INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
NOTA 322, d.d. 29 november 1965

Een onvolkomen overlaat voor debietmetingen

Ir. W.C. Visser

Inleiding

Het meten van het debiet van beken vindt op nauwkeurige wijze plaats met behulp van meetstuwen, welke in verschillende typen zijn ontworpen en geijkt en het meten van het debiet op eenvoudige wijze en nauwkeurig mogelijk maken.

Door deze zorgvuldige uitwerking met de meetnauwkeurigheid als belangrijkste doelstelling zijn op dit gebied weinig problemen over gebleven. Moeilijkheden op ander gebied komen daardoor echter in verhouding sterker naar voren. Een opnieuw in beschouwing nemen van de meetmiddelen lijkt van belang.

De genoemde moeilijkheden op ander gebied zijn de volgende: Door de meetstuw als een vrije overstort te construeren, bereikt men dat het debiet afhankelijk is van slechts een enkele variabele nl. de overstorthoogte. Alle andere invloeden worden constant verondersteld. Hoewel ze van overstort tot overstort kunnen variëren, vormen ze voor een en dezelfde overstort geen variabele. Wanneer echter het water in het benedenpand boven de drempel van de overstort uitstijgt en de overlaat onvolkomen wordt, gaat het debiet van twee parameters afhangen, hetzij boven en beneden waterstand, hetzij een van beide waterstanden en de overstorthoogte. Met een registreerinrichting, die de twee parameters vastlegt, kan men deze moeilijkheid van te hoge benedenstanden oplossen. Meettechnisch geeft dit enige voordelen, al kan men tot vrij hoge benedenstanden met een enkele parameter nog een goede nauwkeurigheid bereiken. Het belang ligt daarom misschien nog meer in de invloed op het volgende punt.

In het Nederlandse stelsel van leidingen kan zeer vaak maar weinig verval worden toegelaten. Een te grote opstuwing wordt niet geaccepteerd, vooral niet bij hoge afvoeren. Dit brengt met zich, dat men met V-vormige stuwen moet werken, met zo sterk uit elkaar wijkende zijden, dat de opstuwing bij hoge waterstanden bijvoorbeeld gelijk is aan die bij lage standen en debieten.

Een meetstuw waarvoor men tegenover het waterschap kan garanderen dat hij nooit meer opstuwing zal veroorzaken dan een zekere, aanvaardbare maximale waarde, en die door twee parameters te meten wat de meetnauwkeurigheid betreft ongevoelig is voor het werken als volkomen dan wel onvolkomen overlaat, zou aan de wensen van de debietmetende instantie,

zowel als de landbouwpraktijk, tegemoet kunnen komen. Dit zal het overleg omtrent de aanvaardbaarheid van het meten met een stuw ten goede komen en zo het uitvoeren van onderzoek bevorderen.

De doelstelling voor de berekening

De doelstelling, de variatie in de overstorthoogte beneden een zekere waarde te houden wordt het beste bereikt door vast te stellen welke overstorthoogte men met de gewenste nauwkeurigheid kan registreren. Daar naar wordt de vorm van de overstort berekend uitgaande van deze constant blijvende overstorthoogte, wat ook het debiet van de beek mag zijn. Is de registreernauwkeurigheid van de overstorthoogte 1 mm en verwacht men toch geen grotere nauwkeurigheid te bereiken dan 1%, dan zou een overstorthoogte van 10 cm meettechnisch voldoende zijn. Zou de landbouwpraktijk met een dergelijke opstuwing geen genoegen kunnen nemen, dan zal men niet veel lager dan 5 cm kunnen gaan om de waarde van de meting niet in gevaar te brengen.

Het doel van de berekening is nu een V-vormige overlaat te ontwikkelen met zodanige bodemhoogte, bodembreedte en helling van de zijkanten, dat in een gegeven beek bij elk debiet de opstuwing om deze 10 cm schommelt. De stromingswetten laten niet toe dat de opstuwing geheel constant blijft bij een V-vormige doorlaat. De kanten van de V-vorm zouden daartoe een zekere lichte buiging moeten bezitten, die wat moeilijk te maken zou zijn en niet toegepast behoeft te worden mits men maar de drie parameters voor de bodemhoogte c, de bodembreedte b en de helling van de zijkanten van de V-vorm a bepaalt, die de minst afwijkende V-vorm beschrijven (zie fig. 1 en 2).

