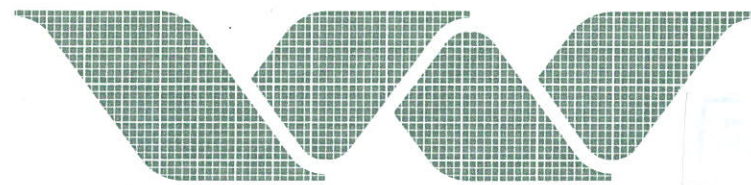


M 1905



waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

overlaat in de Groene Rivier te Pannerden

vaststelling van de afvoerbetrekking

AFGEHANDELD

verslag modelonderzoek

M 1905

maart 1983



overlaat in de Groene Rivier te Pannerden

vaststelling van de afvoerbetrekking

verslag modelonderzoek

M 1905

maart 1983

INHOUD

Lijst van figuren, tabellen en fotobladen

Symbolen en eenheden

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
2. <u>De overlaat in de Groene Rivier</u>	2
3. <u>Het modelonderzoek en de analyse.</u>	3
3.1 Doel en opzet van het onderzoek	3
3.2 Het twee-dimensionaal model, ongestuwde afvoer.	3
3.3 Het drie-dimensionaal model, ongestuwde afvoer.	4
3.4 Het drie-dimensionaal model, gestuwde afvoer.	4
4. <u>Conclusies.</u>	7

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

FIGUREN

TABELLEN

FOTOBLAGEN

Lijst van figuren, tabellen en fotobladen

Figuren

- 1 Situatie van de overlaat in de Groene Rivier te Pannerden
- 2 Prototype afvoermetingen R.W.S. in het bereik $100 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$
- 3 Waterpassing R.W.S. van de terreinen bovenstrooms en benedenstrooms van de overlaat
- 4 Het verloop van de kruin van de overlaat, gewaterpast en geschematiseerd
- 5 Resultaat $Q-H_1$ relatie ongestuwde afvoer voor lage afvoeren
- 6 Resultaat $Q-H_1$ relatie ongestuwde afvoer voor hoge afvoeren, bepaald uit het 3-dimensionaal model
- 7 De afvoerbetrekking ongestuwde afvoer $0 < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$ van de overlaat in de Groene Rivier te Pannerden
- 8 Reduktiefactor f voor gestuwde afvoer als functie van de verdrinkingsgraad S'
- 9 De grens tussen ongestuwde en gestuwde afvoer voor de overlaat in de Groene Rivier te Pannerden

Tabellen

- I Resultaten berekeningen zeer lage afvoeren
- II Resultaat metingen ongestuwde afvoer in het 3-dimensionaal model
- III Resultaat metingen gestuwde afvoer in het 3-dimensionaal model
- IV Afvoerbetrekking ongestuwde afvoer $0 < Q < 860 \text{ m}^3/\text{s}$

Fotobladen

- I Overzicht van de overlaat in de zomerperiode
- II Enkele details van de overlaat
- III Hoogwater januari 1982
- IV De bouw van het 3-dimensionaal model
- V Verschillende hoge afvoeren in het model $n_1 = 35$

Symbolen en eenheden

B	afvoerende breedte tussen de geleidewanden	m
C_D	afvoercoëfficiënt van de overlaat	-
f	reduktiefaktor voor gestuwde afvoer	-
h_1	overstorthoogte bovenstrooms	m
H_1	energiehoogte bovenstrooms	m
H_2	energiehoogte benedenstrooms	m
L	lengte van de kruin in de stroomrichting	m
n_1	lengteschaal	-
n_Q	debietenschaal	-
Q	debiet	m^3/s
Q_E	debiet bepaald uit een opgestuwde H_1	m^3/s
S	procentuele verdrinkingsgraad	%
S'	denkbeeldige verdrinkingsgraad	%
WS	gemeten waterstand t.o.v. N.A.P.	m
X_Q	onzekerheid in het debiet	%

1. Inleiding

Door de Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Distrikt Zuid-Oost, werd op 1 september 1982 opdracht verleend aan het Waterloopkundig Laboratorium tot het opstellen van de afvoerrelatie van de overlaat in de Groene Rivier te Pannerden.

De afvoeren, die via de overlaat kunnen worden verwerkt, liggen in het bereik $0 < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$.

De Rijkswaterstaat voerde enkele metingen uit voor $115 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$, waarbij de overstorthoogte varieerde in het bereik $0,74 \text{ m} < h_1 < 1,20 \text{ m}$.

In de deelovereenkomst bij de raamovereenkomst DW 25 tot het verrichten van modelonderzoek aan deze overlaat, gedateerd 24 juni 1982, is de omvang van de werkzaamheden omschreven:

- a) het vaststellen middels globale berekeningen van de afvoerrelatie voor lage afvoeren $5 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 75 \text{ m}^3/\text{s}$
- b) het vaststellen van de afvoerrelatie ongestuwde afvoer in het bereik $200 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$ en het bepalen van de grens tussen ongestuwde en gestuwde afvoer. Dit laatste onderzoek vond plaats in een drie-dimensionaal model, modelschaal $n_1 = 35$.

Ten behoeve van de bouw van het model werd gebruik gemaakt van de volgende basisgegevens:

- waterpassing van de terreinen voor en achter de overlaat, uitgevoerd door de Rijkswaterstaat op 19 en 24 november 1980
 - aanvullende metingen, betreffende de kruinvorm en de kruinbreedte, uitgevoerd door het Waterloopkundig Laboratorium op 5 januari 1981.
- Alle overige informatie werd verkregen via ing. J. Koolwijk, die het onderzoek namens de R.W.S. begeleidde en met wie een plezierige samenwerking plaatsvond, wat heeft bijgedragen tot een vlot verloop van de ijking van de overlaat.

Het drie-dimensionaal modelonderzoek vond plaats in de periode van oktober 1982 tot april 1983 in de vestiging Wageningen van het Waterloopkundig Laboratorium. De metingen en de analyse stonden onder leiding van ing. W. Boiten, die ook de auteur van dit rapport is.

De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in paragraaf 4.

2. De overlaat in de Groene Rivier (fig. 1...4, fotoblad I...III)

De overlaat bevindt zich in de uiterwaarde aan de rechter oever van het Pannerdens kanaal, circa twee kilometer voorbij de Pannerdense kop [1]. Figuur 1 duidt de situatie van de overlaat aan.

Reeds in 1961 is de vormgeving van de huidige overlaat vastgelegd in een modelonderzoek naar het stroombeeld en de stroomsnelheden [2].

Teneinde hoge snelheden langs de bandijk te vermijden, is de damwand, waarop de kruin is bevestigd, aan de rechterzijde enigszins gebogen en oplopend. De overlaat treedt in werking als de waterstand te Lobith N.A.P. + 15.00 m passeert, en heeft tot taak een bijdrage te leveren aan een gewenste afvoer-verdeling over de Rijntakken. De overlaat neemt pas voor vrij hoge waterstanden deel aan de afvoer. Tijdens het H.W. 1970 werd de bekleding van zuilenbasalt beschadigd. Het benedenstrooms profiel werd daarna gewijzigd, waarbij het grind werd vastgelegd met prepakt cementmortel [3].

In februari 1980 trad de overlaat opnieuw in werking, nadat het water over de Lobberdense leidam instroomde. Tijdens dit H.W. voerde R.W.S. enkele afvoermetingen uit in het bereik $115 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$ [4].

Figuur 2 geeft een beeld van de uitgevoerde prototype afvoermetingen.

Na de reparaties in december 1970 is de vormgeving niet meer gewijzigd.

Figuur 3 toont het resultaat van de waterpassing van de terreinen bovenstrooms en benedenstrooms van de overlaat, voor zover van belang voor de bouw van het drie-dimensionaal model.

De afvoerende breedte - gemeten over het midden van de kruin - bedraagt $B = 108,395 \text{ m}$ (Fotoblad I).

De kruin bestaat uit twee lagen plaatstaal, gelast op de damwand. Vorm en afmetingen van de stalen platen bepalen in belangrijke mate de afvoercoëfficiënt van de overlaat. De afmeting in de stroomrichting van de onderste plaat varieert van 0,291 m tot 0,332 m, terwijl de dikte 8 mm is. De bovenste plaat met een dikte van 10 mm meet in de stroomrichting $L = 0,275 \text{ m}$ (Fotoblad II).

De kruinhoogte is N.A.P. + 13,982 m over de eerste circa 80 meter vanaf de linker geleidewand. Over de resterende 28,50 m loopt de kruin circa 0,60 m op in de richting van de rechter geleidewand.

Figuur 4 geeft het verloop van de kruin van de overlaat.

Fotoblad III geeft een indruk van het hoogwater op 10 januari 1982.

3. Het modelonderzoek en de analyse

3.1 Doel en opzet van het onderzoek

Het doel van het onderzoek was het vaststellen van de afvoerrelatie voor het bereik $0 < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$.

Deze betrekking is uit de volgende gedeeltes opgebouwd:

a) $5 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 75 \text{ m}^3/\text{s}$

In 1981 is in het kader van een onderzoek naar schaaleardeffecten bij de ijking van meetoverlaten, enig speurwerk uitgevoerd in een tweedimensionaal model, waarbij onder meer de afvoercoëfficiënt van de Pannerdense overlaat werd bepaald voor de lage overstorthoogtes $0,10 \text{ m} < h_1 < 0,55 \text{ m}$ [5]

De modellen hadden als schaal $n_1 = 1$ en $n_1 = 2$

b) $150 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$

In een drie-dimensionaal model is de afvoerrelatie vastgesteld voor ongestuwde en gestuwde afvoer.

De schaal van dit model was $n_1 = 35$. Door de keuze voor deze schaal was het mogelijk het aanvankelijk gevraagde bereik $200 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$ te vergroten tot $150 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$.

De in het model gereproduceerde gedeeltes van de uiterwaarde waren dezelfde als aangegeven in figuur 3. De tot boven H.H.W. reikende geleidewanden werden eveneens volgens figuur 3 gebouwd. Het verloop van de kruin werd weergegeven in overeenstemming met figuur 4.

Het debiet werd gemeten met een cirkelvormige scherpe overlaat.

De waterstanden werden afgelezen met peilnaalden. Evenals in het prototype werden de waterstanden gemeten achter de linker geleidewand.

Door verbinding van de beide uit a en b gevonden relaties werd het ontbrekende bereik $75 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 150 \text{ m}^3/\text{s}$ bekend. Tevens werd een indruk verkregen van de overeenkomst tussen de prototype afvoermetingen $115 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$ en de afvoerrelatie, volgend uit het modelonderzoek.

