GELDIGHEIDSGEBIEDEN VAN ENIGE SEDIMENTTRANSPORT FORMULES

BIJLAGEN

Technische Universiteit Delft
Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Waterbouwkunde, k. 2.91
Stevinweg 1
2628 CN DELFT

VOLUME 60 | NUMBER 710 | JANUARY 1980

e Dock & Harbour Authority

ℛ. 3-91

Contents

289 Editorial

ed description of the bentonite wall method used at the
t complex at Bandar Abbas in Iran by Italcontractors

290 New port complex at Bandar Abbas
By C Beradi and F R Kalff

original design of armour block for breakwaters and other
structures developed by Sogreah Consulting Engineers

295 The Accropode

of a three part article examines development in Saudi
Yemen and Oman following huge investment in the area

297 Arab port development 1
By R P Rowe

kkan, a container port in the United Arab Emirates,
gically positioned to handle trade for Iran and India

302 Khor Fakkan
By H Rogers

l to improve dredging equipment led to the development of
er wheels with advantages over the crown wheel cutter

304 Dredging wheels
By Dag Pike

305 Letter to the Editor

306 Book Reviews

307 World Port News

310 World Construction and Dredging

313 Port Equipment and Services

316 Marine Craft

319 Transport News

321 People, Ports and Places

324 Fifty Years Ago

325 Company News and Appointments

326 Diary

12-4419

Lance Sucharov, B.Sc., M.Sc. (Mech. Eng.)
ne: 01-402 5237
01-724 3520

sement Manager: Trevor Miles
ne: 01-402 5238

sement Representative
Benelux Countries:
ld Teesing B.V.,
lpstraat 17,
Amsterdam, The Netherlands.
ne: Amsterdam 26 36 15
13133

1.00 per copy ☐ Annual subscription, including postage, £15 ☐ U.S. and Canada, $30.00 ☐
can be sent airmail: rates on application. An independent journal circulating to port executives,
rs, consultants, contractors and shipowners in over 100 countries ☐ Published monthly
ow Publications Ltd., 19 Harcourt Street, London, W1H 2AX ☐ Subscriptions 01-723 1486

A Foxlow Publication

GELDIGHEIDSGEBIEDEN

VAN ENIGE

SEDIMENTTRANSPORT FORMULES

BIJLAGEN

Delft, juni 1978

R. Langen

I Berekening van de verschijningsvormen van de onderzochte formules.

I.1 Transformatie van de, door de auteurs gehanteerde verschijningsvormen naar de algemene verschijningsvormen.

I.1.-1 Engelund Hansen.

Engelund Hansen schrijven hun formule als.

$$f\Phi = 0{,}1\ \Theta^{5/2}$$

waarin $f = \frac{2g}{C^2}$

$\Phi = T/\sqrt{g\Delta D^3}$

$\Theta = hJ/\Delta D$

De algemene verschijningsvorm is dan te schrijven als:

$$\frac{2g}{C^2}\ \frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = 0{,}1\left(\frac{hJ}{\Delta D}\right)^{\frac{5}{2}}$$

of $$\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = 0{,}1\ \frac{C^2}{2g}\left(\frac{hJ}{\Delta D}\right)^{\frac{5}{2}}. \qquad (I.1,-1)$$

I.1.-2 Meyer Peter en Müller.

Meyer Peter en Müller gaan uit van:

$$\gamma_w \frac{Q_b}{Q} \left(\frac{k_b}{k_b'} \right)^{3/2} \frac{h I}{D} = A \gamma_s'' + B \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{1/3} \frac{(q_s'')^{\frac{2}{3}}}{D} \qquad (I.1.-2)$$

waarin $\frac{Q_b}{Q} \cdot h = R_b$

$$\frac{k_b}{k_b'} = \frac{C_b}{C_b'}$$

$$\gamma_s'' = \gamma_s - \gamma_w.$$

zodat vergelijking (I.1.-2) te schrijven is als:

$$\frac{\gamma_w}{\gamma_s - \gamma_w} \left(\frac{C_b'}{C_b} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{R_b I}{D} = A + B \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{1}{\gamma_s - \gamma_w} \frac{(q_s'')^{2/3}}{D} \qquad (I.1.-3)$$

stel $F = \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{1}{\gamma_s - \gamma_w} \frac{(q_s'')^{\frac{2}{3}}}{D}$

dan is te schrijven: $F = \left(\frac{\gamma_w}{g(\gamma_s - \gamma_w)} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{\left(\frac{q_s''}{\gamma_s - \gamma_w} \right)^{\frac{2}{3}}}{D}$

er geldt: $\frac{q_s''}{\gamma_s - \gamma_w} = T$

$$\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} = \Delta$$

zodat: $F = \left(\frac{1}{g\Delta} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{T^{\frac{2}{3}}}{D} = \left(\frac{T}{\sqrt{g \Delta D^3}} \right)^{\frac{2}{3}}$

De algemene vorm is dus te schrijven als:

$$\frac{\left(\frac{C'}{C}\right)^{\frac{3}{2}} R_b \cdot J}{\Delta D} = A + B\left(\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}}\right)^{\frac{2}{3}} \qquad (I.1.-4)$$

of :
$$\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = \left(\frac{1}{B}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\left(\frac{C'}{C}\right)^{\frac{3}{2}} R_b J}{\Delta D} - A\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (I.1.-5)$$

met $\left(\frac{1}{B}\right)^{\frac{3}{2}} = 8$

$A = 0{,}047$.

I.1.-3 Rottner

Rottner gaat uit van:

$$\frac{G}{\rho' \sqrt{g \Delta h^3}} = \left\{ A \frac{v}{\sqrt{g \Delta h}} - B \right\}^3 \qquad (I.1.-6)$$

waarin:

$$A = 0{,}667 \left(\frac{D}{h}\right)^{2/3} + 0{,}14$$

$$B = 0{,}778 \left(D/h\right)^{2/3}$$

$$\frac{G}{\rho'} = T$$

er kan nu geschreven worden:

$$\frac{T}{\sqrt{g \Delta D^3}} \cdot \sqrt{\frac{D^3}{h^3}} = \left\{ A \frac{v}{\sqrt{g \Delta D}} \cdot \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{h}} - B \right\}^3$$

$$\text{ofwel } \frac{T}{\sqrt{g \Delta D^3}} = \left\{ A \sqrt{\frac{D}{h}} \sqrt{\frac{h}{D}} \frac{v}{\sqrt{g \Delta D}} - B \sqrt{\frac{h}{D}} \right\}^3$$

de algemene vorm is dan te schrijven als:

$$\frac{T}{\sqrt{g \Delta D^3}} = \left\{ A' \frac{C}{\sqrt{g}} \frac{h I}{\Delta D} - B' \right\}^3 \qquad (I.1.7)$$

waarin

$$A' = 0{,}667 \left(\frac{D}{h}\right)^{2/3} + 0{,}14$$

$$B' = 0{,}778 \left(\frac{D}{h}\right)^{1/6}$$

I.1.-4 Ackers en White.

Ackers en White geven hun formule als:

$$G = \frac{X\,h}{(\Delta+1)D}\left(\frac{v_*}{v}\right)^{n} \qquad (I.1.8)$$

waarin

$$X = \frac{\rho_s g T}{\rho g q} \qquad (I.1.9)$$

$$G = C_A\left(\frac{F}{A}-1\right)^{m} \qquad (I.1.10).$$

Substitutie van (I.1.9) en (I.1.10) in (I.1.8) levert.

$$\frac{T}{q} = \frac{C_A\left(\frac{F}{A}-1\right)^{m}}{h}\cdot D\left(\frac{v}{v_*}\right)^{n} \qquad (I.1.11)$$

waarin

$$F = \frac{v_*^{n}}{\sqrt{g\Delta D}}\left(\frac{v}{c'\sqrt{g}}\right)^{1-n} \qquad (I.1.12)$$

Substitutie van (I.1.12) in (I.1.11) levert.

$$\frac{T}{q} = \frac{C_A}{h}\left\{\frac{v_*^{n}}{\sqrt{g\Delta D}}\left(\frac{c}{c'}v_*\right)^{1-n} - 1\right\}^{m}\cdot D\left(\frac{c}{\sqrt{g}}\right)^{n} \qquad (I.1.13)$$

of

$$\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = \frac{C_A}{A^m}\cdot\left(\frac{c}{\sqrt{g}}\right)^{n+1}\frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}}\left\{\left(\frac{c}{c'}\right)^{1-n}\frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}} - A\right\}^{m}$$

De algemene vorm wordt dan:

$$\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = \frac{C_A}{A^m} \cdot \left(\frac{C}{\sqrt{g}}\right)^{n+1} \cdot \frac{hJ}{\Delta D} \left\{ \left(\frac{C}{C'}\right)^{1-n} \frac{hJ}{\Delta D} - A \right\}^m .$$

waarin C_A, A, m en n variëren, afhankelijk van de dimensieloze diameter $D_{gr} = D \left(\frac{g\Delta}{\nu^2}\right)^{\frac{1}{3}}$.

I.1-5 Overzicht van de algemene verschijningsvormen.

