

Keyling

9863

0307 015 2886



Enkele beschouwingen over de
debietsbepaling van de Schelde
en haar bijrivieren

Inhoudstafel

Inleiding.	p. 1
I. Bepaling van de bovendebieten van de Schelde door waarneming van waterstanden.	p. 2
II. Bepaling van de bovendebieten van de Schelde door meting van het chloridegehalte.	p. 7
Slotbemerkingen.	p. 8

Inleiding.

Deze nota sluit aan bij het verslag "Debieten van het Scheldebekken - periode 1959 - 1972", waarin een overzicht gegeven wordt van de methode welke bij de Antwerpse Zeediensten wordt gevolgd om tot een verantwoorde bepaling van de bovendebieten van de Schelde en haar bijrivieren te komen. Het bovenvermeld verslag bevat een aantal tabellen en figuren die de voornaamste meetresultaten samenvatten.

Bij het verwerken van deze gegevens is gebleken dat nader onderzoek op dit terrein wenselijk is en dat bepaalde basis hypothesen kritisch onderzocht moeten worden om de onzekerheden, die bij de beoordeling van de afvoergegevens naar voor komen, in de mate van het mogelijke te reduceren.

Onderhavige nota is bedoeld als een eerste (zij het onvolledige) bijdrage voor een degelijk kritisch onderzoek van de debietgegevens.

Een meer uitgebreide kennis in dit verband komt niet te vroeg, gelet op de menigvuldige kwesties die, o.m. in verband met de waterkwaliteit, aan de orde zijn en waarvoor een behoorlijke kennis van de afvoer onontbeerlijk is.

I. Bepaling van de bovendebiten van de Schelde door waarneming van waterstanden.

In het semi-maritiem gedeelte van de Schelde en haar bijrivieren (opwaarts de Rupelmonding) worden de waterstanden niet alleen beïnvloed door de tijwerking, maar ook door de bovenafvoer.

De figuren 1 t.e.m. 10 laten verschillende mogelijkheden zien voor het opstellen van verbanden tussen maandgemiddelde laag- en halftijstanden in de semi-maritieme zone van de Schelde en de corresponderende maandgemiddelde bovenafvoer.

Om rekening te houden met de veranderlijke getijsterkte werden in de figuren 1 t.e.m. 10 de verschillen van de laagwater- en halftijstanden tussen een opwaartse (in het semi-maritiem gedeelte van de Schelde gelegen) post en Antwerpen uitgezet i.p.v. de waterstanden van deze opwaartse post zelf. Deze voorstelling van waterstandverschillen in functie van debieten levert trouwens een duidelijker correlatie op dan van de waterstanden in functie van dezelfde debieten.

Voor de bepaling van de tijhoogteverschillen werd als opwaartse post telkens Antwerpen genomen, wegens de betrouwbaarheid waarmee de waterstanden daar worden geregistreerd en omdat mag aangenomen worden dat de waterstanden te Antwerpen slechts in zeer geringe mate door de bovenafvoer worden beïnvloed (deze maakt daar inderdaad slechts een gering percentage uit van de tijdebieten).

De figuur 1 geeft de correlatie tussen het maandgemiddelde debiet te Gentbrugge en het verschil tussen de laagwaterstand te Wetteren en Antwerpen (eveneens maandgemiddelden).

De figuur 2 geeft de correlatie tussen het maandgemiddelde debiet te Gentbrugge en het verschil tussen de halftijstand te Wetteren en te Antwerpen (maandgemiddelden).

De figuur 3 geeft het verband tussen het laagwaterstandverschil te Wetteren en Antwerpen (maandgemiddelden) en het debiet van de Schelde opwaarts de Rupel (eveneens maandgemiddelden).

Op figuur 4 is dezelfde correlatie getekend maar dan voor het laagwaterstandverschil tussen Dendermonde en Antwerpen.

De figuur 5 geeft de correlatie tussen het maandgemiddelde debiet van de Schelde opwaarts de Rupel en het halftijstandverschil tussen respectievelijk Wetteren of Dendermonde en Antwerpen, (maandgemiddelden). De spreiding van de meetgegevens valt hier in het voordeel uit van de correlatie Dendermonde-Antwerpen. (Vermoedelijk invloed van de Dender.) Men merkt op dat van de hiervoor vermelde grafische voorstellingen voor praktische studies nuttig gebruik kan worden gemaakt. De spreiding van de meetgegevens is, gelet op de vele mogelijke onnauwkeurigheden bij de debietsbepaling, bevredigend te noemen.

Door rechtstreekse metingen in een meetraai te Wetteren bijvoorbeeld zouden deze correlaties op hun absolute waarde kunnen getest en beoordeeld worden (zie verder).

Op de figuur 6 zijn op semi-logaritmisch papier de krommen van figuren 2 en 5 uitgezet. Men merkt op dat boven een zekere waarde van het verschil tussen de halftijstanden (corresponderend met een lage bovenafvoer) er een lineair verband bestaat tussen het debiet en het kwadraat van genoemd verschil.

In formulevorm uitgedrukt geldt voor de rechte (1) Wetteren-Antwerpen in functie van Q Schelde te Gentbrugge

$$(\Delta H_{WA} - 1,00)^2 = \frac{1}{K} (Q - 23)$$

waarin : ΔH_{WA} : een willekeurig halftijstandverschil
(maandgemiddelde) tussen Wetteren en
Antwerpen (in m)

Q : corresponderend debiet (in m³/s) van de
Schelde te Gentbrugge (maandgemiddelde)

K : formuleconstante (dimensie : $\frac{\text{sec.}}{\text{m}}$)

waaruit : $Q = 23 + K (\Delta H_{WA} - 1)^2$

voor $\Delta H = 2,00$ is $Q = 200$ m³/s. dus $K = 177$

De formule wordt aldus :

$$Q_{\text{Schelde}} = 23 + 177 (\Delta H_{WA} - 1)^2$$

Gentbrugge

(geldig voor $1,00 \leq \Delta H_{WA} \leq (\Delta H_{WA})_{\text{extr}}$)

Analoog geldt voor de rechte (3) :

$$Q_{\text{Schelde opw.}} = 26 + 149 (\Delta H_{WA} - 0,80)^2$$

Rupel

(voor $0,80 \leq \Delta H_{WA} \leq (\Delta H_{WA})_{\text{extr}}$)

$(\Delta H_{WA})_{\text{extr}}$ stelt een extreme waarde van
 ΔH_{WA} voor, die bepaald is door de hoogte van de kruin der
dijken. Het verloop van de krommen doet vermoeden dat
 $(\Delta H_{WA})_{\text{extr.}} \approx 2,5$

Voor de rechte(2) geldt :

$$Q_{\text{Schelde opw.}} = 70 + 1430 (\Delta H_{DA} - 0,75)^2$$

Rupel

ΔH_{DA} = halftijstandverschil Dendermonde-Antwerpen

geldig voor $0,75 \leq \Delta H_{DA} \leq (\Delta H_{DA})_{\text{extr.}} \approx 1,20\text{m}$

Op fig. 7 is op analoge wijze als in fig. 6 de correlatie
uitgezet tussen het laagwaterstandverschil Wetteren-Antwerpen
en het debiet van de Schelde te Gentbrugge en opwaarts de
Rupel.