3.2 Het twee-dimensionaal model, ongestuwde afvoer (figuur 5 en tabel I)

Uit het schaaleardeffectenonderzoek [5] is de grootte van de afvoercoëfficiënt C_D bepaald.

Deze varieerde voor $0,10 \text{ m} < H_1 < 0,55 \text{ m}$ als volgt $0,92 < C_D < 1,14$.

Voor een aantal waterstanden werd het debiet berekend.

Tabel I geeft een overzicht van de berekeningsresultaten.

Figuur 5 toont dit - uit het twee-dimensionaal onderzoek - berekend verband in grafiek.

Voor het gevonden lage meetbereik $5 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 75 \text{ m}^3/\text{s}$ mag worden aangenomen, dat de overstortende straal ook in het prototype belucht zal zijn.

3.3 Het drie-dimensionaal model, ongestuwde afvoer (figuur 6, tabel II en fotoblad IV)

Fotoblad IV geeft een indruk van het model $n_1 = 35$.

Voor 15 ingestelde debieten - goed verdeeld over het gevraagde meetbereik - werd de bovenwaterstand gemeten, terwijl de benedenwaterstand voldoende laag werd gehouden om gestuwde afvoer uit te sluiten.

Tabel II vermeldt het resultaat van de metingen na vermenigvuldiging met de schaalfactoren $n_1 = 35$ en $n_Q = (35)^{2,5}$.

Het verband tussen het debiet en de bovenwaterstand wordt in het bereik $0,85 < H_1 < 2,60 \text{ m}$ goed benaderd door de formule:

$$Q = 191,5 (WSI - 13,982)^{1,543} \quad (1)$$

waarin Q het debiet in m^3/s

WSI de waterstand t.o.v. N.A.P., gemeten met de bovenstroomse peilschrijver

H_1 de energiehoogte bovenstrooms, $H_1 = WSI - 13,982 \text{ (m)}$

Figuur 6 toont het resultaat van de ijking in grafiek. Hier is het debiet gegeven als functie van de energiehoogte H_1 .

Voor het doorgemeten bereik $150 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$ werd in het model waargenomen, dat de overstortende straal moeilijk te beluchten was. Voor de minder grote debieten $150 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$ was beluchting slechts mogelijk bij benedenwaterstanden, die waarschijnlijk lager zijn dan de werkelijk optredende standen. Voor $Q > 250 \text{ m}^3/\text{s}$ is beluchting uitgesloten omdat dan de benedenwaterstanden hoger zullen zijn dan het kruinniveau.

3.4 Het drie-dimensionaal model, gestuwde afvoer (figuren 8 en 9, tabel III)

Bij ongestuwde afvoer is het debiet uitsluitend een functie van de bovenwaterstand. De benedenwaterstand is dan te laag om enige invloed te hebben op de $Q-H_1$ relatie.

Bij gestuwde afvoer is de benedenwaterstand minstens zó hoog, dat de bovenwaterstand nu wel wordt opgestuwd. Het debiet is dan afhankelijk van beide waterstanden.

De grens tussen ongestuwde en gestuwde afvoer wordt gedefinieerd als de modulaire grens: een samenspel van beide waterstanden, waarbij de benedenwaterstand de bovenwaterstand in een zó geringe mate opstuwt, dat het debiet, afgeleid uit de opgestuwde bovenwaterstand met de $Q-H_1$ relatie voor ongestuwde afvoer, 1% meer bedraagt dan het werkelijk debiet.

Zodra er sprake is van gestuwde afvoer, is het van belang, beide waterstanden te meten. Het debiet kan dan worden bepaald met:

$$Q = 191,5 f \cdot H_1^{1,543} \quad (2)$$

waarin f de reductiefactor voor gestuwde afvoer is. De factor f is een functie van de verdrinkingsgraad $S = 100 H_2/H_1$ (%).

Tabel III geeft een overzicht van de vrij uitvoerige metingen in het model bij gestuwde afvoer. Voor zeven debieten is geleidelijk de benedenwaterstand verhoogd en zijn de verdrinkingsgraad S en de reductiefactor $f = Q/Q_E$ berekend. Hierbij is Q_E het debiet, afgeleid uit de opgestuwde bovenwaterstand met de formule $Q = 191,5 \cdot H_1^{1,543}$ voor ongestuwde afvoer. Bij het uitzetten van f tegen S in een grafiek ontstond een puntenwolk met grote spreiding. Door optimalisatie van de verdrinkingsgraad langs empirische weg ontstond een denkbeeldige verdrinkingsgraad $S' = 100(H_2 + 2,316)/(H_1 + 2,316)$ (%), die een eënduidig verband met de reductiefactor f te zien geeft.

Figuur 8 geeft dit verband.

Een voorbeeld illustreert het gebruik van figuur 8:

Gemeten: bovenwaterstand N.A.P. + 16,086 m $\rightarrow H_1 = 2,104$ m

 benedenwaterstand N.A.P. + 15,203 m $\rightarrow H_2 = 1,221$ m

Is er gestuwde afvoer? $S' = 100 \frac{1,221 + 2,316}{2,104 + 2,316} = 79,8$ %.

Uit figuur 8 volgt een reductiefactor $f = 0,939$ (voor $S' < 71,5$ % zou de afvoer ongestuwd geweest zijn).

Het debiet wordt nu berekend met formule (2):

$$Q = 191,5 \cdot 0,939 \cdot (2,104)^{1,543} = 567 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tenslotte is het mogelijk de modulaire grens - en ook elke andere grenswaarde f - te vertalen in de bovenstroomse en de benedenstroomse waterstanden:

modulaire grens $f = 0,99 \rightarrow S' = 71,5 \%$

reduktiefactor $f = 0,95 \rightarrow S' = 78,6 \%$.

Voor $H_2 > 0$ worden de bijbehorende waardes van H_1 gevonden met

$$S' = 100 (H_2 + 2,316) / (H_1 + 2,316) (\%).$$

Door H_2 en H_1 te vermeerderen met de kruinhoogte N.A.P. + 13,982 m ontstaat het bedoelde verband tussen de waterstanden.

Figuur 9 geeft de modulaire grens voor de overlaat te Pannerden.

In deze figuur is het punt getekend, dat behoort bij de afvoermeting op 9 februari 1980, toen de afvoer $Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ bedroeg. Er was toen ongestuwde afvoer. Een 0,10 m à 0,15 m hogere benedenwaterstand zou overschrijding van de modulaire grens te zien hebben gegeven. En een 0,35 m à 0,40 m hogere benedenwaterstand zou een reductiefactor $f = 0,95$ nodig gemaakt hebben om het debiet af te leiden uit de gemeten waterstanden.

Het is denkbaar dat voor $Q > 250 \text{ m}^3/\text{s}$ gestuwde afvoer zal optreden.

4. Conclusies (figuur 7, tabel IV en fotoblad V)

1. Ongestuwde afvoer

De afvoerrelatie ongestuwde afvoer voor de overlaat in de Groene Rivier te Pannerden is samengesteld uit de volgende onderdelen:

- lage afvoeren $5 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 75 \text{ m}^3/\text{s}$. Het verband is berekend uit een twee-dimensionaal modelonderzoek. Figuur 5 geeft de grafiek.
- hogere afvoeren $150 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Het verband volgt uit de ijking van de overlaat in een drie-dimensionaal model. De afvoerrelatie in dit bereik wordt goed weergegeven met $Q = 191,5 H_1^{1,543}$.
- voor het tussenliggend bereik $75 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 150 \text{ m}^3/\text{s}$ is een overgangskurve gevonden $Q = 194,5 H_1^{1,641}$ (zie ook figuur 5).

Figuur 7 geeft de volledige afvoerbetrekking ongestuwde afvoer, die eveneens is weergegeven in tabel IV.

Fotoblad V toont drie afvoeren, waarvan $Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ ongestuwd is.

2. Gestuwde afvoer

Opstuwning door de benedenwaterstand kan verwacht worden voor $Q > 250 \text{ m}^3/\text{s}$. Met figuur 8 kan de reductiefactor f worden gevonden, die nodig is om bij gestuwde afvoer het debiet te berekenen uit de gemeten waterstanden.

$$Q = 191,5 \cdot f \cdot H_1^{1,543}.$$

3. Betrouwbaarheid van de afvoerrelaties

De grootst te verwachten fout in de bepaling van het debiet bedraagt:

$$X_Q = 3\% \text{ voor ongestuwde afvoer}$$

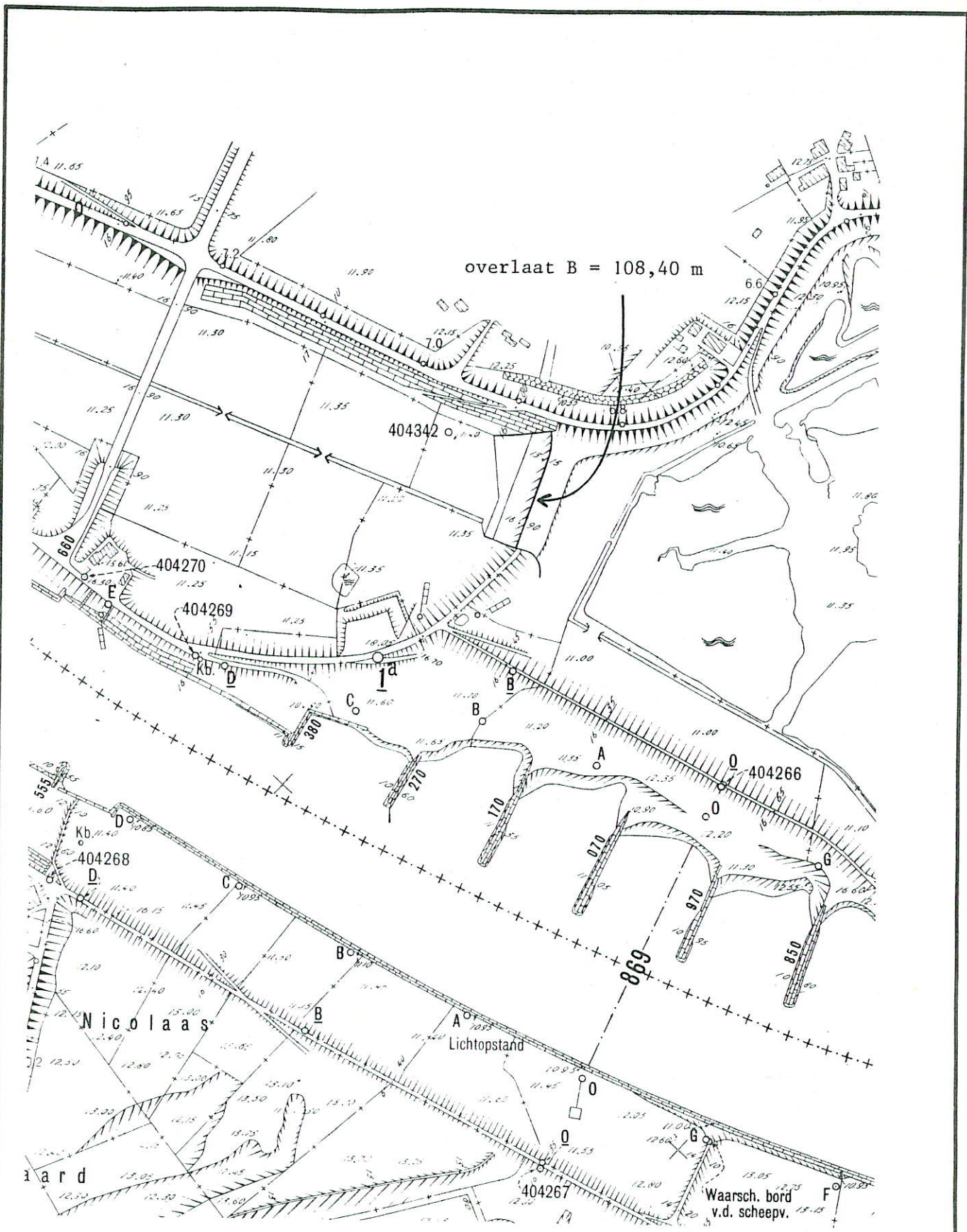
$$X_Q = 5\% \text{ voor gestuwde afvoer, mits } S' \leq 95\%.$$

