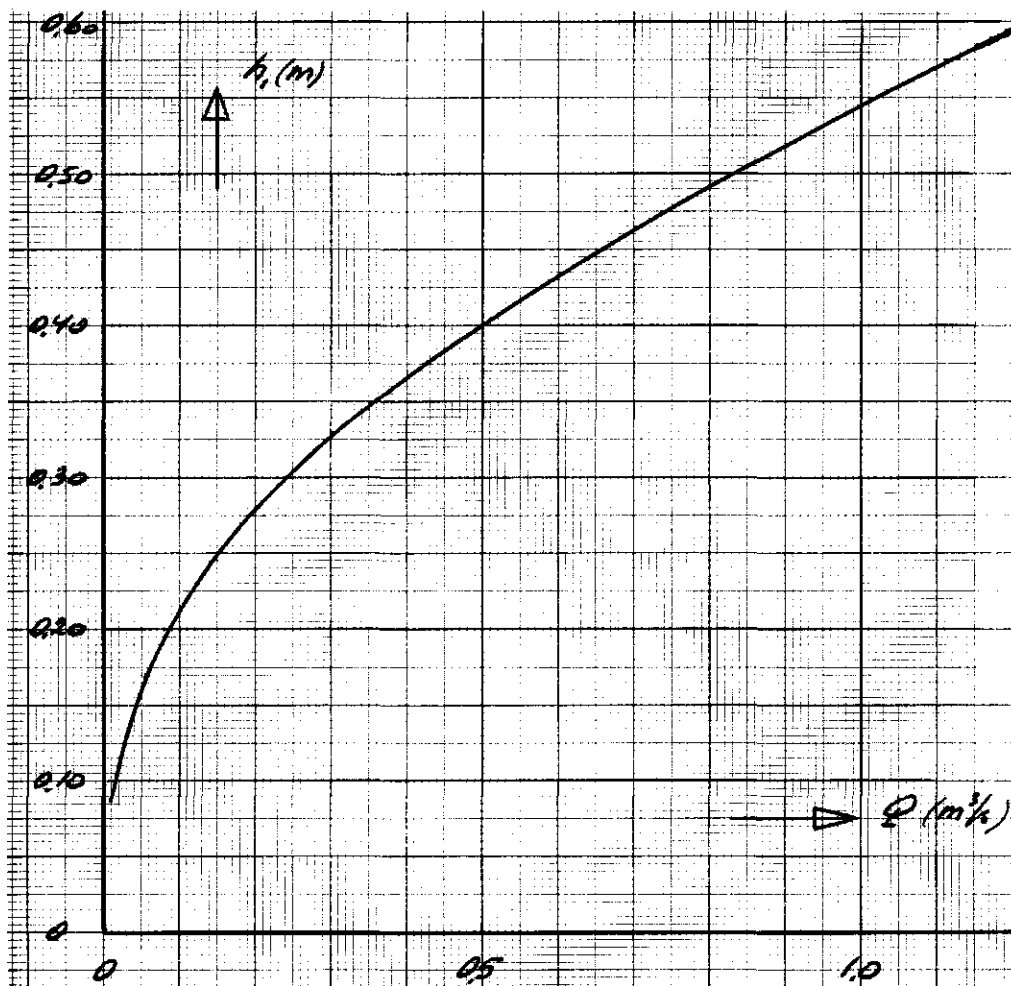
- $Q = \left(\frac{4}{5}\right)^{5/2} \cdot \left(\frac{g}{2}\right)^{1/2} \cdot \tan(\alpha/2) \cdot C_D \cdot H_1^{5/2}$       bereik  $0 < H_1 < 1,25 H_B$

$H_B = 0,5B / \tan(\alpha/2)$        $C_D$  wordt ontleend aan ISO 8333

- $Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \cdot (g)^{1/2} \cdot B \cdot C_D \cdot (H_1 - 0,5H_B)^{3/2}$       bereik  $1,25 H_B < H_1 < 0,5 L$

$L$  is de kruinhoogte 1,16 m.       $C_D$  wordt ontleend aan Boiten, 1980

Figuur 2 toont de afvoerrelatie voor het ontwerp, conform figuur 1.