Bij de beschouwing zal worden gebruik gemaakt van de uitwerking van het vraagstuk zoals die door Andersen en Dahl (1961) gegeven wordt. Deze beschouwing heeft als belangrijke kant, dat men daardoor zo duidelijk ziet welke voorwaarden men aan een ijking mag stellen met betrekking tot de nauwkeurigheid van een meetstuw, geplaatst in de veelal wat grillig gevormde sloten, zoals die te velde aanwezig zijn.

De beschouwing van Andersen en Dahl houdt nu in, dat men de formules voor de stroming door de beek en die voor de afvoer door de overstort uitschrijft en de debieten aan elkander gelijk stelt.

De grondslag van de berekening

Andersen en Dahl geven aan, hoe men een overlaat kan ontwerpen, die als volkomen, zowel als onvolkomen overlaat werkende, met een gelijkblijvend verval werkt. Het principe van de stuw is weergegeven in fig. 1 en 2. Zij maken daarbij gebruik van vier formules:

Voor de beek $Q = NF_2R^nI^{0.5}$ (1)

Voor de stuw $Q = \eta C_f F_b \sqrt{2gh}$ (2)

Voor de contractie coefficiënt voor de natte doorsneden:

$$C_f = 0.021 + 0.505\,(F_s/F_b)^{1.45} \quad (3)$$

Voor de contractie coefficiënt voor de waterhoogte:

$$\eta = 0.391 + 2.00\left(\frac{\Delta h}{h}\right) - 2.31\left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 + 0.915\left(\frac{\Delta h}{h}\right)^3 \quad (4)$$

Q = beekdebiet
N = wandruwheidsfactor
R = natte radius
I = verhang in de beek
F_b = oppervlak doorstroomd profiel van de beek
F_s = oppervlak doorstroomd profiel van de overstort
h = waterhoogte in de beek
Δh = verval in de stuw
C_f, η = contractie coefficiënten

Formule 1 en 2 geven de formules voor de stroming door de beek en over een overstort weer. In de tweede formule worden twee contractie coefficiënten C_f en η uit formule 3 en 4 opgenomen. De eerste coefficiënt C_f is afhankelijk van de verhouding van de doorstroomde oppervlakken van beek en overstort. Experimenteel werd voor verschillende trapeziumvormige beek- en overstort profielen een relatie gevonden, die door formule 3 kan worden voorgesteld. Het zal duidelijk zijn dat de V-vormige

doorsneden door de enkele parameter F_s/F_b theoretisch niet geheel voldoende worden gekenschetst, zodat in de ijkingscurve een zekere onnauwkeurigheid moet worden verwacht.

De coefficiënt η is afhankelijk gesteld van de waterhoogte en het verhang. Zou men aannemen dat de coefficiënt C_f de vormverhoudingen van beek en stuw volledig verantwoordt, dan zou de coefficiënt η inderdaad de vulling van de profielen geheel kunnen beschrijven. Hier is dan maar een enkele parameter in het spel. De ijkingsfiguren tonen echter aan dat er wel wat variatie in de uitkomsten van de ijkingsmetingen optrad. Men mag wel aannemen, dat een rest effect van het niet volkomen verantwoorden van de vier oppervlak parameters van F_b en F_s hier tot uiting komt. Het is echter de vraag of men een klein gebrek in nauwkeurigheid hier zwaar moet laten wegen.

Er bestaat echter een ander bezwaar tegen formule 4 en wel dat deze voor een volkomen overlaat, wanneer daarbij Δh groter is dan h niet opgaat. Voor die omstandigheden moet men $\eta = 1.000$ stellen, ongeacht wat er uit formule 4 zou volgen. De formule zou bij $\eta = 1.000$ een asymptoot moeten hebben, maar heeft die niet.

Overwegingen bij het kiezen van empirische formules

De contractiecoefficiënt η voor de waterhoogte wordt door een derde graads functie kwantitatief voorgesteld. Wanneer men aan de hand van de door Andersen en Dahl gegeven grafiek nagaat of er nog andere mogelijkheden van matematische weergave zijn, dan blijken deze niet zo voor de hand te liggen. De gebruikelijke experimenten met logarithmische schalen leveren geen rechte lijn op.