4. Vergelijking met de prototype afvoermetingen

De door R.W.S. in februari 1980 uitgevoerde metingen vertonen een goede overeenkomst met de afvoerbetrekking, volgend uit de ijking met het model.

Geraadpleegde literatuur

1. RIJKSWATERSTAAT, MEETKUNDIGE DIENST
Rivierkaart Ged. Waal - Pannerdensch Kanaal
Blad no. 105-201, mei, 1976.
2. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Overlaat Oude Pannerdense Bandijk, M702
Februari, 1961.
3. KANT, J.A.
Toepassing van bekledingen vastgelegd met prepakt cementmortel.
Otar, (1980)12.
4. VERAART, A.J. en STUURMAN, Tj.J.
Hoogwater Rijn en Rijntakken.
Nota WWZO 81.26, februari, 1980.
5. BOITEN, W.
Schaaleardeffecten bij de ijking van meetoverlaten.
Niet gepubliceerd speurwerkonderzoek Waterloopkundig Laboratorium,
uitgevoerd in de vestiging Wageningen, februari, 1981.



Overgenomen van Rivierkaart Ged. Waal-
Pannerdensch Kanaal, blad no. 105-201.

schaal 1:5000

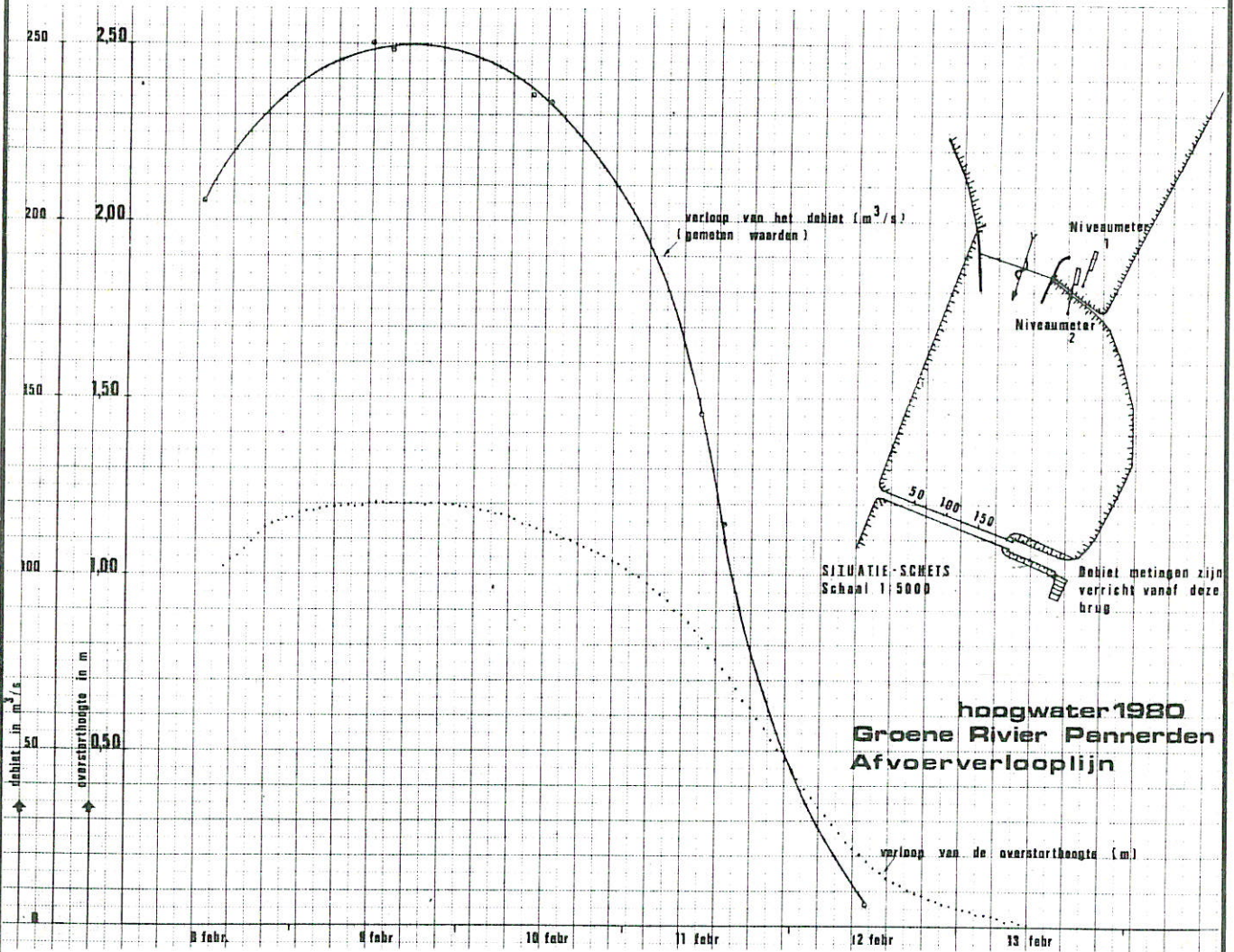
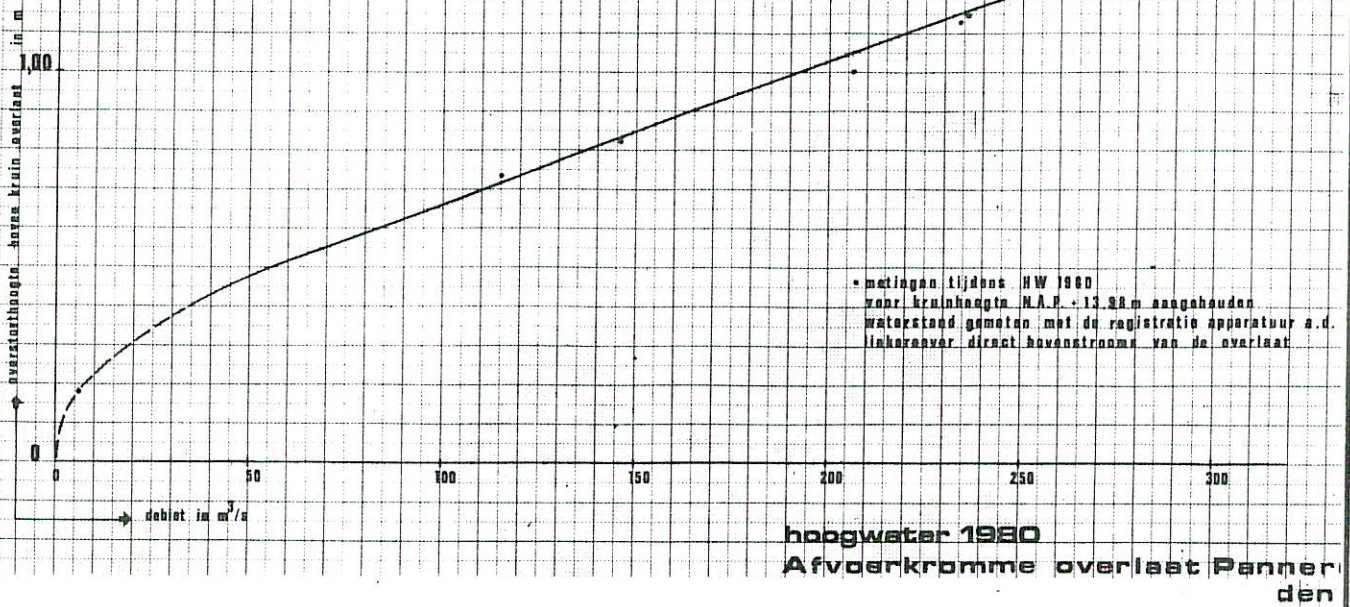
SITUATIE VAN DE OVERLAAT IN DE GROENE RIVIER
TE PANNERDEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M1905