Figuur 2 Afvoerrelatie ongestuwde afvoer voor de meetschuif Gietwaterplas

Omdat de waterstandssensoren in traag stromend water zullen worden opgesteld, kan de energiehooft  $H_1$  (formules) worden vervangen door de overstorthooft  $h_1$  (grafiek).

Ten behoeve van de automatische gegevensverwerking kan de afvoerrelatie in drie op elkaar aansluitende formules worden weergegeven:

|                         |                                       |  |
|-------------------------|---------------------------------------|--|
| $Q = 4,921 h_1^{2,507}$ | $0,060 \leq h_1 \leq 0,397 \text{ m}$ | $0,004 < Q \leq 0,486 \text{ m}^3/\text{s}$    |
| $Q = 4,159 h_1^{2,325}$ | $0,397 \leq h_1 \leq 0,478 \text{ m}$ | $0,486 \leq Q \leq 0,748 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| $Q = 3,723 h_1^{2,175}$ | $0,478 \leq h_1 \leq 0,550 \text{ m}$ | $0,748 < Q \leq 1,014 \text{ m}^3/\text{s}$    |



#### 4. De onzekerheid in de debietmeting ongestuwde afvoer

De onzekerheid  $X_Q$  (de toevallige meetfout) in het meten van het debiet speelt vooral een rol bij de lage debieten, in dit ontwerp bij geringe overstorthoogtes in de V-vorm.

$$X_Q = \sqrt{X_C^2 + (2,5X_h)^2}$$

$X_C$  is de onzekerheid in de afvoercoëfficiënt  $C_D$ , volgens de standards  $X_C = 2,0 + 0,15 L/h_1$

$X_h$  is de meetfout in de overstorthoogte  $h_1$ , als volgt gedefinieerd:

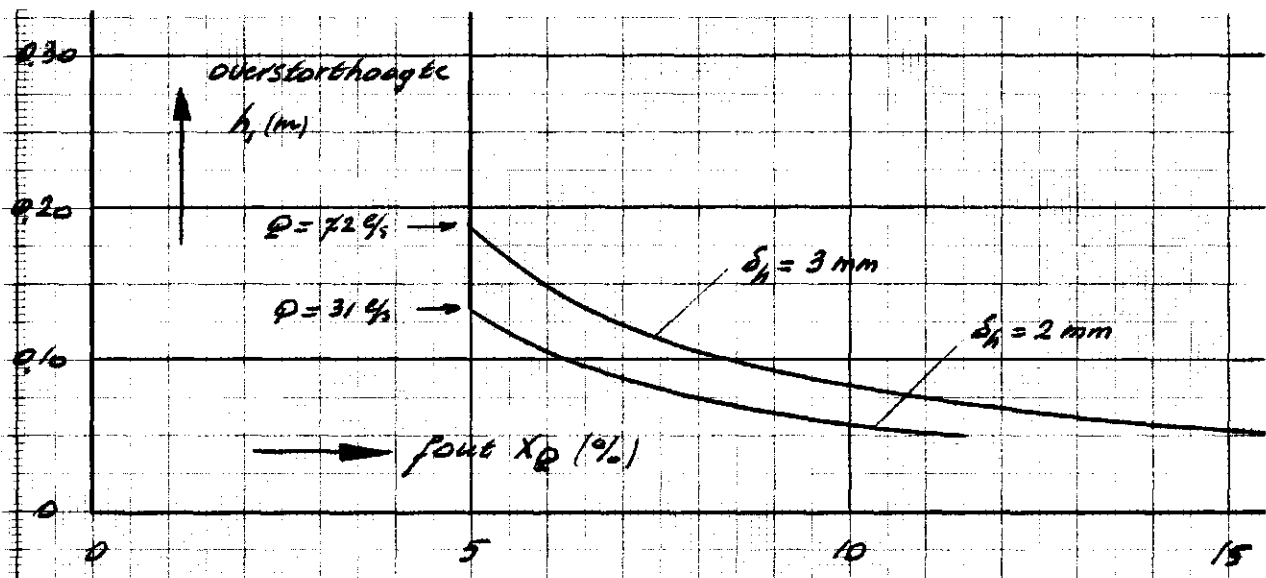
$$X_h = 100 \delta_h / h_1 \quad \text{waarin } \delta_h \text{ de absolute toevallige fout in de bepaling van } h_1$$

In  $\delta_h$  cumuleren zich diverse foutenbronnen:

- is de constructie (de lange V kruin) correct uitgevoerd en opgesteld?
- de nulpuntsbepaling (bij voorkeur conform de standards!)
- de onzekerheid in de sensoren, die de waterstanden meten.

