

Debietmeetstations in het gebied Halckenbroek

W. Boiten

Rapport 93

Sectie Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen

ISSN 0926-230X

970759

Inhoud

| | |
|---|----|
| 1. Inleiding | 1 |
| 2. De klepstuw in het Elperdiepje | 2 |
| 3. De Rossum-stuw Halkenbroek | 5 |
| 4. Enkele algemene aanbevelingen | 8 |
| Literatuur | 9 |
| Figuren | |
| 1. Het gebied Holmers-Halkenbroek | 10 |
| 2. Klepstuw Elperdiepje | 11 |
| 3. Afvoerkromme klepstuw Elperdiepje | 12 |
| 4. Maatvoering schotbalkstuw en Rossum-stuw Halkenbroek | 13 |
| 5. Afvoerkromme Rossum-stuw Halkenbroek | 14 |

1. Inleiding (figuur 1)

Op 15 december 1999 verleende het Waterschap Hunze en Aa te Zuidlaren per brief 34543386.99 opdracht aan Wageningen Universiteit tot het opstellen van de afvoerrelaties voor een tweetal debietmeetstations in het gebied Halkenbroek, nabij Westerbork.

Het betreft de volgende twee meetlocaties:

- een bestaande klepstuw in het Elperdiepje (Amerdiep)
- een te ontwerpen Rossum-stuw in een waterloop, die vanuit het gebied Halkenbroek uitmondt op het Elperdiepje. Op een hier bestaande schotbalkstuw zal een Rossum-stuw worden bevestigd. Ook het leveren van deze Rossum-stuw behoort tot de verstrekte opdracht

Figuur 1 geeft het gebied Holmers-Halkenbroek en de twee meetlocaties daarin.

De opdracht was conform de WU-offerte 99319WB/ah d.d. 29 november 1999.

Ter voorbereiding van het advieswerk door Wageningen Universiteit, sectie Waterhuishouding, is een veldbezoek afgelegd aan beide locaties op 27 november 1999. Hierbij zijn de maatvoering van de klepstuw en die van de schotbalkstuw globaal opgenomen.

Het opstellen van de afvoerrelatie van de klepstuw wordt behandeld in paragraaf 2. Het ontwerp van de Rossum-stuw wordt beschreven in paragraaf 3.

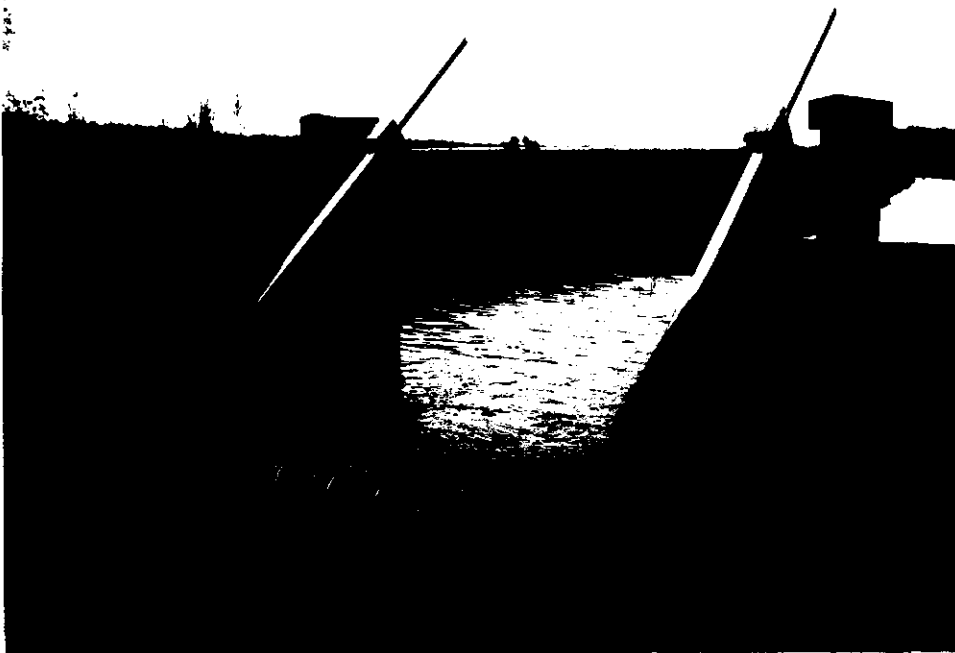
De Rossum-stuw is afgeleverd te Rolde op 28 januari 2000.

Het advies over de beide meetlocaties en de constructie van de Rossum-stuw door de Mechanische Werkplaats Kortenoord stonden onder leiding van ing. W. Boiten, die ook de auteur is van dit rapport.

2. De klepstuw in het Elperdiepje (figuren 2 en 3)

De klepstuw is ooit ontworpen als regelkunstwerk: het kunnen sturen van de waterstanden bovenstrooms.