De formules voor het rechtlijnig gedeelte van het verband zijn hier :

$$Q \text{ Schelde Gentbrugge} = 30 + 130 (\Delta H_{WA} - 2,5)^2$$

$$Q \text{ Schelde opw. Rupel} = 46 + 164 (\Delta H_{WA} - 2,5)^2$$

$$\text{voor } \Delta H_{WA} > 2,5 \text{ m}$$

Op de fig. 8 is op dubbel logaritmisch papier de correlatie getekend van het laagwaterstandverschil tussen Dendermonde en Antwerpen (maandgemiddelden) en het debiet van de Schelde opwaarts de Rupel (maandgemiddelde).

De laagwaterstandverschillen Dendermonde-Antwerpen worden praktisch onafhankelijk van het bovendebiet voor $Q \leq \pm 15 \text{ m}^3/\text{s}$.

De correlaties voor 1965-66 en ~~70~~ vallen samen, wat erop wijst dat het rivierregime in deze periode weinig gewijzigd is.

Gelijkaardige correlaties kunnen opgemaakt worden voor de bijrivieren van de Schelde.

Zo laat figuur 9 de correlatie zien tussen het laagwaterstandverschil Duffel-Antwerpen (maandgemiddelden) en het debiet van de Grote en Kleine Nete aan de monding. Hier blijkt de correlatie een verschuiving in de tijd te vertonen in de richting van een afvoertoename te wijten aan verbeteringswerken in de rivieren.

Een analoog verband is op de figuur 10 voorgesteld voor het verschil tussen de laagwaterstanden Walem-Antwerpen en het debiet van de Rupel aan de monding. Ook hier is een verschuiving van de correlatie aantoonbaar (normalisatiewerken voornamelijk op de Dijle).

Voor Mechelen (Dijle) en Hombeek (Zenne) zijn analoge correlaties op te stellen door middel van de halftij- of laagwaterverschillen tussen deze posten en Antwerpen.

Wegens het feit dat de gegevens, waarover men beschikt, onvolledig zijn, werden dergelijke verbanden hier niet opgenomen.

Uit het voorgaande blijkt dat een doorgedreven studie van de invloed van de bovendebieten op de waterstanden in het semi-maritiem gedeelte van de Schelde en haar bijrivieren tot enkele voor de praktijk bruikbare correlaties kan leiden. Deze invloed zou in de toekomst systematisch^{kunnen}/onderzocht worden. Hierbij is het aangewezen de menigvuldige meetgegevens met behulp van een (eenvoudige) computer te verwerken.

De spreiding, welke de gegevens nog vertonen, zijn voor wat de Schelde aangaat, vermoedelijk vooral te wijten aan de onnauwkeurige wijze waarmee de bovenafvoer aan de opwaartse stuw (Gentbrugge vóór juni 1969 - Gentbrugge en Merelbeke vanaf juni 1969) bepaald wordt, en welke berust op dagelijkse waarneming van stuw- en waterstanden op- en afwaarts van de stuw op 3 tijdstippen (8u., 12u. en 16u.).

Het is mogelijk deze verbanden nauwkeuriger op hun absolute waarde te testen door terreinmetingen die echter een grote inzet van materieel en meetpersoneel vergen.

In afwachting dat dergelijke metingen eventueel mogelijk zijn kan men de bovenstaande correlaties (of gelijkaardige) gebruiken voor de bepaling van de maandgemiddelde bovendebieten van de Schelde. Er mag aangenomen worden dat de afwijkingen t.o.v. de reële debieten niet groter zullen zijn dan bij het volgen van de tot dusver gevolgde methode het geval is.

De omslachtige ontcijfering van de dagelijkse debieten aan de stuwen kan dan eventueel beperkt worden en als een control van de aangenomen correlatie opgevat worden.

Mits zekere reserves kunnen dergelijke correlaties ook gelden voor tiendaagse gemiddelden. Deze werden echter nog niet op-gemaakt.

II. Bepaling van de bovendebieten van de Schelde door meting van het chloridegehalte.

De tijdbeweging brengt zeewater met een hoog chloridegehalte ($\pm 19,5$ gr. per liter) in contact met bovenwater, waarvan het chloridegehalte ongeveer 0,2 gr. per liter bedraagt.

Door de diffusie stelt zich in langszin van de rivier een chloridegehalte-gradiënt in, welke afhankelijk is van de voortdurende wisselwerking tussen zee- en bovenwater (*).

De chloridegehalte-debietcorrelaties laten toe benaderend de totale afvoer van de Schelde te bepalen. Deze benadering is evenwel slechts redelijk te noemen voor verziltingsperioden (dalend bovendebiet). Bij plotse wassen en aanzienlijke bovenafvoer is het diffusieproces gestoord en kan aan de hand van de eenvoudige debiet-chloridecorrelatie geen redelijke schatting van het bovendebiet gebeuren. Tevens treden de rioollossingen van de agglomeratie Antwerpen storend op.

De figuur 11 geeft voor de meetposten Schelle en Antwerpen het verband weer zowel voor ontziltings- als voor verziltingsperioden tussen de maandgemiddelde debieten van de Schelde afwaarts de samenvloeiing met de Rupel en de chloridegehalten te Schelle of Antwerpen.

(*) Zie ook het Rapport : chloridegehaltemetingen in de Westerschelde - Samenvattend verslag over de metingen van 1942 tot 1970 - Antwerpse Zeediensten.

De figuur 12 geeft een analoge correlatie, voor gemeten chloridegehalten bij kentering hoogwater.

De fig. 11 en 12 zijn hier volledigheidshalve bijgevoegd. Er is meer en diepgaand onderzoek vereist om het ingewikkeld mengverschijnsel in de Schelde nauwkeuriger te kunnen beschrijven in functie van de bovenafvoer. Aangepaste meettechnieken voor de bepaling van het chloridegehalte en een nauwgezet meetprogramma zijn hier onmisbaar om tot een resultaat te komen.

Slotbemerkingen.

De hiervoor besproken grafische voorstellingen van waterstanden en chloridegehalten, in functie van de debieten van de Schelde of haar bijrivieren, tonen aan dat een systematische studie tot voor de praktijk nuttig werkmateriaal kan leiden.

december 1973.

De Hoofdingenieur-Directeur van
Bruggen en Wegen,



ir. I. COEN.

GEZIEN.

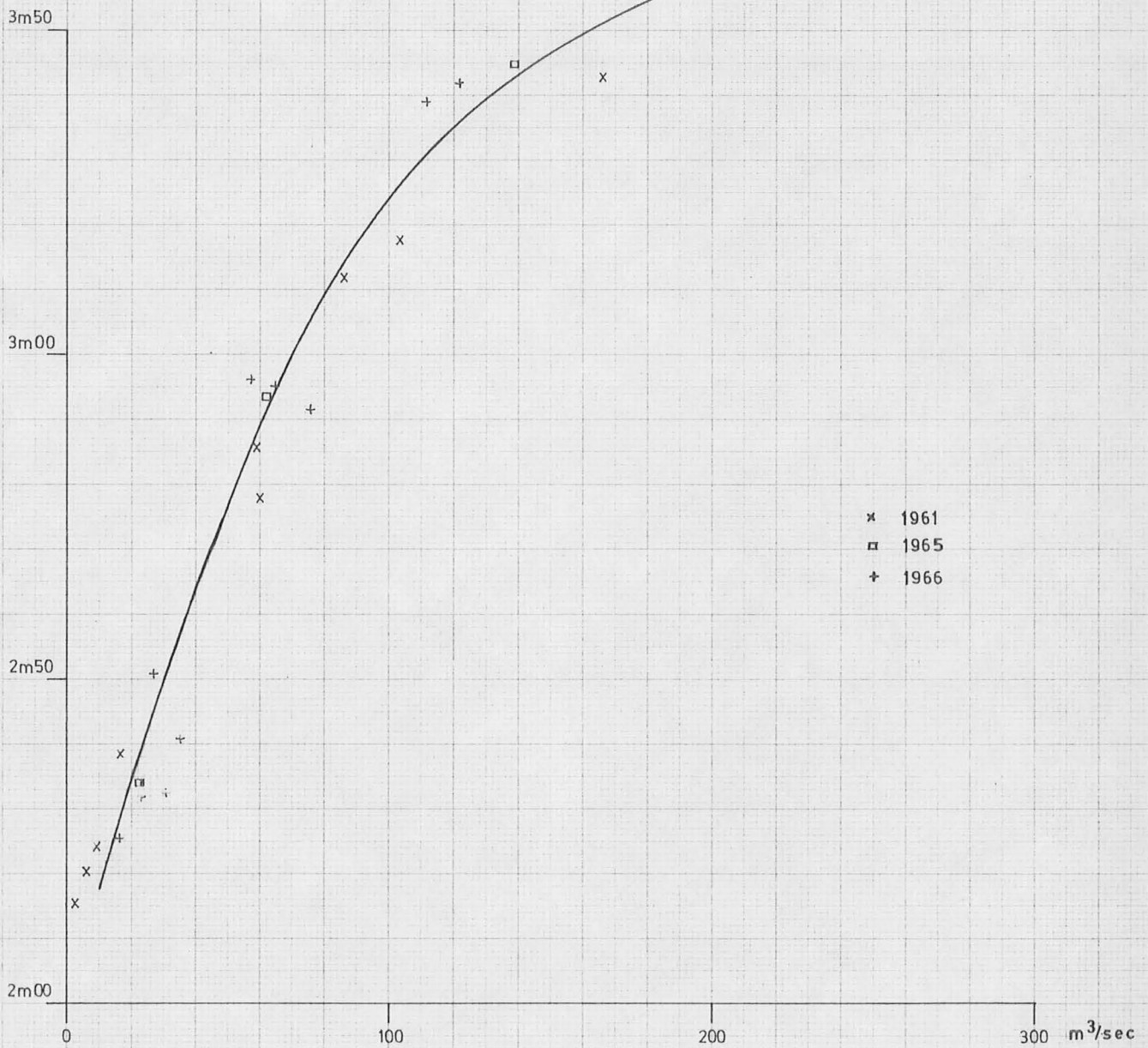
De Hoofdingenieur-Directeur
van Bruggen en Wegen,

ir. J. THEUNS.

DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN VERBAND LAAGWATERSTANDEN-DEBIETEN

FIG.1

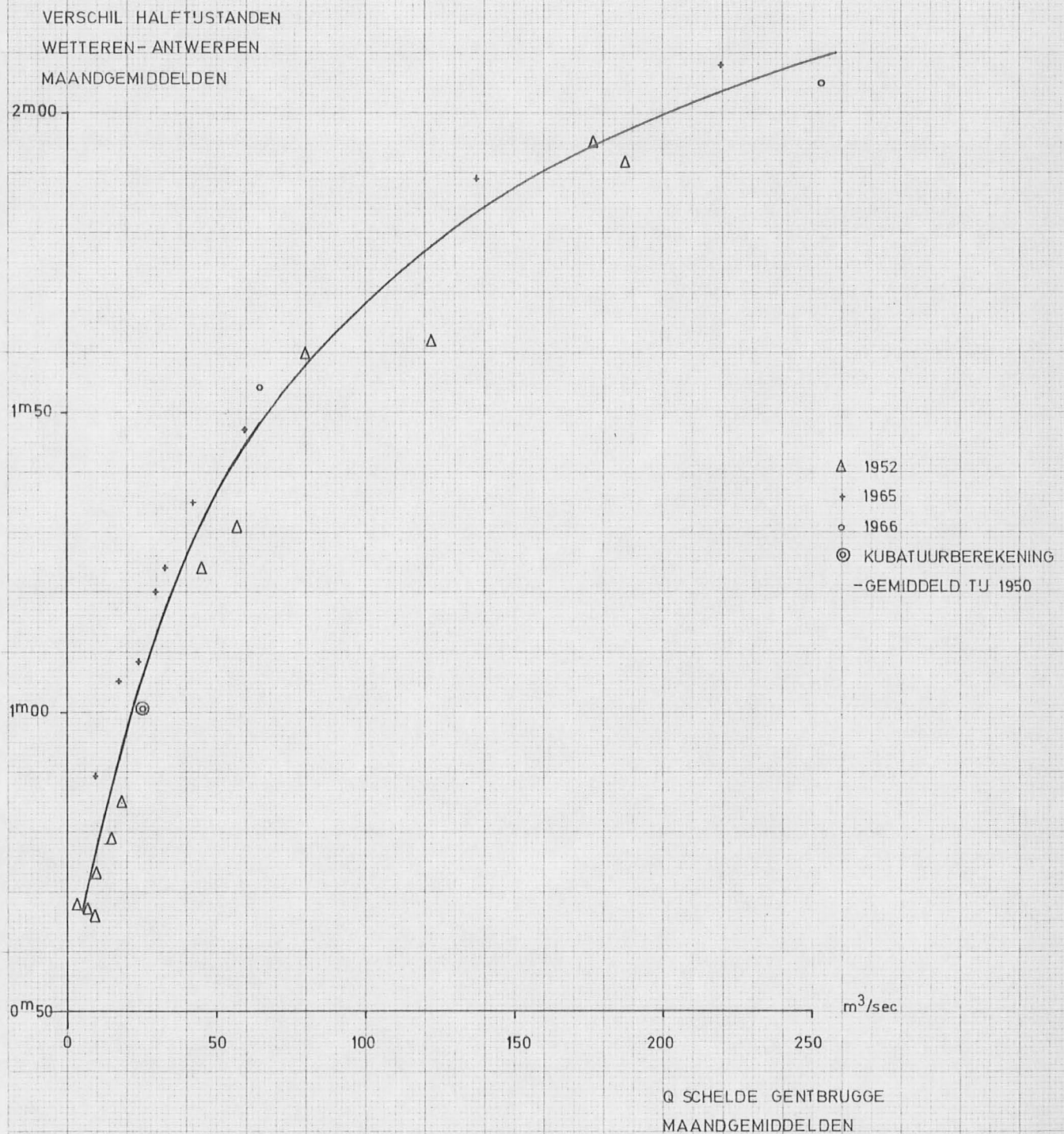
VERSCHIL LAAGWATERSTANDEN
WETTEREN - ANTWERPEN
MAANDGEMIDDELDEN



Q SCHELDE GENTBRUGGE
MAANDGEMIDDELDEN

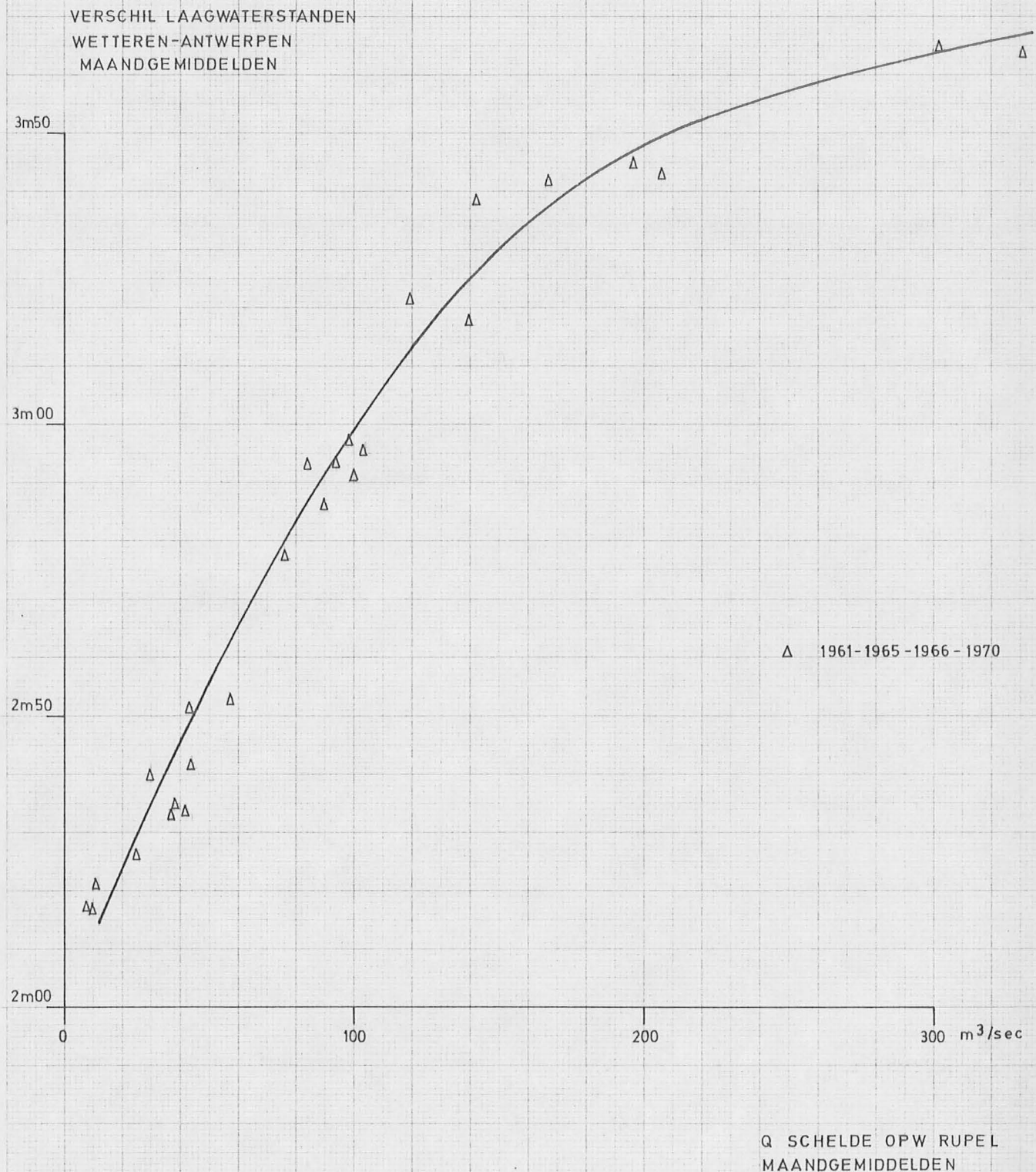
DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN VERBAND HALFTUJSTANDEN-DEBIETEN

FIG. 2



DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN VERBAND LAAGWATERSTANDEN DEBIETEN

FIG. 3



DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN VERBAND LAAGWATERSTANDEN-DEBIETEN

FIG. 4

• 1961
○ 1965
+ 1966
● 1967
x 1970

VERSCHIL LAAGWATERSTANDEN
DENDERMONDE - ANTWERPEN
MAANDGEMIDDELDEN

2 m00

1 m50

1 m00

Q (m³/s)

SCHELDE OPWAARTS RUPEL
MAANDGEMIDDELDEN

300

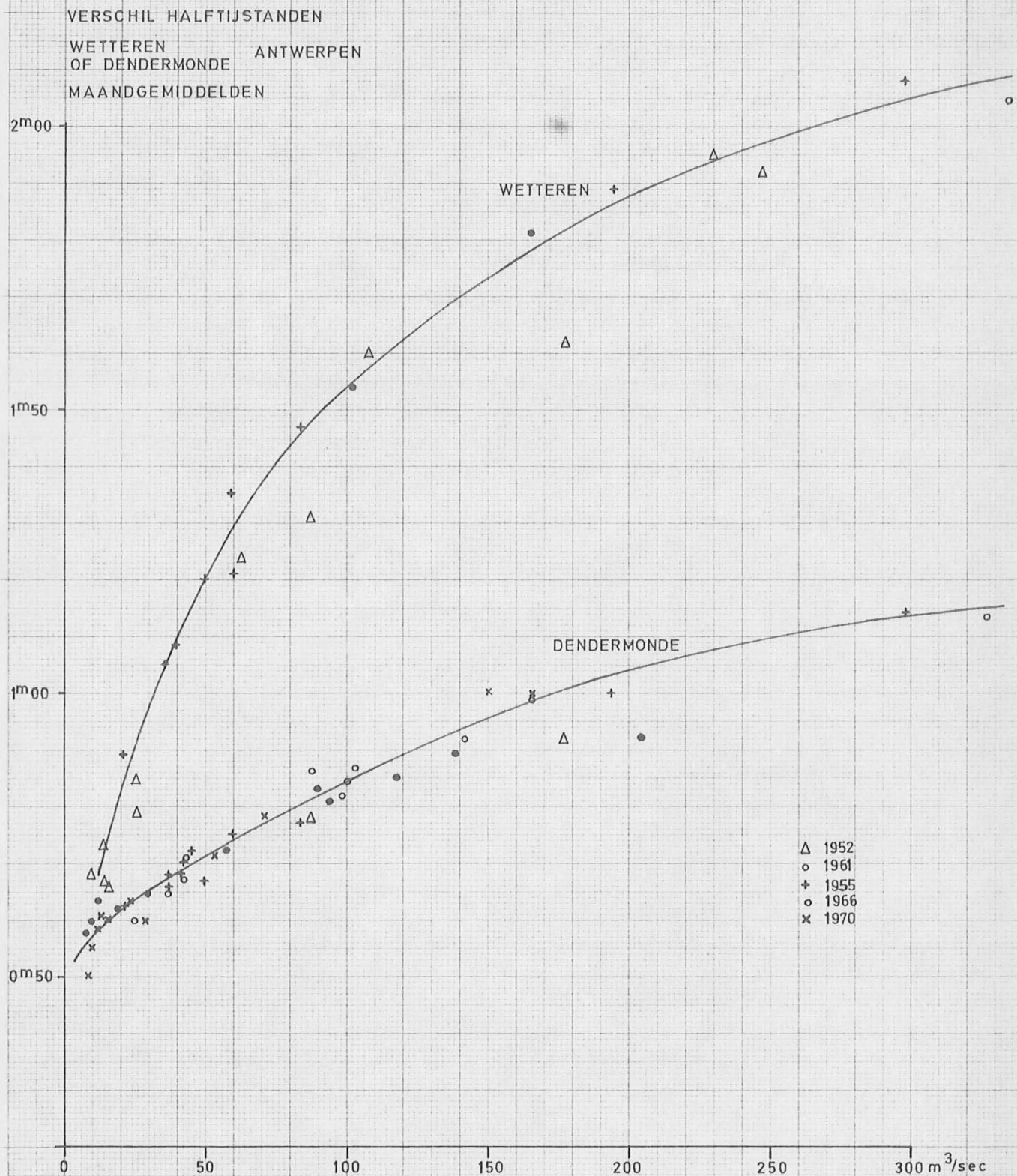
200

100

0

DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN VERBAND HALFTIJDSTANDEN-DEBIETEN

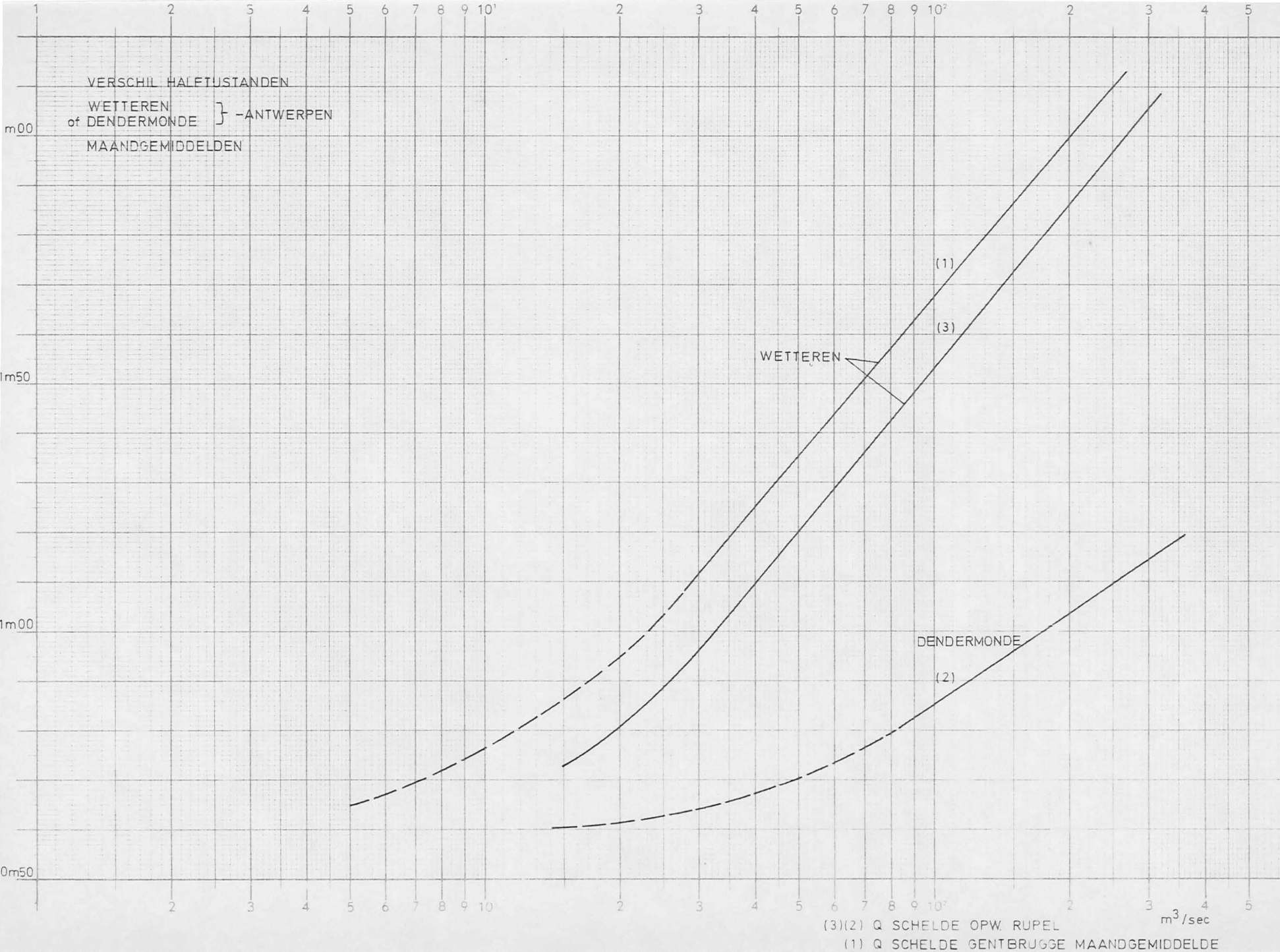
FIG.5



Q SCHELDE OPWAARTS RUPEL
MAANDGEMIDDELDEN

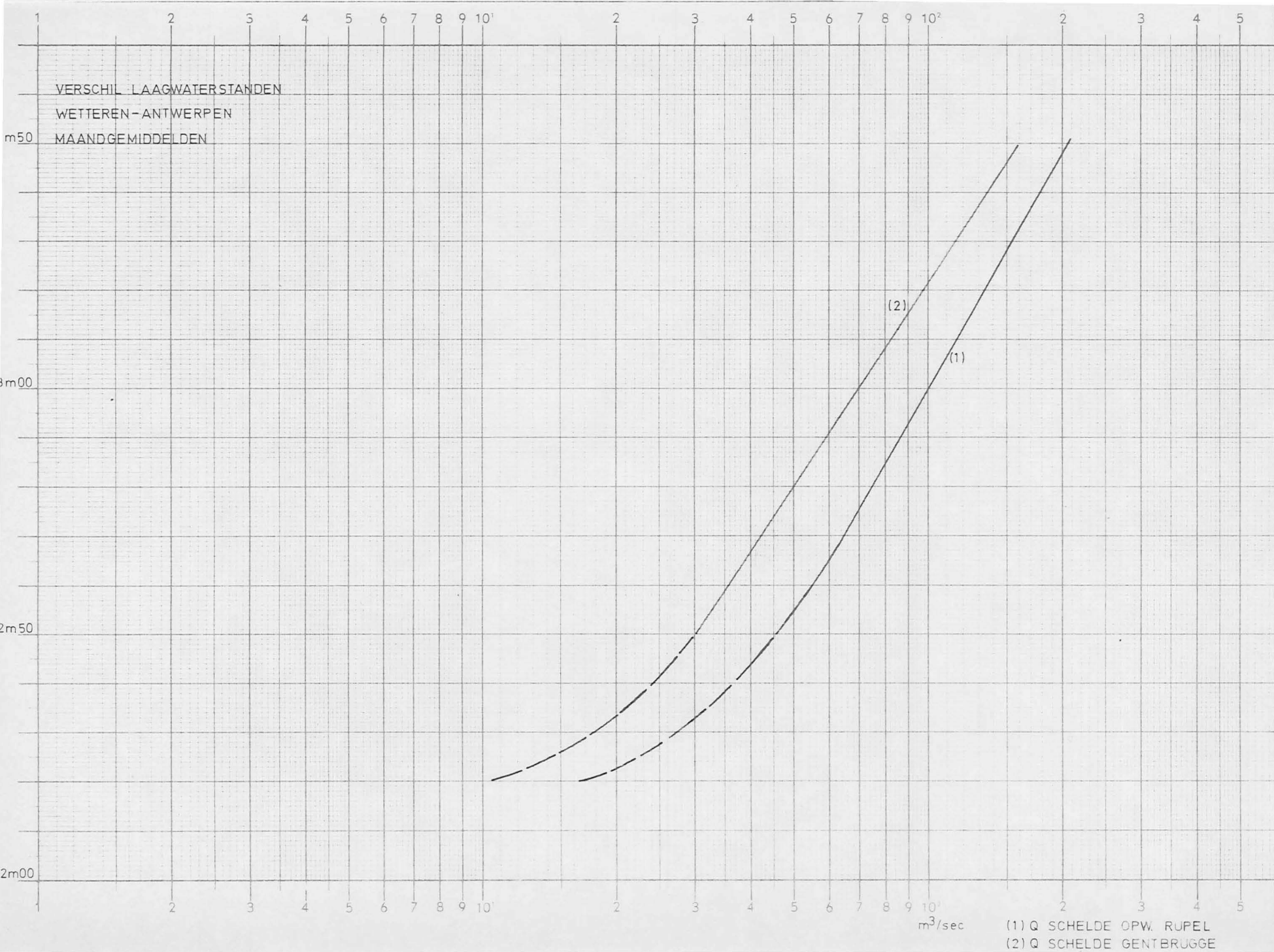
DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN
VERBAND HALFTUSTANDEN-DEBIETEN

FIG 6



DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN
VERBAND LAAGWATERSTANDEN-DEBIETEN

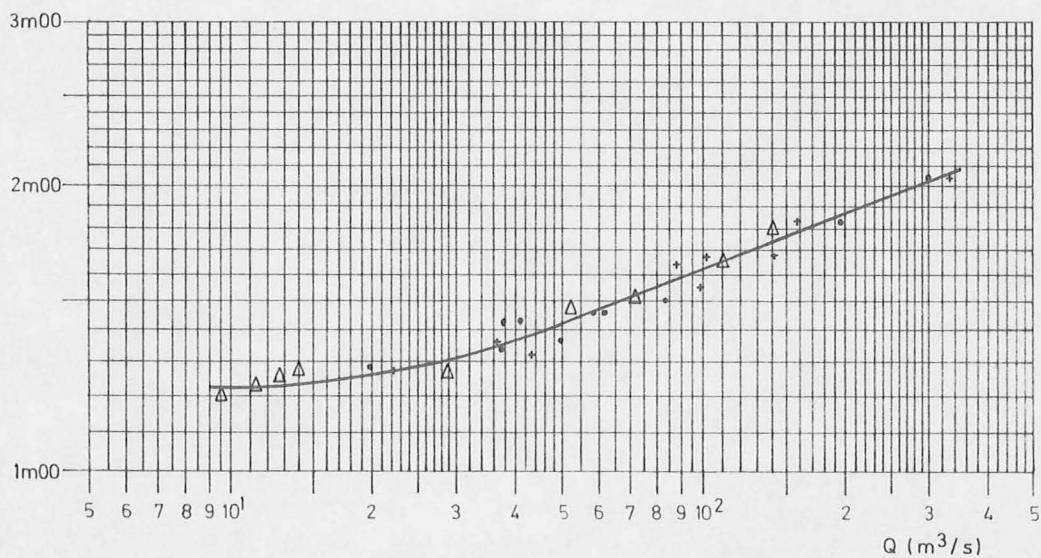
FIG 7



DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN
VERBAND LAAGWATERSTANDEN - DEBIETEN

FIG. 8

VERSCHIL LAAGWATERSTANDEN
DENDERMONDE - ANTWERPEN
MAANDGEMIDDELDEN



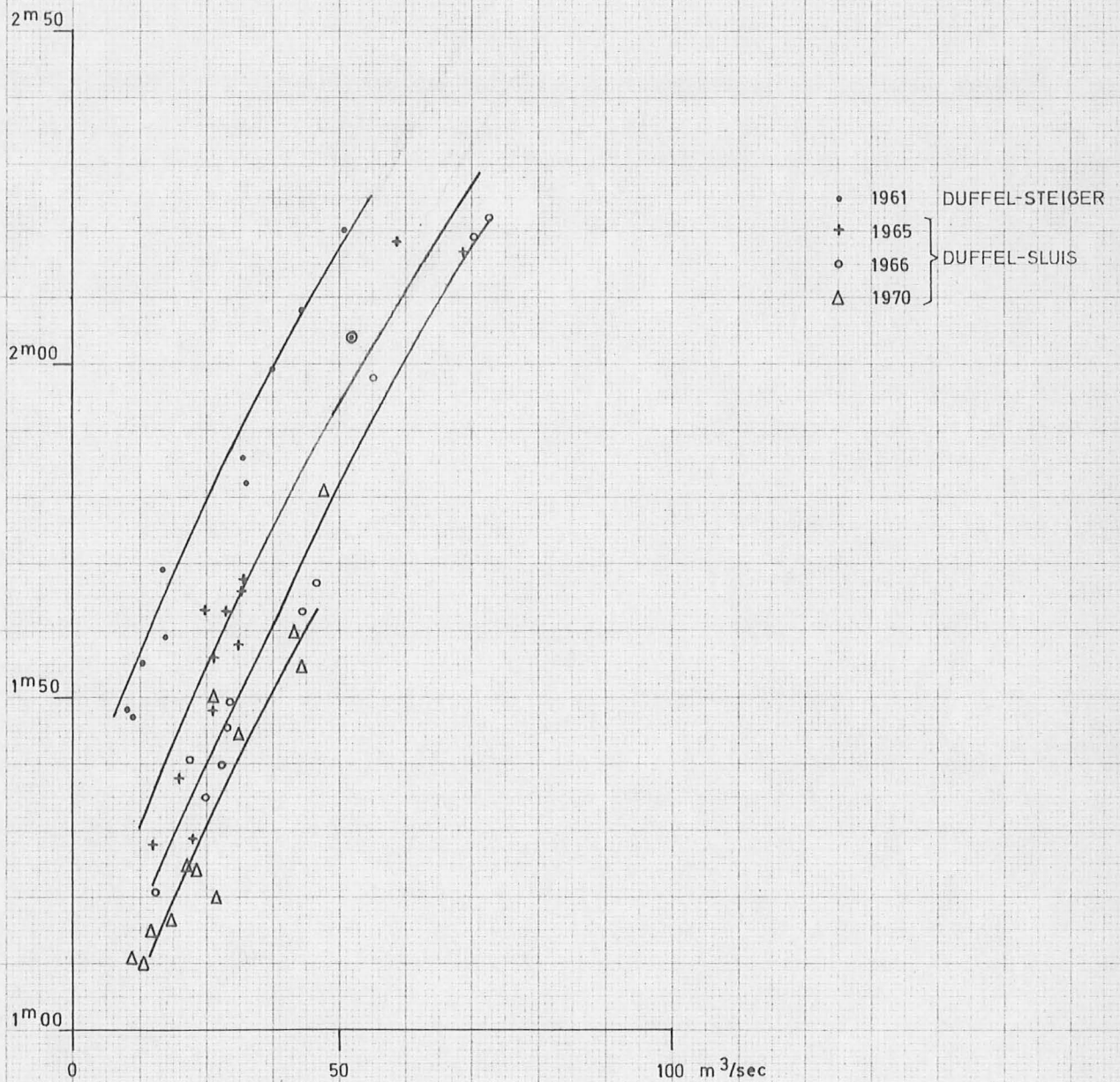
SCHELDEDEBIET OPWAARTS RUPEL
MAANDGEMIDDELDEN

- 1965
- + 1966
- Δ 1970

DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN VERBAND LAAGWATERSTANDEN-DEBIETEN

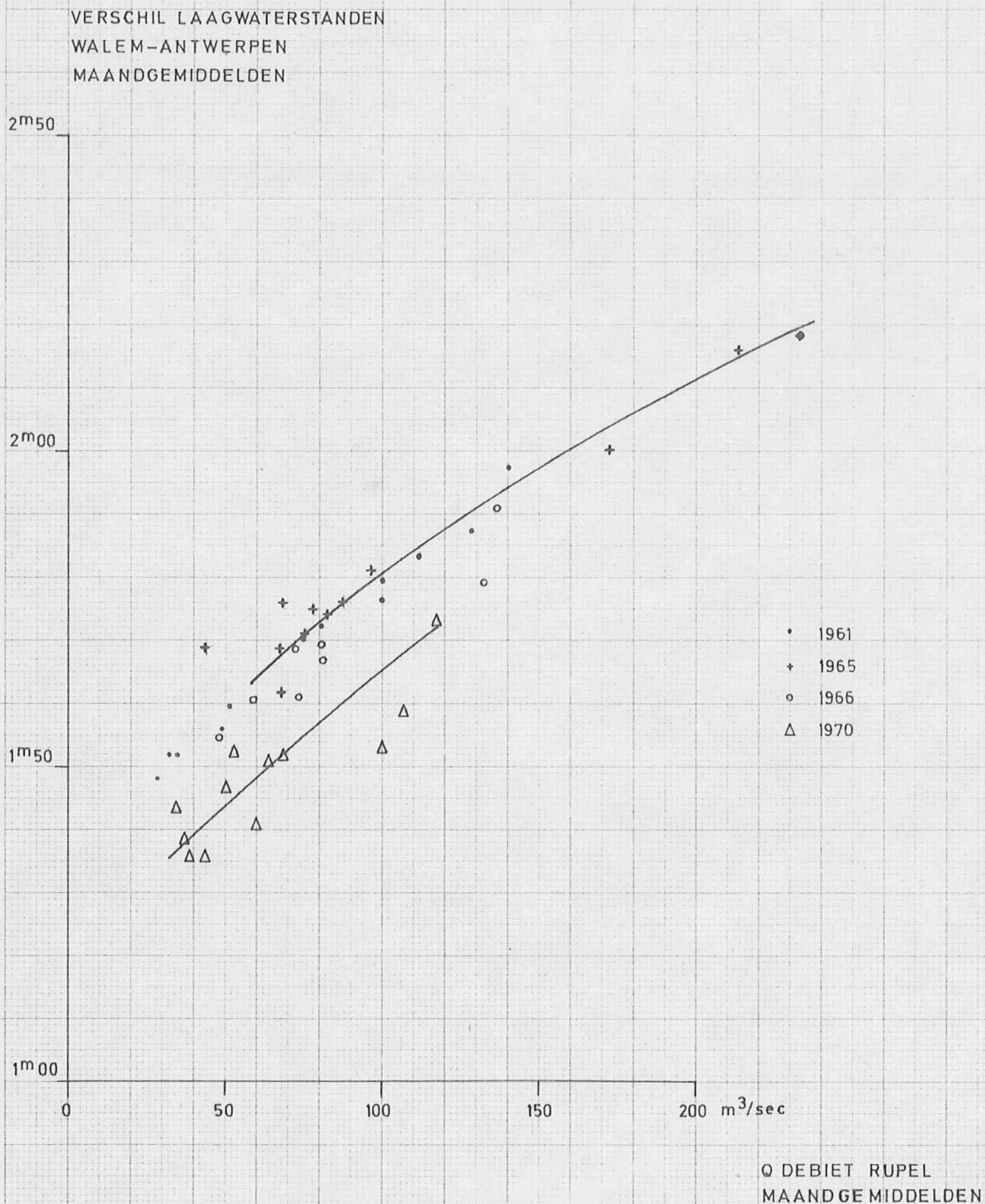
FIG.9

VERSCHIL LAAGWATERSTANDEN
DUFFEL- ANTWERPEN
MAANDGEMIDDELDEN



DEBIETEN VAN HET SCHELDEBEKKEN
VERBAND LAAGWATERSTANDEN DEBIETEN

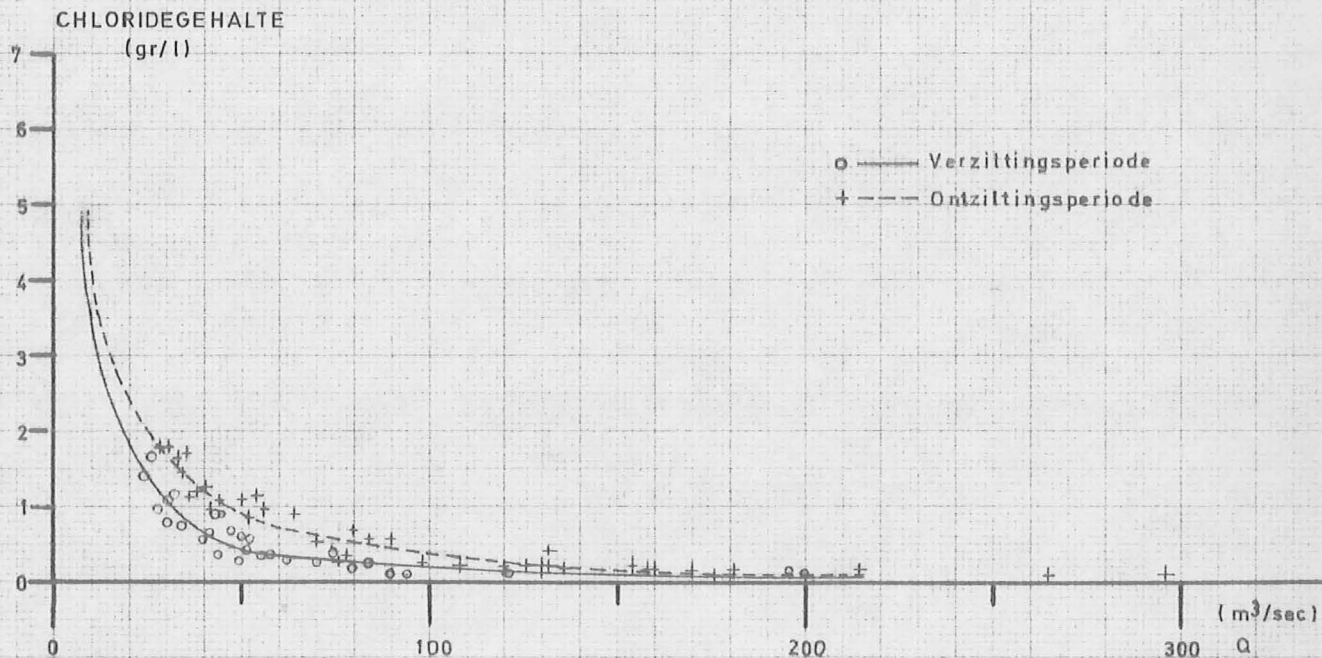
FIG.10



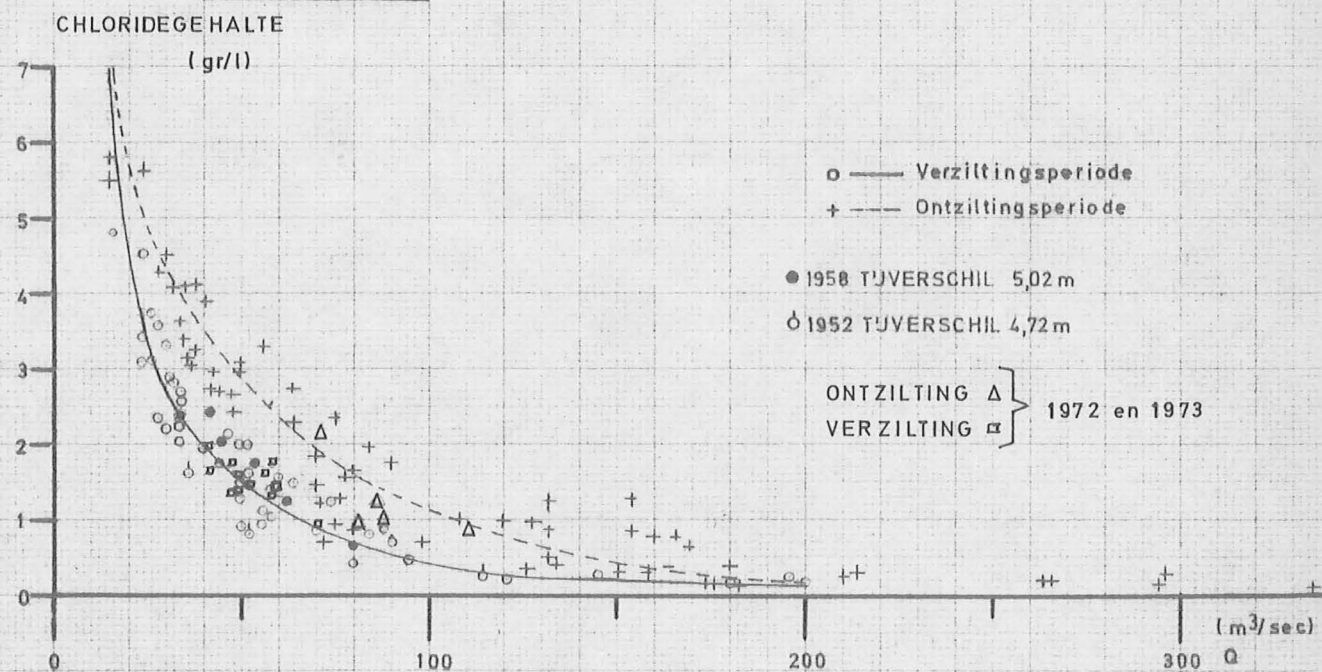
CORRELATIE CHLORIDEGEHALTE - AFVOER
MAANDGEMIDDELDEN VAN $M = \frac{V+E}{2}$ EN Q

FIG.11

SCHELLE (1953-1958)



LOODSGEBOUW (1953-1958 en 1972-1973)



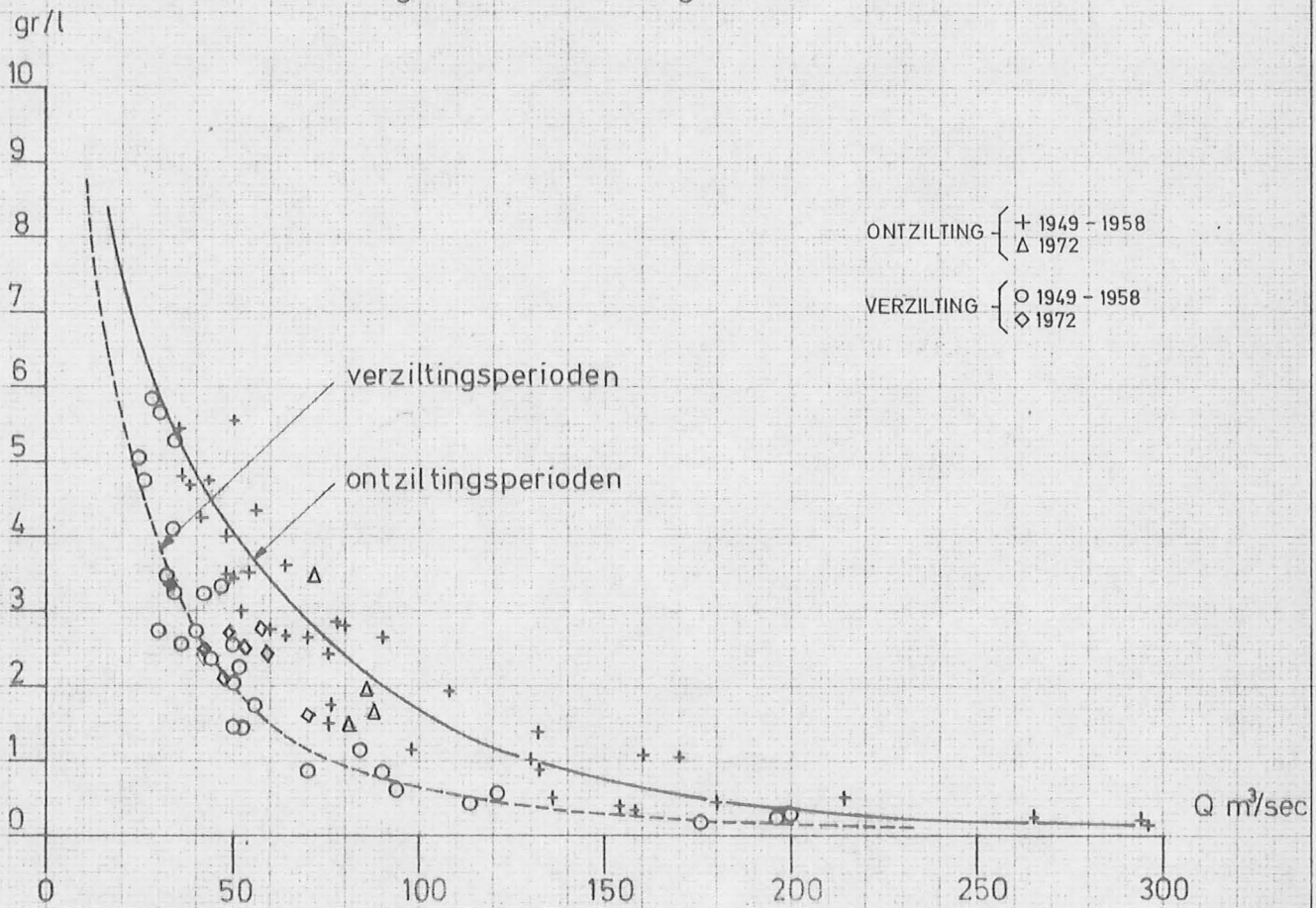
$M = \frac{V+E}{2}$

MET

V = CHLORIDEGEHALTE BIJ KENTERING
HOOG WATER
E = CHLORIDEGEHALTE BIJ KENTERING
LAAG WATER

Q DEBIET TE SCHELLE
MAANDGEMIDDELDEN

CHLORIDEGEHALTE maandgemiddelden Loodsgebouw (KHW)



Q DEBIET TE SCHELLE
MAANDGEMIDDELDEN