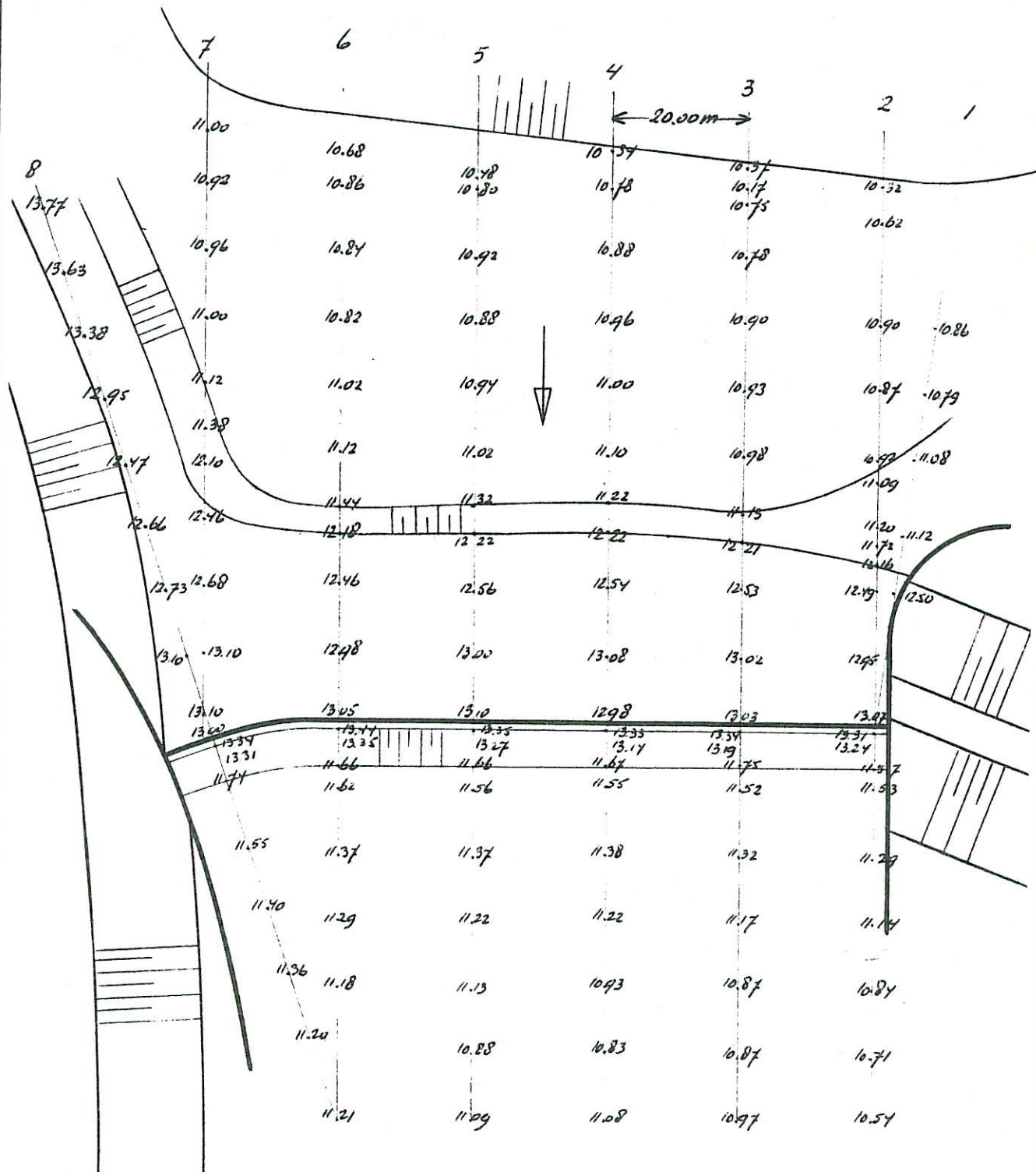
FIG. 1

A4



Overgenomen van Nota WWZO 81.26 Hoogwater Rijn en -takken, februari 1980

PROTOTYPE AFVOERMETINGEN R.W.S. IN HET BEREIK
 $100 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$



de waterpassing is uitgevoerd op 19 en 24 november 1980

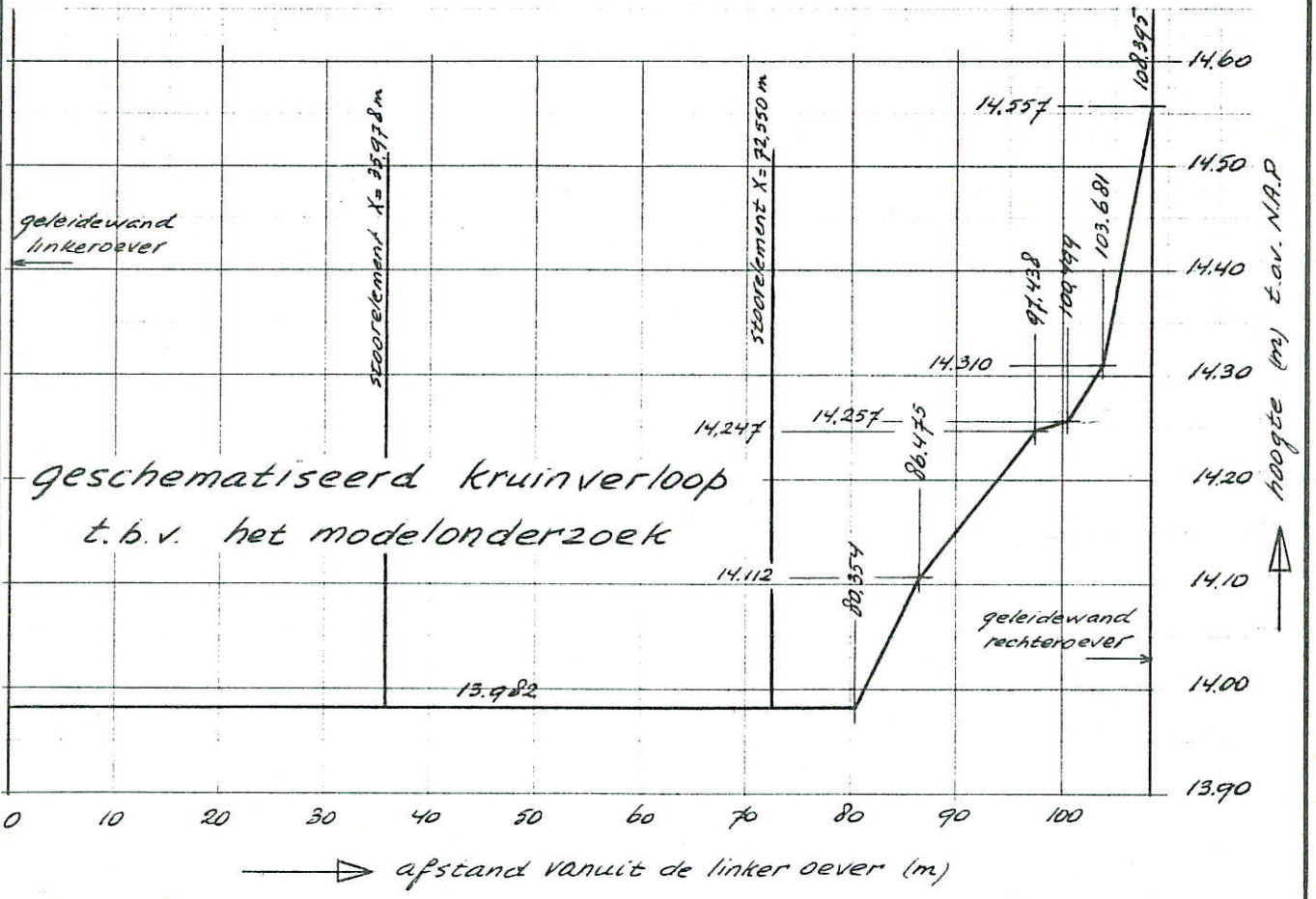
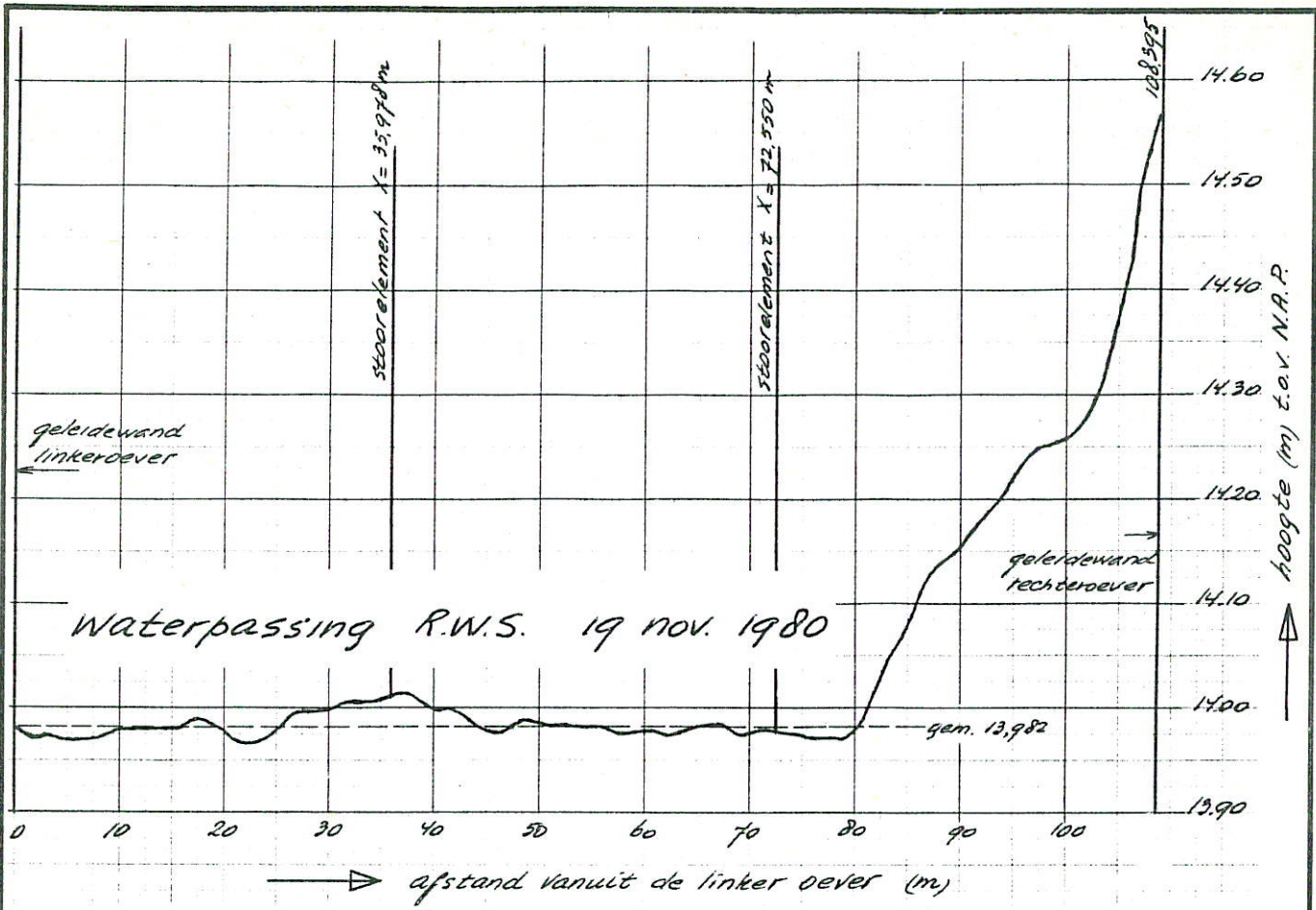
WATERPASSING R.W.S. VAN DE TERREINEN BOVENSTROOMS
EN BENEDENSTROOMS VAN DE OVERLAAT

