

IJking inlaat Burgvlietkade te Gouda

W. Boiten en J.W. Kole

Rapport 119

Sectie Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11
6709 PA Wageningen
Internet: www.dow.wau.nl/whh

ISSN 0926-230X

1710186

INHOUD

Lijst van symbolen en eenheden

	pagina
1. Inleiding	1
2. Beschrijving van het inlaatwerk	1
3. Twee mogelijke afvoerrelaties	3
4. Onderzoek naar een afvoerrelatie uit de literatuur	4
5. De ijking in het veld	5
6. Analyse van de veldmetingen	7
7. Conclusies en aanbevelingen	10
Literatuur	11
Fotoblad	12

Lijst van symbolen en eenheden

Dimensies krooshek

l	spijllengte (in de stroomrichting)	m
d	spijldikte	m
s	h.o.h. afstand spijlen	m
a	doorstroombreedte tussen de spijlen	m

Overige

B	breedte, dagmaat	m
B_e	effectieve afvoerende breedte	m
D	binnendiameter inlaat	m
g	versnelling van de zwaartekracht	m/sec ²
h_K	kruinhoogte schotbalkstuw	m NAP
ΔH	energieverlies krooshek	m
n	aantal slagen open van de afsluiter	-
Q	debiet	m ³ /s
t	looptijd stroomsnelheidsmeter	s
v	stroomsnelheid	m/s
WS1	bovenstroomse waterstand op de peilschaal	m NAP
WS2	waterstand in de uitstroombak	m NAP
X_Q	onzekerheid in de bepaling van het debiet	%

III

1. Inleiding

Op 14 april 2003 verleende het Waterschap Wilck en Wiericke opdracht aan de Sectie Waterhuishouding van de Wageningen Universiteit, per brief 030584, tot het ijken van de inlaat Burgvlietkade te Gouda.

De opdracht was conform de offerte 03062 WB/ah d.d. 12 maart 2003, waarin werd geadviseerd, de afvoerrelaties voor de inlaat op te stellen aan de hand van een aantal debietmetingen in het veld met de velocity-area methode, in een meetraai vóór de inlaat.

De ijking van de inlaat heeft plaats gevonden op 26 en 27 mei 2003.

Voorafgaand aan, tijdens en na de ijking is er geregeld overleg geweest met dhr. J.D.H. van Ketwich, Sr. Beleidsmedewerker Nieuwbouw en Beheer van het Waterschap.

De veldmetingen zijn uitgevoerd door dhr. J.W. Kole van de Wageningen Universiteit in goede samenwerking met medewerkers van het Waterschap.

Het gehele onderzoek stond onder leiding van dhr. W. Boiten, gastmedewerker bij de Sectie Waterhuishouding van de Wageningen Universiteit.