Doorgaans wordt deze fout gesteld op  $\delta_h = 3$  mm. Het terugbrengen van deze fout naar  $\delta_h = 2$  mm vereist een permanente en zeer grote zorgvuldigheid.

Figuur 3 toont de meetfout  $X_Q$  als functie van de overstorthoogte  $h_1$  voor absolute fouten  $\delta_h = 3$  mm en  $\delta_h = 2$  mm.



Figuur 3 De meetfout  $X_Q$  voor ongestuwde afvoer

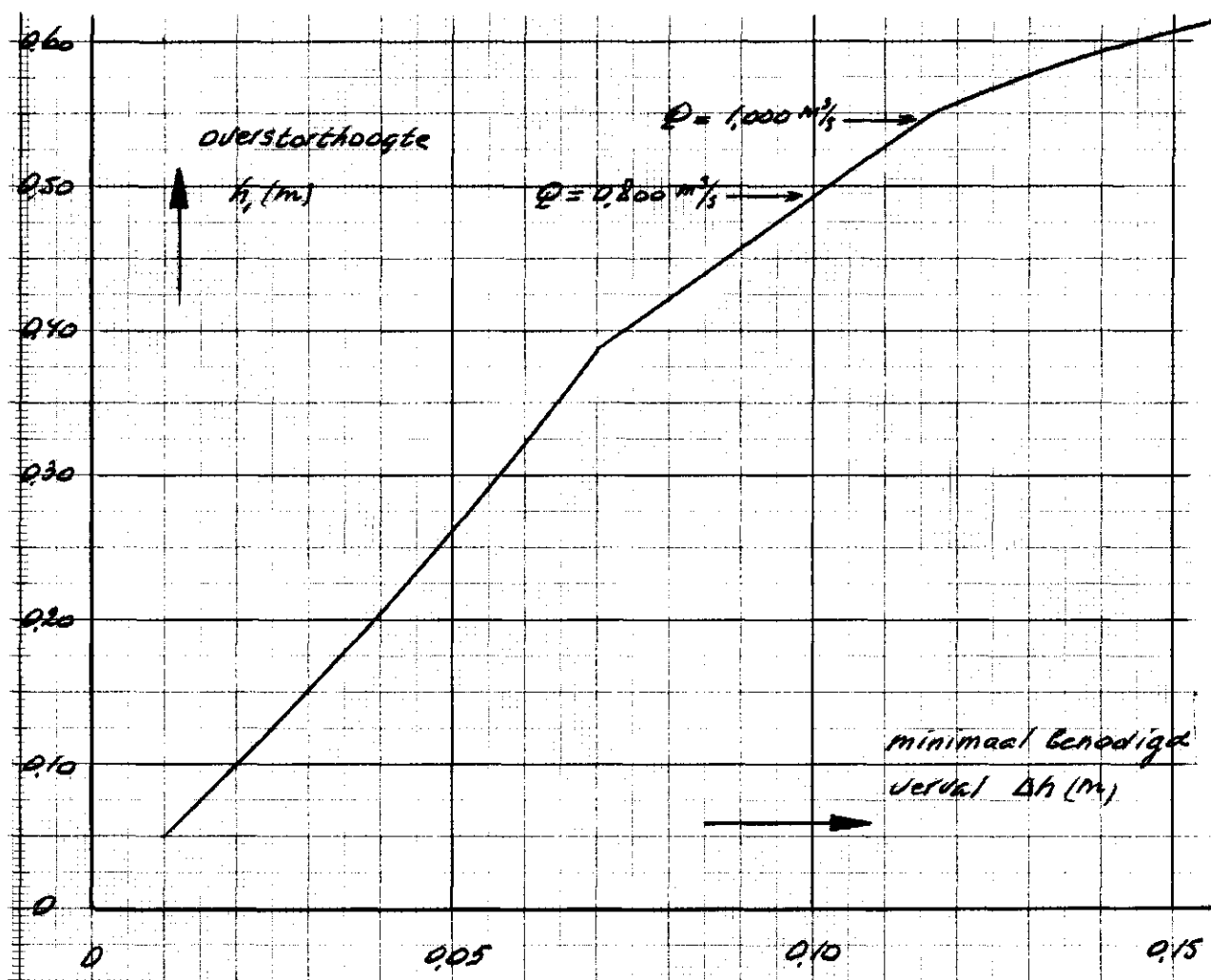
Conclusies:

- met  $\delta_h = 3$  mm wordt  $X_Q > 5\%$  voor  $Q < 72$  l/s ( $h_1 < 0,185$  m)
- met  $\delta_h = 2$  mm wordt  $X_Q > 5\%$  voor  $Q < 31$  l/s ( $h_1 < 0,133$  m)
- voor debieten groter dan 72 resp. 31 l/s wordt de toevallige fout aangehouden op  $X_Q = 5\%$ .

## 5. Het minimale benodigde verval

Om zeker te zijn van ongestuwde afvoer, zal het verval  $\Delta h = h_1 - h_2$  over de meetschuif een minimale waarde niet mogen onderschrijden. Deze waarde varieert met de grootte van de overstorthoogte  $h_1$  (en impliciet dus van het debiet  $Q$ ). Het minimaal benodigd verval is berekend uit de maximaal toelaatbare verdrinkingsgraad  $S_1$  (modulaire limiet), ontleend aan de standard ISO 8333 en Boiten, 1980.

Figuur 4 geeft  $\Delta h$  als functie van de overstorthoogte  $h_1$ .



Figuur 4 Minimaal benodigd verval  $\Delta h$  als functie van de overstorthoogte  $h_1$ .

**Conclusies:**

- om een debiet  $Q = 0,80 \text{ m}^3/\text{s}$  ongestuwd te kunnen afvoeren, moet het verval  $\Delta h = h_1 - h_2$  tenminste  $0,100 \text{ m}$  bedragen
- voor een debiet  $Q = 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$  ligt de grenswaarde bij  $\Delta h = 0,115 \text{ m}$

Veiligheidshalve verdient het aanbeveling de schuif zó in te stellen, dat er steeds enkele centimeters extra verval voorhanden zijn.

## 6. Gestuwde afvoer

Als het verval over de meetschuif geringer is dan volgens figuur 4, dan treedt er gestuwde afvoer op: de bovenwaterstand wordt niet meer uitsluitend bepaald door het debiet, maar is nu ook afhankelijk van de benedenwaterstand.

Voor de berekening van het debiet wordt nu een reductiecoëfficiënt  $C_{dr}$  geïntroduceerd.

$$Q_{gest.} = C_{dr} \cdot Q_{ong.}$$

Voor ongestuwde afvoer bedraagt  $C_{dr} = 1$ , bij gestuwde afvoer wordt  $C_{dr} < 1$ .