A4

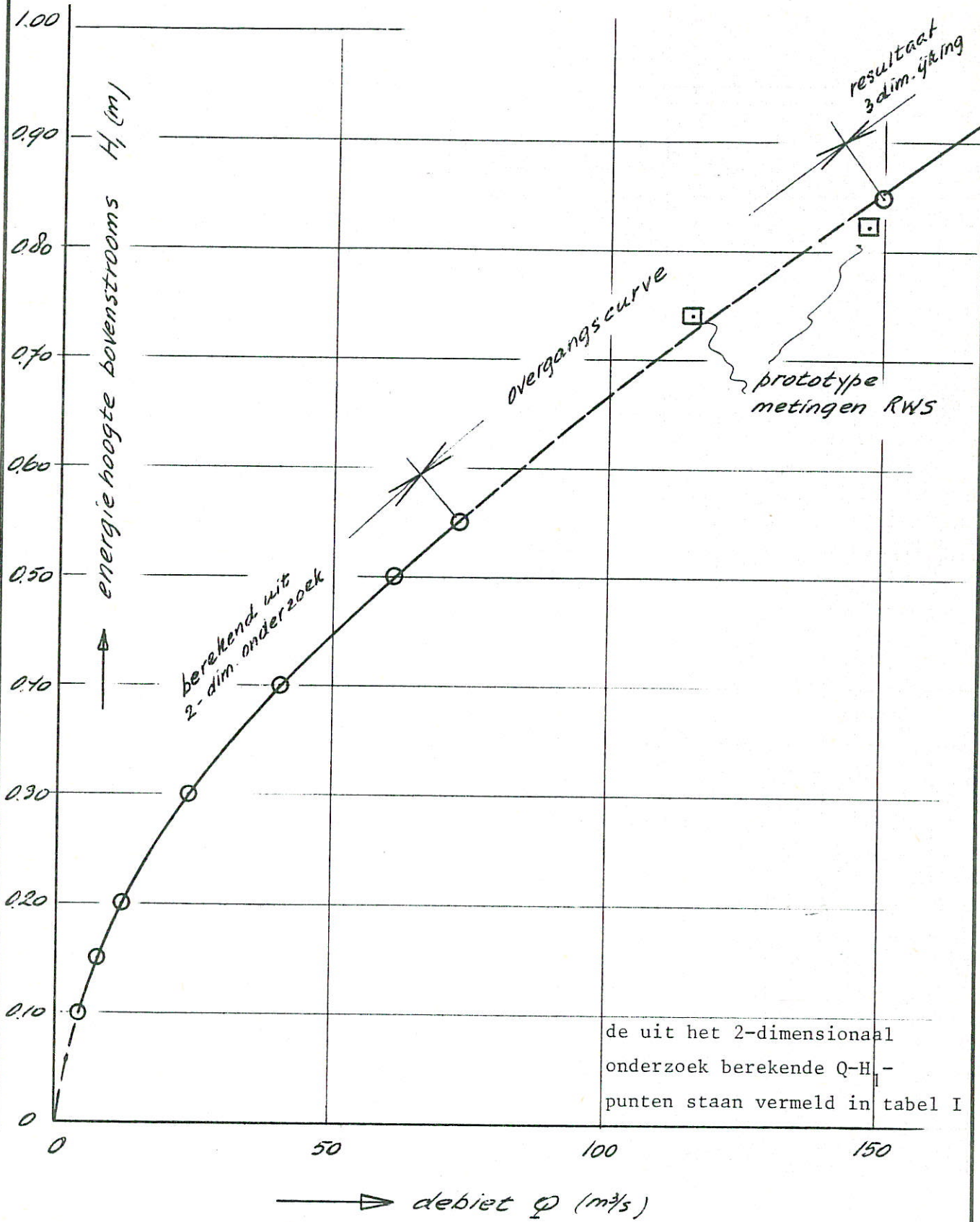
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M1905

FIG. 3



HET VERLOOP VAN DE KRUIN VAN DE OVERLAAT,
GEWATERPAST EN GESCHEMATISEERD



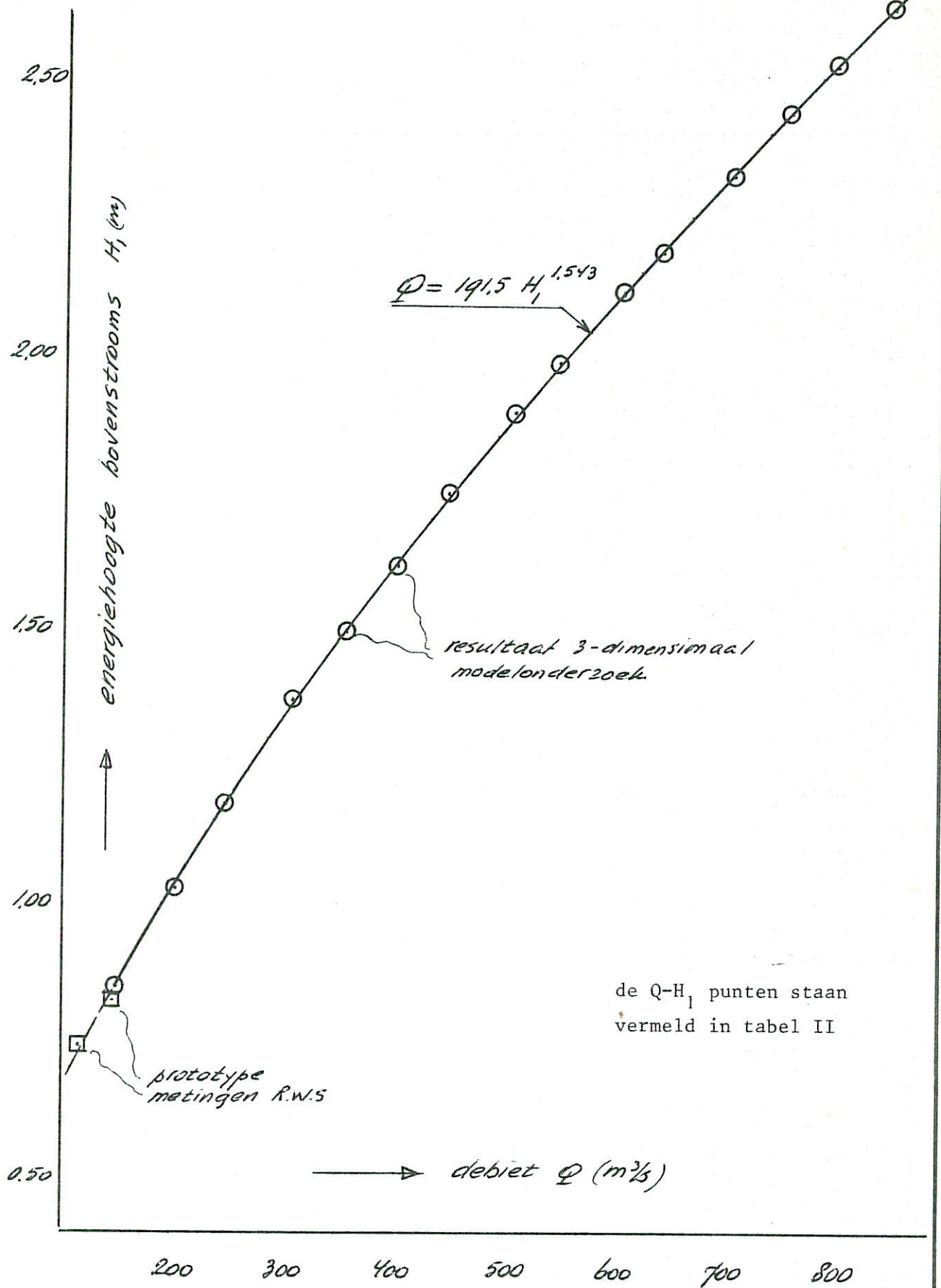
RESULTAAT $Q-H_1$ RELATIE ONGESTUWDE AFVOER VOOR LAGE AFVOEREN

A4

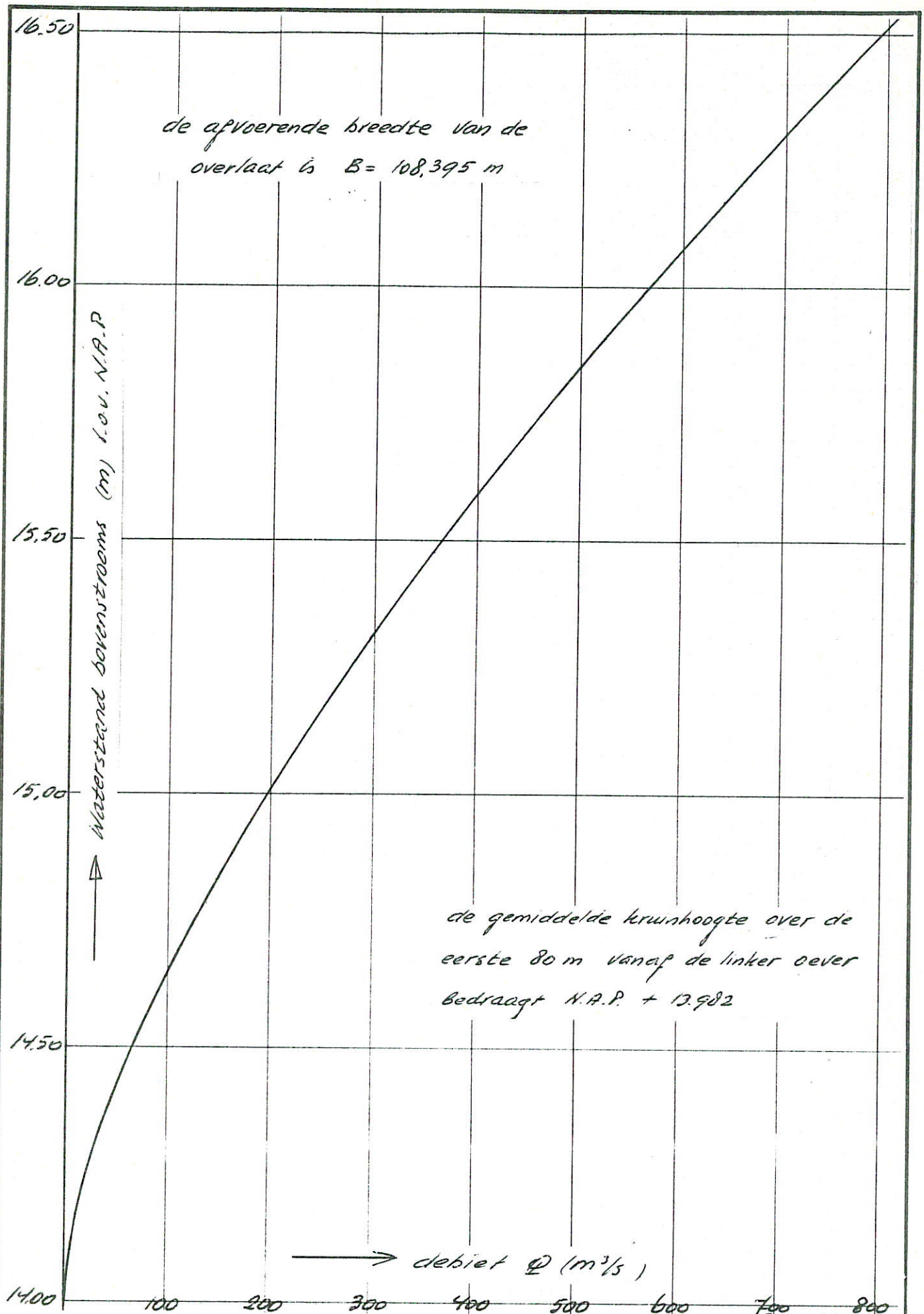
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M1905