Andersen en Dahl nemen terecht een derde graads kromme als model. Deze derde graads kromme heeft het voordeel dat hij de lijn voor $\eta = 0$ - in de grafiek, waarin η tegen $\Delta h/h$ wordt uitgezet - volgens een kleine hoek snijdt en slechts een enkele reëele wortel heeft. Een formule met een even graad zou de $\eta = 1.0$ as niet, of twee maal snijden en dan zeker twee reëele wortels hebben. Men zou dus telkens moeten vaststellen welke van de mogelijke uitkomsten men zou moeten nemen. De derde machts-functie is dus een goede keuze.

fig. 1

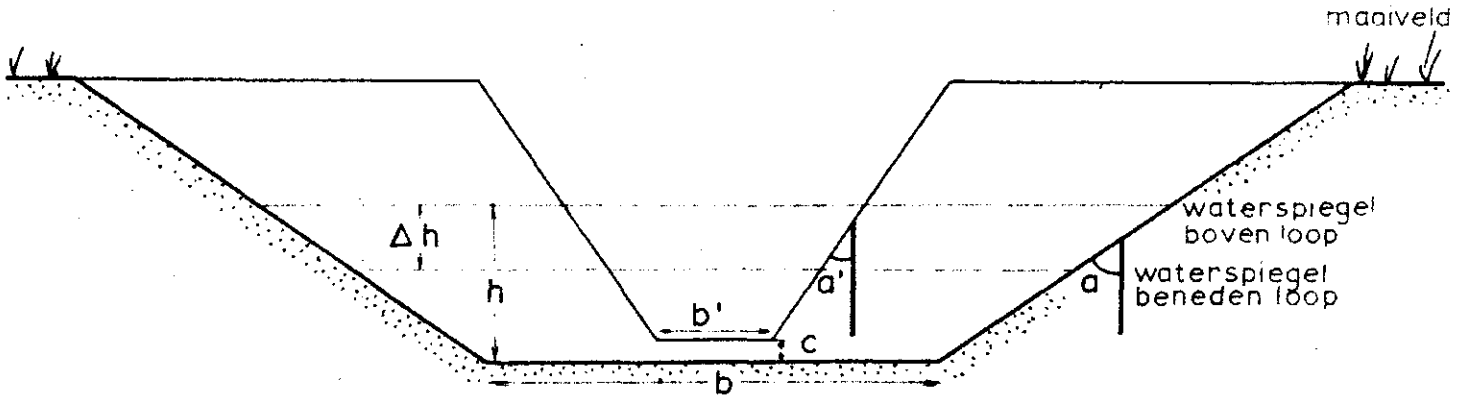
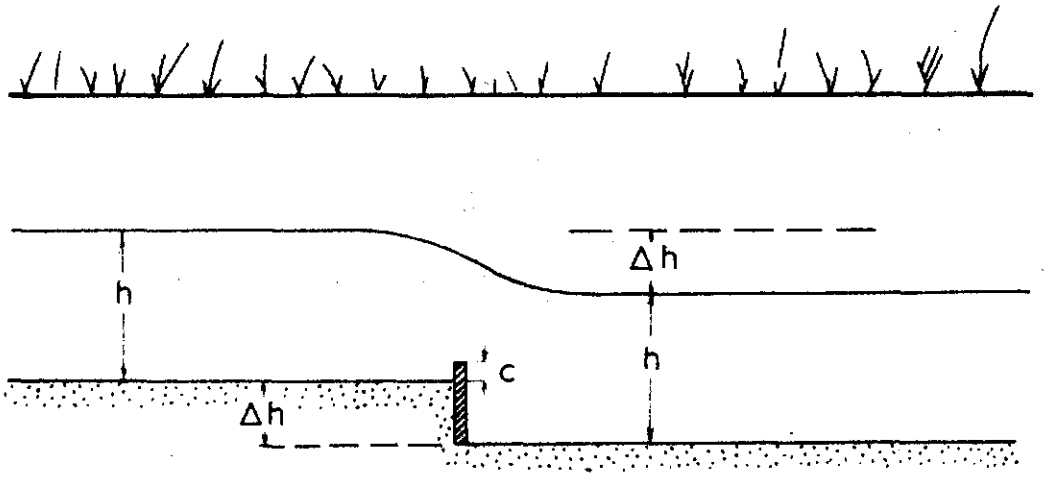

maaiveld
waterspiegel
boven loop
waterspiegel
beneden loop
Δh
h
b'
a'
a
c
b

fig. 2


h
Δh
c
Δh
h

Dat η echter waarden boven 1 kan aannemen, is een nadeel. Het is dan ook gewenst de formule zo te kiezen, dat dit niet mogelijk is. Dit valt te bereiken door in de plaats van met η met $\log(1-\eta)$ te werken. Deze uitdrukking wordt voor η groter dan 1 immaginair. De constanten van de derde graads functie kunnen nu zo worden gekozen, dat het verschil tussen beide formules zeer gering wordt.