2. Beschrijving van het inlaatwerk

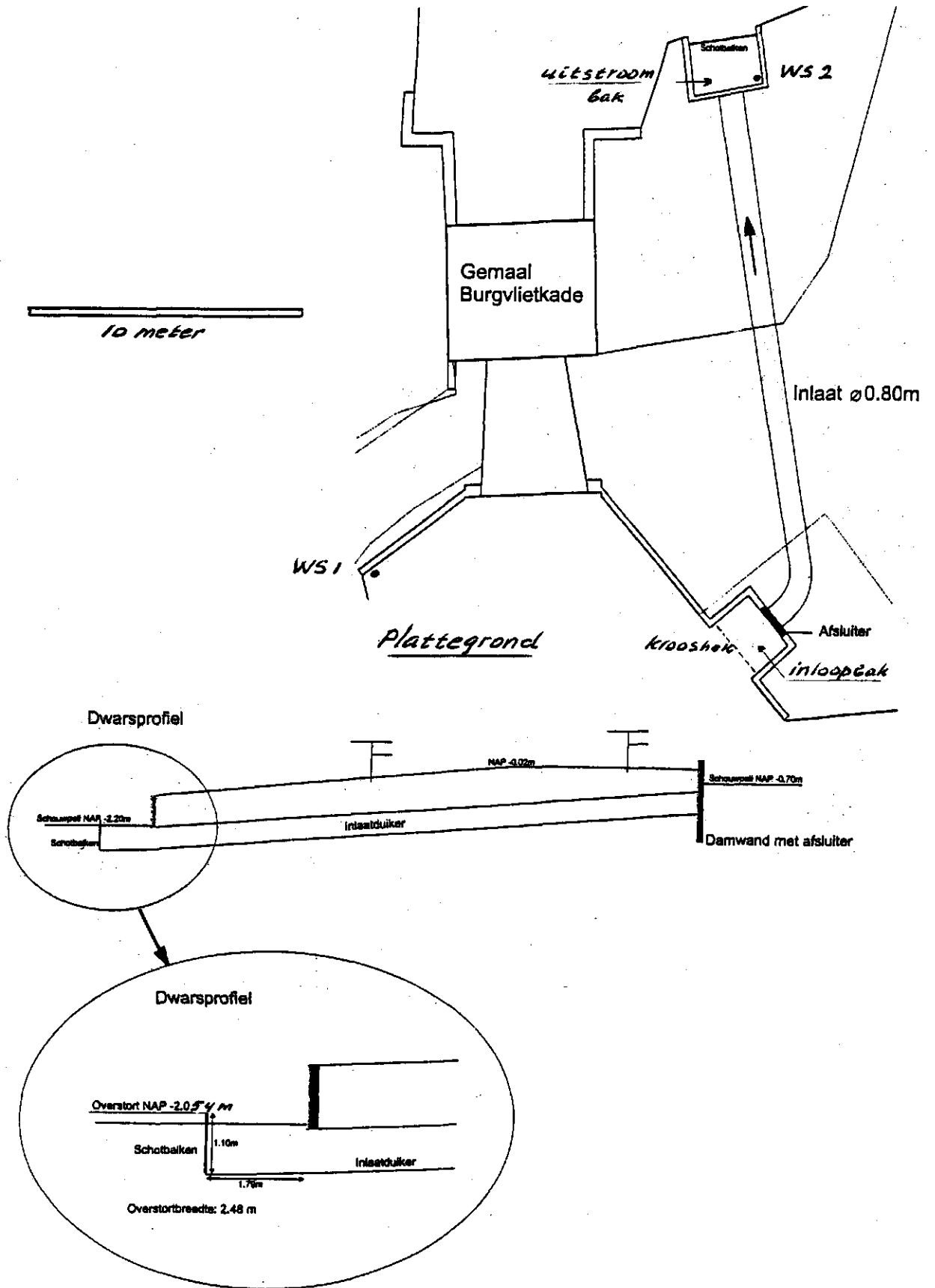
Vanuit de Stadsboezem van de gemeente Gouda kan het Waterschap water inlaten naar de Reeuwijkse Plassen via de inlaat Burgvlietkade. Deze inlaat zal worden geautomatiseerd. Om te kunnen rekenen aan de waterbalans voor de polder Reeuwijk, is het gewenst om de inlaatcapaciteit van de inlaat te kennen.

Figuur 1 schetst de inlaat Burgvlietkade.

Parallel aan het gemaal bevindt zich de circa 20 meter lange inlaat $D = 0,80$ m. Vanuit de stadsboezem stroomt het water via een rechthoekige inloopbak met krooshek naar de inlaat, die voorzien is van een schuifafsluiter. Aan het eind van de inlaat stroomt het water via een rechthoekige uitstroombak – voorzien van een damwandschot – in noordelijke richting naar de Reeuwijkse Plassen.

Enkele technische gegevens:

- schouwpeil Goudse Stadsboezem NAP $-0,70$ m



Figuur 1 Inlaat Burgvlietkade te Gouda

- inloopbak $B = 2,45$ m met de bodem op NAP $- 1,915$ m (diepte $1,215$ m)
- krooshek op $0,20$ m achter begin inloopbak
krooshekspijlen rechthoekig met een lengte $l = 0,05$ m, een dikte $d = 0,01$ m en h.o.h. $s = 0,10$ m (doorstroming $a = 0,09$ m)
- begin inlaat met afsluiter op $2,10$ m achter begin inloopbak, afsluiter met zeer waarschijnlijk bolle onderkant, na $102,5$ slagen maximaal geopend
- inlaat ronde leiding $D = 0,80$ m, circa 20 m lang; niet uitgesloten dat zich in de leiding nog onbekende locale weerstanden bevinden.
- uitstroombak $B = 2,48$ m met de bodem op circa NAP $-3,10$ m
- schotbalkconstructie op circa $1,80$ m achter begin uitstroombak
kruinhoogte schotbalk stuw $h_K = \text{NAP} - 2,054$ m
- schouwpeil benedenstrooms van de schotbalkstuw NAP $-2,20$ m