FIG. 5

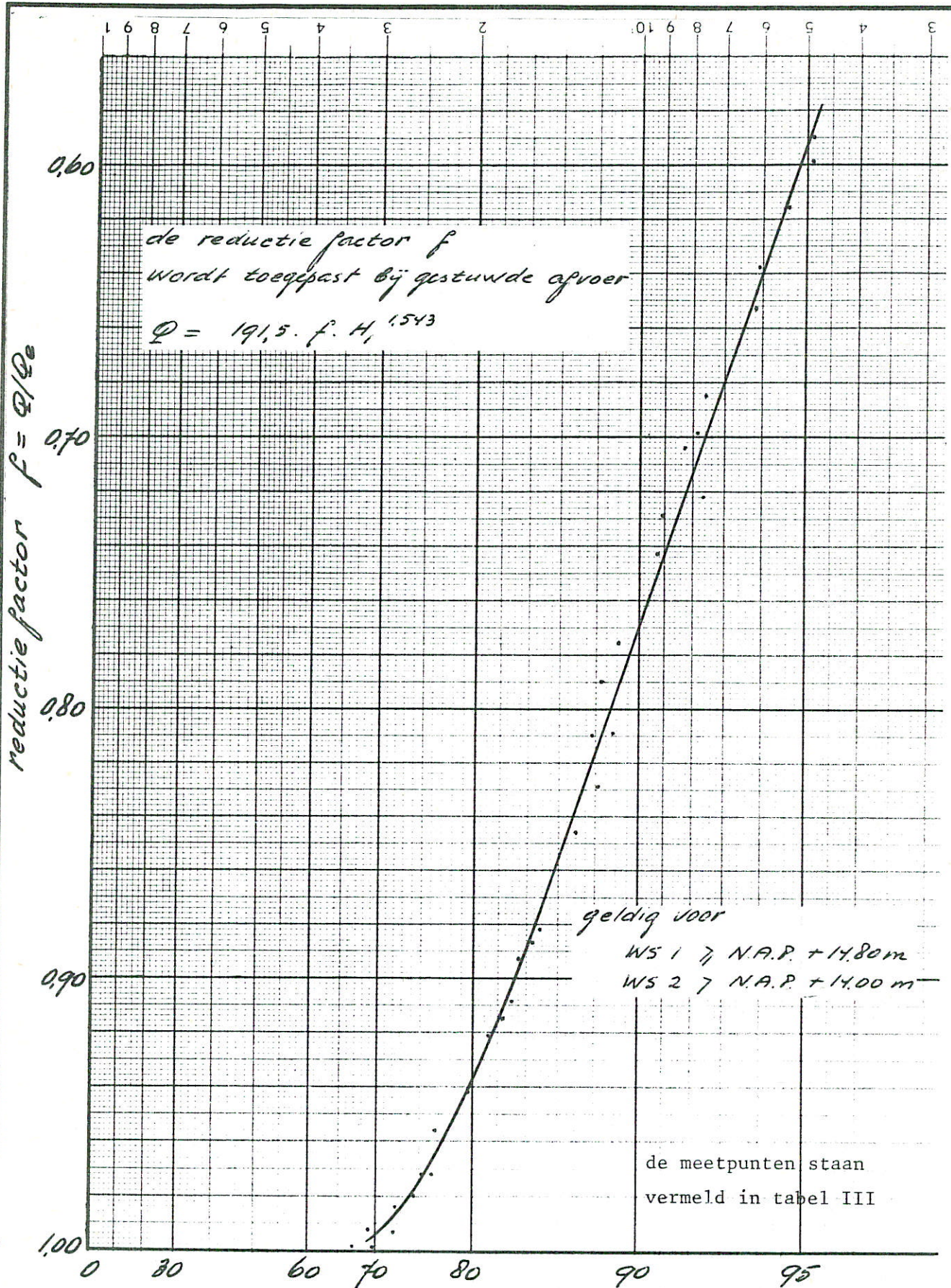


RESULTAAT $Q-H_1$ RELATIE ONGESTUWDE AFVOER VOOR HOGE AFVOEREN, BEPAALD UIT HET 3-DIMENSIONAAL MODEL

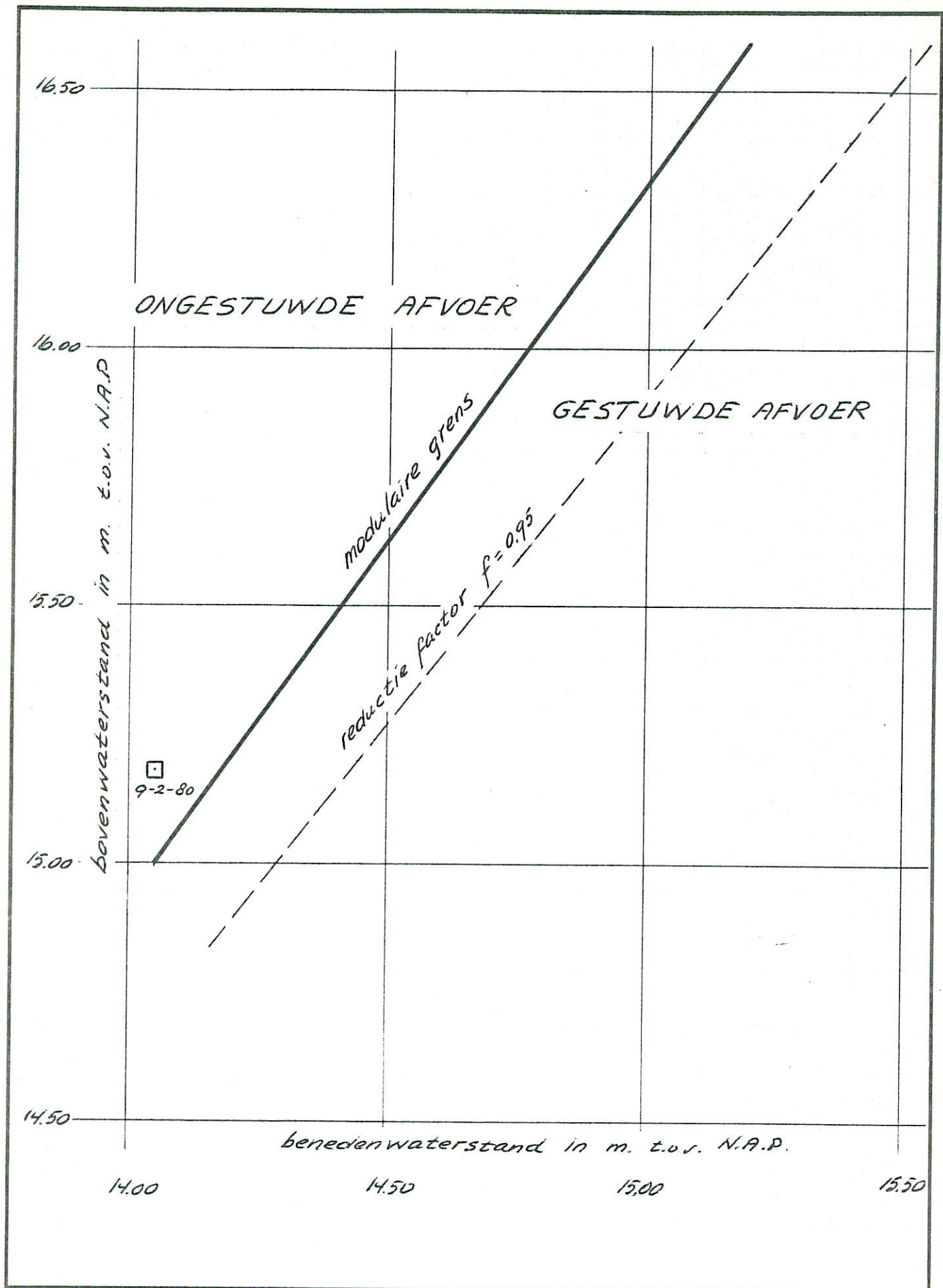


DE AFVOERBETREKING ONGESTUWDE AFVOER $0 < Q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$
 VAN DE OVERLAAT IN DE GROENE RIVIER TE PANNERDEN

A4



REDUKTIEFACTOR f VOOR GESTUWDE AFVOER ALS FUNKTIE
VAN DE VERDRINKINGSGRAAD S'



DE GREN TUSSEN ONGESTUWDE EN GESTUWDE AFVOER VOOR DE
OVERLAAT IN DE GROENE RIVIER TE PANNERDEN

A4

overstort- hoogte h_1 (m)	debiet Q (m^3/s)	bovenwater- stand (m) t.o.v. N.A.P.
0,10	4,1	14,082
0,15	7,5	14,132
0,20	12,0	14,182
0,30	24,0	14,282
0,40	40,5	14,382
0,50	61,0	14,482
0,55	72,9	14,532

- . de gemiddelde kruinhoogte over de eerste 80 meter vanaf de linker oever bedraagt N.A.P. + 13,982 m.
- . de afvoerende breedte van de overlaat is $B = 108,395$ m
- . bij de berekening van bovenstaande debieten is het kruinverloop aangehouden, zoals aangegeven in figuur 4.
- . voor de berekening geldt de basisformule

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \cdot (g)^{1/2} \cdot B \cdot C_D \cdot H_1^{1,50}$$

waarbij B de afvoerende breedte - vanwege de oplopende kruin - afhankelijk is van de bovenwaterstand

C_D is ontleend aan eigen speurwerkonderzoek, uitgevoerd in een twee-dimensionaal model

bij het vaststellen van B is rekening gehouden met de twee op de kruin aanwezige stoor-elementen.

meting no.	debiet Q (m ³ /s)	energiehoogte bovenstrooms H ₁ (m)	bovenwater- stand (m) t.o.v. N.A.P.
1	149,7	0,848	14,830
2	202,3	1,023	15,005
3	248,6	1,198	15,180
4	308,2	1,370	15,352
5	357,1	1,496	15,478
6	403,6	1,611	15,593
7	448,9	1,748	15,730
8	509,2	1,891	15,873
9	547,3	1,982	15,964
10	606,5	2,108	16,090
11	643,5	2,185	16,167
12	706,3	2,322	16,304
13	755,9	2,434	16,416
14	800,2	2,518	16,500
15	850,9	2,623	16,605

- . de gemiddelde kruinhoogte over de eerste 80 meter vanaf de linker oever bedraagt N.A.P. + 13,982 m
- . de afvoerende breedte van de overlaat is B = 108,395 m
- . het verband tussen het debiet en de bovenwaterstand wordt goed benaderd door de relatie

$$Q = 191,5 (WS_1 - 13,982)^{1,543}$$

waarbij WS_1 de waterstand in meters t.o.v. het N.A.P., zoals gemeten in de niveaumeter achter de linker geleidewand.