In 1995 hebben Wageningen Universiteit én het Waterloopkundig Laboratorium een handleiding opgesteld voor het opstellen van de afvoerkrommen van klepstuwen. Hiermee was het mogelijk geworden om voor negen van de tien klepstuwen de afvoerkromme te bepalen. Ook de klepstuw in het Elperdiepje behoort tot de categorieën klepstuwen, die in de genoemde handleiding worden beschreven.



De volgende karakteristieke gegevens over de klepstuw zijn van belang voor het opstellen van de afvoerrelatie:

- breedte tussen de betonnen vleugelwanden, $B = 1,93$ m
- de klep is opgehangen aan twee ophangarmen, die enigszins zijn afgerond en die via een heugelconstructie de klep in de gewenste stand kunnen brengen. De breedte tussen de ophangarmen bedraagt $B = 1,76$ m. Elk van de armen is 0,05 m dik en de speling met de vleugelwand is 0,035 m.
- in dwarsdoorsnede is de kleprand rechthoekig met een afronding $r = 0,001$ m.

Figuur 2 geeft een beeld van de maatvoering van de klepstuw. Uit de globale opmeting van 27 november 1999 volgt ook nog dat het bovenstrooms pand een bodembreedte heeft van ruim 3 meter en dat de taluds ongeveer 1:1,5 zijn.

De afvoerrelatie

Het waterschap zal de klep een vaste stand geven: een klephoek van circa 60° met de verticaal zal worden aangehouden. Het ligt in de verwachting dat er onder alle omstandigheden ongestuwde afvoer zal optreden, waardoor meting van de beneden waterstand niet nodig is.

Wat wel moet worden gemeten zijn:

- de kruinhoogte h_k van de kleprand t.o.v. NAP
- de bovenwaterstand WS1 op 5 à 10 meter bovenstrooms van het kunstwerk en eveneens t.o.v. NAP

Het verschil van beide meetwaarden levert de overstorthoogte $h_1 = WS1 - h_k$

Voor het opstellen van $Q-h_1$ relaties voor klepstuwen wordt doorgaans de afvoerformule van lange horizontale overlaten gebruikt:

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \cdot (g)^{1/2} \cdot B \cdot C \cdot h_1^{3/2} \quad (1)$$

| | | |
|--------------|----------------|---|
| Hierin zijn: | Q | debiet (m ³ /s) |
| | g | versnelling van de zwaartekracht (9,81 m/s ²) |
| | B | breedte tussen de betonwanden (m) |
| | C | afvoercoëfficiënt (-) |
| | h ₁ | overstorthoogte (m) |

De afvoercoëfficiënt is samengesteld uit vier componenten:

$$C = C_D \cdot C_C \cdot C_V \cdot C_{dr} \quad (2)$$

| | | |
|--------------|-----------------|--|
| hierin zijn: | C _D | karakteristieke afvoercoëfficiënt, die wordt bepaald door de kruinvorm, de klephoek α en de overstorthoogte h_1 |
| | C _C | contractie coëfficiënt, die wordt bepaald door de vorm en afmetingen van de ophangarmen, de klephoek α en de overstorthoogte h_1 |
| | C _V | coëfficiënt voor de aanloopsnelheid in het bovenstroomspannd ter plaatse van de h_1 -meetraai |
| | C _{dr} | reductiefactor voor gestuwde afvoer, als functie van de verdrinkingsgraad S en de klephoek α . Voor ongestuwde afvoer is $C_{dr} = 1$, voor gestuwde afvoer wordt $C_{dr} < 1$. |

Voor de klepstuw in het Elperdiepje is $B = 1,93$ m. Informatie over C_D en C_C is ontleend aan de eerder genoemde handleiding "Het opstellen van de afvoerkrommen van klepstuwen". De coëfficiënt C_V is berekend voor het dwarsprofiel van de beek, zoals is aangegeven in figuur 2. De coëfficiënt $C_{dr} = 1$. Het ontwerp debiet was vastgesteld als $Q_{max} = 0,712$ m³/s. De afvoerrelatie is derhalve vastgesteld voor overstorthoogtes $0,01$ m $< h_1 < 0,40$ m. Uit de berekende debieten Q wordt vervolgens door middel van een regressieberekening een formule in de vorm van $Q = a \cdot h_1^b$ gevonden.

Voor een klephoek $\alpha = 60^\circ$ geldt bij ongestuwde afvoer $Q = 3,897h_1^{1,492}$ geldig in het bereik $0,01$ m $< h_1 < 0,40$ m.

Bij het ontwerpdebiet $Q = 0,712$ m³/s is de overstorthoogte $h_1 = 0,320$ m.

Figuur 3 toont de afvoerrelatie $Q = 3,897h_1^{1,492}$.