De volgende twee formules sluiten zich beide goed bij de waarnemingen aan:

$$\eta = 0.392 + 2.0 \frac{\Delta h}{h} - 2.31 \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 + 0.915 \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^3 \qquad (4)$$

$$\log(1-\eta) = -0.178 - 1.91 \frac{\Delta h}{h} + 0.875 \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 - 1.917 \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^3 \qquad (5)$$

In achteraan toegevoegde tabel 1 wordt aangegeven in welke mate de uitkomsten voor η volgens de beide formules van elkander afwijken.
De nauwkeurigheid van aanpassen zou door scherpere berekening nog wel zijn op te voeren. Dit is echter van weinig belang omdat de waarnemingen, welke de formule gemiddeld weergeeft, nogal wat spreiding vertoonden. Verder wordt de wat grote afwijking bij $\Delta h/h = 0.8$ veroorzaakt door een ongewenste eigenschap van formule 4. Het buigpunt van de curve ligt bij deze waarde, terwijl men het buigpunt - indien noodzakelijk - liever bij $\Delta h/h = 1.0$ zou hebben gelegd. Maar nog beter is de afwezigheid van buigpunten als in formule 5. Deze laatste formule zal dan ook wel betrouwbaarder mogen worden geacht en is in elk geval rekentechnisch gemakkelijker.

Berekening van het profiel van de overstort

Het profiel F_s van de overstort kan nu worden berekend voor elke waarde van de waterhoogte h in de beek. Hiertoe worden de waarden van Q uit de formule 1 en 2 aan elkander gelijk gesteld en C_f uitgedrukt als een functie van R, F_b en $\sqrt{h}$

$$NR^n I^{0.5} = \eta \, C_f \sqrt{2gh} \qquad (6)$$

$$C_f = \frac{NR^n I^{0.5}}{\eta \sqrt{2gh}} = 0.021 + 0.505\,(F_s/F_b)^{1.45}$$

$$F_s = F_b \left\{ \left(\frac{NR^n I^{0.5}}{\eta \sqrt{2gh}} - 0.021 \right) \frac{1}{0.505} \right\}^{\frac{1}{1.45}} \qquad (7)$$

Nu worden nog de natte omtrek R en het natte sloot oppervlak F_b als functie van h uitgedrukt, terwijl bedacht moet worden, dat ook η een functie van h is, die kortheidshalve hier niet wordt uitgeschreven.

$$F_s = \frac{h^2(\frac{b}{h} + a)}{0.505^{1/1.45}} \left\{ \frac{NI^{0.5}}{\sqrt{2g}} \; \frac{h^{n-0.5}}{\eta} \left(\frac{\frac{b}{h} + a}{\frac{b}{h} + c} \right)^n - 0.021 \right\}^{1/1.45} \qquad (8)$$

$$F_s = h^2(\frac{b}{h} + a) \left\{ \frac{NI^{0.5}}{2.16} \; \frac{h^{n-0.5}}{\eta} \left(\frac{\frac{b}{h} + a}{\frac{b}{h} + c} \right)^n - 0.0416 \right\}^{0.69} \qquad (9)$$

In deze formule zijn dus de variabelen h en F_s. Bekend moeten zijn:

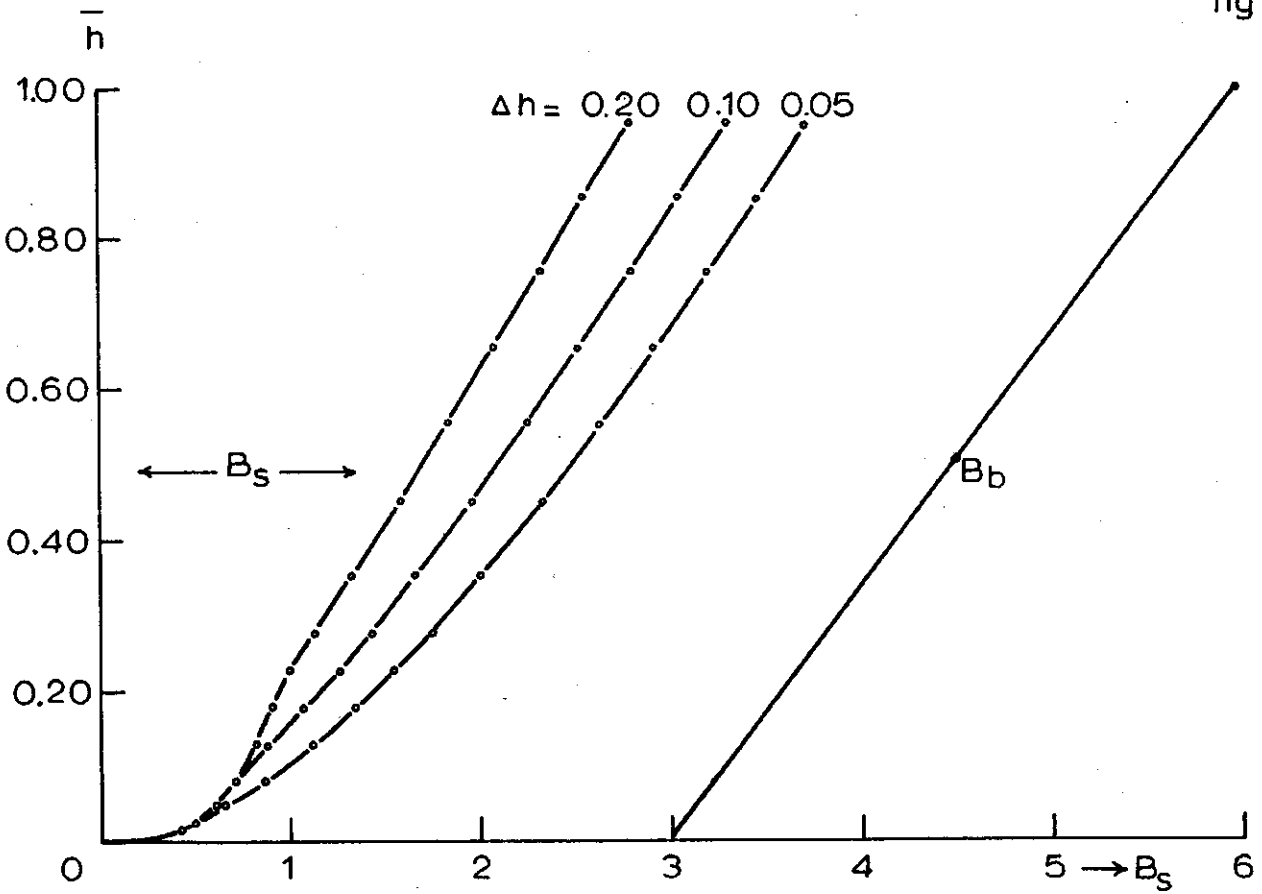
de talud helling van de beek	a = 1.50 m/m $\quad c = 2\sqrt{1+a^2} = 3.6$
de bodembreedte van de beek	b = 3.00 m
de wandruwheidcoefficiënt	N = 30
het beekverhang	I = 0.0004 m/m
de exponent van de afvoerformule	n = 0.8

In het volgende rekenvoorbeeld zullen de getalwaarden van de tweede kolom worden gebruikt, terwijl opklimmende waarden van h worden gebruikt. Voor Δ h worden de waarden 0.05, 0.10 en 0.20 m als maat voor het verval in de overstort gekozen. De exponent n wordt afwijkend van die van Manning gekozen om de nadruk erop te leggen, dat deze exponent geen constante waarde mag worden gegeven.

Voorbeeld van berekening

De berekening kan wat worden vereenvoudigd door een geschikt rekenschema op te stellen. Controle is daarbij mogelijk door voor de berekeningsuitkomsten voor opklimmende waarden van h de verschillen na te gaan en deze verschillen te beoordelen op hun regelmatige opklimming of afname.

fig 3



65C 166 /3.4

Het resultaat dat werd verkregen wordt in achteraan toegevoegde tabel 2 weergegeven.
Voor waarden van h die kleiner zijn dan Δh is η niet langer afhankelijk van $\Delta h/h$ en zijn de waarden van F_s eveneens onafhankelijk van Δh. De overstort werkt als volkomen overlaat. Bij werking als onvolkomen overlaat ziet men, hoe bij toenemende Δh - en dus afnemende tegendruk van de beneden waterspiegel - het doorstroomde oppervlak F_s van de stuw afneemt. Ter vergelijking wordt het doorstroomde oppervlak F_b van de beek gegeven. Vergelijking met F_s toont aan in welke mate men het doorstroomde oppervlak van de beek moet insnoeren om de gezochte sprong Δh in het beekpeil te bereiken. De bekende eigenschap van een stuw, dat een op het oog grote belemmering van de stroming aan drukhoogte geen grote gevolgen heeft, komt hier tot uiting.