Resultaat metingen ongestuwde afvoer in het drie-dimensionaal model

TABEL II

metingen				berekeningen			
meting no.	debiet Q (m ³ /s)	energiehoogte (m)		$S=100 \frac{H_2}{H_1}$ (%)	Q_E (m ³ /s)	$f = \frac{Q}{Q_E}$ (-)	$S'=100 \frac{H_2+2,316}{H_1+2,316}$ (%)
		boven- strooms	beneden- strooms				
2-a	202,3	1,023	< 0				
b		1,041	0,106	10,2	203,7	0,993	72,1
c		1,093	0,453	41,4	219,7	0,921	81,2
d		1,170	0,754	64,4	244,0	0,829	88,1
e		1,366	1,139	83,4	309,9	0,653	93,8
f		1,566	1,433	91,5	382,6	0,529	96,6
4-a	308,2	1,370	< 0				
b		1,370	0,036	2,7	308,2	1,000	63,8
c		1,387	0,470	33,9	317,2	0,972	75,2
d		1,471	0,876	59,6	347,4	0,887	84,3
e		1,650	1,282	77,7	414,7	0,743	90,7
f		1,898	1,692	89,1	514,7	0,599	95,1
6-a	403,6	1,611	< 0				
b		1,611	0,033	2,0	403,6	1,000	59,8
c		1,622	0,421	26,0	403,9	0,999	69,5
d		1,685	0,869	51,6	428,4	0,942	79,6
e		1,807	1,265	70,0	477,2	0,846	86,9
f		2,035	1,674	82,3	573,2	0,704	91,7
g		2,283	2,059	90,2	684,5	0,590	95,1
8-a	509,2	1,891	< 0				
b		1,891	0,243	12,8	509,2	1,000	60,8
c		1,895	0,589	31,1	513,5	0,992	69,0
d		1,940	0,939	48,4	532,4	0,956	76,5
e		2,028	1,307	64,4	570,1	0,893	83,4

wordt vervolgd

Resultaat metingen gestuwde afvoer in het drie-dimensionaal model

TABEL III

vervolg TABEL III

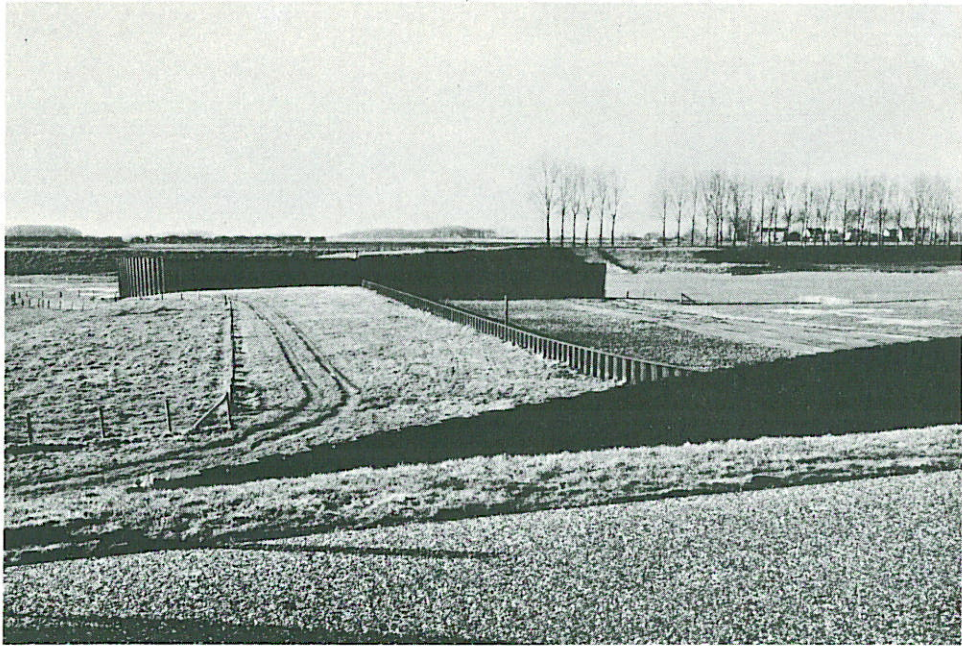
metingen				berekeningen			
meting no.	debiet Q (m ³ /s)	energiehoogte (m)		$S=100 \frac{H_2}{H_1}$ (%)	Q _E (m ³ /s)	$f = \frac{Q}{Q_E}$ (-)	$S'=100 \frac{H_2+2,316}{H_1+2,316}$ (%)
		boven- strooms	beneden- strooms				
8-f		2,196	1,664	75,8	644,6	0,790	88,2
g		2,409	2,049	85,0	743,6	0,685	92,4
h		2,581	2,318	89,8	827,1	0,616	94,6
i		2,826	2,637	93,3	951,3	0,535	96,3
10-a	606,5	2,108	< 0				
b		2,108	0,498	23,6	606,5	1,000	63,6
b		2,133	0,904	42,4	616,3	0,984	72,4
d		2,245	1,468	65,4	667,0	0,909	83,0
e		2,420	1,842	76,1	748,9	0,810	87,8
f		2,591	2,143	82,7	832,0	0,729	90,0
g		2,826	2,514	89,0	951,3	0,638	93,9
12-a	706,3	2,322	< 0				
b		2,322	0,481	20,7	706,3	1,000	60,3
c		2,332	0,803	34,4	707,3	0,999	67,1
d		2,360	1,160	49,1	720,4	0,980	74,3
e		2,423	1,457	60,1	750,3	0,941	79,6
f		2,528	1,790	70,8	801,0	0,882	84,8
g		2,745	2,189	79,7	909,6	0,776	89,0
h		2,938	2,521	85,8	1010,1	0,699	92,1
14-a	800,2	2,518	< 0				
b		2,518	0,747	29,7	800,2	1,000	63,4
c		2,574	1,415	55,0	823,6	0,972	76,3
d		2,675	1,790	66,9	874,0	0,915	82,3
e		2,899	2,315	79,8	989,5	0,809	88,8
f		3,120	2,700	86,5	1108,3	0,722	92,3

Q (m ³ /s)	waterstand bovenstr. (m) t.o.v. N.A.P.
5	14,096
10	14,161
15	14,210
20	14,252
25	14,289
30	14,321
35	14,351
40	14,379
45	14,406
50	14,431
55	14,455
60	14,478
65	14,499
70	14,520
75	14,542
80	14,564
85	14,586
90	14,607
95	14,628
100	14,649
105	14,669
110	14,689
115	14,708
120	14,727
125	14,746
130	14,764
135	14,782
140	14,800
145	14,818
150	14,836

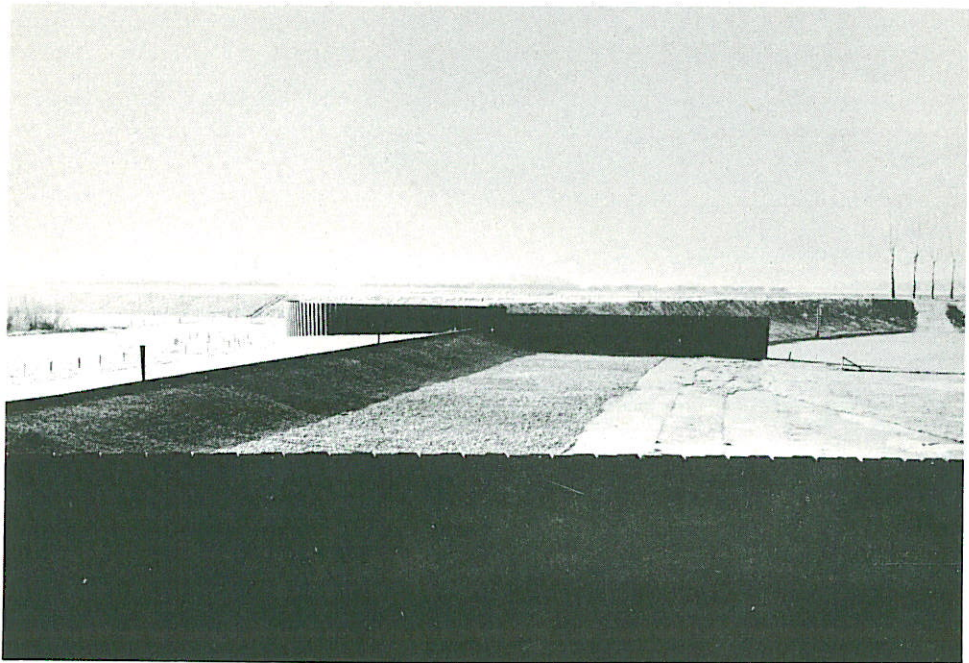
Q (m ³ /s)	waterstand bovenstr. (m) t.o.v. N.A.P.
160	14,872
170	14,908
180	14,943
190	14,977
200	15,011
210	15,044
220	15,076
230	15,108
240	15,140
250	15,171
260	15,201
270	15,231
280	15,261
290	15,291
300	15,320
310	15,348
320	15,377
330	15,405
340	15,433
350	15,460
360	15,487
370	15,514
380	15,541
390	15,568
400	15,594
410	15,620
420	15,646
430	15,671
440	15,697
450	15,722

Q (m ³ /s)	waterstand bovenstr. (m) t.o.v. N.A.P.
460	15,747
480	15,796
500	15,845
520	15,893
540	15,940
560	15,987
580	16,033
600	16,078
620	16,123
640	16,168
660	16,212
680	16,235
700	16,298
720	16,341
740	16,383
760	16,425
780	16,467
800	16,508
820	16,549
840	16,589
860	16,629

- . waterstand bovenstrooms =
N.A.P. + 13,982 + H₁ (m)
- . 0 < Q ≤ 70 m³/s
H₁-waarden geïnterpoleerd
uit 2-dim. onderzoek
- . 70 < Q < 150
overgangscurve
Q = 194,5.H^{1,641}
- . 150 ≤ Q < 860 geïnterpoleerd
uit 3-dim. onderzoek
met Q = 191,5.H^{1,543}



De kruin staat slechts 0,90 à 0,95 m boven het maaiveld.
De afvoerende breedte is $B = 108.395$ m.