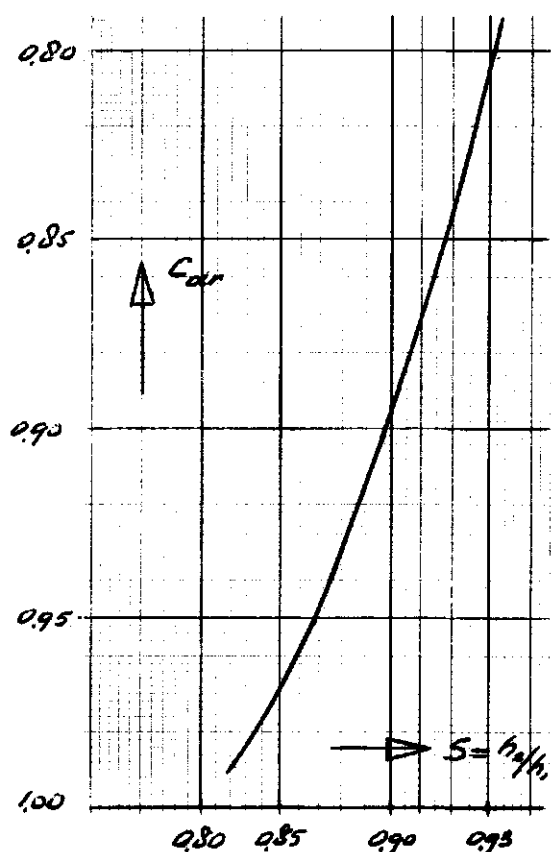
De coëfficiënt  $C_{dr}$  is gerelateerd aan de zgn. verdrinkingsgraad  $S = h_2 / h_1$ .

Voor het vaststellen van de  $C_{dr}$  waarde wordt onderscheid gemaakt in de volgende twee trajecten:

- stroming in de V-vorm (de lagere debieten) met  $h_1 \leq 0,39$  m en  $S \leq 0,93$  (fig. 5).
- stroming in het samengesteld profiel (de hogere debieten) met  $h_1 > 0,39$  m en  $S \leq 0,93$  (fig. 6).

Beide relaties zijn ontleend aan Boiten, 1980.

Figuur 5 geeft de reductiecoëfficiënt  $C_{dr}$  voor  $h_1 \leq 0,39$  m.



Figuur 5

De reductiecoëfficiënt  $C_{dr}$  voor  $h_1 \leq 0,39$  m

Een voorbeeld:  $h_1 = 0,356$  m

$h_2 = 0,317$  m

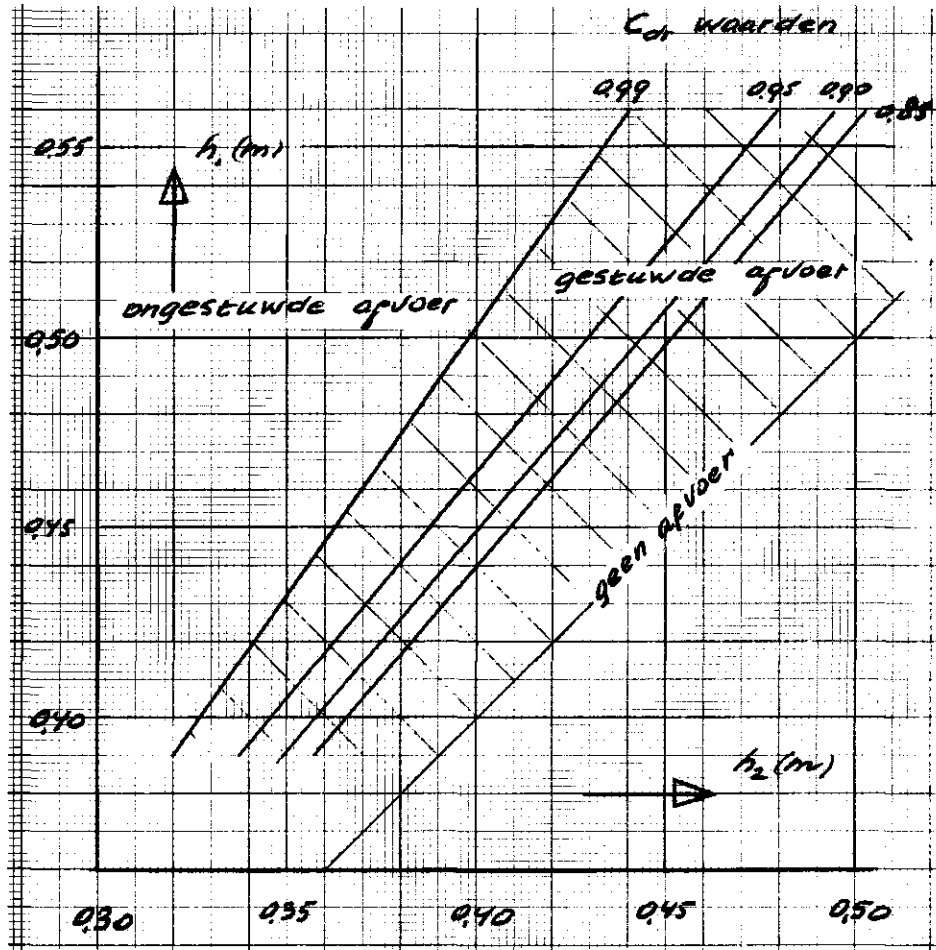
$$S = h_2 / h_1 = 0,890 \rightarrow C_{dr} = 0,916 \text{ (fig. 5)}$$

met  $h_1 = 0,356$  m wordt  $Q_{ong.} = 0,369 \text{ m}^3/\text{s}$  (formule in par. 3)

$$Q_{gest.} = 0,916 \times 0,369 = 0,338 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Figuur 6 geeft de reductiecoëfficiënt  $C_{dr}$  voor  $h_1 > 0,39$  m.

Nu is de relatie tussen  $h_1$ ,  $h_2$  en  $C_{dr}$  afgeleid uit die voor de horizontale (vlakke) lange overlaat, waardoor de onzekerheid in de waarde ervan iets groter is.



Figuur 6 Geschatte reductiecoëfficiënt  $C_{dr}$  voor  $h_1 > 0,39$  m

Een voorbeeld:  $h_1 = 0,532$  m

$$h_2 = 0,460 \text{ m} \quad S = h_2 / h_1 = 0,865 \quad C_{dr} = 0,94$$

$$\text{met } h_1 = 0,532 \text{ wordt } Q_{\text{ong.}} = 0,944$$

$$Q_{\text{gest.}} = 0,94 \times 0,944 = 0,887 \text{ m}^3/\text{s}$$

De onzekerheid in de coëfficiënt  $C_{dr}$  wordt geschat op 5 à 10%, waardoor de totale fout in de bepaling van gestuwde afvoer circa 10% zal bedragen.

## 7. Conclusies en aanbevelingen

1. Een V-vormige lange overlaat, zoals weergegeven in figuur 1, is een zeer acceptabel hydraulisch ontwerp voor de geplande meetschuif Gietwaterplas.

In het bouwkundig ontwerp zal de constructie als dubbele schuifstuw worden gepresenteerd ten einde een onderaanslag voor de meetschuif te verkrijgen.

2. In de maatvoering volgens figuur 1 is de afvoerende breedte van de meetschuif  $B = 2,48$  m gehouden, in de verwachting dat deze maat bouwkundig past bij een dagmaat van 2,50 m voor de betonnen doorstroomopening. Als dit niet zo is, dan wordt aanbevolen, de dagmaat van de meetschuif ongewijzigd te houden op  $B = 2,48$  m en die van de doorstroomopening daarop aan te passen.

3. Met het hydraulisch ontwerp volgens figuur 1 is debietmeting in twee richtingen mogelijk bij een zeer gering benodigd minimum verval  $\Delta h$  (par. 5):

-  $\Delta h = 0,100$  m bij  $Q = 0,80$  m<sup>3</sup>/s

-  $\Delta h = 0,115$  m bij  $Q = 1,00$  m<sup>3</sup>/s

Veiligheidshalve verdient het aanbeveling de schuif zó in te stellen, dat er steeds enkele centimeters extra verval voorhanden zijn.

De afvoerrelaties ongestuwde afvoer zijn gegeven in par. 3

De onzekerheid (meetfout) in de debietmeting is gepresenteerd in par. 4.

Voor een eventuele gestuwde afvoer wordt verwezen naar par. 6.

## **Geraadpleegde literatuur**

**Boiten, W., 1980**

**The V-shaped broad-crested weir**

**WL/Delft Hydraulics, rapport S170-VII**

**Boiten, W., 1987**

**De Hobrad stuw**

**Polytechnisch Tijdschrift pt/c 1987 (41) 1**

**ISO standard 4374, 1990**

**Round-nose horizontal broad-crested weirs**

**ISO standard 8333, 1985**

**V-shaped broad-crested weirs**