De breedte van de stuwopening ter hoogte van de waterspiegel kan nu worden gevonden door het verschil tussen opeenvolgende F_s-waarden te delen door het verschil tussen de bijbehorende waarden h. Tabel 3 geeft de gemiddelde waarde $h = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)$ en de breedte B_s van de daarbij gevonden opening.
In de laatste regel wordt de breedte B_b van de waterspiegel in de beek bij de bijbehorende waterhoogte aangegeven ter vergelijking met B_s.
Wanneer men het profiel van de stuw voor de drie berekende waarden van Δh in fig. 3 in tekening brengt, ziet men duidelijk wat de eigenschap is, die Andersen en Dahl voor gebruik aanbevolen hebben. Men kan de gebogen curven zeer goed door een trapezium vervangen met een helling a_s als bij de hoge waarden van h optreedt, terwijl men een drempelhoogte c_s en breedte b_s zo kiest, dat in het onderste deel van de curven een goede aanpassing wordt gevonden. Wat zij voor een praktijkstuw aanbevelen is echter ook voor een meetstuw van belang. Men kan een V-vormige stuw zo dimensioneren, dat hij nauwkeurig aan de stromings parameters van een beek wordt aangepast en een opstuwhoogte garandeert, die bij geen enkel debiet zal worden overtroffen en die alleen bij de kleine afvoeren wat te klein gaat worden. Zou men een gebroken V-vorm toepassen, dan zou men de constantheid van de sprong in het beekpeil nog veel nauwkeuriger kunnen benaderen.

Nauwkeurigheid van de voorspelde opstuwhoogte

Wanneer men zou garanderen, dat de opstuwhoogte een bepaalde waarde niet zal overtreffen, dan zal de juistheid van die uitspraak afhangen van de constanten $NI^{0.5}$, n en a, b die men voor de berekening gebruikte.
Om hierin een inzicht te krijgen, kan men voor een gegeven waarde van F_s en een gekozen waarde van h nagaan, wat een afwijkende waarde van Δh bij terugrekenen aan waarden voor de constanten oplevert.

Bij de volgende beschouwing zal worden nagegaan, welke waarden van $NI^{0.5}$, n of a, b voor Δh een waarde van 0.15 in plaats van 0.10 zullen opleveren. De waarde van Δh uit zich alleen in de contractie coefficiënt η . Allereerst wordt voor de gekozen waarde h = 1.00 en Δh = 0.15 de waarde van η bepaald. In formule 9 blijven dus alle grootheden dezelfde waarde behouden, behalve η en een van de drie constanten.

Voor $NI^{0.5}$ kan men de wijziging in deze waarde berekenen die met de verandering in η samen gaat, door gelijkstellen van de verhouding:

$$\left(\frac{NI^{0.5}}{\eta}\right)_{\Delta h=0.10} = \left(\frac{NI^{0.5}}{\eta}\right)_{\Delta h=0.15}$$

Berekening toont aan dat voor een 14% grotere waarde van $NI^{0.5}$ de waarde van Δh van 0.10 tot 0.15 stijgt.

Voor de exponent n is de berekening eenvoudig voor h=1.00 omdat $h^{n-0.5}$ dan niet van belang is. Men kan dan rekenen met de verhouding:

$$\left\{\frac{1}{\eta}\left(\frac{b/h + a}{b/h + c}\right)^n\right\}_{\Delta h = 0.10} = \left\{\frac{1}{\eta}\left(\frac{b/h + a}{b/h + c}\right)^n\right\}_{\Delta h = 0.15}$$

waarbij η en n veranderen met Δh. Het blijkt dat Δh = 0.15 wordt verkregen door n = 0.8 te wijzigen in n = 0.4556.

Voor de grootte van het doorstroomde beekprofiel is de berekening alleen proberenderwijze uit te voeren. Neemt men aan dat de taludhelling constant blijft en alleen de bodembreedte b verandert, dan moet formule 9 met een

aantal bodembreedten worden doorgerekend tot men de waarde van b vindt, die de η voor $\Delta h = 0.15$ oplevert. Het blijkt dat b = 3.0 tot b = 3.406 moet toenemen of met 13.5%.

Het zal niet eenvoudig zijn de waarde van N met een nauwkeurigheid van 14% te schatten. De nauwkeurigheidseis voor I daarentegen zou een 30% bedragende fout toelaten, een nauwkeurigheidseis die zeker te halen valt. De fout van b van 13.5% of beter uitgedrukt de fout van het natte profiel van deze ~~grootte~~ breedte, zal wel te halen zijn. Het slootprofiel zal dus maar zelden een grens aan de nauwkeurigheid van de voorspelling van Δh stellen.

Ook de exponent n behoeft niet met grote nauwkeurigheid te worden vastgesteld. Een waarde van 0.67 volgens Manning is wel de laagste in aanmerking komende waarde. De waarde 0.45 voor een toename van $\Delta h = 0.10$ tot 0.15 ligt daar ver onder.

Men kan dus wel vaststellen, dat de nauwkeurigheid van de prognose van Δh sterk afhangt van de waarde van de wandruwheid. De invloed van de grootte van het natte profiel van de beek is van veel beperkter belang en de nauwkeurigheid van dit gegeven zal veel minder vaak bepalend zijn voor de schatting van Δh. De invloed van de exponent n is nog weer wat kleiner en de onnauwkeurigheid van minder invloed. Tenslotte zal de nauwkeurigheid van I maar zelden van praktische invloed op de voorspelling van Δh zijn. Men zal dus vooral zorg moeten besteden aan het vaststellen van de wandruwheid.

Constructie van de stuw

De berekening geeft enkele aanwijzingen ten aanzien van de constructie van de stuw.

De zijstukken van de stuw steken ter weerszijden van de beek 1 à 1.5 m in de beek uit. Bij een maximaal verval van 10 cm zal dat een druk van 50 tot 75 kg betekenen. Een vrij lichte constructie zal reeds in staat zijn de waterdruk op te vangen.

Een overstort kan tegen onderloopsheid worden beveiligd door een damwand die ten minste drie maal de spronghoogte in de grond moet zijn in-

gebracht, in dit geval dus ten minste 30 cm. Het zal niet veel moeite opleveren om de platen van de stuw aanzienlijk dieper in de grond te drukken of te spuiten. Onderloopsheid behoeft men dus niet te vrezen.

De figuur geeft aan, dat de breedte van de opening van de overstort voor verschillende waarden van Δh bij opklimmende h zeer geleidelijk verandert. Zou men de stuw uit planken samenstellen, die niet verticaal maar evenwijdig aan de zijkanten van de V waren bevestigd, dan zou het weg nemen of aanbrengen van een plank al een vrij goede regeling van Δh achteraf mogelijk maken. Nog beter zou die regeling worden, indien men die plank zou verschuiven en tevens wat zou draaien. De oplossing zou dus kunnen worden gevonden in een overlaat met te wijde opening waaraan ter weerszijden twee correctieplaten kunnen worden bevestigd. Deze bevestiging zou een variatie in stand moeten toelaten, door zowel een zijdelingse verschuiving als een draaiing toe te passen, zodat men achteraf de juiste vorm van de stuw door nastelling zou kunnen instellen.

Doordat alle krachten en drukken ten gevolge van de begrenzing van Δh nooit groot kunnen worden, kan alles licht en eenvoudig geconstrueerd worden. Wel moet men erop letten, dat de watersnelheid in de overlaat 2 tot 5 maal zo groot is als in de beek, zodat men tegen uitkolking wel enkele voorzorgen zal moeten nemen. Zo mogelijk moeten die echter de wandruwheid zo weinig mogelijk veranderen.

Wat overblijft is, dat een meetstuw, die als onvolkomen overlaat werkt, afhankelijk gaat worden van een tweede parameter naast de waterdiepte h en wel van de wandruwheid. Men zal een tweede meting moeten uitvoeren, naast die van de waterdiepte, om dit effect vast te leggen. Hiervoor komt het verval in de stuw in aanmerking. Door met de peil - annex vervalmeter de boven- en beneden waterstand vast te leggen, ontstaat nu de mogelijkheid om een nauwkeurige debietmeting zowel als een meting van de wandruwheid zelf registrerend vast te leggen. Deze veranderingen in de wandruwheid zullen als een trend over langere termijn tot uiting komen. Zouden ook variaties in het verhang optreden, dan zullen die als kortdurende afwijkingen de constantheid van het verval Δh verstoren. Het moet mogelijk zijn deze afwijkingen van de trend te gebruiken als uitgangspunt voor een berekening van de variaties

in het beekverhang. Tenslotte zal men moeten bedenken, dat deze bepaling van de invloed van N en I alleen mogelijk is, wanneer de stuw als onvolkomen overlaat fungeert. Zou men een registratie van de wandruwheidsveranderingen voldoende interessant vinden, dan zou men bij voorkeur de spronghoogte Δh klein moeten nemen, b.v. 5 cm en de stuw niet V-vormig moeten maken, maar zo goed mogelijk moeten aanpassen aan de berekende vorm van tabel 3.

Het is verleidelijk hier nog de opmerking aan toe te voegen, dat volgens dit principe een interessante constructie van een praktijkstuw - zonder meetdoelstellingen - mogelijk is. Zowel vaste als verstelbare stuwen van dit berekende V-vormige type zijn mogelijk, die het voordeel hebben een zorgvuldig gebruik maken van het bergend vermogen in het gehele gebied binnen het bereik van het ontwerp te brengen. Deze stuwen kunnen een gelijkmatige afvoer en een gelijkmatige verdeling van de wateroverlast verzorgen. Zij zullen de gewenste bescherming tegen wateroverlast bij het kleinst mogelijke beekprofiel mogelijk maken.

Berekening van de contractcoefficiënt η volgens twee verschillende formules.

Tabel 1

$\frac{\Delta h}{h}$	form 4	form 5	$\frac{\Delta h}{h}$	form 4	form 5
0.0	0.392	0.336	0.5	0.929	0.930
0.05	0.486	0.465	0.6	0.958	0.962
0.1	0.570	0.565	0.7	0.974	0.982
0.2	0.707	0.712	0.8	0.982	0.9926
0.3	0.809	0.811	0.9	0.988	0.9974
0.4	0.881	0.881	1.0	0.997	0.99926

Tabel 2 De waarde van η , F_s en F_b voor opklimmende waarden van h en Δh

h	0.01	0.02	0.03	0.06	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.000
η voor Δh=0.05	1.000	1.000	1.000	0.995	0.930	0.837	0.766	0.712	0.670	0.608	0.566	0.535	0.511	0.492	0.477	0.465
0.10	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.977	0.930	0.881	0.837	0.766	0.712	0.670	0.636	0.608	0.585	0.566
0.20	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.993	0.977	0.930	0.881	0.837	0.799	0.766	0.737	0.712
F_s voor Δh=0.05	0.0025	0.007	0.012	0.031	0.065	0.120	0.188	0.266	0.354	0.556	0.790	1.054	1.346	1.665	2.011	2.384
0.10	0.0025	0.007	0.012	0.031	0.060	0.104	0.158	0.221	0.293	0.460	0.657	0.881	1.134	1.412	1.718	2.050
0.20	0.0025	0.007	0.012	0.031	0.060	0.102	0.148	0.199	0.256	0.389	0.549	0.733	0.941	1.173	1.429	1.708
F_b	0.030	0.061	0.091	0.185	0.315	0.484	0.660	0.844	1.035	1.440	1.875	2.340	2.835	3.360	3.915	4.500

Tabel 3 De breedte B_s van de stuwopening ter hoogte van het boven beekpeil voor opklimmende waarden van h en Δh

h	0.015	0.025	0.045	0.080	0.125	0.175	0.225	0.275	0.350	0.450	0.550	0.650	0.750	0.850	0.950
B_s voor Δh=0.05	0.44	0.52	0.63	0.84	1.11	1.35	1.57	1.76	2.02	2.34	2.64	2.92	3.19	3.46	3.73
0.10	0.44	0.52	0.62	0.73	0.88	1.08	1.27	1.44	1.67	1.97	2.25	2.52	2.79	3.05	3.32
0.20	0.44	0.52	0.62	0.73	0.83	0.92	1.02	1.14	1.34	1.60	1.84	2.08	2.32	2.56	2.80
B_b	3.04	3.07	3.13	3.24	3.37	3.52	3.67	3.82	4.05	4.35	4.65	4.95	5.25	5.55	5.85