Klepstuwen hebben hun grootste capaciteit bij een klephoek $\alpha = 60^\circ$. Als de vaste kruinstand niet resulteert in een verwachte klephoek $\alpha = 60^\circ$, dan kan de afvoerrelatie worden bepaald door interpolatie van de volgende afvoerformules:

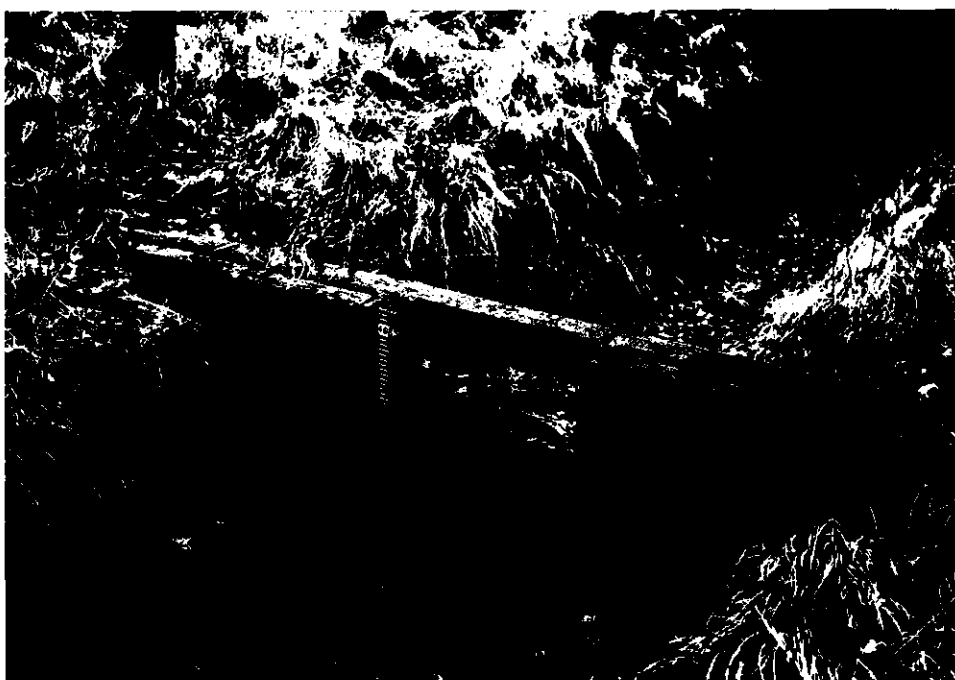
| α | Q-h ₁ relatie |
|----------|--------------------------|
| 45° | $Q = 3,771h_1^{1,492}$ |
| 60° | $Q = 3,897h_1^{1,492}$ |
| 75° | $Q = 3,848h_1^{1,492}$ |

De onnauwkeurigheid in het bepalen van het debiet Q is in het volgende overzicht aangegeven. Hierbij is uitgegaan van de veronderstelling, dat zowel de bovenwaterstand WS1 als de kruinhoogte h_k kunnen worden gemeten met een absolute fout, die niet groter is dan 0,003 m.

| Overstorthoogte h_1 (m) | Debiet Q (m ³ /s) | Meetfout X_Q (%) |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 0,044 | 0,037 | 15 |
| 0,066 | 0,068 | 10 |
| 0,092 | 0,111 | 7,5 |
| 0,160 | 0,253 | 5 |
| 0,320 | 0,712 | 5 |

3. De Rossum-stuw Halkenbroek (figuren 4 en 5)

Aan de rand van het bosgebied Halkenbroek bevindt zich een schotbalkstuw in een forse greppel, waarmee het gebied afwatert op het Elperdiepje. Figuur 4 geeft de maatvoering van de schotbalk, die een afvoerende breedte heeft van 0,73 m. Ten tijde van het veldbezoek op 27 november 1999 bevonden zich vier balken in de sponningen: één bodembalk en drie schotbalken, waarvan de bovenste een hoogteligging heeft van N.A.P. +13,75 m.



Tegen deze bestaande schotbalk stuw zal de te ontwerpen Rossum-stuw worden bevestigd.

De Rossum-stuw is voor het eerst in 1982 ontworpen in opdracht van de toenmalige Landinrichtingsdienst ten behoeve van een hydrologische studie voor het gebied Rossum-Oost, ten noorden van Oldenzaal.

De Rossum-stuw is uitvoerig beschreven in het handboek "Debietmeten in open waterlopen", Stowa rapport 94-13.

Het doorstroomprofiel is samengesteld uit een driehoekig gedeelte met een hoogte $H_B = 0,5 \cotg(\alpha/2)$ en daarboven een rechthoekig gedeelte met een breedte B. De bodemhoek bedraagt $\alpha = 150^\circ$. De capaciteit van een Rossum-stuw wordt bepaald door de breedte B en de hoogte H.

De afvoerrelatie

Als de Rossum-stuw op een voldoende hoog niveau tegen de schotbalkstuw wordt bevestigd dan lijkt het waarschijnlijk, dat zich – ook voor de hogere afvoeren – ongestuwde afvoer zal voordoen (mits de duiker op enkele meters benedenstrooms van de schotbalkstuw voldoende capaciteit heeft). In dat geval is de meting van de beneden waterstand niet nodig.

Wat wel moet worden gemeten, zijn:

- de kruinhoogte h_k van de Rossum-stuw ten opzichte van N.A.P.
- de bovenwaterstand WS1 op 2 à 4 meter bovenstrooms van de stuw, eveneens ten opzichte van N.A.P.