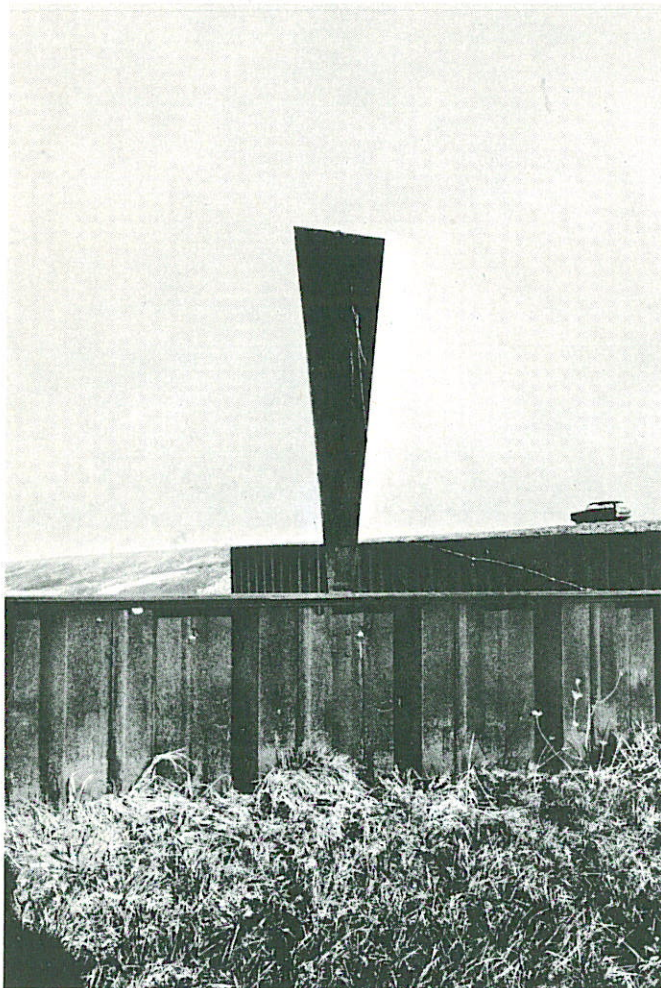


De teen van de overlaat heeft een steenbezetting.

Overzicht van de overlaat in de zomerperiode.



De kruin bestaat uit twee lagen plaatstaal, gelast op een damwand. De gemiddelde kruinhoogte over de eerste 80 m bedraagt N.A.P. + 13,982 m.



Op de kruin zijn twee straalbrekers geplaatst.

Enkele details van de overlaat.



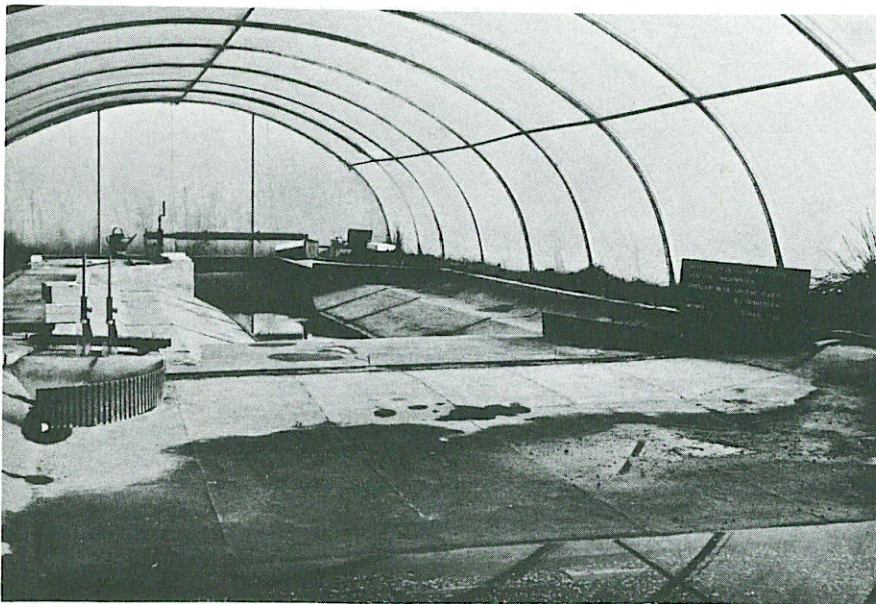
Gezien vanaf de bandijk bij Pannerden



Gezien in de richting van Pannerden, zondag 10 januari 1982



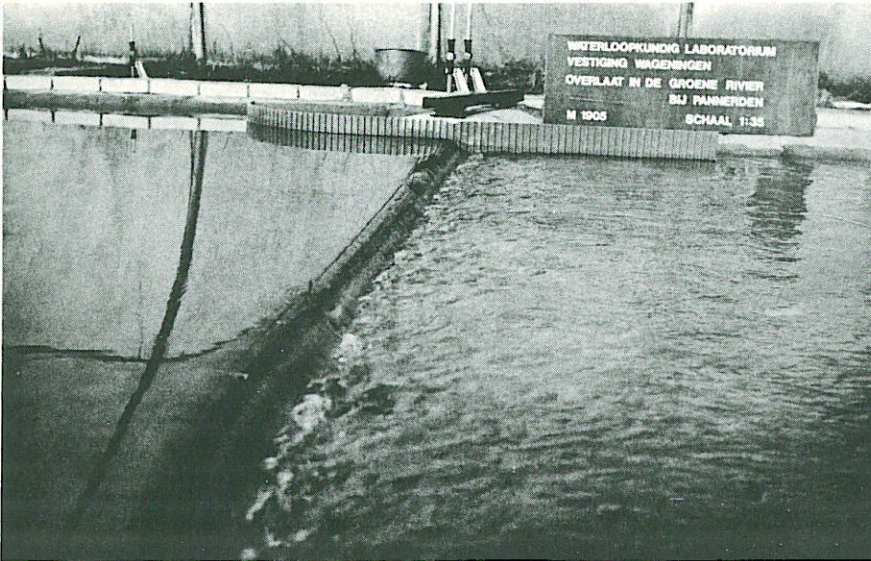
het stellen van
de profielen



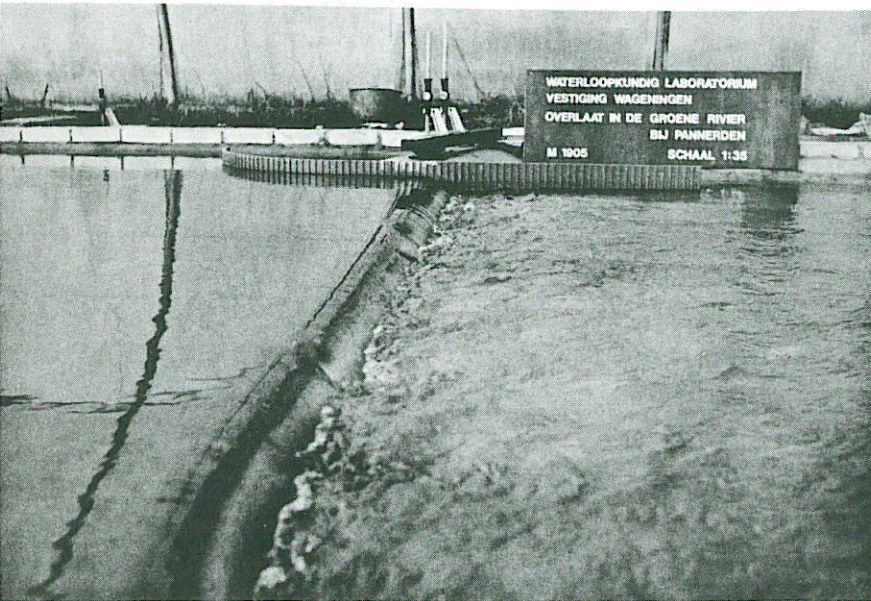
overzicht van
het model



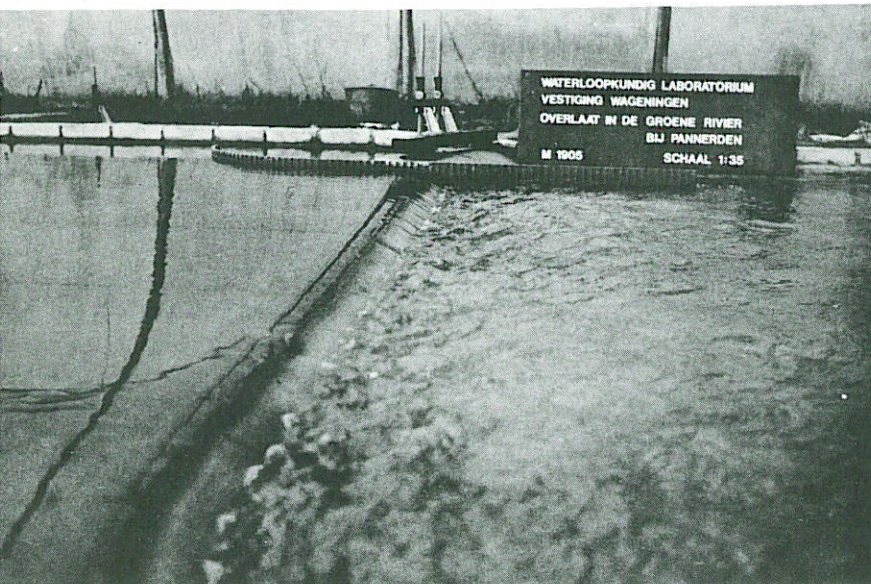
het rechtergedeelte
van de kruin is
gebogen en oplopend



$$Q_{\text{prot}} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$Q_{\text{prot}} = 500 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$Q_{\text{prot}} = 800 \text{ m}^3/\text{s}$$

Verschillende hoge afvoeren in het model $n_1 = 35$

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands