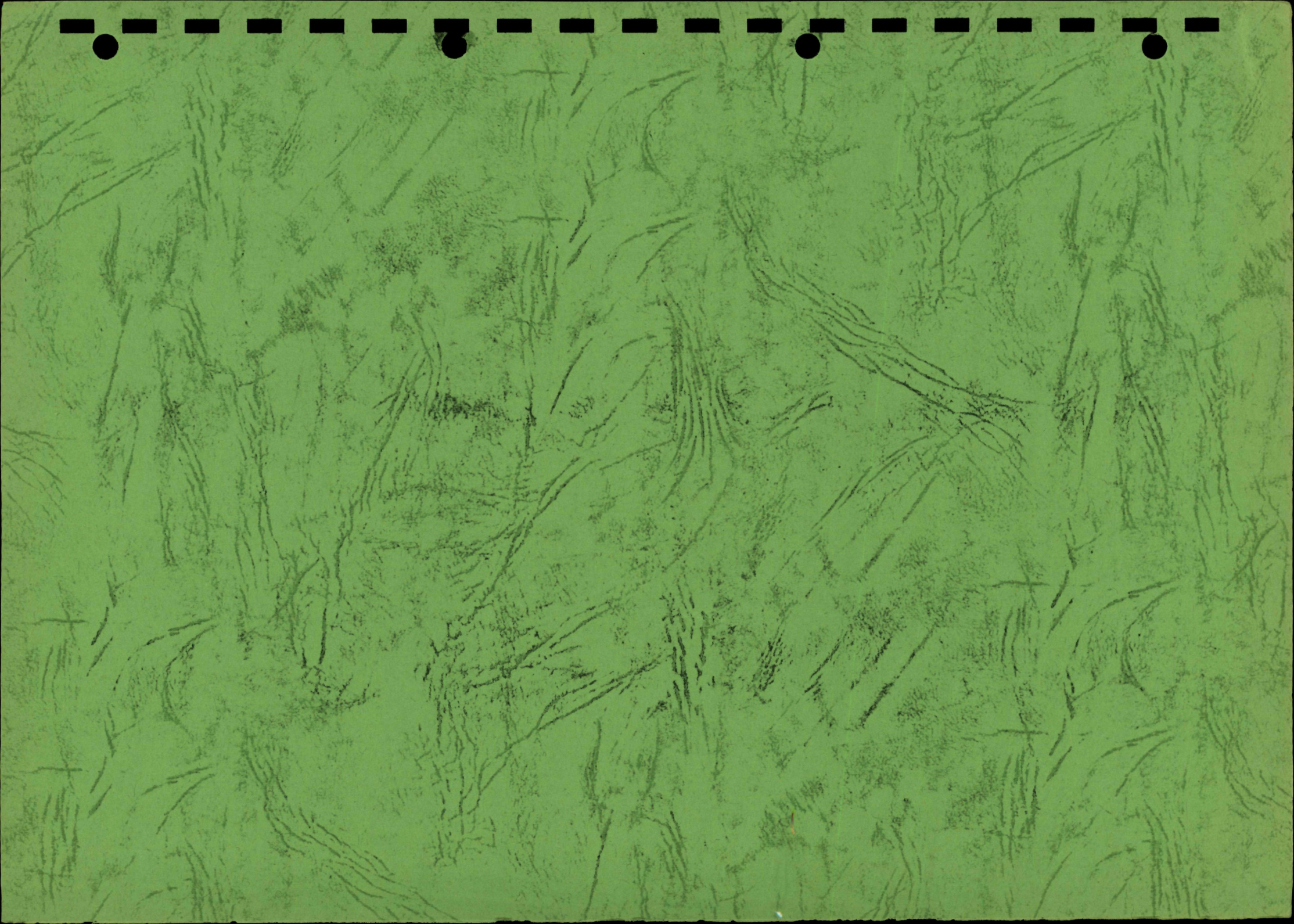


RAADGEVEND INGENIEURSBUREAU *Bish & Partners n.v.*

KONINGINNEGRACHT 84 — TELEFOON (070) 650833 — GRAVENHAGE
PANKIER, NEDERLANDSCHE CREDITBANK N.V. CIBO 747904 TELEKAMA RES. BIPAR HAAG

**GRAFIEKEN VOOR DE BEREKENING VAN DE
ONTGRONDINGSLENGTE VAN STALEN VLOEISTOFLEIDINGEN
VOLGENS RAPPORT M 1007**



Toelichting
Berekening ontgrondingslengten
Stalen vloeistofleidingen

1. Inleiding - bladzijde 1

2. Voorbeeld - bladzijde 3

Bijlagen: Brief van Waterloopkundig Laboratorium (12-3-1971)

24 grafieken: voor $\frac{d}{D} = 0,15$ grafieken 1 t/m 3

" = 0,20 " 4 " 6

" = 0,25 " 7 " 9

" = 0,30 " 10 " 14

" = 0,60 " 15 " 19

" = 1,10 " 20 " 24

1. Inleiding:

De Technische Adviescommissie voor Waterkeringen (T.A.W.) heeft eisen vastgesteld t.a.v. de veiligheidszones bij kruisingen van vloeistofleidingen met waterkeringen. Deze eisen zijn vermeld in de T.A.W. no. 1437 "Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen 1970".

Volgens de T.A.W. is de veiligheidszone de afstand tot de leiding, waar binnen ontgrondingen optreden, vermeerderd met de breedte van de langs de waterkering gelegen terreinstrook, die i.v.m. de stabiliteit van de waterkering ongestoord moet blijven.

Naar de afstand tot de leiding, waar binnen ontgrondingen optreden, is in het verleden door het Waterloopkundig Laboratorium in opdracht van Rijkswaterstaat een onderzoek verricht. Dit onderzoek omvatte berekeningen van het uitstromend debiet bij verschillende gat-grootten voor permanentie zowel als direct na breuk, alsmede model- en prototype proeven naar de grootte van de ontgroning bij gegeven grootte en vorm van de breuk (zie rapport M 1007: veiligheid persleiding bij dijken).

Gebleken is, dat de afstand tot de leiding, waar binnen ontgrondingen optreden:

$$R = 7 \left(\frac{\rho \cdot Q_{\text{uit}} \cdot v_{\text{uit}}}{\rho g} \right)^{1/3} = 7 \left(\frac{Q_{\text{uit}} \cdot v_{\text{uit}}}{g} \right)^{1/3} \text{ m}$$

waarbij:

ρ = dichtheid van de vloeistof in kg/m^3

Q_{uit} = uittredend debiet in m^3/sec ($= v_{\text{uit}} \cdot F_{\text{uit}}$)

v_{uit} = stroomsnelheid in het gat in m/sec

g = versnelling van de zwaartekracht in m/sec^2

$F_{\text{uit}} = \mu \cdot F_{\text{gat}}$

μ = contractie-coëfficiënt, afhankelijk van $\frac{d}{D}$

voor $\frac{d}{D} = 1,1$ is $\mu = 0,80$

voor $\frac{d}{D} < 1,1$ is $\mu = 0,65$

d = gat-diameter

D = leiding-diameter

Bovenstaande formule is door de T.A.W. overgenomen en geldt voor vloeistofleidingen, waarbij afschuiven is uitgesloten (zoals bij stalen leidingen).

Bij diverse gat-grootten ($\frac{d}{D}$) worden de ontgrondingslengten berekend bij permanentie na breuk (gat in leiding), waarna de maatgevende lengte bekend is. In verband met het gebruik van de hierna volgende grafieken wordt voor olieleidingen i.h.a. uitgegaan van een pomp met een laag specifiek toerental ($n_s = 10$: centrifugaalpomp).

Een en ander zal in een voorbeeld nader worden verduidelijkt.

Opmerking:

Voor het gebruik van de grafieken bij $\frac{d}{D} < 0,3$ wordt verwezen naar de opmerkingen in de bijgevoegde brief van 12 maart 1971 van het Waterloopkundig Laboratorium.

2. Voorbeeld van de berekening van de max. ontgrondingslengte R (stalen leiding).
Leiding Pernis - Oosterhout: olieleiding

Basisgegevens:

lengte $L = 51650$ m (= totale lengte tussen begin en einde)

afstand Pernis tot breuk $l = 26950$ m

diameter van de leiding $D = 0,61$ m

debiet $Q_o = 1,16$ m³/sec (4175 m³/h) = $V_o \cdot F_{\text{buis inwendig}}$

Werkdruk te Pernis = 62 ato

Werkdruk te Oosterhout = 5 ato

dichtheid olie: $\rho = 890$ kg/m³

energiehoogte H_o te Pernis: 697 m oliekolom (m.o.k.)

wrijvingsverliezen $H_w = 640$ m.o.k. (verliezen tussen begin en einde)

constante druk te Oosterhout.

Parameters i.v.m. gebruik van de grafieken (aan de hand van bovenstaande).

$$\frac{l}{L} = 0,52 \quad \frac{H_w}{H_o} = 0,92 \quad \frac{V_o^2}{2gH_o} = 1,15 \cdot 10^{-3}$$

Berekening en resultaten:

Met behulp van deze parameters is $\frac{Q_{\text{uit}}}{Q_o}$ bij diverse waarden van $\frac{d}{D}$ bekend, zodat ook Q_{uit} bekend is, waarna R wordt berekend.

$\frac{d}{D}$	d	Q_{uit}	V_{uit}	R
	m	m ³ /sec	m/sec	m
1,1	0,67	1,90	6,5	7,6
0,6	0,37	1,62	22,2	10,8
0,3	0,18	0,91	49,6	11,6
0,15	0,09	0,31	73,6	9,3

← maatgevend

Opmerking:

Bij het opstellen van de bovenstaande tabel waren nog geen grafieken voor $\frac{d}{D} = 0,15, 0,20$ en $0,25$ beschikbaar (de waarde bij $\frac{d}{D} = 0,15$ is analytisch bepaald). De waarden van R dienen dus ook te worden nagegaan bij $\frac{d}{D} = 0,20$ en $0,25$. In de tabel is de methode aangegeven om $R_{\text{maatgevend}}$ te vinden.

BDL	W 859	
ACN		
DDO	17-5-71	
Tk		
Fr		
Di		
Co		
Ing/Beu		
ISU	17/3/71	
Beau		
AFC		
DEP		

Raadgevend Ingenieursbureau

Bish en Partners N.V.

Koninginnegracht 84

's-GRAVENHAGE

afdeling: Pompen en Industriële Circulaties

onderwerp: Gevolgen leidingbreuk

in behandeling bij: Ir. H.A. Nuhoff

uw brief:

ons kenmerk: 1680/R 649

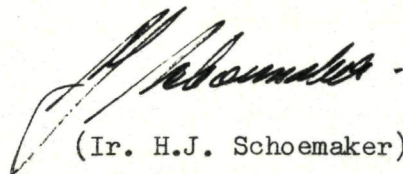
datum: 12 maart 1971

Hierbij ontvangt U de resultaten van de berekeningen betreffende de uit een gat in een leiding uittredende debieten (permanentie), zoals ons is opgedragen bij Uw schrijven no. W 859/1510 d.d. 5 februari 1971. Voor de berekening verwijzen wij U naar het rapport no. M 1007 "Veiligheid persleidingen bij dijken" van het Waterloopkundig Laboratorium, of naar hoofdstuk I van onze brief no. 529/R 649 d.d. 27 januari 1971.

Tevens ontvangt U op Uw verzoek de acutes van de figuren 2 t/m 16 van het rapport no. M 1007. De opdrachtgever van dit onderzoek, het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, gaf hiervoor toestemming. Omdat Q_{uit} voor grote l/L en $H_w/H_o = 0,99$ in fig. 2 van dit rapport niet is aangegeven, is deze figuur aangevuld.

In de figuren is Q_{uit}/Q_o voor bepaalde waarden van $v_o^2/2g H_o$ gegeven. Lineaire interpolatie hiertussen zal vooral bij kleine gatdiameters tot fouten leiden. Aanbevolen wordt dan Q_{uit}/Q_o als functie van $v_o^2/2g H_o$ op dubbel logarithmisch papier uit te zetten en dan te interpoleren. Hetzelfde geldt voor H_w/H_o wanneer de berekende Q_{uit}/Q_o op bijgaande figuren voor opeenvolgende waarden van H_w/H_o ver uiteen liggen.

Waterloopkundig Laboratorium,



(Ir. H.J. Schoemaker),

Directeur.

9 figuren
bijlagen: 24 acutes

Adres
Raam 61
Delft

Postadres
Postbus 177
Delft

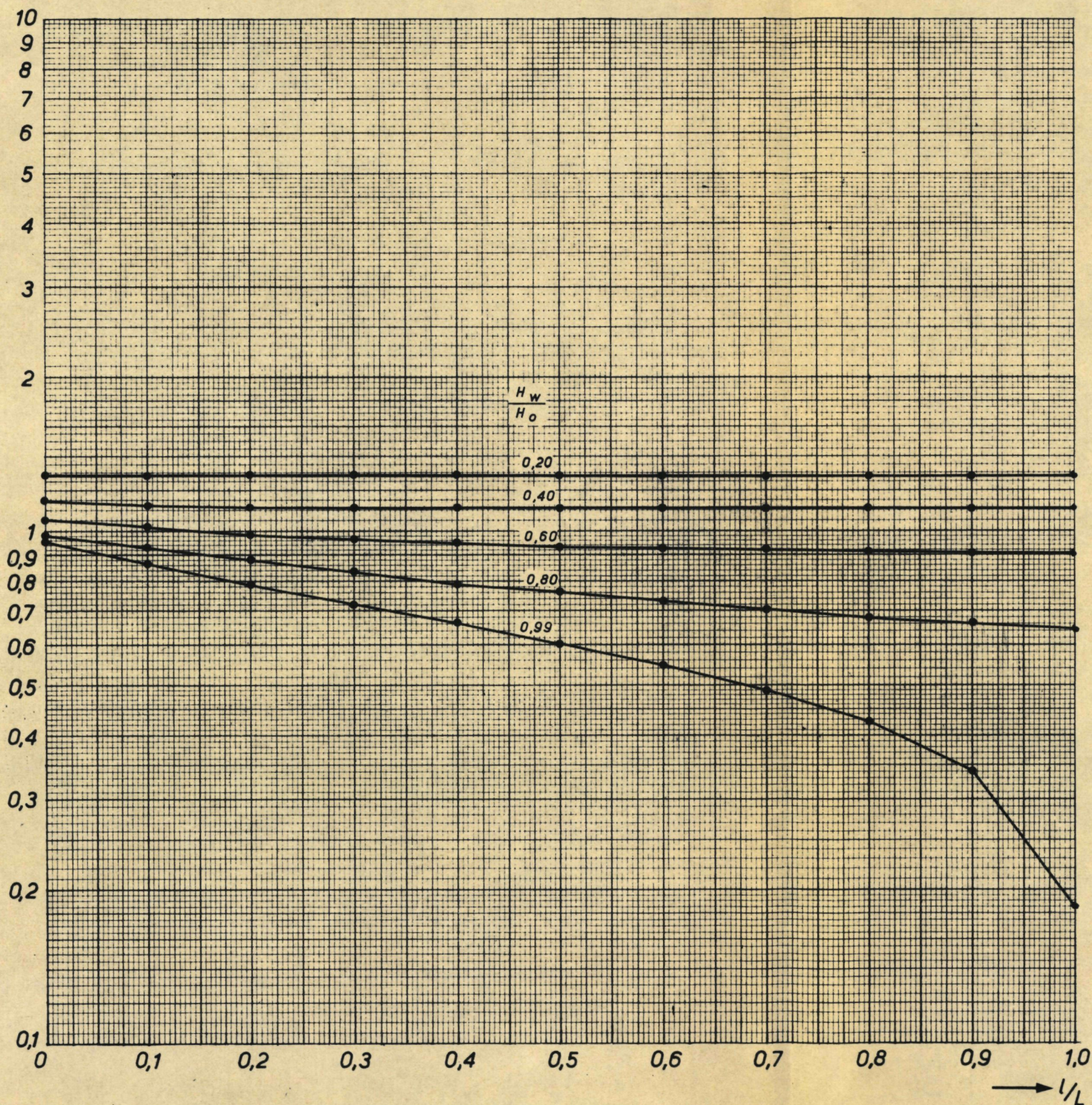
Telefoon
(017 30)
2 40 80

Telegrammen
Hydrolab
Delft

Postgiro
23 09 81
Delft

Bank
Amro Bank
Delft

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
GAT IN LEIDING $d/D=0,15$ EN $V_0^2/2gH_0=0,0001$

W_K

A 3

POMPTYPE
 $n_s = 10$

WATERLOOPKUNDIG

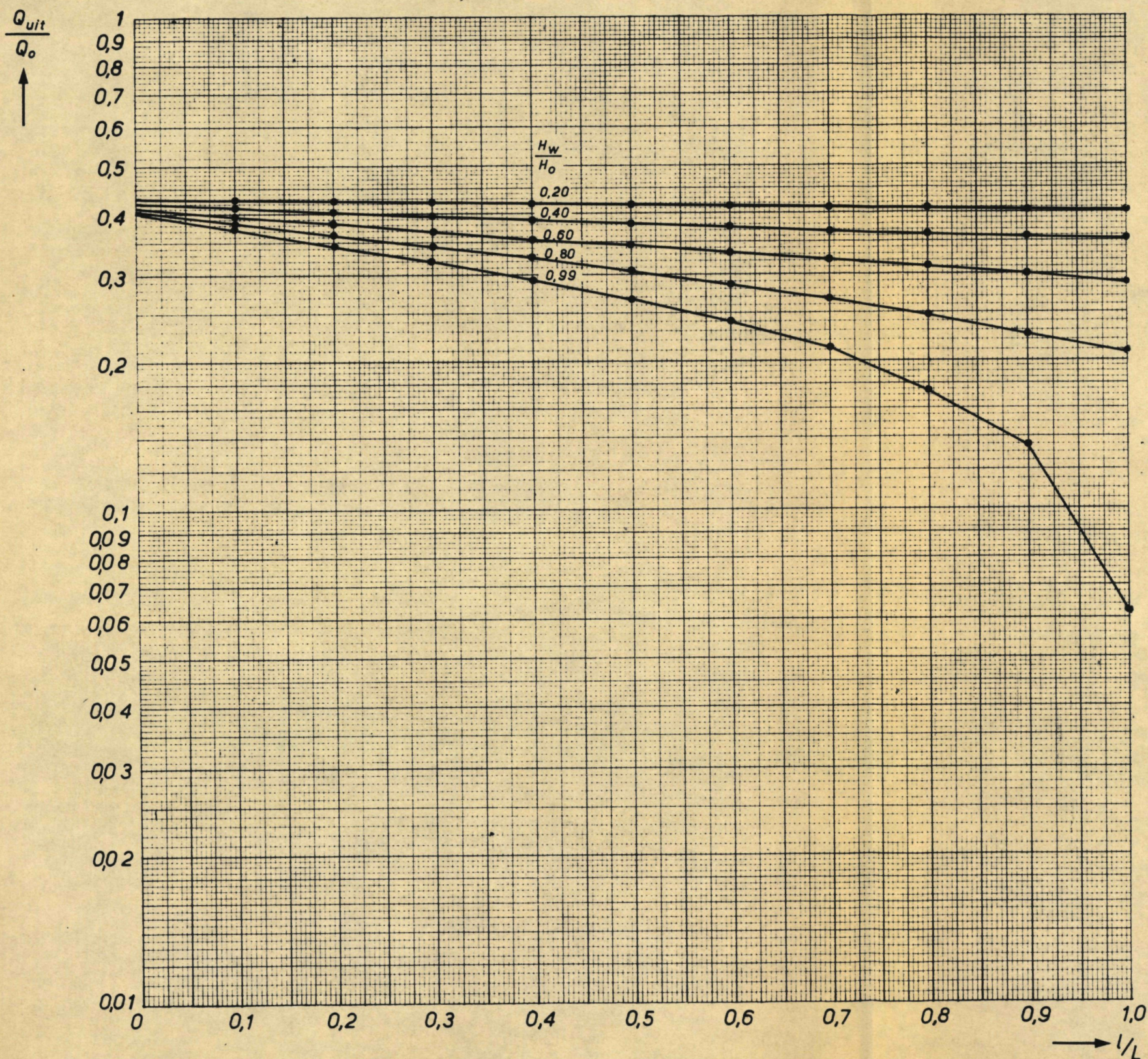
LABORATORIUM

R. 649 - 1005

FIG. 3

0.15
0.0001

1



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
GAT IN LEIDING $d/D=0,15$ EN $v_0^2/2gH_0=0,001$

W_K

A 3

POMPTYPE
 $n_s = 10$

WATERLOOPKUNDIG

LABORATORIUM

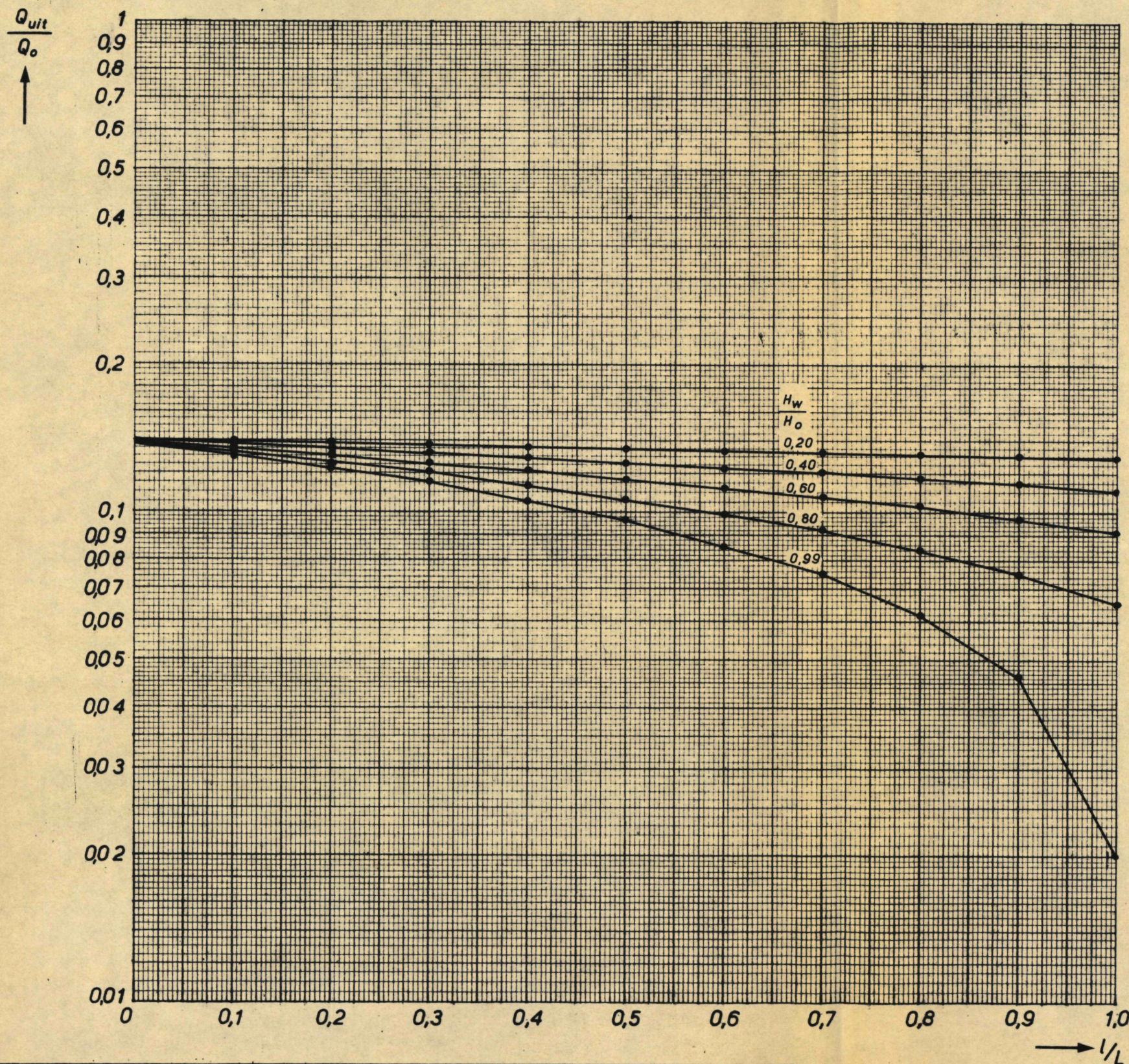
R. 649 - 1008

FIG. 6

0.15

0.001

2



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
GAT IN LEIDING $d/D=0,15$ EN $V_0^2/2gH_0=0,01$

W_K

A 3

POMPTYPE
 $n_s = 10$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

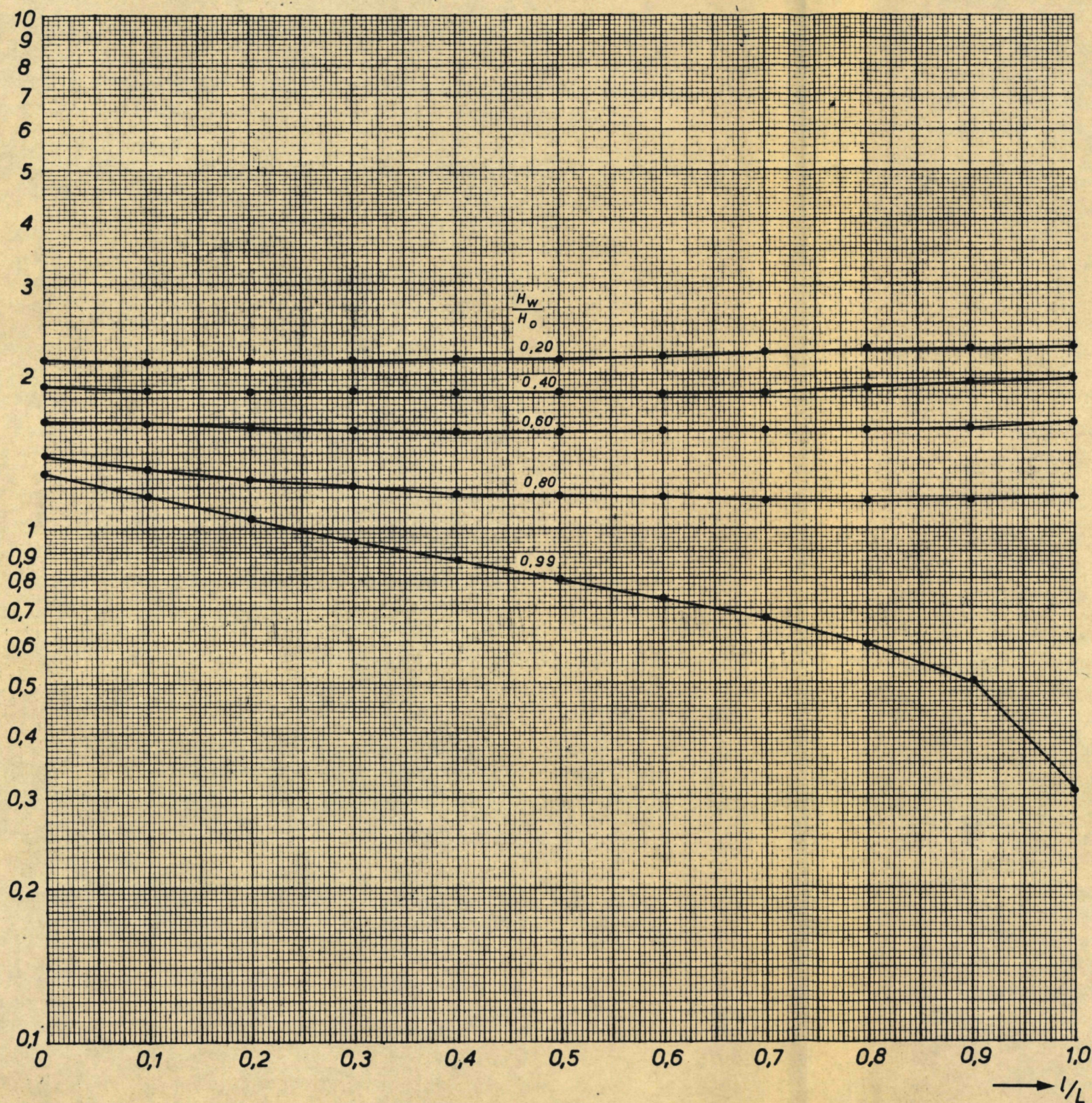
R. 649 - 1011

FIG. 9

0,15
0,01

3

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
GAT IN LEIDING $d/D=0.20$ EN $v_0^2/2gH_0=0.0001$

W_K

A 3

POMPTYPE
 $n_s = 10$

WATERLOOPKUNDIG

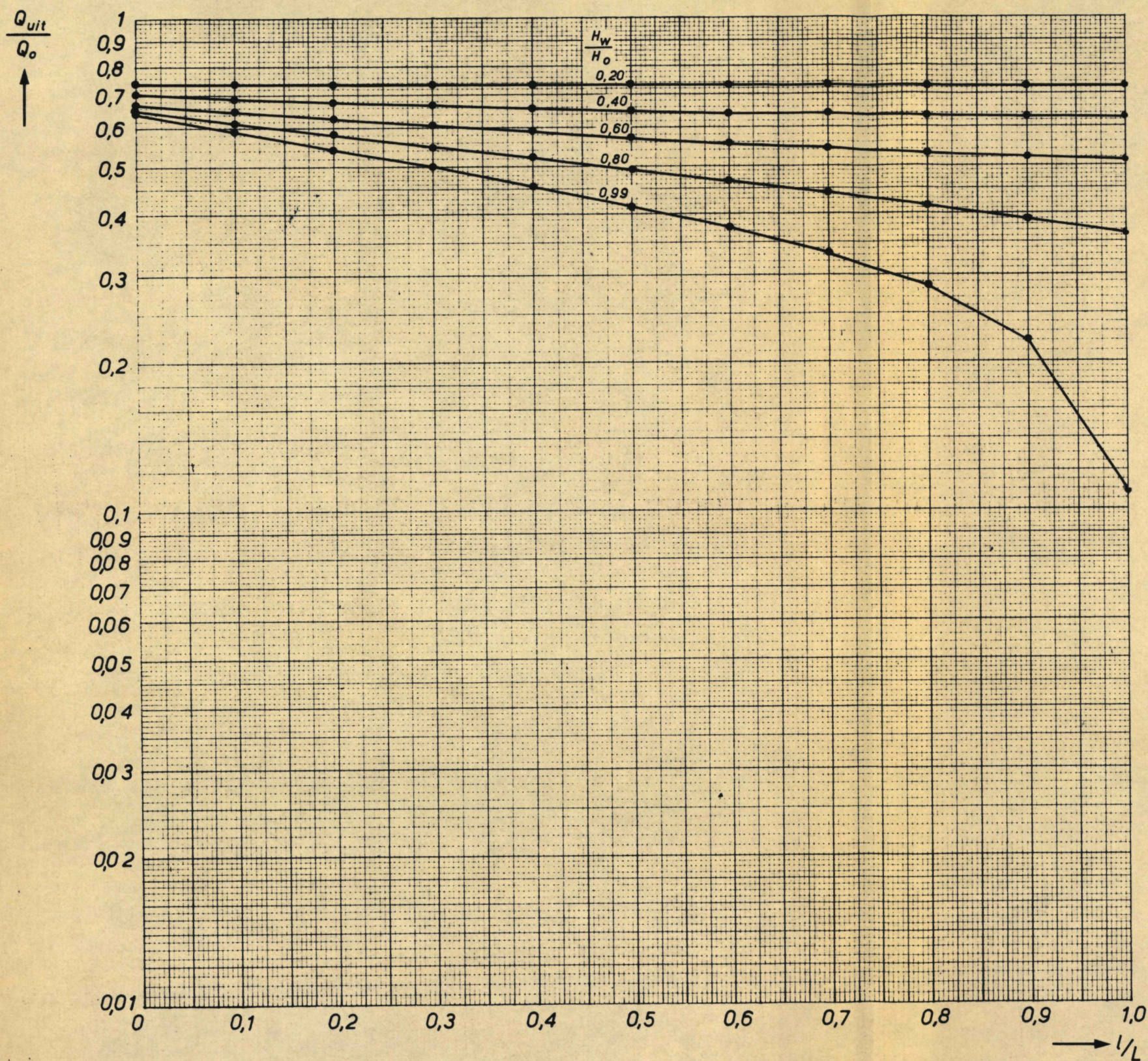
LABORATORIUM

R. 649-1004

FIG. 2

0.2
0.0001

4



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
 GAT IN LEIDING $d/D=0,20$ EN $v_0^2/2gH_0=0,001$

W_K

A 3

POMPTYPE

$n_s = 10$

WATERLOOPKUNDIG

LABORATORIUM

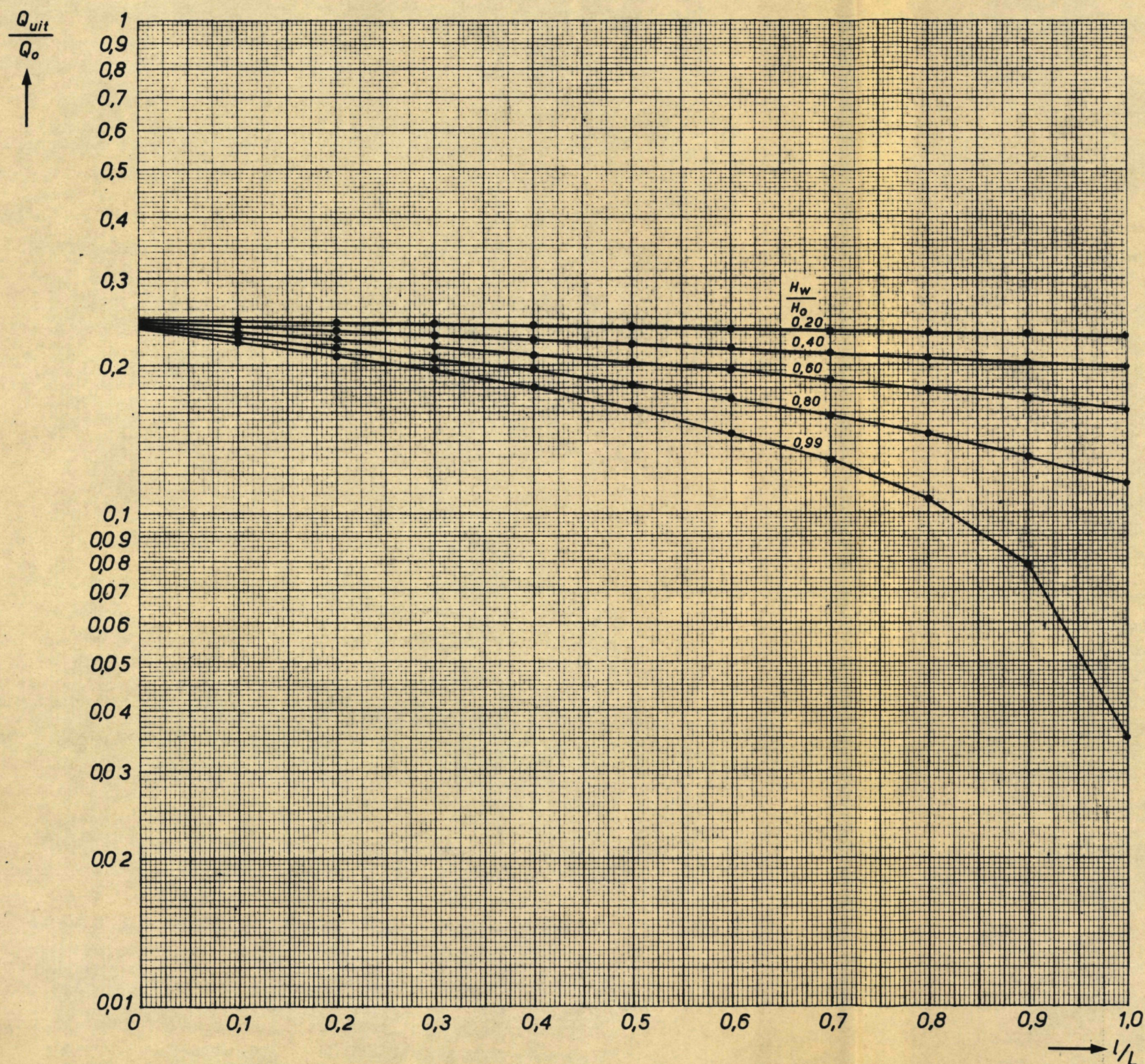
R. 649 - 1007

FIG. 5

0.2

0.001

5



PERMANENTIE NA BREUK. $\frac{Q_{uit}}{Q_0}$ ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
GAT IN LEIDING $d/D=0,20$ EN $v_0^2/2gH_0=0,01$

W_K

A 3

POMPTYPE
 $n_s = 10$

WATERLOOPKUNDIG

LABORATORIUM

R. 649 - 1010

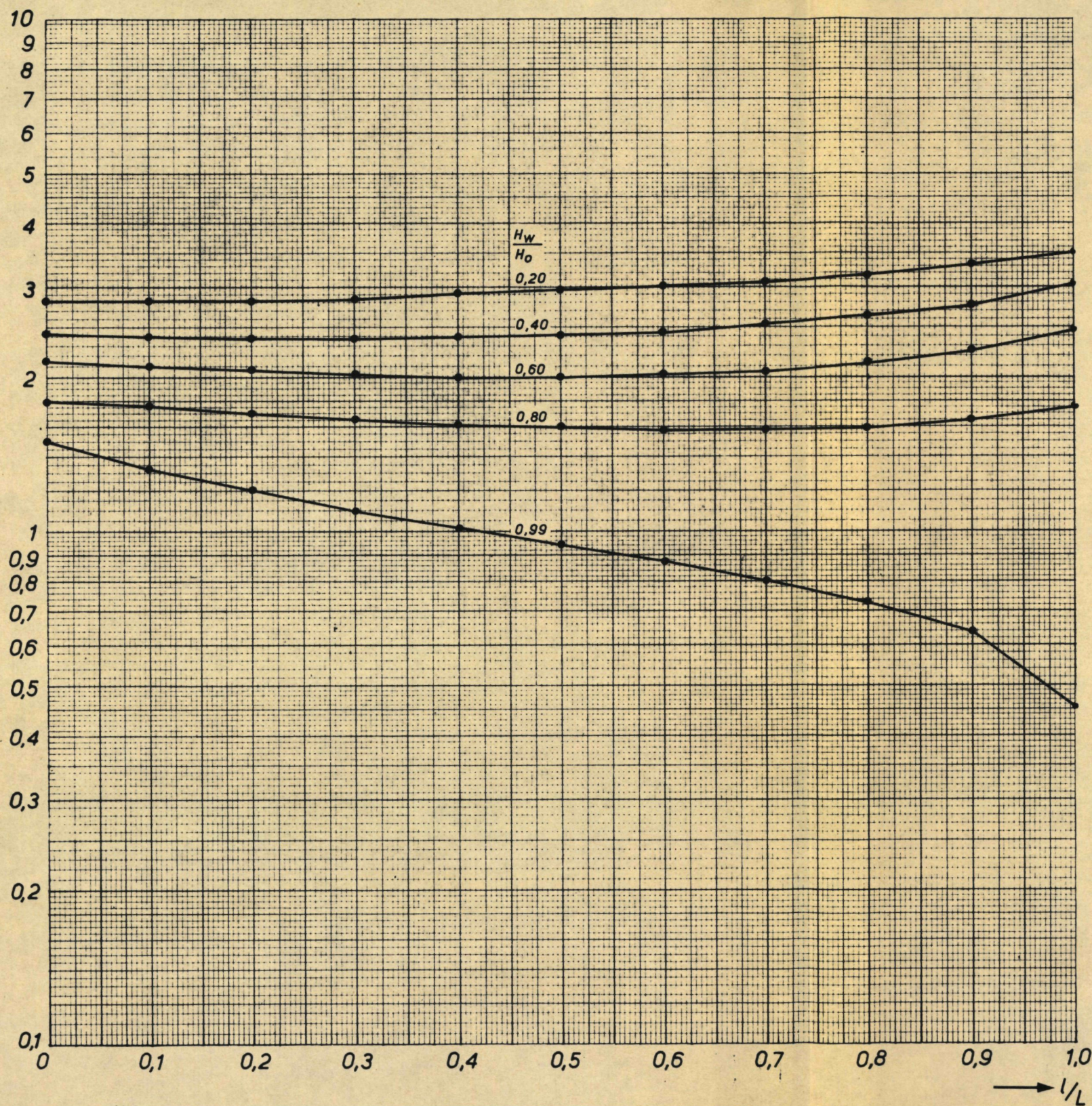
FIG. 8

0,2

0,01

6

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
GAT IN LEIDING $d/D=0,25$ EN $v_0^2/2gH_0=0,0001$

W_K

A 3

POMPTYPE
 $n_s = 10$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

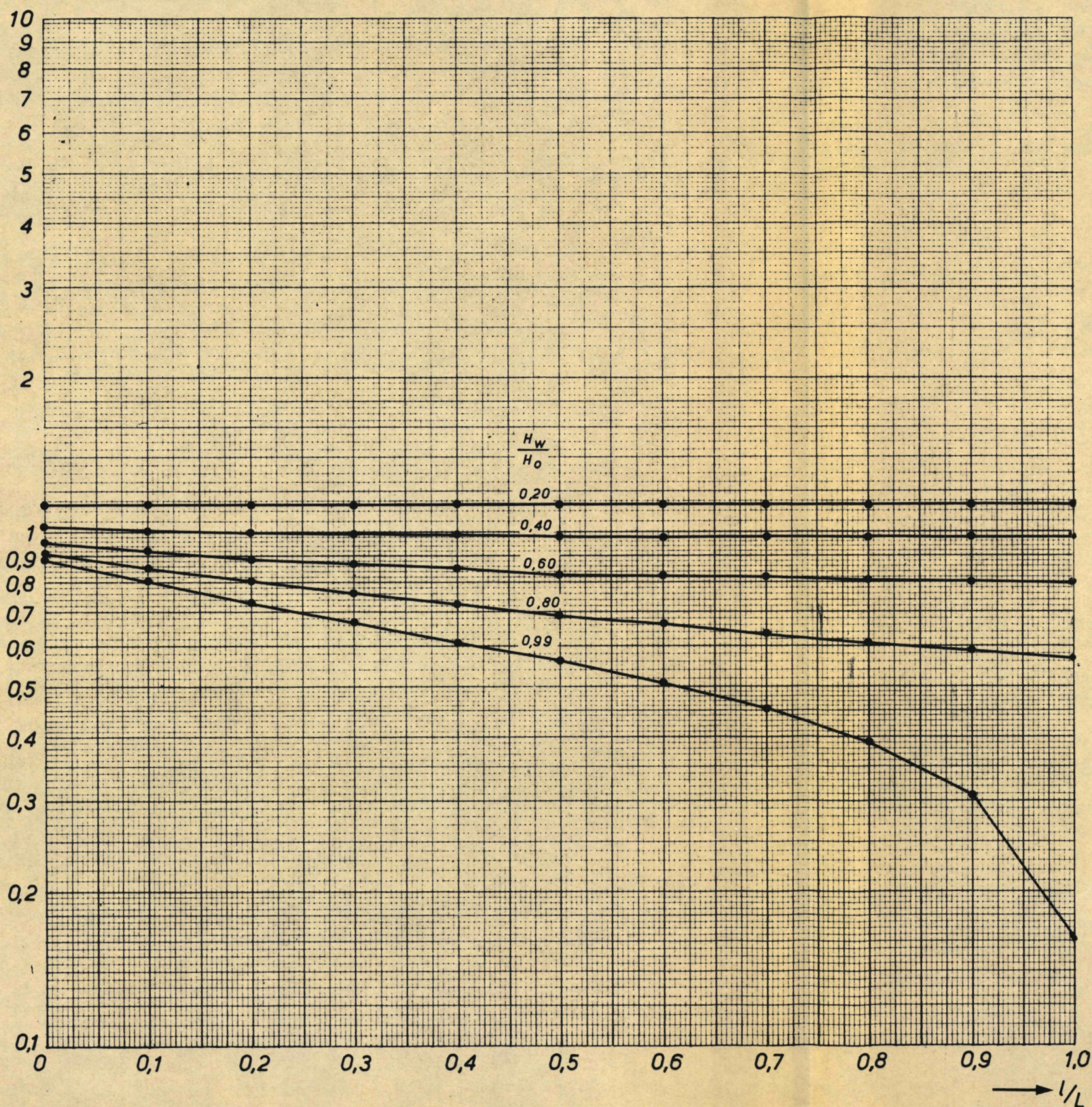
R. 649-1003

FIG. 1

0.25
0.0001

7

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
GAT IN LEIDING $d/D=0,25$ EN $V_0^2/2gH_0=0,001$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R.649-1006

FIG. 4

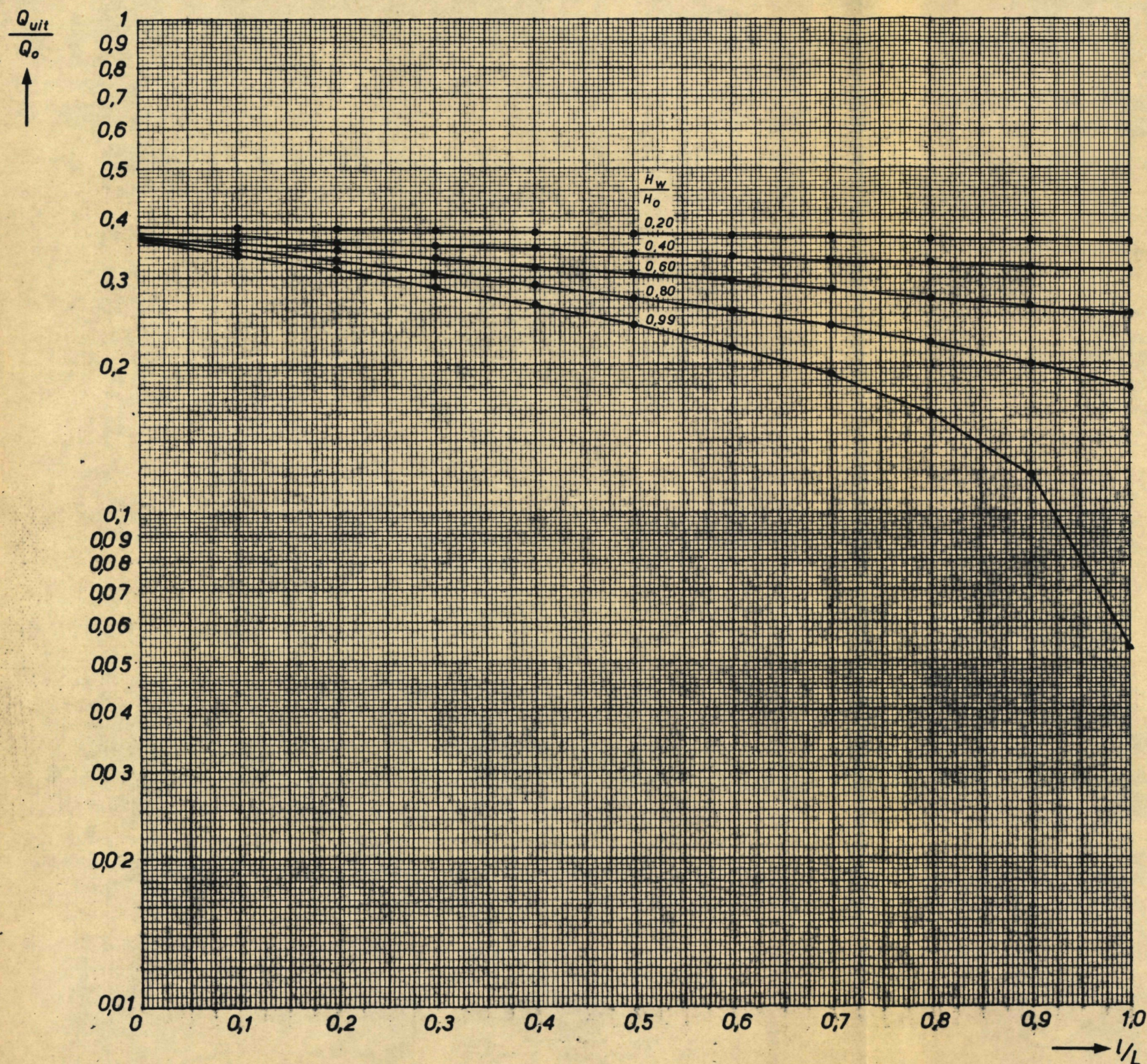
W_K

A 3

POMPTYPE
 $n_s = 10$

0.25

0,001



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
 GAT IN LEIDING $d/D=0,25$ EN $V_0^2/2gH_0=0,01$

W_K

A 3

POMPTYPE
 $n_s = 10$

WATERLOOPKUNDIG

LABORATORIUM

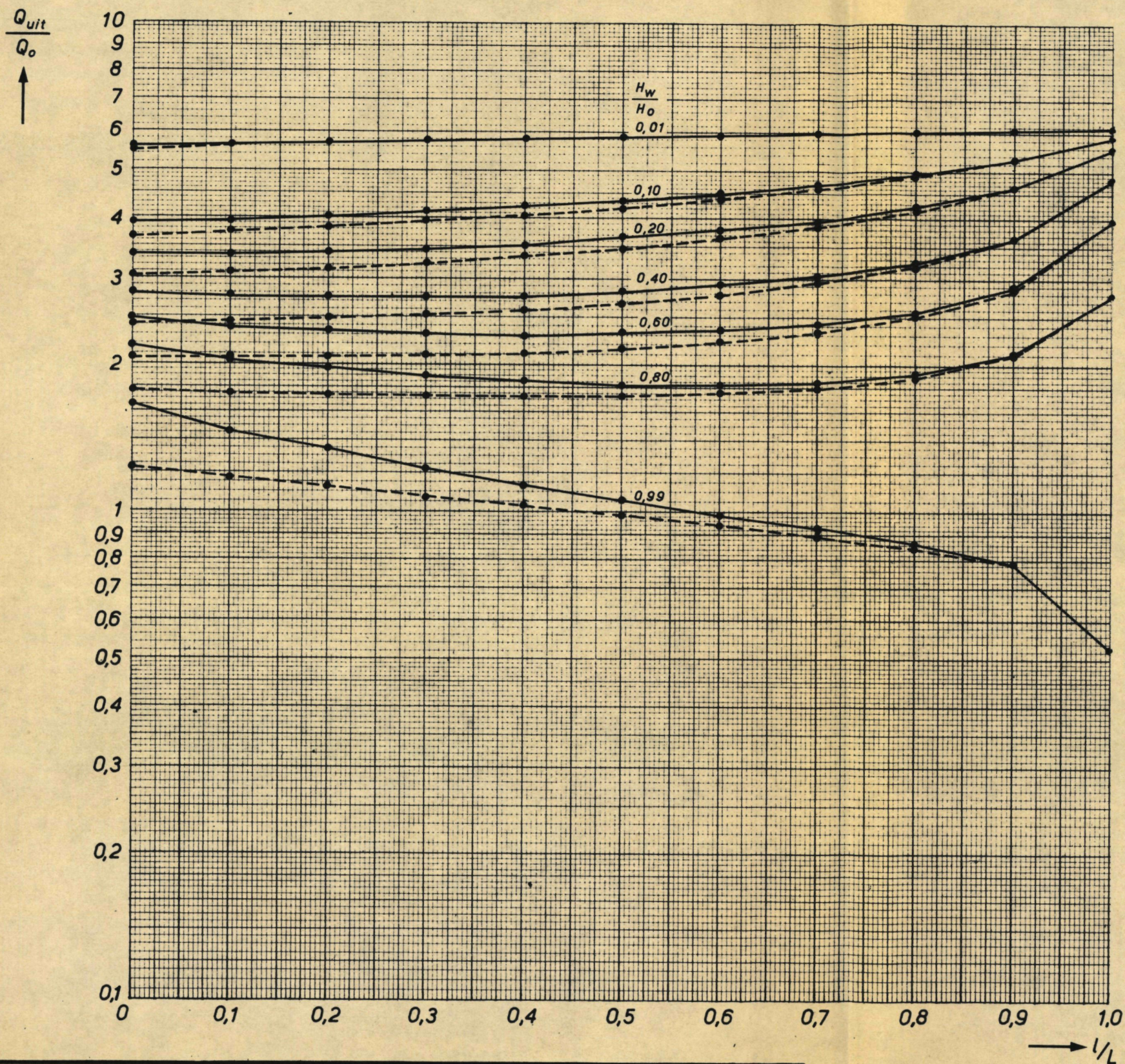
R. 649 - 1009

FIG. 7

0,25

0,01

9



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR:
 GAT IN LEIDING $d/D=0,3$ EN $V_0^2/2gH_0=0,0001$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007-1061

FIG. 2

W_K

A 3

POMPTYPE

$n_s = 10$

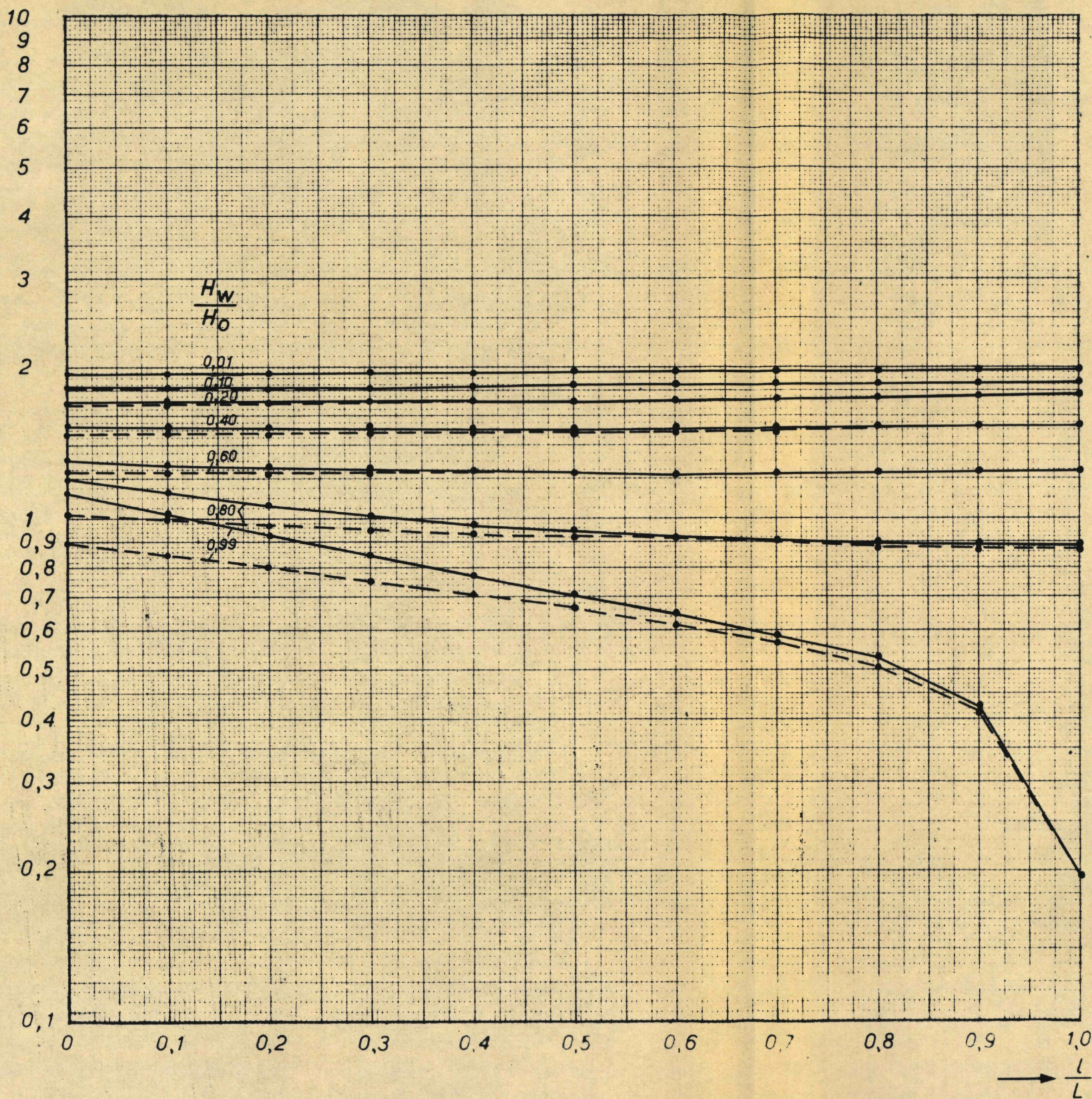
$n_s = 250$

0,3

0,0001

10

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 0,3$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,001$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1006

FIG. 3

j.w.

A3

POMPTYPE

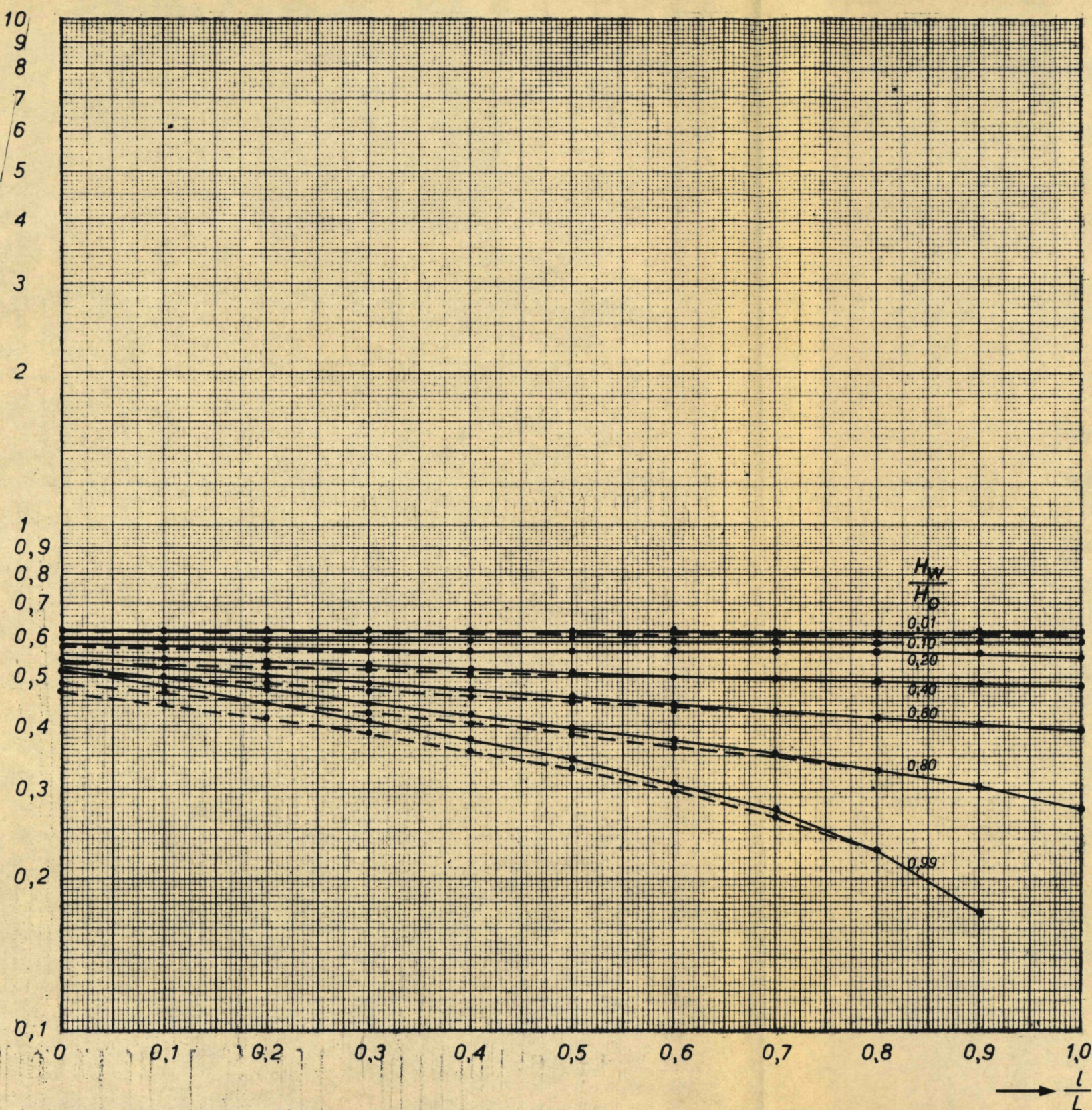
— $n_s = 10$
- - - $n_s = 250$

0,3

0,001

11

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 0,3$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,01$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1010

FIG. 4

j.w.

A3

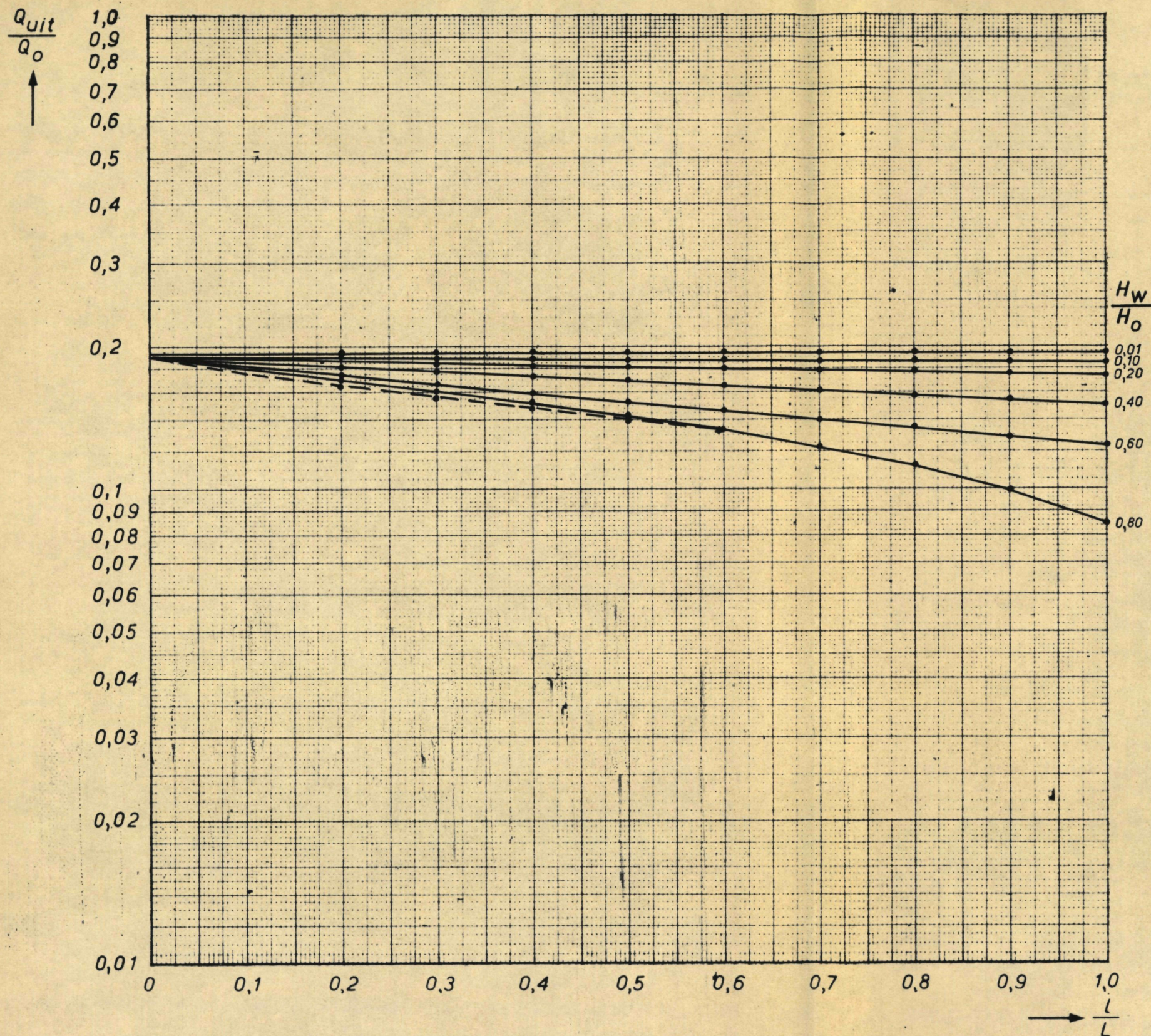
POMPTYPE

———— $n_s = 10$
----- $n_s = 250$

0.3

0.01

12



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
 VOOR: GAT IN LEIDING $d/D=0,3$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,1$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1014

FIG. 5

POMPTYPE

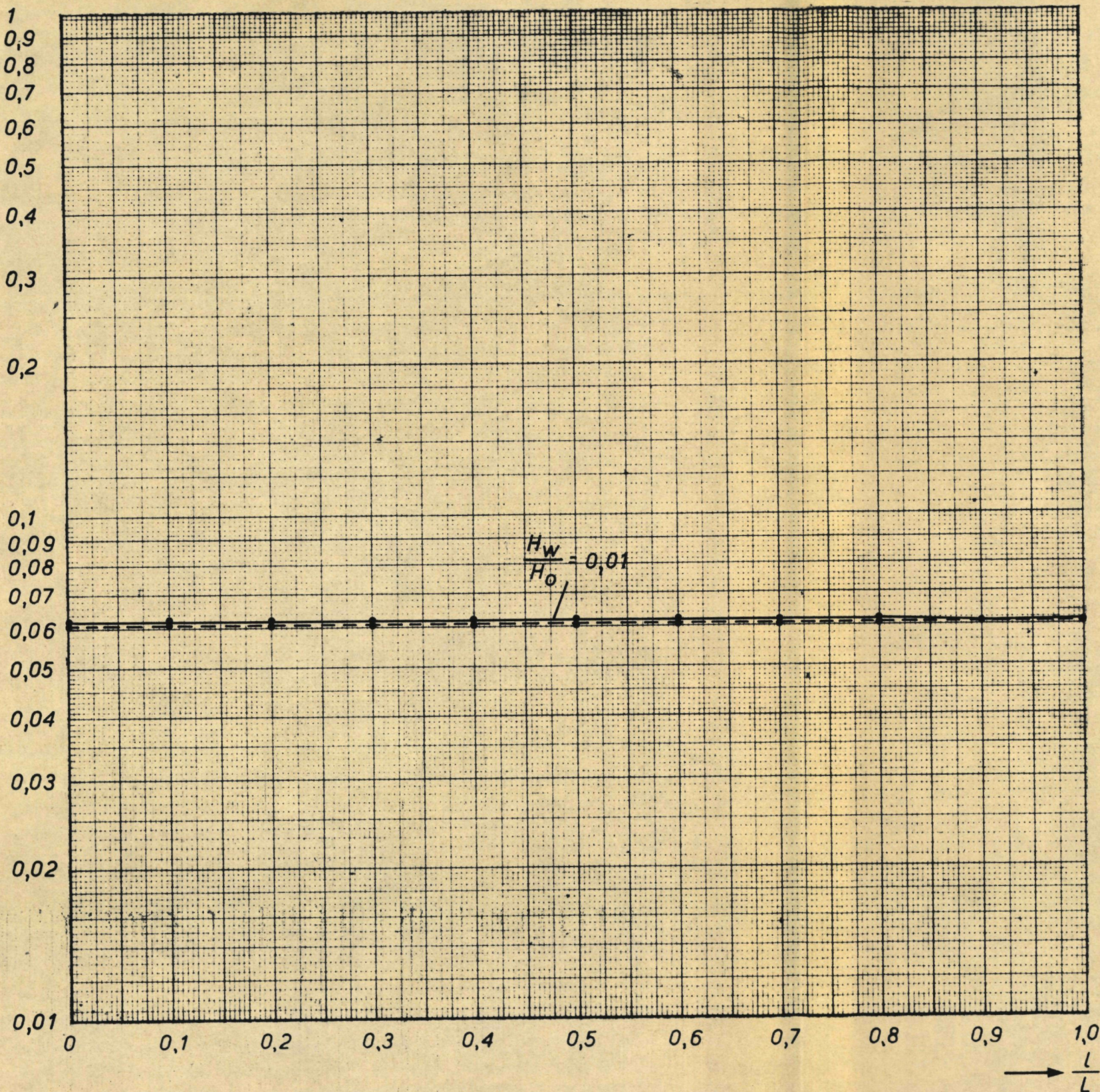
— $n_s = 10$
 - - - $n_s = 250$

0.3

0.1

13

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L

VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 0,3$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,99$

j.w.

A3

POMPTYPE

— $n_s = 10$
- - - $n_s = 250$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

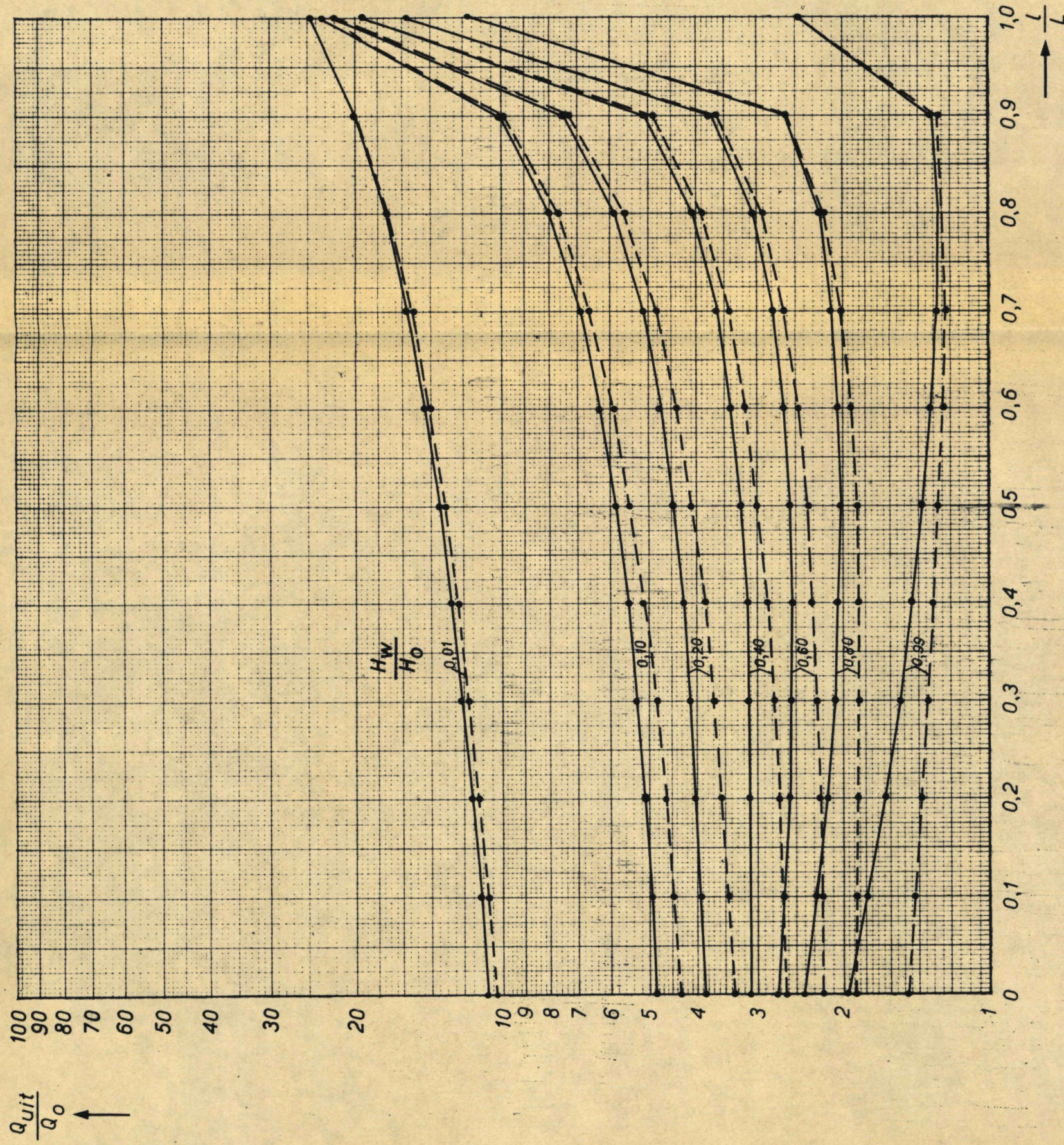
M. 1007 - 1018

FIG. 6

0.3

0.99

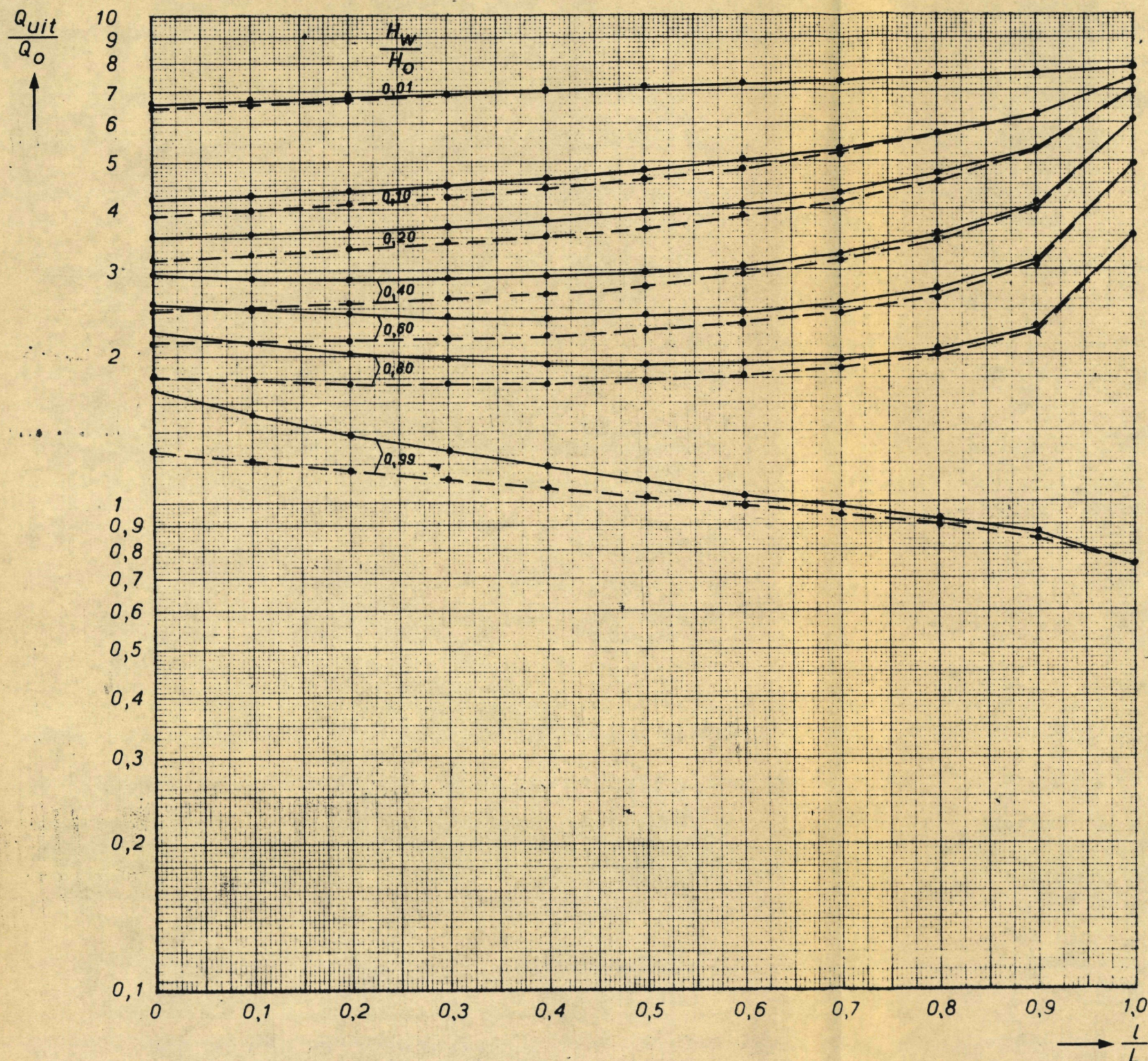
14



POMPTYPE

$n_s = 10$
 $n_s = 250$

PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 0,6$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,0001$	j.w.	
	A3	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	M. 1007 - 1003	
	FIG. 7	



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
 VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 0.6$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0.001$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1007

FIG. 8

POMPTYPE

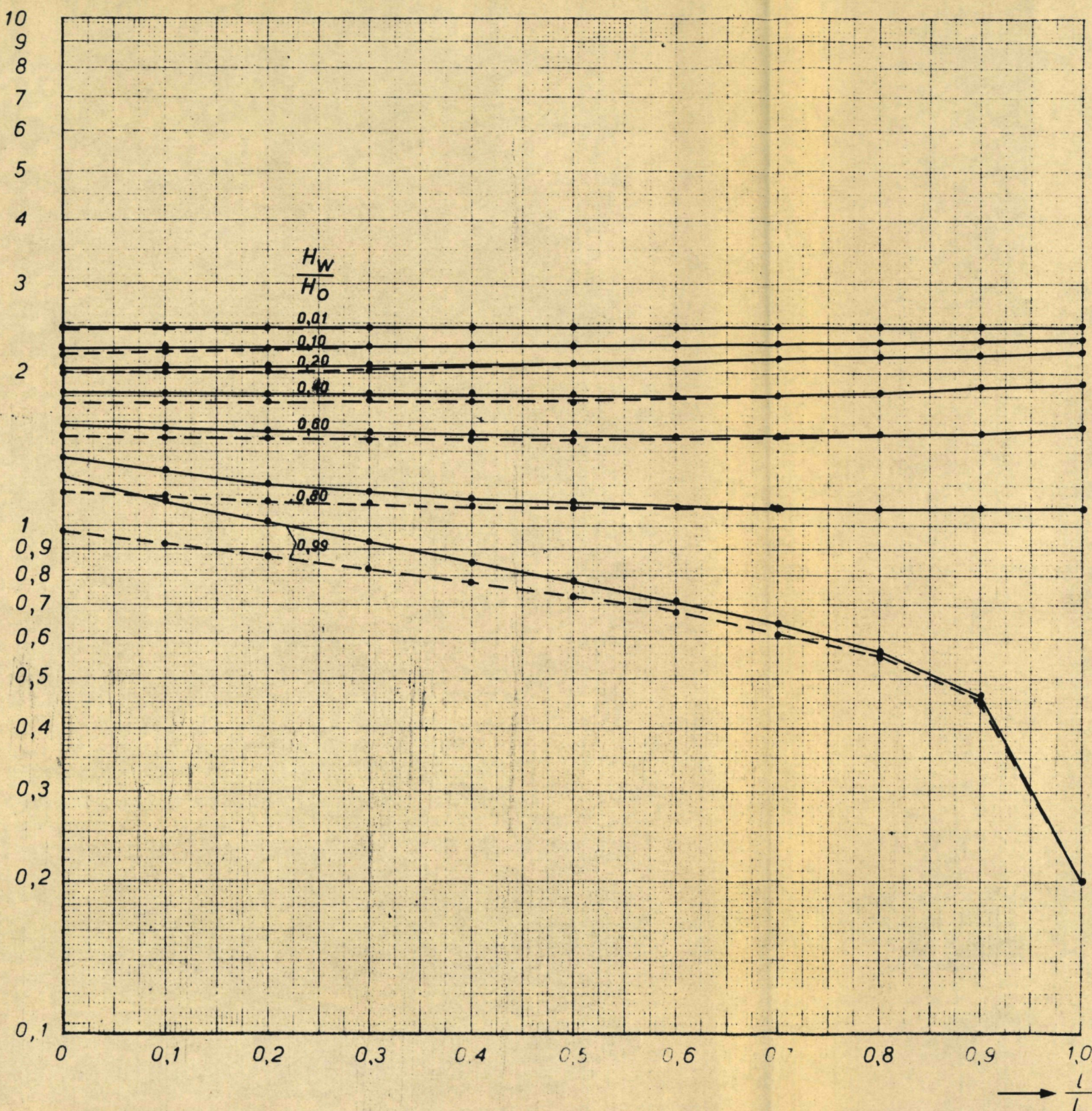
— $n_s = 10$
 - - - $n_s = 250$

0.6

0.001

16

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
VOOR: GAT IN LEIDING $d/D=0,6$ EN $v_0^2/2gH_0 = 0,01$

j.w.

A3

POMPTYPE

— $n_s = 10$
- - - $n_s = 250$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1011

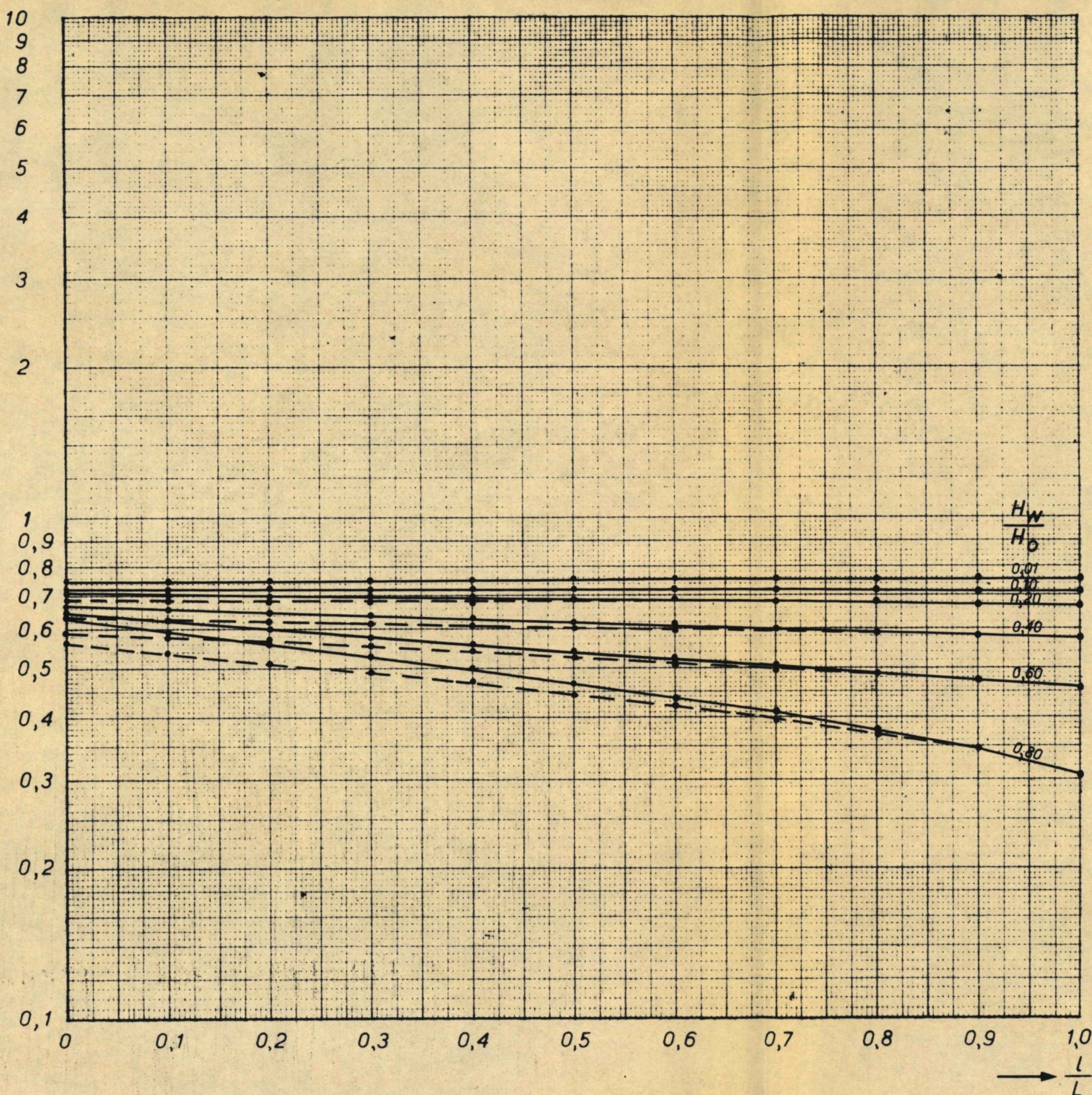
FIG. 9

0,6

0,01

17

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 0,6$ EN $v_0^2/2gH_0 = 0,1$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1015

FIG. 10

j.w.

A3

POMPTYPE

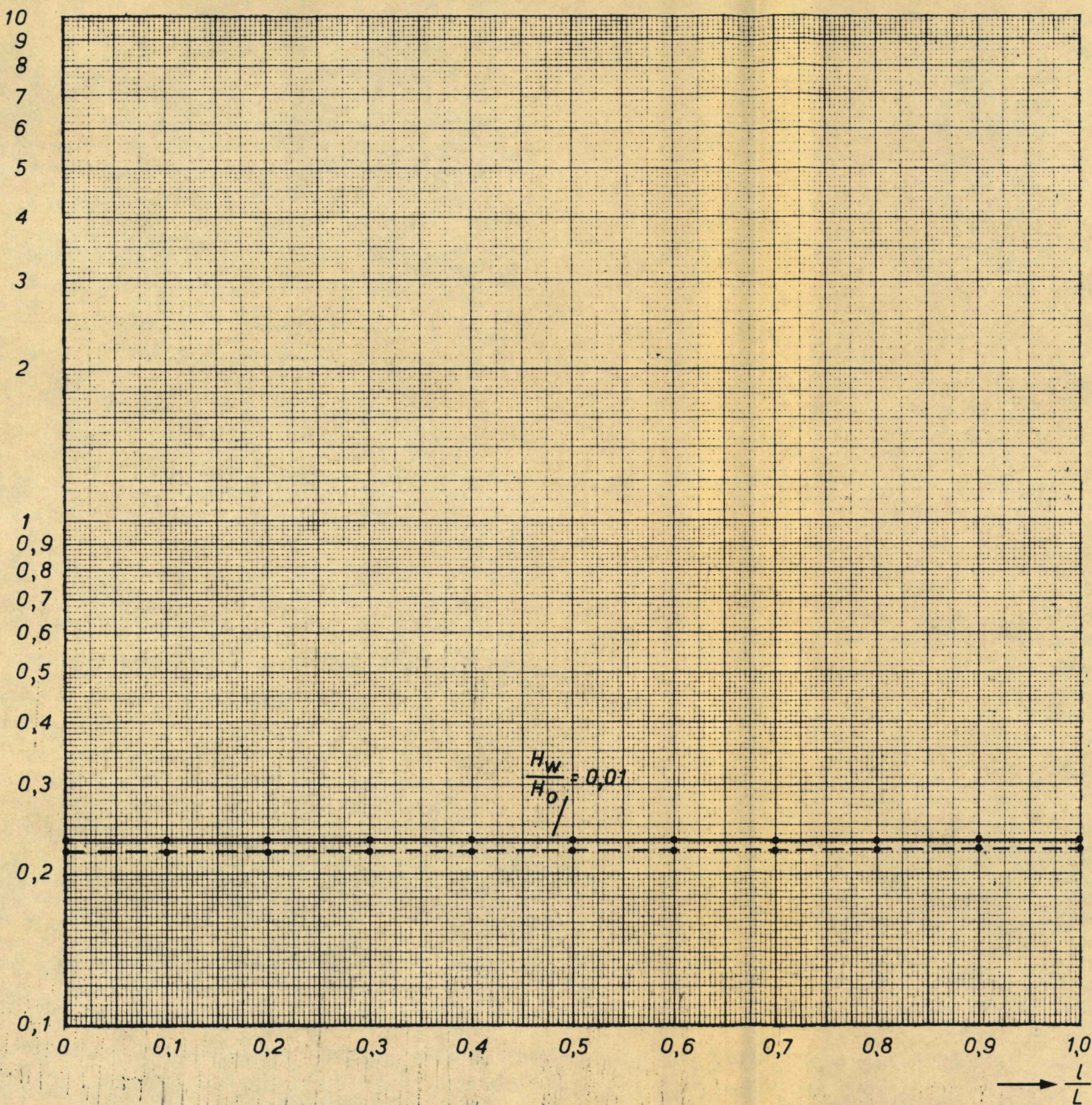
— $n_s = 10$
- - - $n_s = 250$

0.6

0.1

18

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 0,6$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,99$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1019

FIG. 11

POMPTYPE

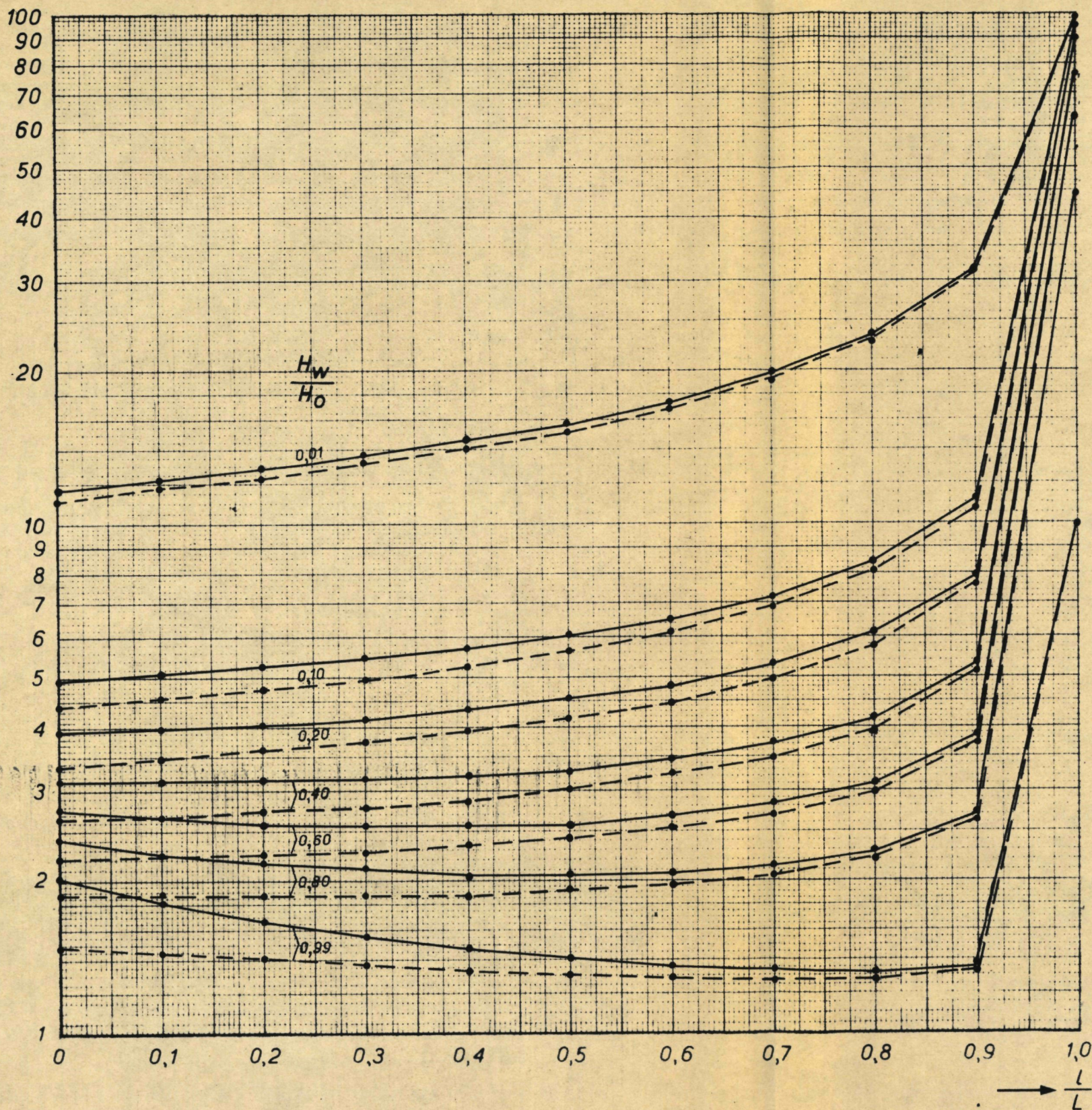
— $n_s = 10$
- - - $n_s = 250$

0,6

0,99

19

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 1,1$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,0001$

j.w.

A3

POMPTYPE

— $n_s = 10$
- - - $n_s = 250$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

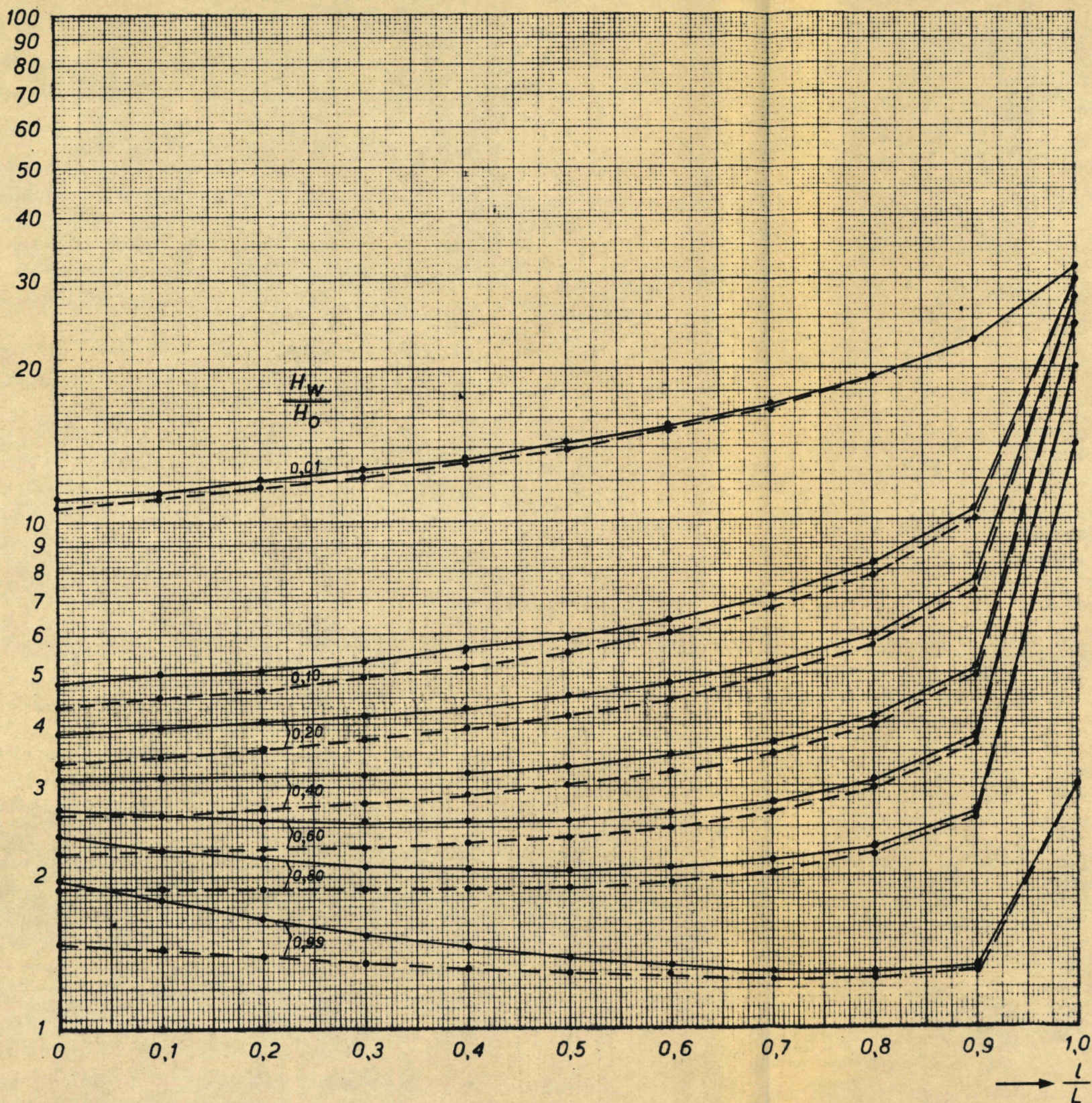
M. 1007 - 1004

FIG. 12

1.1
0,0001

20

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 1,1$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,001$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1008

FIG. 13

j.w.

A3

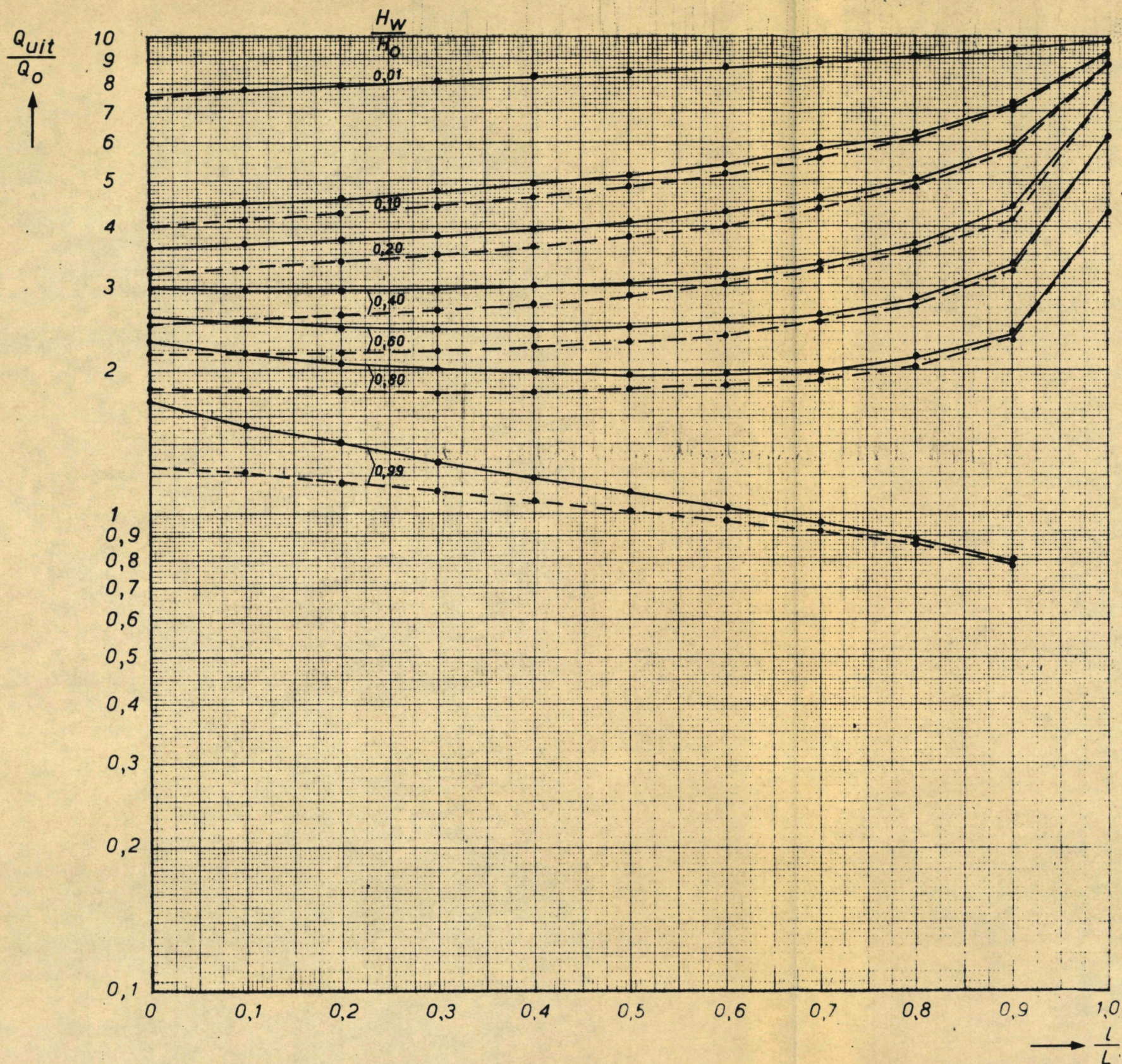
POMPTYPE

— $n_s = 10$
- - - $n_s = 250$

1.1

0.001

21



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
 VOOR: GAT IN LEIDING $d/D=1,1$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0,01$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1012

FIG. 14

j.w.

A3

POMPTYPE

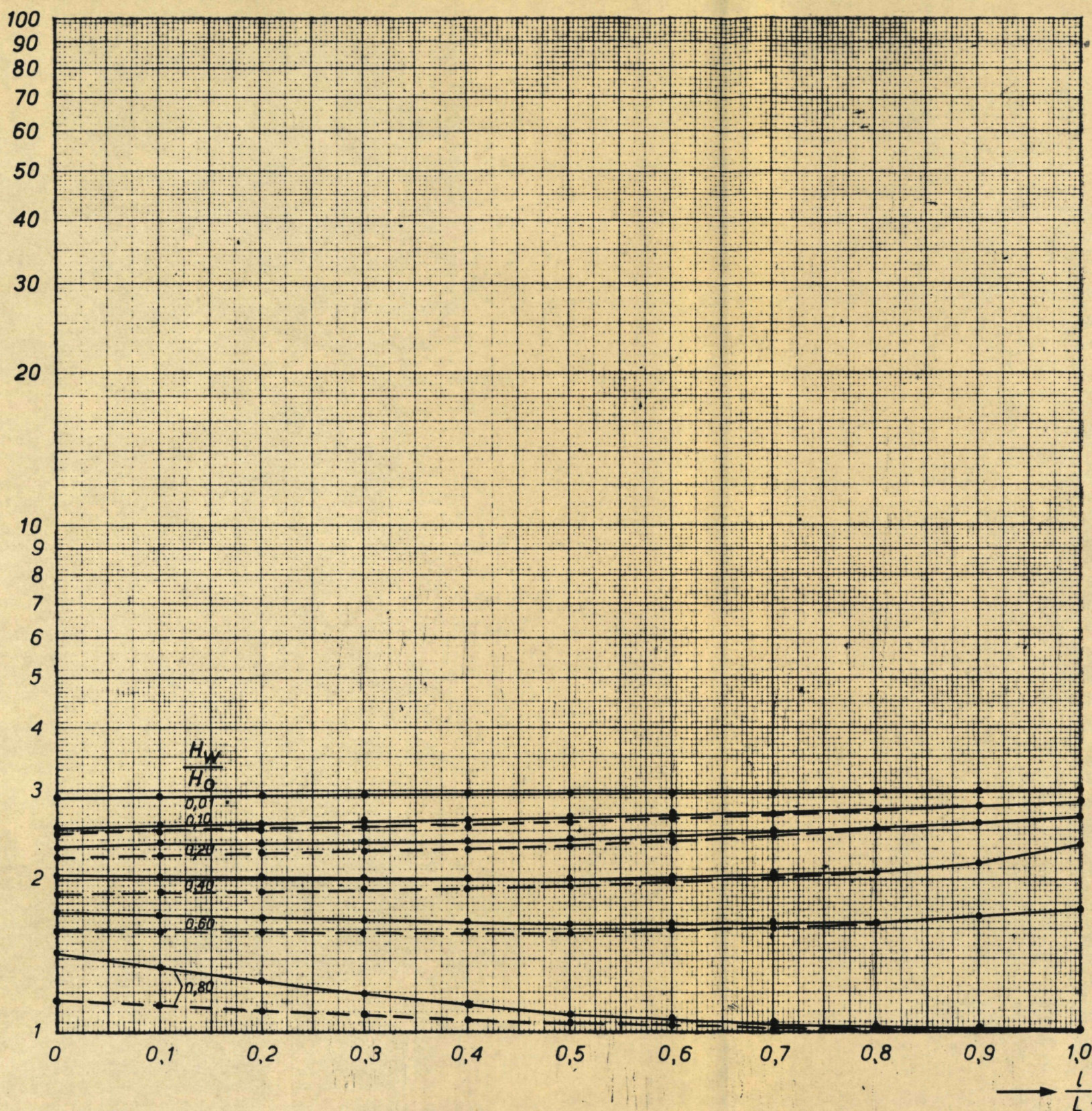
— $n_s = 10$
 - - - $n_s = 250$

1,1

0.01

22

$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$
↑



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
VOOR: GAT IN LEIDING d/D 1,1 EN $V_0^2/2gH_0 = 0,1$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1016

FIG. 15

j.w.

43

POMPTYPE

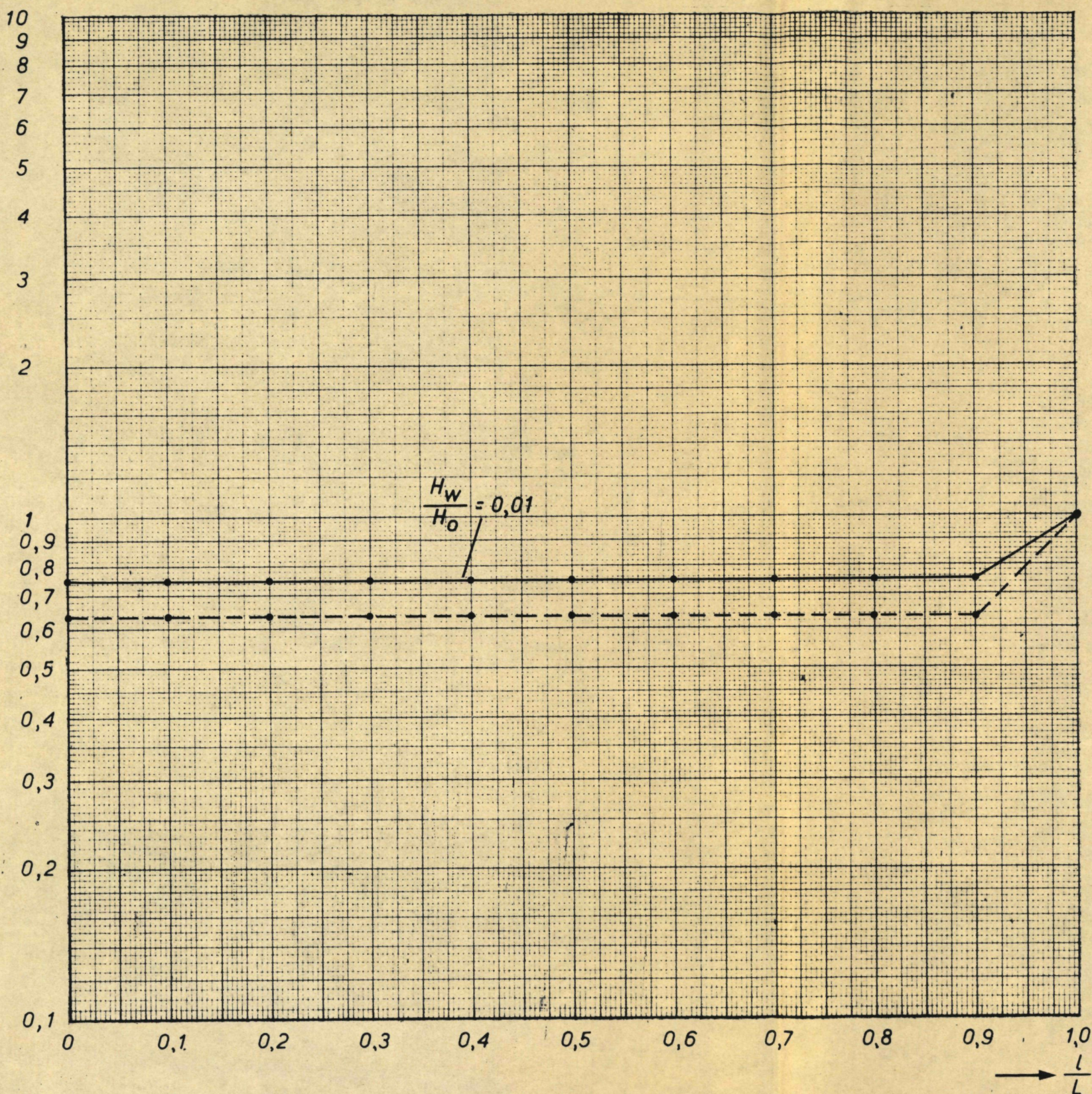
— $n_s = 10$
- - - $n_s = 250$

1,1

0,1

23

$$\frac{Q_{uit}}{Q_0}$$



PERMANENTIE NA BREUK. Q_{uit}/Q_0 ALS FUNCTIE VAN l/L
 VOOR: GAT IN LEIDING $d/D = 1.1$ EN $V_0^2/2gH_0 = 0.99$

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1007 - 1020

FIG. 16

POMPTYPE

— $n_s = 10$
 - - - $n_s = 250$

1.1

0.99

24