Het verschil van beide meetwaarden levert de overstorthoogte $h_1 = WS1 - h_k$.

Voor het opstellen van de Q- h_1 relatie van een Rossum-stuw worden twee afvoerformules gebruikt:

- één voor het gedeeltelijk gevuld profiel, theoretisch geldend voor overstorthoogtes $h_1 \leq 1,25H_B$ (traject van de lage afvoeren)

$$Q = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \cdot \left(\frac{g}{2}\right)^{1/2} \cdot \text{tg}(\alpha/2) \cdot C_D \cdot C_V \cdot C_{dr} \cdot h_1^{3/2} \quad (3)$$

hierin zijn: Q debiet (m^3/s)
g versnelling van de zwaartekracht ($9,81 \text{ m/s}^2$)
 α de bodemhoek, voor de standaard Rossum-stuw 150°
 C_D karakteristieke afvoercoëfficiënt, die wordt bepaald door de straal R van de kruinvorm en de overstorthoogte h_1 (-)
 C_V coëfficiënt voor de aanloopsnelheid in het bovenstroomspannd ter plaatse van de h_1 -meetraai
 C_{dr} reductiefactor voor gestuwde afvoer, als functie van de verdrinkingsgraad S en de parameter h_1/R (-).
Voor ongestuwde afvoer is $C_{dr} = 1$, voor gestuwde afvoer wordt $C_{dr} < 1$.

- één voor het geheel gevulde en samengestelde profiel, theoretisch geldend voor overstorthoogtes $h_1 \geq 1,25H_B$ (traject van de hogere afvoeren)

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \cdot (g)^{1/2} \cdot B \cdot C_D \cdot C_V \cdot C_{dr} \cdot (h_1 - 0,5H_B)^{3/2} \quad (4)$$

hierin zijn: B breedte van de Rossum-stuw (m)

H_B hoogte van de bodem-driehoek, $H_B = 0,5B \cdot \cot g(\alpha/2)$ (m)

Het ontwerp debiet was vastgesteld als $Q = 0,212 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit heeft geleid tot het volgende ontwerp Rossum-stuw met $\alpha = 150^\circ$

- breedte $B = 0,53 \text{ m}$ en als gevolg $H_B = 0,071 \text{ m}$
- kruin en zijkanten $R = 0,075 \text{ m}$ (halve buis $\varnothing 0,15 \text{ m}$)
- maximale vulling $h = 0,40 \text{ m}$

De afvoerrelatie is vastgesteld voor overstorthoogtes $0,01 \text{ m} < h_1 < 0,40 \text{ m}$, waarbij de coëfficiënt C_D is ontleend aan de literatuur. De coëfficiënt C_V is berekend voor het dwarsprofiel van de greppel, zoals is aangegeven in figuur 4. De coëfficiënt $C_{dr}=1$.

Uit de berekende debieten Q worden vervolgens door middel van een regressie berekening de volgende drie afvoerformules gevonden:

| Afvoerformules | Bereik |
|----------------------------|---|
| I $Q = 7,293h_1^{2,602}$ | $h_1 \leq 0,107 \text{ m}$ |
| II $Q = 1,987h_1^{2,020}$ | $0,108 \text{ m} \leq h_1 \leq 0,212 \text{ m}$ |
| III $Q = 1,302h_1^{1,747}$ | $h_1 \geq 0,213 \text{ m}$ |

Bij het ontwerpdebiet $Q = 0,212 \text{ m}^3/\text{s}$ is de overstorthoogte $h_1 = 0,354 \text{ m}$.

Figuur 5 geeft de afvoercurve volgens de drie voorgaande afvoerformules.

De onnauwkeurigheid in het bepalen van het debiet Q is in het volgende overzicht aangegeven. Hierbij is uitgegaan van de veronderstelling, dat de bovenwaterstand WS1 en de kruinhoogte h_k kunnen worden gemeten met een absolute fout, die niet groter is dan $0,003 \text{ m}$ voor WS1 en $0,002 \text{ m}$ voor h_k .

| Overstorthoogte h_1 (m) | Debiet $Q \text{ m}^3/\text{s}$ | Meetfout X_Q (%) |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 0,064 | 0,006 | 15 |
| 0,098 | 0,017 | 10 |
| 0,108 | 0,022 | 7,5 |
| 0,183 | 0,064 | 5 |
| 0,354 | 0,212 | 5 |

4. *Enkele algemene aanbevelingen*






- A. De nulpuntsbepaling (vaststellen kruinhoogte h_k) dient met grote zorgvuldigheid – bij voorkeur op 1 mm nauwkeurigheid – te worden vastgesteld.
- B. De bovenwaterstand WS1 dient eveneens nauwkeurig te worden gemeten: absolute fout ten hoogste 3 mm.
- C. Mocht zich vuil afzetten op óf voor de kruin van één van de meetstuwen, dan dient dit vroegtijdig te worden verwijderd (verwaarlozing leidt altijd tot systematisch te hoge debieten).

Literatuur


- Boiten, W. 1995
De Rossum-stuw
Polytechnisch Tijdschrift pt/c 1985 (40) 2.
- Boiten, W. 1995
Het opstellen van de afvoerkrommen van klepstuwen
Wageningen Universiteit, Sectie Waterhuishouding, rapport 52.
- STOWA, 1995
Handboek debietmeten in open waterlopen
Stowa-publicatie 94-13.



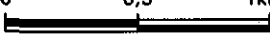
Legenda

-  grens systeem Holmers-Halkenbroek
-  waterscheiding waterschappen
-  nadere begrenzing gebied Holmers-Halkenbroek
-  Klepstuw Elperdiepje
-  Rossum-stuw Halkenbroek

provincie **Drenthe**

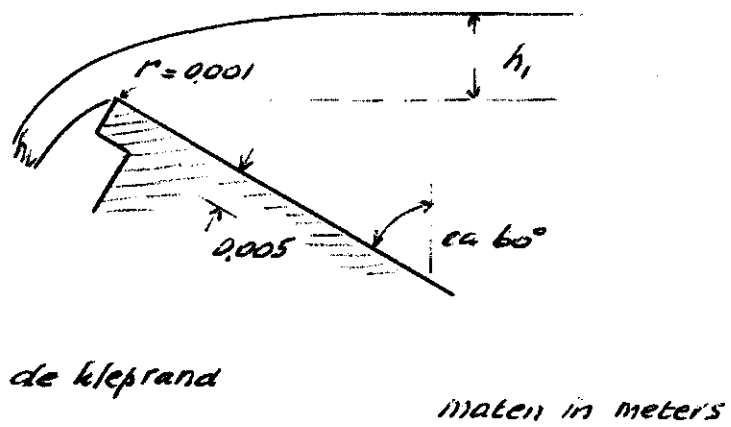
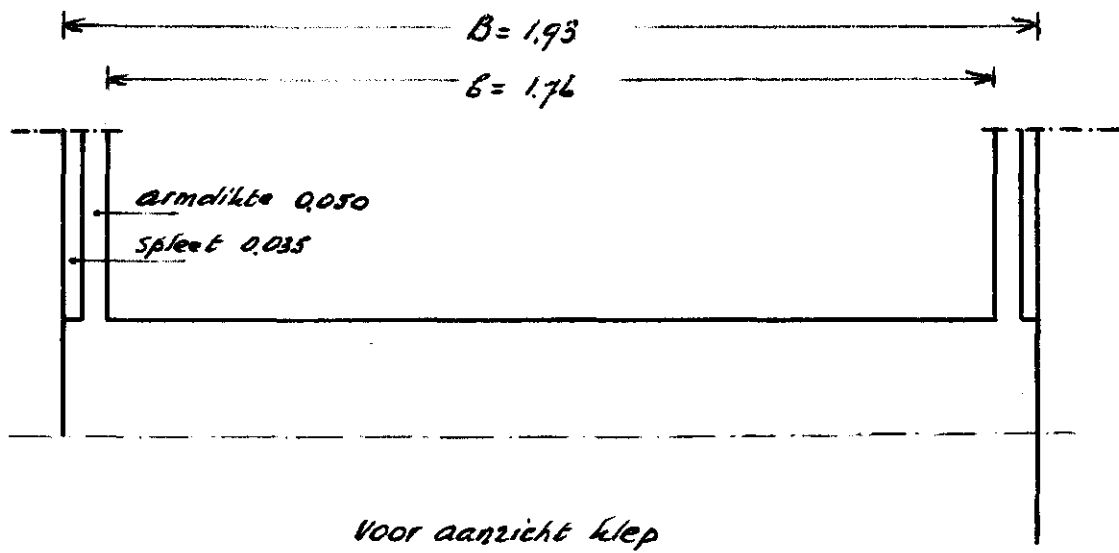
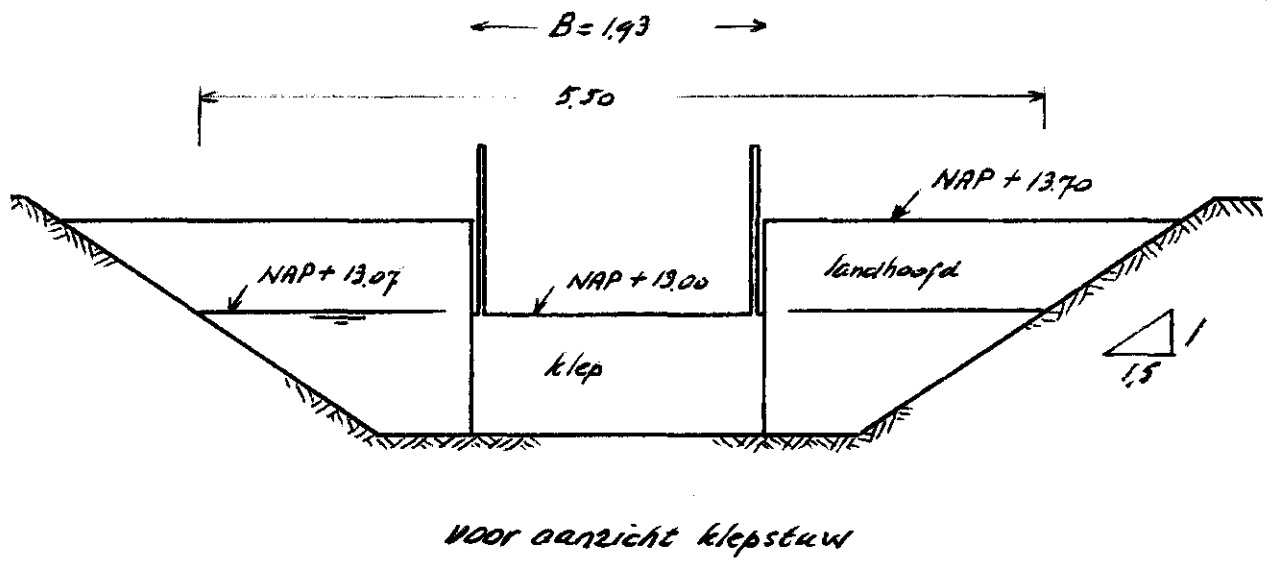


0 0,5 1km

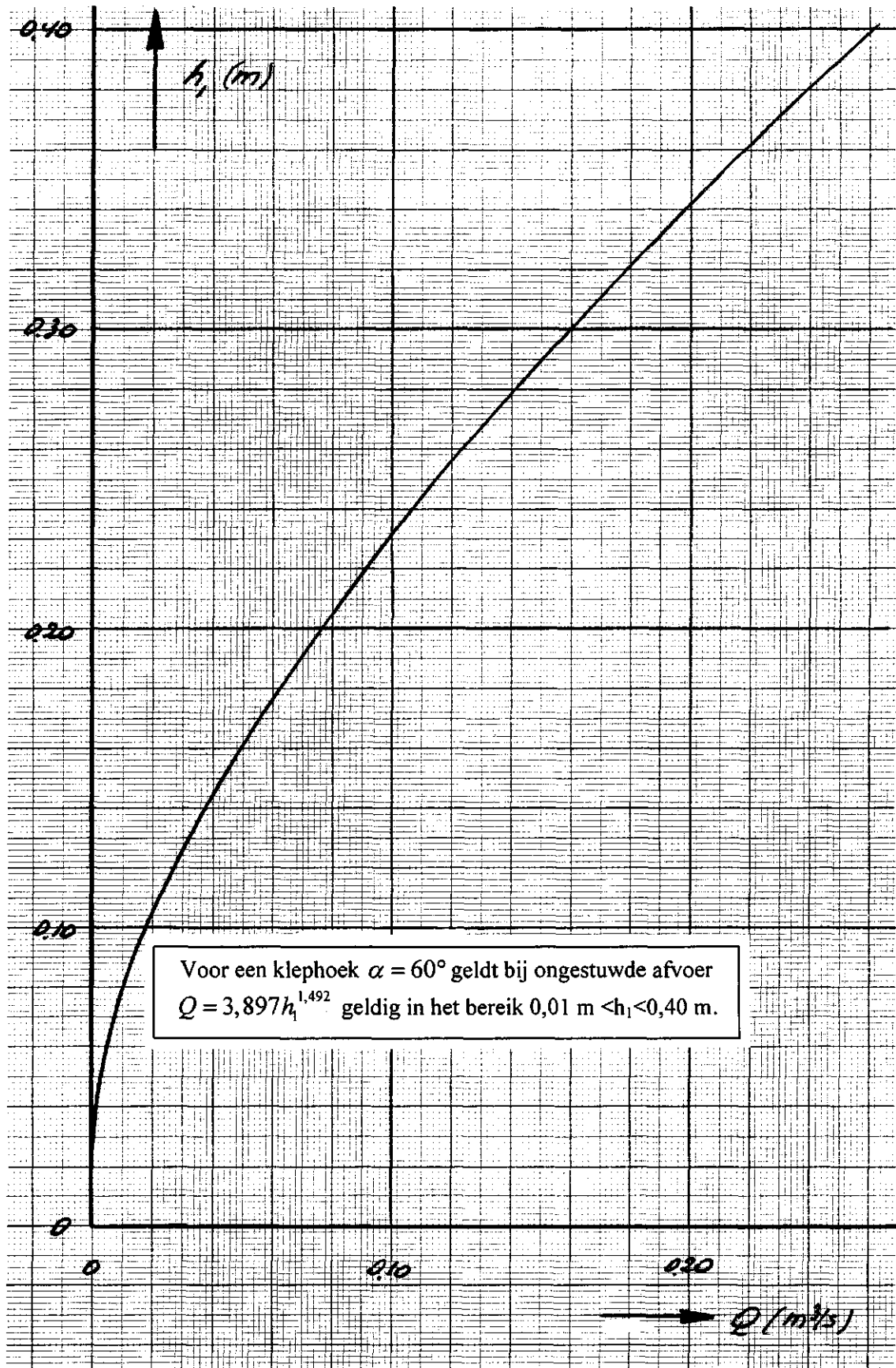


sectie Gis/Cartografie

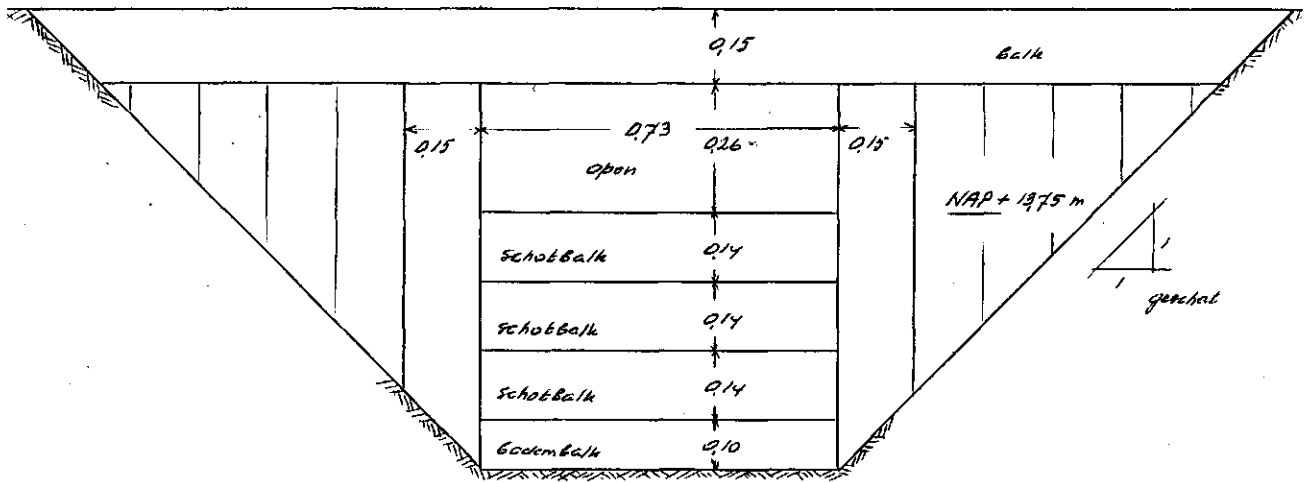
Figuur 1 *Het gebied Holmers-Halkenbroek*



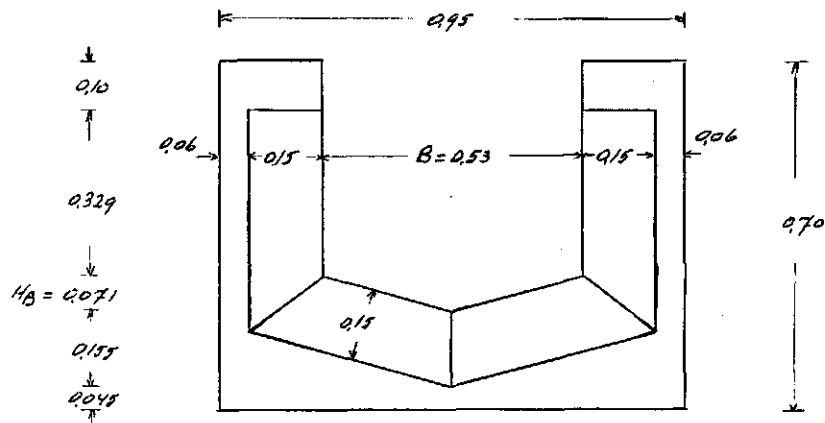
Figuur 2 Klepstuw Elperdiepje



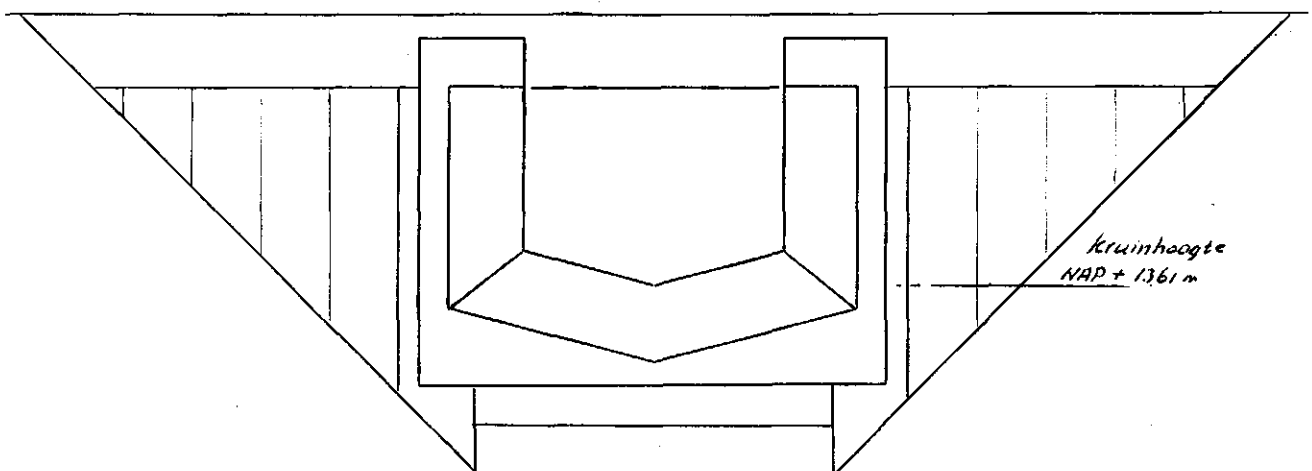
Figuur 3 Afvoerkromme klepstuw Elperdiepje voor $\alpha = 60^\circ$



maatvoering bestaande schotbalkstuw

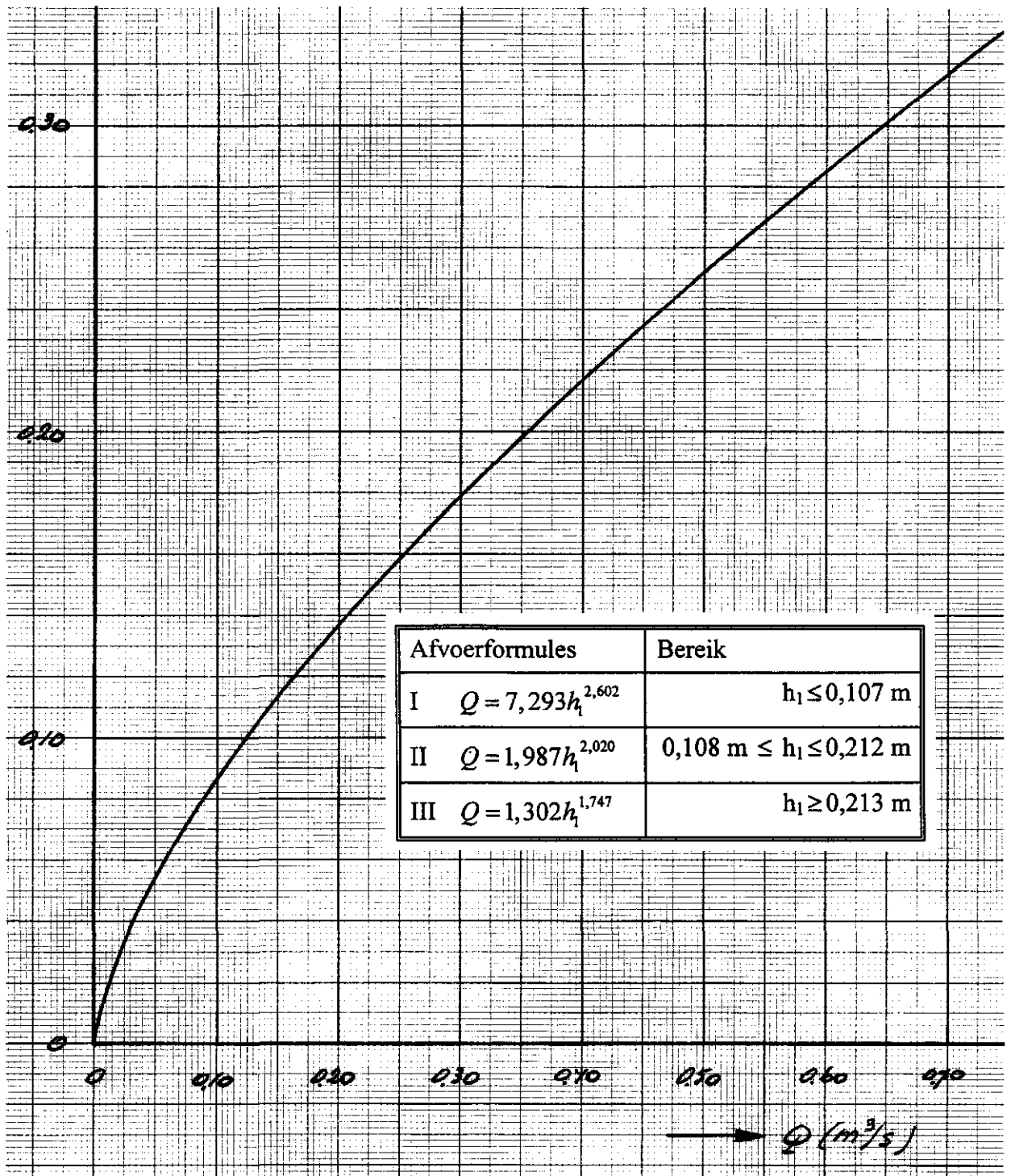


maatvoering Rossum stuw



Rossum stuw bevestigd op schotbalkstuw

Figuur 4 Maatvoering schotbalkstuw Rossum-stuw Halckenbroek



Figuur 5 Afvoerkromme Rossum-stuw Halckenbroek