3. Twee mogelijke afvoerrelaties

In principe zijn er voor de inlaat Burgvlietkade twee manieren om de afvoer te relateren aan parameters in het veld:

- $Q = f(n, \text{WSI})$

Hierin zijn Q de afvoer (m^3/s), n het aantal slagen waarmee de afsluiter is geopend, en WSI de bovenwaterstand vóór het krooshek in m NAP

- $Q = f(\text{WS2} - h_K)$

hierin zijn WS2 de waterstand in m NAP op enige afstand vóór de schotbalkstuw in de uitstroombak, en h_K de kruinhoogte van deze stuw in m NAP

$\text{WS2} - h_K$ is de overstorthoogte van de schotbalkstuw

De betrouwbaarheid van de relatie kan langs drie wegen worden aangetast:

- een vervuild krooshek leidt tot overschatting van de afvoer
- mogelijke luchtintree bij een ver geopende afsluiter leidt eveneens tot overschatting
- onzekerheid over de hoeveelheid "dode slag" bij openen/sluiten van de afsluiter

De betrouwbaarheid van de tweede relatie is gevrijwaard van deze drie foutenbronnen, en neemt variaties in WS1 automatisch mee. Als de zeer turbulente WS2 elektronisch goed kan worden uitgedempt, dan is de tweede relatie wellicht beter dan de eerste.

Helaas is tijdens de ijking gebleken dat de waterstand WS2 niet goed kan worden gemeten als gevolg van de buitengewoon turbulente stroming in de uitstroombak, voor hoge afvoeren nog eens verergerd door een zeker percentage lucht in de leiding.

Van de twee theoretisch mogelijke afvoerrelaties blijft de eerste over:

$$Q = f(n, WSI)$$

Met betrekking tot de drie reeds genoemde foutenbronnen en de betrouwbaarheid van de afvoerrelaties kan het volgende worden opgemerkt:

- tijdens waterinlaat zal het krooshek schoon moeten zijn
- luchtintree wordt in principe in de ijking "meegenomen"
- voor elke gewenste inlaat wordt het aantal slagen open steeds geteld vanuit een geheel dichte afsluiter (hiermee is de "dode slag" geëlimineerd)

4. Onderzoek naar een afvoerrelatie uit de literatuur

Aanvankelijk is onderzocht óf de relatie $Q = f(n, WSI)$ kon worden opgesteld met gegevens uit de literatuur. In principe is zoiets mogelijk voor een aantal openingspercentages de energieverliezen over het leidingsysteem te berekenen.

De berekeningen hebben niet tot het gewenste resultaat geleid om de volgende redenen:

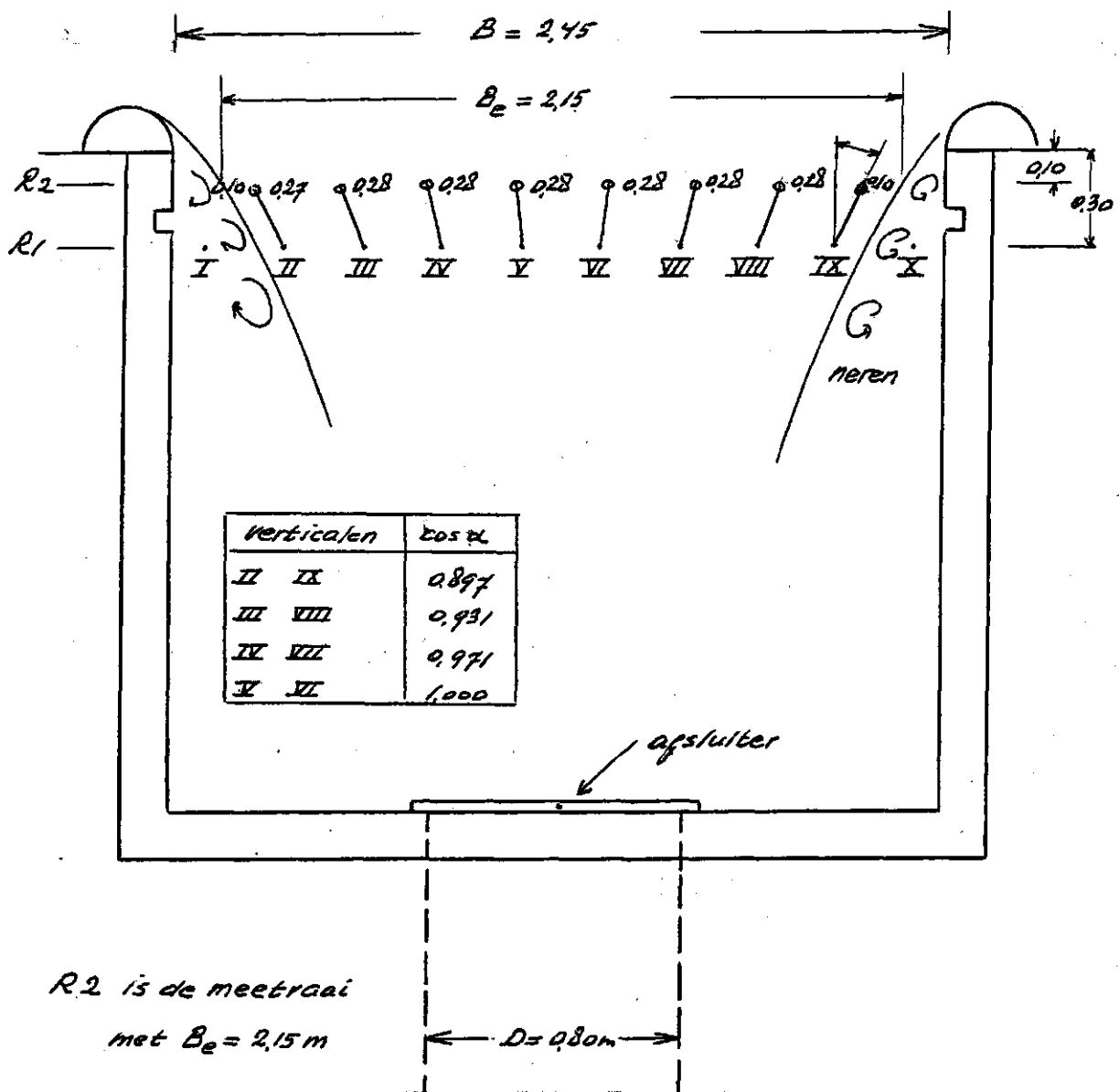
- onbekendheid over de relatie tussen aantal slagen open en het openingspercentage van de afsluiter (ook geen 100% zekerheid over de vorm/onderkant van de afsluiter)
- verliescoëfficiënten van afsluiters, zoals bekend uit de literatuur, gelden doorgaans voor afsluiters *in* een leiding (niet *vóór* een leiding)
- onbekendheid over eventuele locale weerstanden in de leiding

Het werken met een – uit literatuurgegevens opgestelde – theoretische afvoerrelatie zou voor bijvoorbeeld 55 slagen open hebben geleid tot circa 60% overschatting van het werkelijke debiet volgens de ijking.

5. De ijking in het veld

Op 26 en 27 mei 2003 zijn voor zeven verschillende standen van de afsluiter, de debieten gemeten in een meetraai op geringe afstand achter het begin van de inloopbak. Het krooshek was verwijderd.

Figuur 2 toont de locatie van de meetraai in de inloopbak.



Figuur 2 Locatie van de meetraai in de inloopbak

De meetstang stond opgesteld in raai R₁ op 0,30 m achter de voorkant van de inloopbak. De beide hoeken hiervan waren provisorisch afgerond om een iets fraaier stroombeeld te verkrijgen.

De propeller bevond zich in raai R₂ op 0,10 m achter de voorkant van de inloopbak. Als gevolg van de convergerende stroomlijnen, bleek de netto afvoerende breedte in deze raai een gemiddelde waarde $B_e = 2,15$ m te hebben. De stroomsnelheden werden gemeten in de acht verticalen II t/m IX, steeds in de stroomrichting. Voor de berekening van de debieten werden de snelheidscomponenten haaks op de meetraai berekend met

$$v = \cos \alpha \cdot v_{\text{gem.}}$$

In elk van de acht verticalen werden de stroomsnelheden gemeten op zes verschillende dieptes t.o.v. de bodem, met de Ott-molen no. 112272, schoep 1-111401 met een looptijd $t = 50$ sec.

Tijdens de metingen werden ook de beide waterstanden genoteerd: WS1 werd afgelezen van de bovenstrooms gelegen peilschaal en WS2 werd, voor zover dat mogelijk was, bepaald met de drukdoos in de uitstroombak.

Het totaal debiet werd steeds berekend met de "mean section" methode.

Tabel 1 geeft een overzicht van de zeven uitgevoerde metingen.

meting no.	aantal slagen open (n)	WS1 (m NAP)	debiet Q (m ³ /s)	WS2 (m (NAP))
5	20	-0,680	0,226	-1,912
6	32	-0,695	0,446	-1,831
2	45	-0,695	0,620	-
3	65	-0,710	0,789	-
4	80	-0,710	0,906	-
7	91	-0,735	0,994	-
1	102,5	-0,735	1,321	-

Tabel I Zeven uitgevoerde debietmetingen.

Uit dit overzicht blijkt dat het handhaven van een constant bovenstrooms schouwpeil NAP -0,70 m in de praktijk niet helemaal haalbaar is. Ook is gebleken dat de waterstand WS2 moeilijk meetbaar is.

6. Analyse van de veldmetingen

Bij het analyseren van de metingen is aan de volgende twee aspecten aandacht geschonken:

a) correctie van de gemeten relatie op het ontbreken van het krooshek.

Voor een handmatig schoongemaakte krooshek, zoals beschreven in par. 2, kan uit de literatuur (Idel'cik, 1969) het energieverlies over het krooshek worden afgeleid:

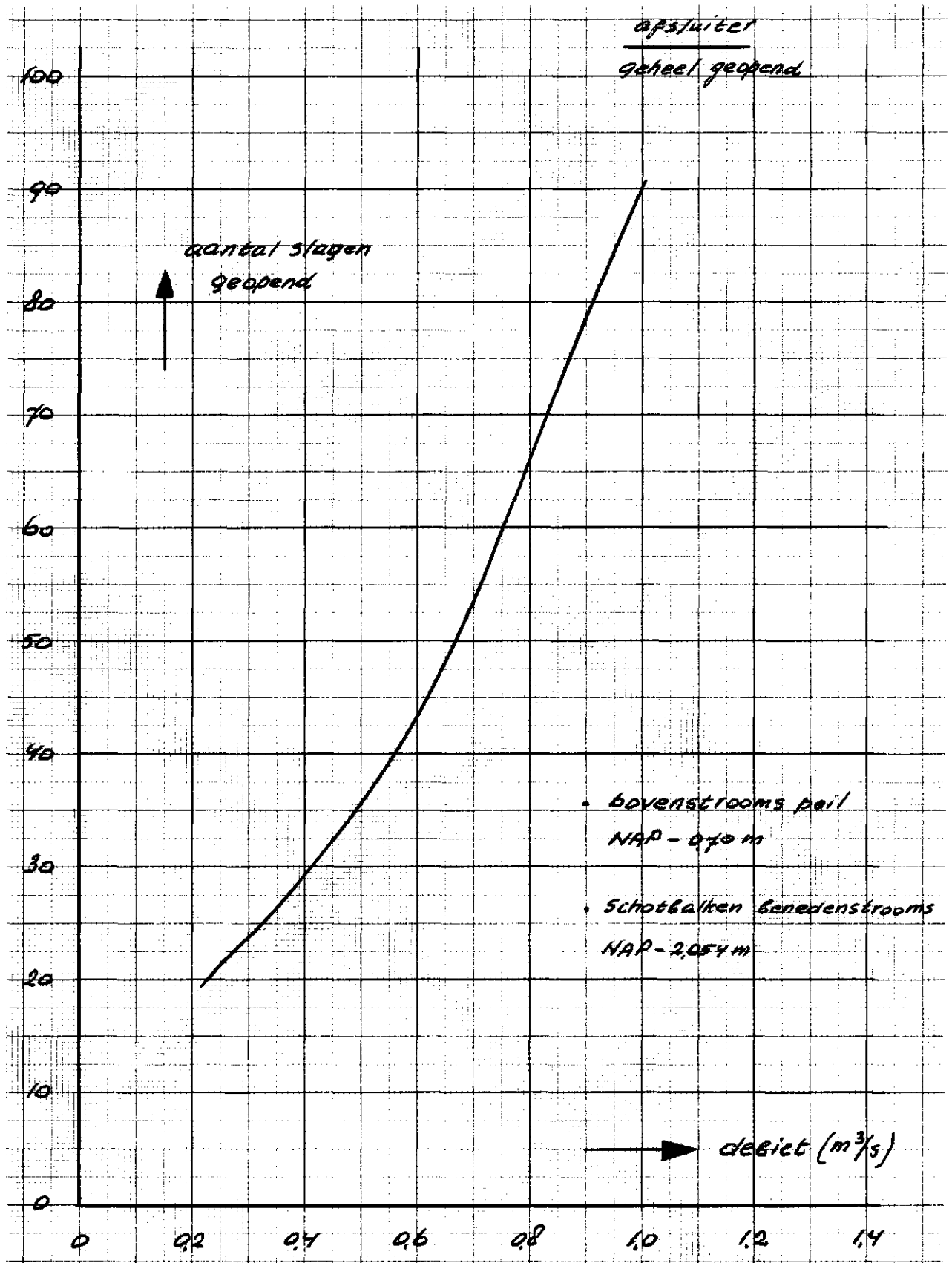
$$\Delta H = 0,219 * v^2 / 2g$$

Hierin is v de gemiddelde snelheid vóór het krooshek. Gezien de relatief lage aanstroomsnelheden zijn de verliezen over het schone krooshek zeer gering.

b) correctie van de gemeten relatie op een afwijkend bovenstrooms schouwpeil.

Uitgaande van de kruinhoogte NAP -2,054 m voor de schotbalkstuw in de uitstroombak zijn de debieten Q als functie van het aantal slagen open n berekend voor bovenwaterstanden NAP -0,65 m NAP -0,70 m en NAP -0,75 m.

Figuur 3 geeft het debiet als functie van het aantal slagen open.



Figuur 3 Debiet inlaat Burgvlietkade als functie van het aantal slagen waarmee de afsluiter geopend is

Tabel II geeft het debiet tevens als functie van een variërende bovenwaterstand WS1.

aantal slagen open	Debeten Q (m ³ /s) bij een bovenwaterstand		
	NAP -0,65 m	NAP -0,70 m	NAP -0,75 m
20	0,229	0,224	0,220
25	0,329	0,322	0,316
30	0,419	0,411	0,402
35	0,500	0,490	0,480
40	0,571	0,560	0,547
45	0,632	0,619	0,605
50	0,682	0,668	0,653
55	0,729	0,713	0,697
60	0,771	0,754	0,734
65	0,810	0,792	0,775
70	0,848	0,830	0,812
75	0,889	0,870	0,850
80	0,930	0,910	0,889
85	0,976	0,955	0,933
90	1,022	0,999	0,976

Tabel II Het debiet door de inlaat Burgvlietkade in Gouda

De onzekerheid in de bepaling van het debiet (de meetfout) als functie van het aantal slagen open n , en de bovenwaterstand WS1 wordt geschat op $X_Q = 5\%$ onder de volgende voorwaarden:

- de bovenwaterstand ligt in het bereik $\text{NAP } -0,75 < \text{WS1} < \text{NAP } -0,65$ m
- een redelijk schoon krooshek
- het aantal slagen open ligt in het bereik $20 < n < 90$
- de kruinhoogte van de schotbalkstuw in de uitstroombak bedraagt circa $h_K = \text{NAP } -2,054$ m

7. Conclusies en aanbevelingen

1. De inlaat Burgvlietkade is op 26 en 27 mei 2003 geijkt door bij zeven verschillende afsluiterstanden debietmetingen uit te voeren.
2. Figuur 3 toont het debiet van de inlaat Burgvlietkade als functie van het aantal slagen n , waarmee de afsluiter geopend is (schouwpeil NAP $-0,70$ m).
De onzekerheid in de bepaling van het debiet bedraagt $X_Q = 5\%$.
3. Tabel II geeft eveneens het debiet van de inlaat, nu ook voor bovenwaterstanden die $0,05$ m hoger en lager zijn dan het gewenste schouwpeil.
4. Het aantal slagen open wordt geteld vanuit de dichtstand. Als de inlaat bijv. wordt teruggebracht van 60 slagen open naar 50 slagen open, dan wordt de afsluiter opnieuw geheel gesloten. Een extra onzekerheid als gevolg van een "dode slag" wordt hiermee vermeden.
5. Het verdient aanbeveling, het krooshek goed schoon te houden, niet alleen om de inlaat op capaciteit te houden, maar ook ter wille van de meetnauwkeurigheid.

Literatuur

Boiten, W., 2003

Hydrometry, IHE Delft Lecture Note Series.

Swets and Zeitlinger B.V., Lisse

Idel'cik, I.E., 1969

Memento de pertes de charge

Eyrolles, Paris

Fotoblad



IJking in de inloopbak vóór de inlaat



De uitstroombak achter de inlaat