E.H : $\frac{T}{\sqrt{g\Delta D}} = 0{,}05 \left\{ \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{5}{2}} \cdot \frac{Ri}{\Delta D} \right\}^{\frac{5}{2}}$

MPM : $\frac{T}{\sqrt{g\Delta D}} = 8 \left\{ \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{RJ}{\Delta D} - 0{,}047 \right\}^{\frac{3}{2}}$

MPM modificaties :

$$\frac{T}{\sqrt{g\Delta D}} = \frac{1}{B^{\alpha}} \left\{ \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{RJ}{\Delta D} - A \right\}^{\alpha}$$

1e modificatie : $A = 0{,}03$
$B = 0{,}15$
$\alpha = 2.$

2e modificatie $A = f(D_{50})$ zie fig ....
$B = f(D_{50})$ zie fig ....
$\alpha = \frac{3}{2}.$

3e modificatie $A = f(D_{50})$ zie fig ......
$B = f(D_{50})$ zie fig ......
$\alpha = 2.$

Rottner: $\frac{T}{\sqrt{g\Delta D_{50}^3}} = \left[A \frac{C}{\sqrt{g}} \left(\frac{Ri}{\Delta D}\right)^{\frac{1}{2}} - B \right]^3$ met $A = \frac{2}{3}\left(\frac{d}{h}\right)^{\frac{2}{3}} + 0{,}14$
$B = 0{,}778 \left(\frac{d}{h}\right)^{\frac{1}{6}}$

A.W. : $\frac{T}{\sqrt{g\Delta D_{50}^3}} = \frac{C_A}{A^m} \left(\frac{C}{\sqrt{g}}\right)^{n+1} \left(\frac{Ri}{\Delta D}\right) \left\{ \left(\frac{Ri}{\Delta D}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{C}{C'}\right)^{1-n} - A \right\}^m$

$D_{gr} = D_{50} \left(\frac{g\Delta}{\nu^2}\right)^{\frac{1}{3}}$

A, C_A, m & n zijn een functie van D_{gr}.

I.2 Verslijpingsvorm volgens $X = f(Y)$

waarin $Y = \frac{\Delta D}{\mu h J}$

$X = \frac{T}{\sqrt{g \Delta D^3}}$

: Hierbij wordt uitgegaan v.d. alg. verslijpingsvorm

EH : $\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = 0{,}05 \left\{ \left(\frac{C^2}{g}\right)^{\frac{2}{5}} \frac{hJ}{\Delta D} \right\}^{\frac{5}{2}}$

dit wordt dan : $X = 0{,}05\, Y^{-\frac{5}{2}}$

waarin $\mu = \left(\frac{C^2}{g}\right)^{\frac{2}{5}}$

MPM + modificaties :

$$\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = \left(\frac{1}{B}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \left\{ \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{hJ}{\Delta D} - A \right\}^{\frac{1}{\alpha}}$$

wordt dan : $X = \left(\frac{1}{B}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \left\{ Y^{-1} - A \right\}^{\frac{1}{\alpha}}$

met $\mu = \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}}$

~~verg~~ waarin voor MPM geldt : $\left(\frac{1}{B}\right)^{\frac{1}{\alpha}} = 8$

$A = 0{,}047$

$\alpha^{-1} = \frac{3}{2}$

1e mod. : $A = 0{,}03$

$B = 0{,}15 \quad \left(\frac{1}{B^{\alpha}} = 44{,}4\right)$

$\alpha^{-1} = 2$

2e mod : $A = f(D_{50})$

$B = f(D_{50})$

$\alpha^{-1} = \frac{3}{2}$

3e mod : $A = f(D_{50})$

$B = f(D_{50})$

$\alpha^{-1} = 2$

Rottner:

$$\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = \left[A \cdot \frac{C}{\sqrt{g}} \left(\frac{RJ}{\Delta D} \right)^{\frac{1}{2}} - B \right]^3$$

wordt nu: $X = \left[A Y^{-\frac{1}{2}} - B \right]^3$

met $\mu = \frac{C}{\sqrt{g}}$.

$A = \frac{2}{3} \left(\frac{d}{h} \right)^{\frac{2}{3}} + 0{,}14$

$B = 0{,}778 \left(\frac{d}{h} \right)^{\frac{1}{6}}$

A.W.: $\frac{T}{\sqrt{g\Delta D_{50}^3}} = \frac{C_A}{A^n} \left(\frac{C}{\sqrt{g}} \right)^{n+1} \left(\frac{Ri}{\Delta D} \right) \left\{ \left(\frac{Ri}{\Delta D} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{C}{C'} \right)^{1-n} - A \right\}^n$

wordt dan: $X = \frac{C_A}{A^n} \left(\frac{C}{\sqrt{g}} \right)^{n+1} (\mu Y)^{-\frac{1}{2}} \left\{ Y^{-\frac{1}{2}} - A \right\}^n$

met $\mu = \left(\frac{C}{C'} \right)^{2-2n}$.

I.3 Verschijningsvorm volgens $X = f(Y_{v_*}, Y_v, C')$.

waarin $Y_{v_*} = \dfrac{v_*}{\sqrt{g \Delta D}}$

$$Y_v = \frac{v}{\sqrt{g\Delta D}}$$

$$X = \frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}}$$

E.H. alg. verh. vorm: $X = 0{,}05 \left\{ \left(\frac{C}{g}\right)^{\frac{2}{5}} \frac{Ri}{\Delta D} \right\}^{\frac{5}{2}}$.

stel $F = \left(\left(\frac{C^2}{g}\right)^{\frac{2}{5}} \frac{Ri}{\Delta D}\right)^{\frac{5}{2}} = \frac{C^2}{g}\left(\frac{RI}{\Delta D}\right)^{\frac{5}{2}}$.

met Chezy $v^2 = C^2 RI$ of $C^2 = \frac{v^2}{Ri}$ geeft dit.

$$F = \frac{v^2}{g} \frac{(RI)^{\frac{3}{2}}}{(\Delta D)^{\frac{5}{2}}}.$$

$v_* = \sqrt{gRi}$, zodat $(Ri)^{\frac{3}{2}} = \frac{v_*^3}{g^{\frac{3}{2}}}$

zodat $F = \frac{v^2}{g} \cdot \frac{v_*^3}{g^{\frac{3}{2}} (\Delta D)^{\frac{5}{2}}} = \frac{v^2 v_*^3}{(g\Delta D)^{\frac{5}{2}}}$.

zodat $F = \left(\frac{v}{\sqrt{g\Delta D}}\right)^2 * \left(\frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}}\right)^3 = Y_v^2 * Y_{v_*}^3$

dus $X = 0{,}05\, Y_{v_*}^3\, Y_v^2$

MPM : algemene versch. vorm:

$$X = 8\left\{\left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{RJ}{\Delta D} - 0{,}047\right\}^{\frac{3}{2}}.$$

stel $F = \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{RJ}{\Delta D} = \left(\frac{1}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} C^{\frac{3}{2}}\frac{RJ}{\Delta D}.$

met $v^2 = C^2 J$ of $C^{\frac{3}{2}} = \frac{v^{\frac{3}{2}}}{(RJ)^{\frac{3}{4}}}$

krijgen we $F = \left(\frac{1}{C'}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{v^{\frac{3}{2}}}{\cancel{(RJ)^{\frac{3}{4}}}}\cdot\frac{RJ^{\frac{1}{4}}}{\Delta D}$

met $v_* = \sqrt{gRJ}$ of $(RJ)^{\frac{1}{4}} = \frac{v_*^{\frac{1}{2}}}{g^{\frac{1}{4}}}$ krijgen we

$$F = \frac{v^{\frac{3}{2}}v_*^{\frac{1}{2}}}{g^{\frac{1}{4}}\Delta D}\left(\frac{1}{C'}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

dus $F = \left(\frac{\sqrt{g}}{C'}\right)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{v}{\sqrt{g\Delta D}}\right)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{\sqrt{g}}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}}.$

zodat : $X = 8\left\{\left(\frac{\sqrt{g}}{C'}\right)^{\frac{1}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} Y_v^{\frac{3}{2}} - 0{,}047\right\}^{\frac{3}{2}}.$

A.W. $$X = \frac{c_A}{A^m} \cdot \left(\frac{C}{\sqrt{g}}\right)^{n+1} \cdot \frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}} \left\{ \frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}} \cdot \left(\frac{C}{C'}\right)^{1-n} - A \right\}^m$$

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = \left(\frac{C}{\sqrt{g}}\right)^{n+1} \cdot \frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}} \\ C^{n+1} = \frac{v^{n+1}}{(\sqrt{RI})^{n+1}} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} F_1 = \frac{v^{n+1}}{(\sqrt{g})^{n+1} (\sqrt{RI})^{n+1}} \cdot \frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}} \\ v_* = \sqrt{gRI} \rightarrow (\sqrt{RI})^{n+1} = \frac{(v_*)^{n+1}}{(\sqrt{g})^{n+1}} \end{array} \right\} \rightarrow$$

$$F_1 = \frac{v^{n+1}}{(\sqrt{g})^{n+1} \cdot \frac{v_*^{n+1}}{(\sqrt{g})^{n+1}}} \cdot \frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}} = \frac{v^{n+1}}{v_*^{n}} \cdot \frac{1}{\sqrt{g\Delta D}} = \left(\frac{v}{\sqrt{g\Delta D}}\right)^{n+1} \cdot \left(\frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}}\right)^{-n}$$

$$F_1 = Y^{n+1} \cdot Y_*^{-n}$$

$$\left. \begin{array}{l} F_2 = \frac{v_* \cdot C^{1-n}}{\sqrt{g\Delta D}} \\ C^{n} = \frac{v^{n}}{\sqrt{RI}} \\ \left. v_* = \sqrt{gRI} \rightarrow \sqrt{RI} = \frac{v_*}{\sqrt{g}} \right\} C = \frac{v \cdot \sqrt{g}}{v_*} \end{array} \right\} F_2 = \frac{v_* \cdot \left(\frac{v\sqrt{g}}{v_*}\right)^{1-n}}{\sqrt{g\Delta D}}$$

$$F_2 = (\sqrt{g})^{1-n} \cdot \frac{v_*^{n} \cdot v^{1-n}}{\sqrt{g\Delta D}} = (\sqrt{g})^{1-n} \cdot \left(\frac{v}{\sqrt{g\Delta D}}\right)^{1-n} \cdot \left(\frac{v_*}{\sqrt{g\Delta D}}\right)^{n} = (\sqrt{g})^{1-n} \cdot Y_v^{1-n} \cdot Y_{v_*}^{n}$$

$$X = \frac{c_A}{A^n} \cdot \frac{Y_v^{n+1}}{Y_{v_*}^{n}} \left\{ \left(\frac{\sqrt{g}}{C'}\right)^{1-n} \cdot Y_v^{1-n} \cdot Y_{v_*}^{n} - A \right\}^m$$

Rottner.

algemene verschijningsvorm:

$$\frac{T}{\sqrt{g\Delta D^3}} = \left\{A\frac{v}{\sqrt{g\Delta D}} - B\right\}^3.$$

dit wordt dan ; $X = \{A Y_v - B\}^3.$

waarin $A = 0{,}667\left(\frac{D}{h}\right)^{\frac{2}{3}} + 0{,}14$

1.4 Verschijningsvorm volgens de algemene machtsformule

$X = a\, Y_{v_*}^{p}\, Y_v^{q}$

E.H. $X = 0{,}05\, Y_{v_*}^{3}\, Y_v^{2}$

$p = 3$

$q = 2$.

MPM $X = 8\left\{\left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{\frac{3}{2}} Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} - 0{,}047\right\}^{\frac{3}{2}} = a\, Y_{v_*}^{p}\, Y_v^{q}$

stel $\left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{\frac{3}{2}} = A$ dan geeft differenciëren naar Y_v:

$$\frac{\partial X}{\partial Y_v} = \frac{3}{2}\cdot 8\left\{A Y_v^{\frac{3}{2}}\cdot Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} - 0{,}047\right\}^{\frac{1}{2}}\cdot\frac{3}{2} A Y_v^{\frac{1}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} = \frac{q}{Y_v}\cdot a\, Y_{v_*}^{p} Y_v^{q}$$

$$= \frac{\frac{3}{2}\cdot\frac{3}{2} A Y_v^{\frac{1}{2}}\cdot Y_{v_*}^{\frac{1}{2}}}{\left(A Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} - 0{,}047\right)}\cdot 8\left\{A Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} - 0{,}047\right\}^{\frac{3}{2}} = \frac{q}{Y_v}\cdot a\, Y_{v_*}^{p}\, Y_v^{q}$$

dus $\dfrac{\frac{9}{4} A Y_v^{\frac{1}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}}}{A Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} - 0{,}047}\cdot X = \frac{q}{Y}\cdot X$

zodat $q = \dfrac{\frac{9}{4}}{1 - \frac{0{,}047}{A Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}}}} =$

Differentiëren naar Y_{v_*} levert op:

$$p = \frac{\frac{3}{4}}{1 - \frac{0{,}047}{\left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{3/2} Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}}}}$$

Voor M.P.M geldt dus:

$$p = \frac{\frac{3}{4}}{1 - \frac{0{,}047}{\left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{\frac{3}{2}} Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}}}} = \frac{\frac{3}{4}}{1 - 0{,}047\,Y}$$

$$q = \frac{\frac{9}{4}}{1 - \frac{0{,}047}{\left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{\frac{3}{2}} Y_v^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}}}} = \frac{\frac{9}{4}}{1 - 0{,}047\,Y}$$

Rottner: $X = \left[\left\{\frac{2}{3}\left(\frac{D}{R}\right)^{\frac{2}{3}} + 0{,}14\right\} Y_r - 0{,}778 \left(\frac{D}{R}\right)^{\frac{1}{6}}\right]^3.$

stel $A = \left\{\frac{2}{3}\left(\frac{D}{R}\right)^{\frac{2}{3}} + 0{,}14\right\}$

$B = 0{,}778 \left(\frac{D}{R}\right)^{\frac{1}{6}}$

dan $X = \left[A Y_r - B\right]^3.$

$$\frac{\partial X}{\partial Y_r} = \frac{3\left[A Y_r - B\right]^3 \cdot A.}{\left[A Y_r - B\right]} = \frac{q}{Y_r}\, a Y_r^q Y_*^p.$$

$$= \frac{3 A X.}{\left[A Y_r - B\right]} = \frac{q.}{Y_r} X$$

$$\frac{3A}{\left[A Y_r - B\right]} = \frac{q}{Y_r}$$

$$q = \frac{3 A Y_r}{A Y_r - B} = \frac{3}{1 - \frac{B}{3 A Y_r}} = \frac{3}{1 - \frac{0{,}778 \left(\frac{d}{R}\right)^{\frac{1}{6}}}{3\left\{\frac{2}{3}\left(\frac{d}{R}\right)^{\frac{2}{3}} + 0{,}14\right\} Y_r}}$$

$$p = 0.$$

Samenvatting.

E.H.: $$X = 0{,}05\, Y_{v_*}^{3/2} Y_v^{2}$$

$$p = 3$$

$$q = 2.$$

M.P.M.: $$X = 8 \left\{ \left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} Y_v^{\frac{1}{2}} - 0{,}047 \right\}^{\frac{3}{2}}.$$

$$p = \frac{\frac{3}{4}}{1 - \dfrac{0{,}047}{\left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{\frac{3}{2}} Y_{v_*}^{\frac{1}{2}} Y_v^{\frac{1}{2}}}} = \frac{\frac{3}{4}}{1 - 0{,}047\, Y}$$

$$q = 3p$$

Rottner $$X = \left[\left(\tfrac{2}{3} \left(\tfrac{D}{k}\right)^{\frac{2}{3}} + 0{,}14 \right) Y_v - 0{,}778 \left(\tfrac{D}{k}\right)^{\frac{1}{6}} \right]^3.$$

$$p = 0 \quad , \quad q = \frac{3}{1 - \dfrac{0{,}778\,(D/k)^{1/6}}{3\left\{\frac{2}{3}(D/k)^{2/3} + 0{,}14\right\} Y_v}}$$

A.W. $$X = \frac{C_A}{A^m} \frac{Y_v^{n+1}}{Y_{v_*}^{n}} \left\{ \left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{1-n} Y_{v_*}^{n} Y_v^{1-n} - A \right\}^m$$

$$p = -n + \frac{n \cdot m}{1 - \dfrac{A}{\left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{1-n} Y_v^{1-n} Y_{v_*}^{n}}} = -n + \frac{n \cdot m}{1 - A Y^{\frac{1}{2}}}$$

$$q = n+1 + \frac{m(1-n)}{1 - \dfrac{A}{\left(\frac{\sqrt{g}}{c'}\right)^{1-n} Y_v^{1-n} Y_{v_*}^{n}}} = n+1 + \frac{m(1-n)}{1 - A Y^{\frac{1}{2}}}$$

A. W.

$$X = \frac{c_A}{A^n} \cdot Y_v^{n+1} \cdot Y_*^{-n} \left\{ B Y_v^{1-n} \cdot Y_*^{n} - A \right\}^m = a\, Y_v^{q} Y_*^{p} \qquad \left(B = \left(\frac{v_q}{c'}\right)^{1-n} \right)$$

$$\frac{\partial X}{\partial Y_v} = \frac{c_A}{A^n}(n+1)\, Y_v^{n} Y_*^{-n} \left\{ B Y_v^{1-n} Y_*^{n} - A \right\}^m + \frac{c_A}{A^n} \cdot Y_v^{n+1} \cdot Y_*^{-n} \cdot m \left\{ B Y_v^{1-n} \cdot Y_*^{n} - A \right\}^{m-1} \times$$

$$\times B(1-n) Y_v^{-n} Y_*^{n} = a\, q\, Y_v^{q-1} Y_*^{p}$$

$$\frac{n+1}{Y_v} \cdot \frac{c_A}{A^n} \cdot Y_v^{n+1} \cdot Y_*^{-n} \left\{ B Y_v^{1-n} \cdot Y_*^{n} - A \right\}^m + \frac{m B (1-n) Y_v^{-n} Y_*^{n}}{B Y_v^{1-n} \cdot Y_*^{n} - A} \cdot \frac{c_A}{A^n} \cdot Y_v^{n+1} \cdot Y_*^{-n} \left\{ \quad \right\}^m =$$

$$= \frac{q}{Y_v} \cdot a\, Y^{q} Y_*^{p}$$

$$\frac{n+1}{Y} \cdot X + \frac{m B (1-n)\, Y^{1-n} \cdot Y_*^{n}}{Y \left(B Y^{1-n} Y_*^{n} - A \right)}\, X = \frac{q}{Y} \cdot X$$

$$q = n+1 + \frac{m(1-n)}{1 - \frac{A}{B Y^{1-n} Y_*^{n}}}$$

$$\frac{\partial X}{\partial Y_*} = \frac{c_A}{A^m} \cdot Y_v^{n+1} (-n) Y_*^{-n-1} \left\{ B Y_v^{1-n} Y_*^{n} - A \right\}^m +$$

$$+ \frac{c_A}{A^n} \cdot Y_v^{n+1} \cdot Y_*^{-n} \cdot m \left\{ B Y_v^{1-n} \cdot Y_*^{n} - A \right\}^{m-1} \cdot B Y_v^{1-n} \cdot n \cdot Y_*^{n-1} = a\, Y_v^{q}\, p\, Y_*^{p-1}$$

$$-\frac{n}{Y_*} \cdot X + \frac{X}{Y_*} \cdot \frac{n m B Y_v^{1-n} Y_*^{n}}{\left(B Y_v^{1-n} Y_*^{n} - A \right)} = \frac{p}{Y_*} \cdot X$$

$$p = -n + \frac{n m}{1 - \frac{A}{B Y_v^{1-n} Y_*^{n}}}$$

Correctie wandinvloeden volgens Einstein

Een onderzoek naar de invloed van de wandruwheid is verricht met behulp van de hypothese van Einstein. Voor rechthoekige goten komt het er op neer, dat deze hypothese de aanwezigheid van twee schuifspanningsloze vlakken stelt, die het doorstroomprofiel in drie delen splitsen.Een deel, dat door de bodem beinvloed wordt (het bodemgedeelte) en twee delen, die door de wand beinvloed worden (het wandgedeelte).
Dit zou dus betekenen, dat slechts het bodemgedeelte verantwoordelijk is voor het sediment transport. Om nu de invloed van de wand te bepalen ., is het noodzakelijk om de ruwheid van de wand te weten. Deze wandruwheid was echter niet bij de meetgegevens opgenomen, zodat hiervoor een schatting noodzakelijk was. Bij het schatten van de wandruwheid worden fouten geintroduceerd. Om nu enig inzicht te krijgen in de orde van grootte van de fouten is een computerprogramma ontwikkeld waarin enkele schattingen voor de wandruwheid gemaakt zijn.

De volgende aannamen voor de wandruwheid zijn nu gemaakt :

1 De wand is oneindig glad.
Dit is een benadering voor het geval waarin h/b zeer klein is. Daar dit juist bij modelomstandigheden niet het geval is, weten we dat er fouten worden geintroduceerd, die groter zijn naarmate h/b groter is.

2 De wand is hydraulisch glad.
In dit geval is de Nikuradse wandruwheid k_w te verwaarlozen. Er bestaat een relatie tussen het Reynoldsgetal en de Chezy ruwheidsfactor van de wand (C_w). Meer hierover in bijlage II -
Deze C_w is te berekenen, zodat de hypothese van Einstein op te lossen is.

3 Schatting k_w.
Een derde mogelijkheid is het schatten van de k_w. Voor deze schatting is uitgegaan van de waarde die A. Dollee (19) kreeg bij de ijking van een modelgoot in het laboratorium van vloeistofmechanica.

De wand van deze goot was opgebouwd uit glazen elementen, die met voegen tegen elkaar waren geplaatst. Dollee verkreeg een k_w van 2.10^{-4} m. De volgende waarden zijn nu aangenomen : $k_w = 1,5.10^{-4}$, $2.\ 10^{-4}$, $2,5.10^{-4}$, 3.10^{-4} en 4.10^{-4} m. Deze komen ongeveer overeen met de k_w waarde variërend tussen glazen elementen en glad afgestreken beton. Voor deze wandruwheden is nagegaan of de wanden hydraulisch ruw of hydraulisch glad zijn, of dat hier sprake is van een overgangsgebied. De volgende kriteria zijn hierbij gebruikt :

$$\frac{3,5\ k_w}{\delta_w} < 0,05 \text{ : hydraulisch glad}$$

$$0,05 < \frac{3,5\ k_w}{\delta_w} < 20 \text{ : overgangsgebied}$$

$$\frac{3,5\ k_w}{\delta_w} \quad 20 \text{ : hydraulisch ruw}$$

Voor de gevallen 2 en 3 is een vergelijking gemaakt aan de hand van de R_b. Hierbij is in verhoudingen gewerkt, waarbij R_b voor geval 2 op 100 % is gesteld. Met behulp van het computerprogramma zijn de volgende resultaten bereikt :

- Bij geen van de geschatte k_w waarden bleek, dat de wanden hydraulisch glad of hydraulisch ruw waren.
  Bij $k_w = 1,5.10^{-4}$ m. varieërde $\frac{3,5\ k_w}{\delta_w}$ van 0,5 tot 5

  Bij $k_w = 0,4.10^{-4}$ m. varieërde $\frac{3,5\ k_w}{\delta_w}$ van 1 tot 14
- Het relatieve verschil van de R_b voor de aanname wand is hydraulisch glad en $k_w = 4.10^{-4}$ varieërde met een maximum van 30 %.

- Indien voor alle goten verondersteld wordt, dat $k_w = 0,25.10^{-3}$ m., dan kunnen er maximale fouten in R_b optreden van 5 %, als in werkelijkheid geldt, dat $k_w = 0,15.10^{-3}$ m. of $k_w = 0,4.10^{-3}$ m.

Hieruit kan geconcludeerd worden, dat een schatting van $k_w = 0,25.10^{-3}$ m. acceptabel is.

Hypothese van Einstein

De hypothese van Einstein gaat uit van de aanwezigheid van twee schuifspanningsloze vlakken, die de stromingsdoorsnede in drie oppervlakken verdelen. Een van de doorsnede wordt beinvloed door de bodem (het bodemgedeelte), de twee andere doorsneden worden beinvloed door de wand (het wandgedeelte). Verder veronderstelt de hypothese, dat het verhang en de gemiddelde snelheid in ieder deel gelijk is. De volgende formules gelden nu :

$$v = C\sqrt{R\ I} \qquad (II.A)$$

$$v = C_w\sqrt{R_w I} \qquad (II.B)$$

$$v = C_b\sqrt{R_b I} \qquad (II.C)$$

$$R_b.B + R_w.2\ h = A \qquad (II.D)$$

waarin v : gemiddelde snelheid
R : hydraulische straal van de gehele stroomdoorsnede
R_w: hydraulische straal van het wandgedeelte
R_b: hydraulische straal van het bodemgedeelte
I : verhang
B : breedte van de goot
h : hoogte van de waterspiegel
C : totale Chezy ruwheidscoëfficiënt
C_w: Chezy ruwheidscoëfficiënt met betrekking tot de wand
C_b: Chezy ruwheidscoëfficiënt met betrekking tot de bodem

Verder geldt :

$$C_w = 18 \log \frac{12\ R_w}{k_w + \frac{\delta_w}{3,5}}$$

$$C_b = 18 \log \frac{12\ R_b}{k_w + \frac{\delta_b}{3,5}}$$

waarin : δ_w: laminaire grenslaag van de wand
δ_b: laminaire grenslaag van de bodem
k_w: Nikuradse ruwheid van de wand
k_b: nikuradse ruwheid van de bodem

en $_j = \frac{11,6}{gR_jI}$

waarin j : voor bodem- of wandgedeelte

De vergelijkingen 1 tot en met 4 vormen nu 4 vergelijkingen met 5 onbekenden namelijk : C, C_w, C_b, R_w en R_b.
De vergelijkingen zijn op te lossen door een vergelijking toe te voegen. Deze vergelijking wordt verkregen door een extra gegeven betreffende de wand. Hiervoor doen zich twee mogelijkheden voor namelijk :

1. De wand is hydraulisch glad.
2. De wand is niet hydraulisch glad.

ad. 1 Wand is hydraulisch glad.
Wordt er van uitgegaan, dat de wanden hydraulisch glad zijn, dan kan de Nikuradse wandruwheid (k_w) verwaarloosd worden en hangt de wandruwheid alleen af van de laminaire grenslaag $_j$. In dit geval bestaat er een relatie tussen het Reynoldsgetal en de Chezy ruwheidsfactor van de wand (C_w). Zie hiervoor ook Vanoni en Brooks (1957).
Voor hydraulisch gladde wanden geldt :

$$C_w = 18 \log \frac{12R_w}{\delta_w/3,5} = 18 \log 42 \frac{R_w}{\delta_w} \qquad (II.1)$$

Er geldt $$Re_w = \frac{4vR_w}{\nu} \qquad (II.2)$$

en $$\delta_w = \frac{11,6\nu}{v_{*w}} \qquad (II.3)$$

Uit de vergelijkingen (II.2) en (II.3) volgt :

$$Re_w = \frac{4.11,6vR_w}{\delta_w v_{*w}} \qquad (II.4)$$

zodat $$\frac{R_w}{\delta_w} = \frac{Re_w}{4.11,6} \cdot \frac{v_{*w}}{v} \qquad (II.5)$$

Met $\frac{v_{*w}}{v} = \frac{\sqrt{g}}{C_w}$ wortd vergelijking (II.5)

$$\frac{R_w}{\delta_w} = \frac{Re_w}{4.11,6} \cdot \frac{\sqrt{g}}{C_w} \qquad (II.6)$$

Vergelijking (II.6) gesubstitueerd in vergelijking (II.1) levert :

$$C_w = 18\log\left(\frac{42}{4.11,6}.\ Re_w.\ \frac{\sqrt{g}}{C_w}\right) \qquad (II.7)$$

Nu geldt : $Re = \frac{4vR}{\nu}$

zodat $\frac{Re}{R} = \frac{4v}{\nu}$

Einstein verondersteld dat de gemiddelde watersnelheid v voor het wand en het bodemgedeelte gelijk is zodat :

$$\frac{Re}{R} = \frac{Re_w}{R_w} = \frac{Re_b}{R_b} = \frac{4v}{\nu} \qquad (II.8)$$

$$\text{dus } \frac{Re_w}{Re} = \frac{R_w}{R} \qquad (II.9)$$

Er geldt v = C RI of $C^2R = \frac{v}{I}$, met Einstein geldt dan $C^2R = C_w^2R_w$ dus :

$$\frac{R_w}{R} = \frac{C^2}{C_w^2} \qquad (II.10)$$

De vergelijkingen (II.9) en (II.10) geven :

$$\frac{Re_w}{Re} = \frac{C^2}{C_w^2} \qquad (II.11)$$

Met vergelijking (II.11) wordt vergelijking (II.7) :

$$C_w = 18.\log 0,905g\ \frac{ReC^2}{C_w^3} \qquad (II.12)$$

In vergelijking (II.12) is alleen C_w onbekend. C_w os impliciet geschreven en is daarom alleen itteratief op te lossen. Vergelijking (II.12) vormt samen met de vergelijkingen (II.A) t/m (II.D) 5 vergelijkingen met 5 onbekenden. Het stelsel vergelijkingen is op te lossen.

Een oplossing is gegeven door Vanony en Brooks (1957).
Zij hebben niet met Chézy maar met de Darcy Weisbach ruwheids-factor gewerkt. Hiervoor geldt $f = 8g/C^2$. Zij hebben in een grafiek Re/f uitgezet tegen f. Re en f zijn bekend. Volgens de relatie $Re/f = Re_w/f_w$ is Re_w/f_w bekend. De f_w is dan uit de grafiek te bepalen. Deze rekenwijze is opgenomen in het computer programma, voor het geval waarbij aangenomen is dat de wand hydraulisch glad is.

ad 2 De wand is niet hydraulisch glad.
Mag de k_w niet verwaarloosd worden, dan is het slechts mogelijk om de vergelijkingen (II.A) t/m (II.D) op te lossen, als k_w bekend is. Als k_w niet bekend is, dan zal deze zo goed mogelijk geschat moeten worden. De berekening geschiedt dan als volgt :

k_w bekend of geschat

eerste benadering $R_{w1} = 1/4.B$

$$\boxed{\delta_w = \frac{11,6\,\nu}{\sqrt{gR_w I}}}$$

$$\boxed{C_w = 18.\log \frac{12R_w}{k_w + \frac{\delta_w}{3,5}}}$$

$$\boxed{R_{w2} = \frac{v^2}{C_w^2\, I}}$$

$$\Delta > \frac{R_{w2} - R_{w1}}{R_{w1}} \xrightarrow{ja} \boxed{R_{w1} := R_w}$$

nee

$$\boxed{R_b = \frac{A - R_w.2h}{B}}$$

$$\boxed{C_b = \frac{v}{R_b I}}$$

Δ is de opgegeven nauwkeurigheid.

Onderzoek naar de invloed van de zijwandcorrectie.

Door het invoeren van de zijwandcorrectie kwamen enkele problemen aan het licht. Bij de vergelijking van de formule van E.H. met de meetpunten bleek dat de formule verschoven lag t.o.v. de meetpunten. Dit zou veroorzaakt kunnen worden door de zijwandcorrectie.
Bij een nadere analyse van de invloed van de wandruwheid bleek, bovendien dat voor enkele metingen de totale op het bed werkende ruwheid kleiner was dan de ruwheid van de korrels, ofwel $C > C'$

De C en C' waren berekend volgens :

$$\frac{C}{g} = \frac{v}{v_*} = QB^{-1}h^{-1}g^{-1/2}R_b^{-1/2}I^{-1/2} \qquad (\text{III.1})$$

$$\frac{C'}{g} = 18.\log\frac{12R_b}{D_{90}} \qquad (\text{III.2})$$

De fout veroorzaakt door een verkeerde aanname van de wandruwheid werkt door in de R_b en dus in de . Voor C' heeft dit slechts een kleine fout ten gevolg daar de R_b onder het log. teken staat.
De fout in $\frac{C}{\sqrt{g}}$ kan veroorzaakt worden door :

- I : vooral kleine verhangen kunnen een grote relatieve meetfout geven.
- h : Bij die stromingsomstandigheden, waarbij een wild regime is ($Fr > 1$) kunnen grote fouten in de metingen van de waterhoogte voorkomen.
- R_b : De fout in de R_b is drieledig.
  - De fout in h werkt door in R_b.
  - De fout in de aanname van de wandruwheid werkt door in R_b.
  - De fout in de hypothese van Einstein werkt door in de R_b.

Verwacht kan dus worden, dat grote fouten zullen optreden bij:

- kleine verhangen.
- Wild regime.
- Verkeerde schatting van de wandruwheid.

Een onderzoek naar de invloed van deze factoren is uitgevoerd.
Allereerst is gerekend met een zijwand correctie beschreven in bijlage II.
Dit onderzoek is grafisch verricht.

De parameters $\frac{R_b}{D_{90}}$ zijn ingedeeld in klassen. Voor iedere klasse is een grafiek getekend met een verticale as $\frac{v}{v_*}$ ($= \frac{C}{g}$) en een horizontale as : I (verhang).

De meetpunten zijn gemerkt met een symbool, die de beddingvorm weergeeft. De verkregen relaties zijn uitgezet in fig. III -1 tot en met III - 15. De getrokken lijn stelt de relatie $\frac{C}{g} = \frac{C'}{g}$ voor.

Dit kan gezien worden als bovengrens voor de meetpunten. De gestippelde lijnen geven de afwijking in procenten van $\frac{C'}{\sqrt{g}}$ weer.

Er is te zien, dat het feit dat $C > C'$ optreedt,in de volgende gevallen :

- Verhangen klein
- Zeer wild regime (antiduinen, chutes and pools)
- $\frac{R_b}{D_{90}}$ zeer klein

In het derde geval komt het er op neer, dat de waterhoogte klein is ten op zichte van de korrels.

Stel $R_b/D_{90} \sim h/D_{90} = 50$, dan $h = 50D_{90}$.

Met $D_{90} = 1$ mm geeft dit : $h = 5$ cm.

Een grote relatieve fout in de meting van de h kan hier dus de oorzaak van zijn.

Vreemd is echter, dat over het algemeen bij kleine verhangen de C waarde te groot is. Als men bedenkt, dat meetfouten, zowel een fout naar boven als naar beneden kunnen geven, kan gedacht worden aan een systematische fout. Deze systematische fout moet dan zitten in de aanname van de wandruwheid. Is deze wandruwheid te groot genomen, dan is R_b te klein, zodat $\frac{C}{\sqrt{g}}$ te groot is en $\frac{C'}{\sqrt{g}}$ te klein.

We zien, dat bij de vergroting van k_w het mes aan twee kanten snijdt. (C wordt groter, C' wordt kleiner).

Verwacht kan worden, dat een verkleining van de wandruwheid tot betere resultaten zal leiden. Dit is onderzocht voor het extreme geval dat de wand oneindig glad is. (dus $R_b = h$). De meetpunten zijn nu op dezelfde wijze uitgezet in fig. III - 16 tot en met III - 29 . De getrokken lijn geeft de relatie $C = C'$ weer. Een vergelijking van deze figuren met de voorgaande is niet helemaal te maken, daar R_b een herindeling van de meetpunten in de klassen $\frac{R_b}{D_{90}}$ tot gevolg had.

Door een fout in het plotmechanisme van de computer is van het interval nr. 8 waarbij geldt 71 R_b/D_{90} 100 geen grafiek gemaakt. Voor een algemeen inzicht in de invloed van R_b is dit echter geen bezwaar. Er treden ook hier fouten op en wel in de gevallen waarbij geldt :

- I : klein
- wild regime

De verwaarlozing van de wandruwheid heeft wel enig positief effect, maar er blijven grote afwijkingen voorkomen. De verandering is goed te zien in meetpunten 2.02 van fig. III 13. De meetwaarden van dit punt zijn :

$$\left.\begin{array}{l} B = 0{,}914 \text{ m} \\ h = 0{,}144 \text{ m} \end{array}\right\} h/B = 1/6$$

$D_{90} = 0{,}14$ mm

$R_b = 0{,}087$ m

$R_b/D_{90} = 620$

Nu geldt $C = 1{,}5\ C'$

wordt een oneindig gladde wand verondersteld, dan :

$R_b = h$, dus $R_b/D_{90} = 1028$ (interval 15) # 2 11.79

voor de ruwheden geldt :

$C/\sqrt{g} = 24{,}8$ en $C'/\sqrt{g} = 23{,}5$

De waarden komen dus veel dichter bij elkaar te liggen, het verschil tussen de waarden kan verklaard worden uit de meetfouten in h en I.

Resumerend kan men concluderen :

- Voor kleine verhangen zijn de metingen erg onnauwkeurig.
- Voor zeer wilde regimes wordt de fout veroorzaakt door de fout in de gemeten waterhoogte.
- De wandruwheid moet nauwkeurig bekend zijn. Afwijkingen hierin kunnen gevolgen hebben voor de bodemruwheid.
- Tenslotte kan men zich nog afvragen of de D_{90} wel een goede maat is voor de korrelruwheid.
- De hier gekozen wandruwheid $k_w = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ leidt tot oncontroleerbare fouten.

nr.	Q (m^3/s)	h (m)	$I.10^4$	t (^oC)	$.10^6$	$s.10^6$ (m^2/s)
1	0,150	0,1983	16,00	12,5	1,22	12,39
2	0,150	0,1987	15,80	14,8	1,15	12,51
3	0.225	0,2837	12,60	17,2	1,08	12,41
4	0,075	0,1108	24,00	16,6	1,09	12,39
5	0,075	0,1097	22,70	12,0	1,24	11,62
6	0,300	0,1983	10,00	13,2	1,20	12,32
7	0,340	0,380	8,80	12,7	1,21	12,68
8	0,403	0,4897	7,40	14,4	1,16	12,83
9	0,550	0,5915	6,30	26,1	0,875	13,09
10	0,175	0,2777	5,87	17,9	1,06	2,39
11	0,270	0,3007	16,21	18,0	1,05	23,53
12	0,090	0,1146	32,94	17,5	1,07	24,37
13	0,475	0,4875	10,90	17,7	1,06	24,37
14	0,063	0,1051	10,83	18,4	1,05	2,59
15	0,305	0,4504	4,16	18,1	1,06	2,61
16	0,310	0,2626	39,80	17,6	1,07	117,68
17	0,150	0,4052	8,90	18,8	1,04	13,28
18	0,635	0,4927	27,00	18,7	1,04	119,12

Voor alle meetgegevens geldt :

B = 1,5 m

Korreleigenschappen

D_{35} = 0,70 mm
D_{50} = 0,75 mm
D_{65} = 0,78 mm
D_{90} = 0,84 mm
D_m = 0,77 mm

Meetgegevens van het Waterloopkundig Laboratorium "De Voorst".

nr.	datum	VERTIKAAL		afvoer (m^3/s)	afvoer (m^2/s)	verhang $.10^4$	diepte (m)	gem. snelh. (m/s)	temp. (^oC)	ν ($10^{-6}m^2/s$)	s ($10^{-6}m^2/s$)	bodemtransport D_{16}	D_{35}	D_{50}	D_{65}	D_{84}	D_m	gradatie
	28- 2-73	I	61	345	4,34	0,681 *)	5,42	0,80	4,6	1,539	3,831							
	1- 3-73	II	85	327	4,25	0,693 *)	5,12	0,83	4,6	1,539	8,661							
1	2- 3-73	III	112	317	3,80	0,792 *)	4,52	0,84	5,2	1,510	2,029	0,27	0,33	0,37	0,41	0,47	0,41	1,32
2	8- 3-73	II	94	321	4,06	0,767 *)	4,32	0,94	6,3	1,459	5,267	0,30	0,35	0,38	0,42	0,54	0,44	1,34
3	9- 3-73	II	94	325	3,96	0,681 *)	4,30	0,92	6,8	1,437	0,789	0,26	0,32	0,35	0,38	0,44	0,41	1,30
	11- 4-73	I	112	305	3,64	0,511	5,13	0,71	8,4	1,370	0,842							
	12- 4-73	II	144	302	3,49	0,571	4,65	0,75	8,3	1,374	1,196							
	13- 4-73	III	173	297	2,88	0,631	4,11	0,70	8,3	1,374	1,674							
4	7-11-73	II	136	249	2,88	0,478	4,12	0,70	8,7	1,358	2,242	0,35	0,43	0,48	0,54	0,67	0,54	1,38
5	8-11-73	III	165	247	2,67	0,479	3,98	0,67	9,5	1,327	1,528	0,24	0,30	0,35	0,39	0,54	0,45	1,50
6	9-11-73	I	111	250	2,67	0,459	4,69	0,57	9,8	1,315	0,436	0,40	0,48	0,54	0,61	0,86	0,66	1,47
7	1- 7-75	II	138	367	4,00	0,656	5,00	0,80	17,8	1,063	7,697	0,35	0,44	0,50	0,58	0,75	0,605	1,46
8	2- 7-75	III	165	361	4,13	0,691	4,80	0,86	18,4	1,047	5,198	0,23	0,27	0,32	0,37	0,50	0,461	1,48
9	3- 7-75	I	111	364	4,10	1,338	5,40	0,76	18,7	1,039	5,367	0,44	0,53	0,60	0,70	0,82	0,667	1,37
10	22- 9-76	I	115	240	2,70	0,643	3,90	0,693	17,2	1,079	4,922	0,43	0,52	0,58	0,68	0,84	0,67	1,40
11	23- 9-76	II	140	253	2,65	0,643	3,90	0,68	17,4	1,073	1,872	0,34	0,39	0,44	0,51	0,65	0,52	1,39
12	24- 9-76	III	170	257	2,59	0,643	3,60	0,72	17,7	1,065	0,905	0,23	0,28	0,32	0,37	0,43	0,43	1,37

Meetgegevens van de IJsel, kmr 962 900

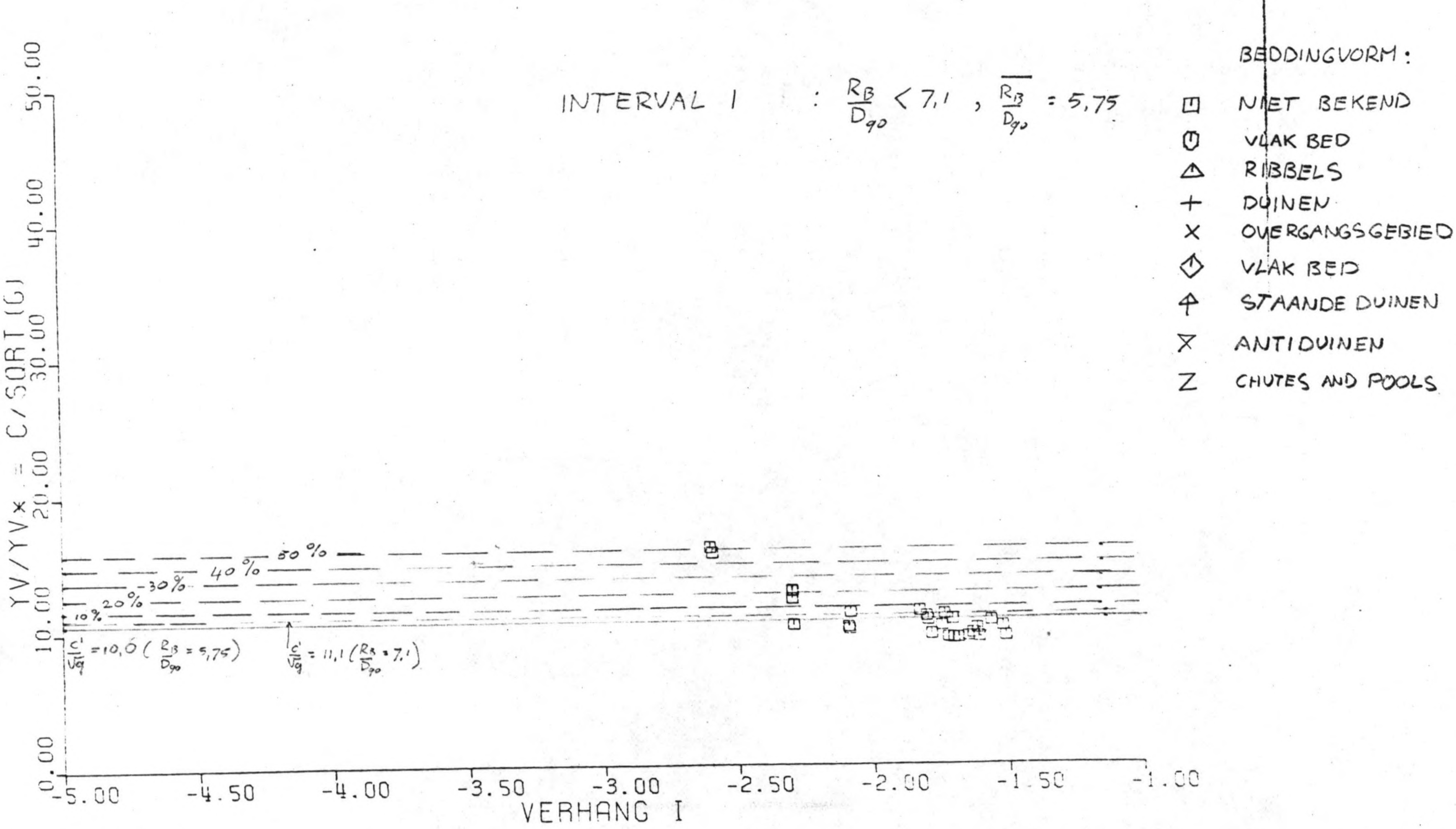
*) Verhang berekend uit de waterstanden van de peilschalen.

				(m^3/s)	(m^2/s)	.10	(m)	(m/s)	(°C)	D_{16}	D_{35}	D_{50}	D_{65}	D_{84}	D_m	gradatie
	3-11-71	I	66	160		0,241*)	4,60		12,2							
	3-11-71	II	141	160		0,241*)	2,76		12,2							
13	4-11-71	II	110	158	1,72	0,31	3,30	0,521	12,4	0,35	0,44	0,51	0,59	1,32	1,51	2,02
14	11-11-71	III	155	156	0,81	0,238	2,20	0,369	8,8	3,43	5,28	7,02	10,50	12,18	7,65	1,89
	12-11-71	I	66	152	2,08	0,277	4,60	0,452	8,0							
	12-11-71	II	108	152	1,82	0,277	3,30	0,550	8,0							
15	23-11-71	II	108	303	3,43	0,284*)	4,39	0,781	5,6	0,37	0,49	0,64	0,98	2,34	1,29	2,69
16	24-11-71	II	111	370	4,48	0,460*)	4,67	0,960	6,4	0,32	0,41	0,54	1,09	3,96	1,72	4,51
17	24-11-71	IV	125	370	4,06	0,460*)	4,52	0,899	6,4	0,48	0,69	1,00	1,53	3,05	2,11	2,57
18	24-11-71	V	98	370	4,36	0,460*)	4,67	0,933	6,4	0,33	0,40	0,47	0,55	0,91	0,92	1,68
	25-11-71	I	73	344	4,06	0,350*)	5,47	0,743	6,1							
19	18- 4-72	II	111	529	5,22	1,305	5,22	1,00	11,8	0,40	0,69	1,11	1,83	3,25	1,74	2,85
	19- 4-72	III	157	503	3,96	1,225	4,45	0,89	11,5							
20	20- 4-72	III	98	492	5,25	1,21	5,10	1,03	11,2	0,31	0,40	0,49	0,65	1,69	1,03	2,51
	20- 4-72	V		492	5,51	1,21	5,30	1,04	11,2							
	24- 4-72	II	108	467	5,27	1,18	5,17	1,02	11,6							
21	25- 4-72	II	107	464	5,22	1,19	5,22	1,00	11,2	0,36	0,48	0,75	1,78	4,48	2,09	4,03
22	2- 5-72	II	112	320	3,45	0,16	4,90	0,704	12,5	0,42	0,55	0,65	1,01	3,17	1,54	3,21
23	3- 5-72	IV	129	314	3,18	0,17	4,69	0,678	15,0	0,56	0,68	0,75	0,83	1,18	0,93	1,46
24	3- 5-72	VI	136	314	2,96	0,17	4,67	0,633	15,0	0,53	0,69	0,81	1,04	1,62	1,08	1,76
25	3- 5-72	VII	100	314	3,33	0,17	4,90	0,680	15,0	0,39	0,49	0,57	0,72	1,45	0,95	2,00
26	28-11-72	III	146	1341	11,01	0,35	7,48	1,472	6,4	0,80	1,59	2,50	3,88	7,21	3,91	3,00
	29-11-72	II	106	1324		0,35	8,10		6,4	0,76	1,76	3,07	4,54	8,09	4,33	3,34
27	30-11-72	I	65	1206	12,06	0,35	8,87	1,36	6,3	8,51	10,69	13,18	18,21	25,12	13,00	1,73
28	13-12-72	III	151	757	6,12	0,875	5,22	1,173	6,6	0,98	2,61	3,89	5,25	8,08	4,63	3,02
29	14-12-72	II	109	735	7,74	0,875*)	5,97	1,297	6,8	0,55	0,85	1,46	2,56	4,98	2,60	3,03
30	15-12-72	I	73	716	7,98	0,875*)	6,77	1,179	7,1	1,89	3,01	3,88	4,77	5,87	3,82	1,78
	30-12-72	I	66	299	12,06	0,35*)	8,87	1,36	6,3	8,21	10,39	12,74	17,14	23,36	12,64	1,69
	16- 5-73	III	150	888		0,853*)			14,2	1,72	2,72	3,45	4,26	5,88	3,84	1,86
31	17- 5-73	I	65	855	8,31	1,07	7,30	1,139	14,6	6,07	9,13	10,92	14,28	20,30	11,10	1,83
32	18- 5-73	II	111	811	6,95	0,74	6,00	1,159	15,2	0,64	0,89	1,24	2,02	4,21	2,27	2,67
	9- 4-74	III	150	682	3,19	0,326	4,20	0,76	14,0							
	10- 4-74	II	112	631	4,09	0,722	4,70	0,87	14,4	0,45	0,55	0,69	1,16	3,23	1,58	3,11
	11- 4-74	I	70	582	4,46	0,40	5,73	0,778	14,8							
	14-11-74	III	149	284	6,54	0,591*)	5,69	1,15	8,3							
	15-11-74	I	66	324	7,77	0,591*)	7,06	1,10	8,8							
	18-11-74	II	109	425	7,80	0,461*)	6,19	1,26	9,2							
	19-11-74	III	151	689	5,75	0,372*)	5,00	1,15	9,2							
	20-11-74	II	107	928	7,26	0,372*)	5,95	1,22	8,9							
	21-11-74	I	72	968	8,27	0,372*)	6,78	1,22	8,9							

Meetgegevens van het Pannerdens kanaal, kmr 870 625

*) **Verhang berekend uit de waterstanden van de peilschalen.**

Fig. 111.1 t/m 111.15 : Relatie tussen I, $C/\sqrt{g}$ en de beddingvorm.



INTERVAL I : $\frac{R_B}{D_{90}} < 7{,}1$, $\overline{\frac{R_B}{D_{90}}} = 5{,}75$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGSGEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN
CHUTES AND POOLS
YV/YV* = C/SQRT(G)
VERHANG I
50 %
40 %
30 %
20 %
10 %
$\frac{c'}{\sqrt{g}} = 10{,}6 \left(\frac{R_B}{D_{90}} = 5{,}75\right)$
$\frac{c'}{\sqrt{g}} = 11{,}1 \left(\frac{R_B}{D_{90}} = 7{,}1\right)$

FIG III.1

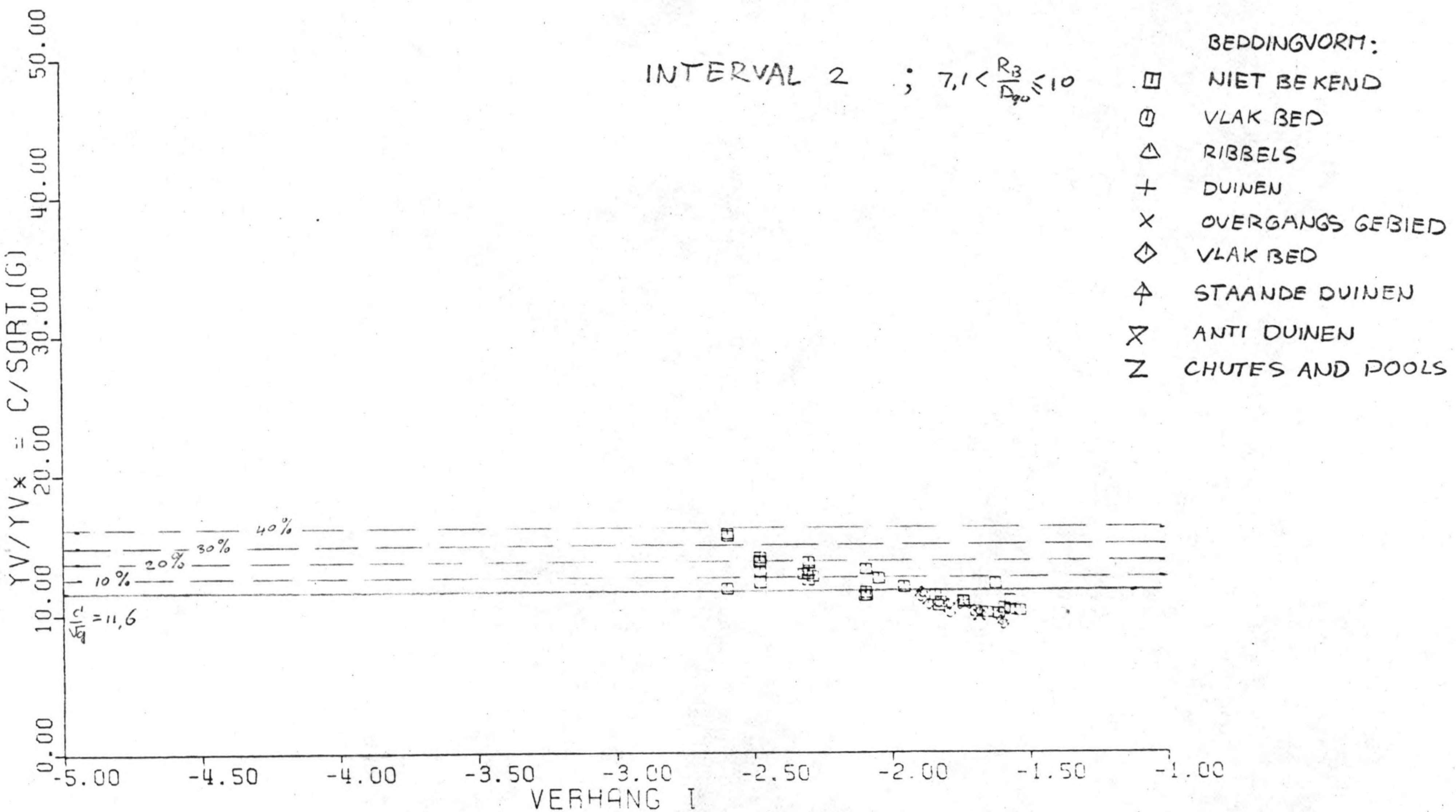
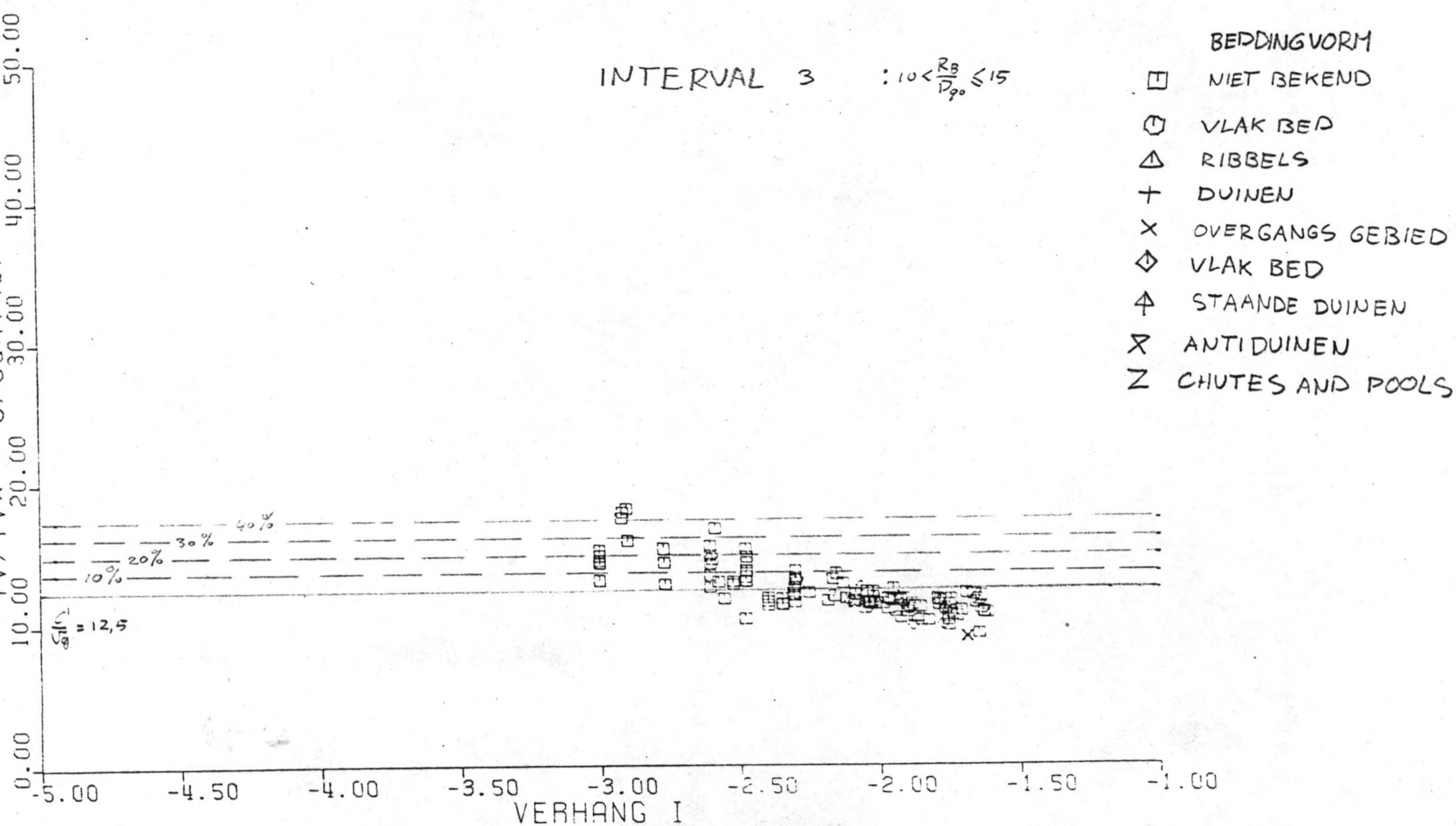

INTERVAL 2 ; $7,1 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 10$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
YV/YV* = C/SQRT(G)
VERHANG I
40%
30%
20%
10%
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 11,6$
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00

FIG III.2



INTERVAL 3 : $10 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 15$
BEDDINGVORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN
CHUTES AND POOLS
YV/YV* = C/SQRT(G)
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
40%
30%
20%
10%
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 12,5$
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.3

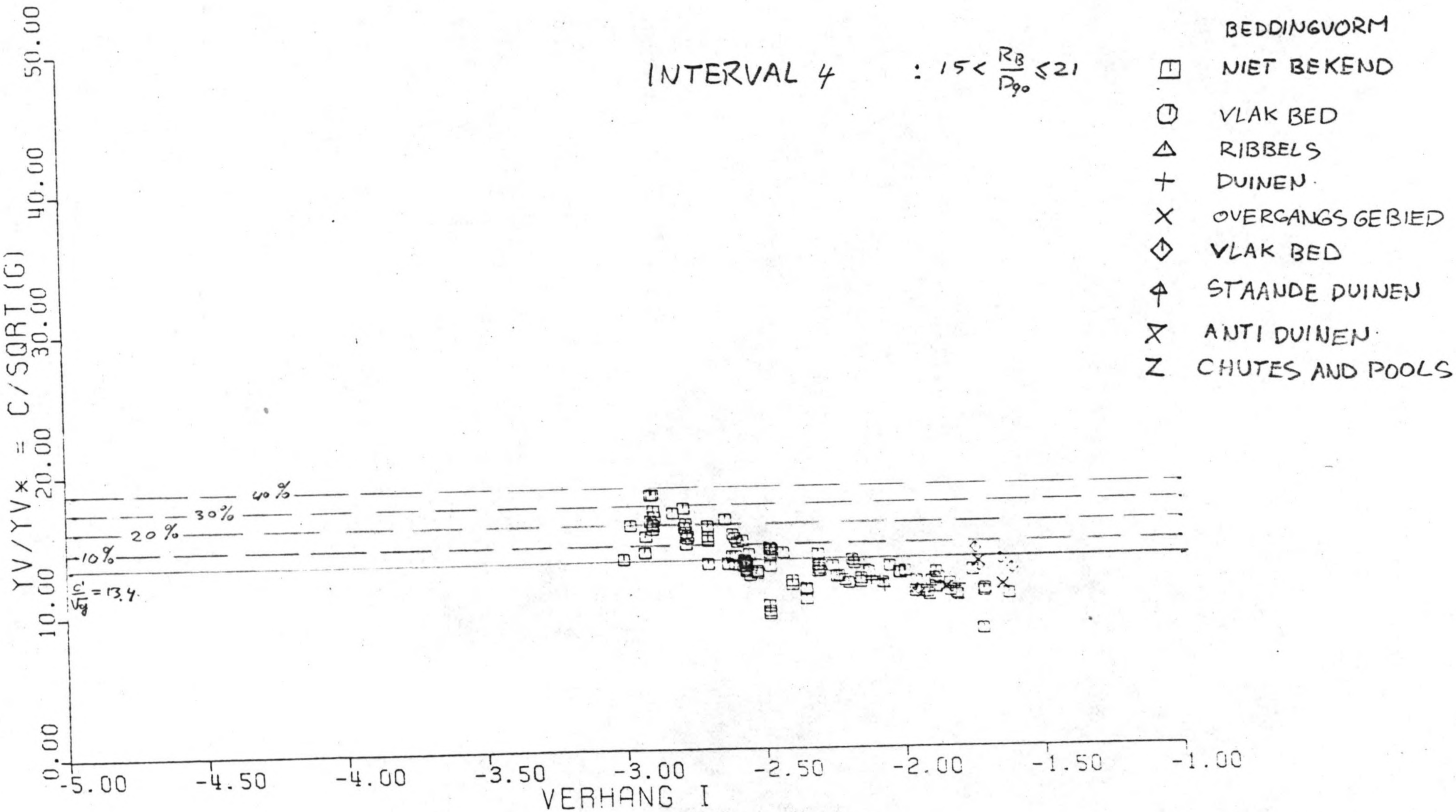
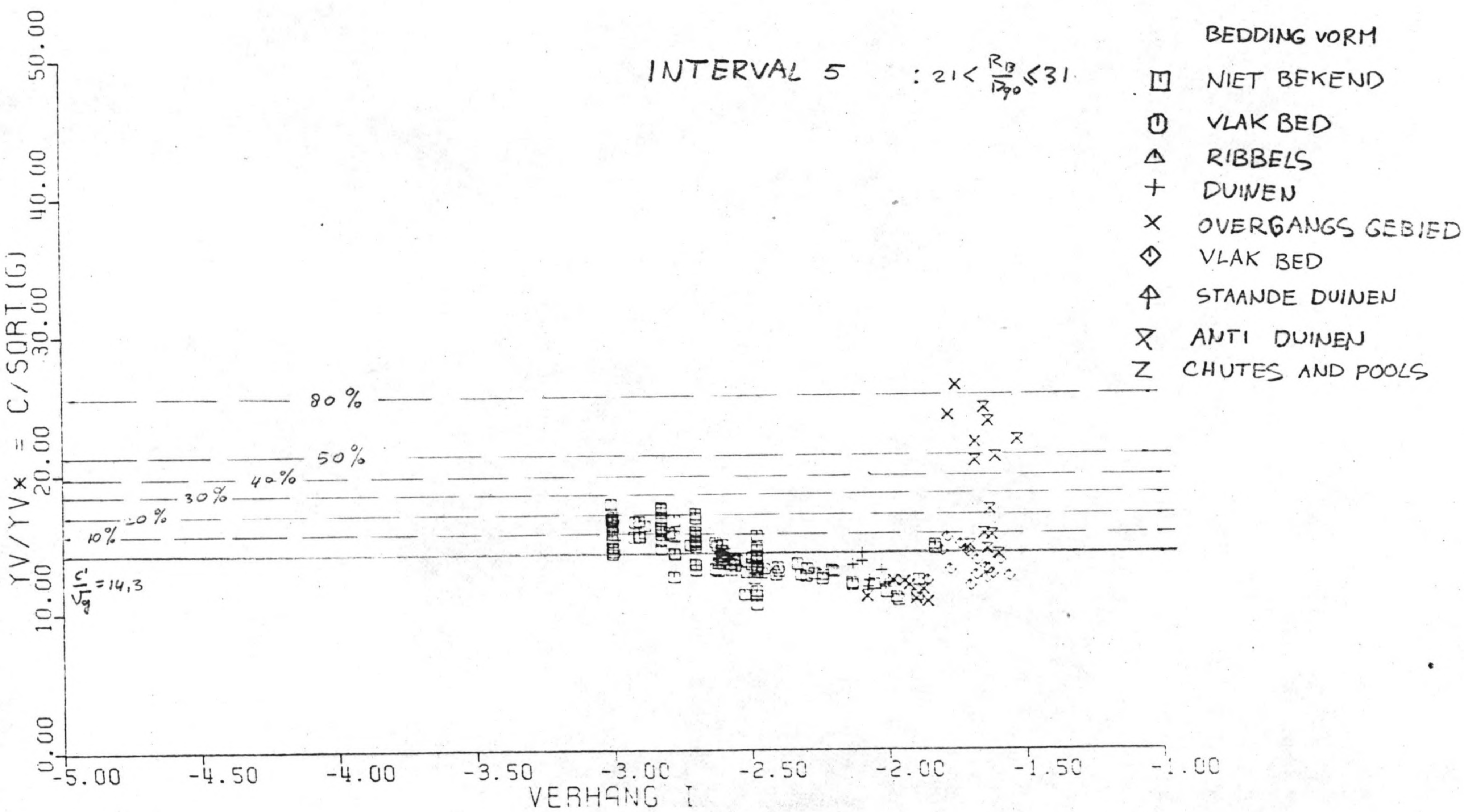
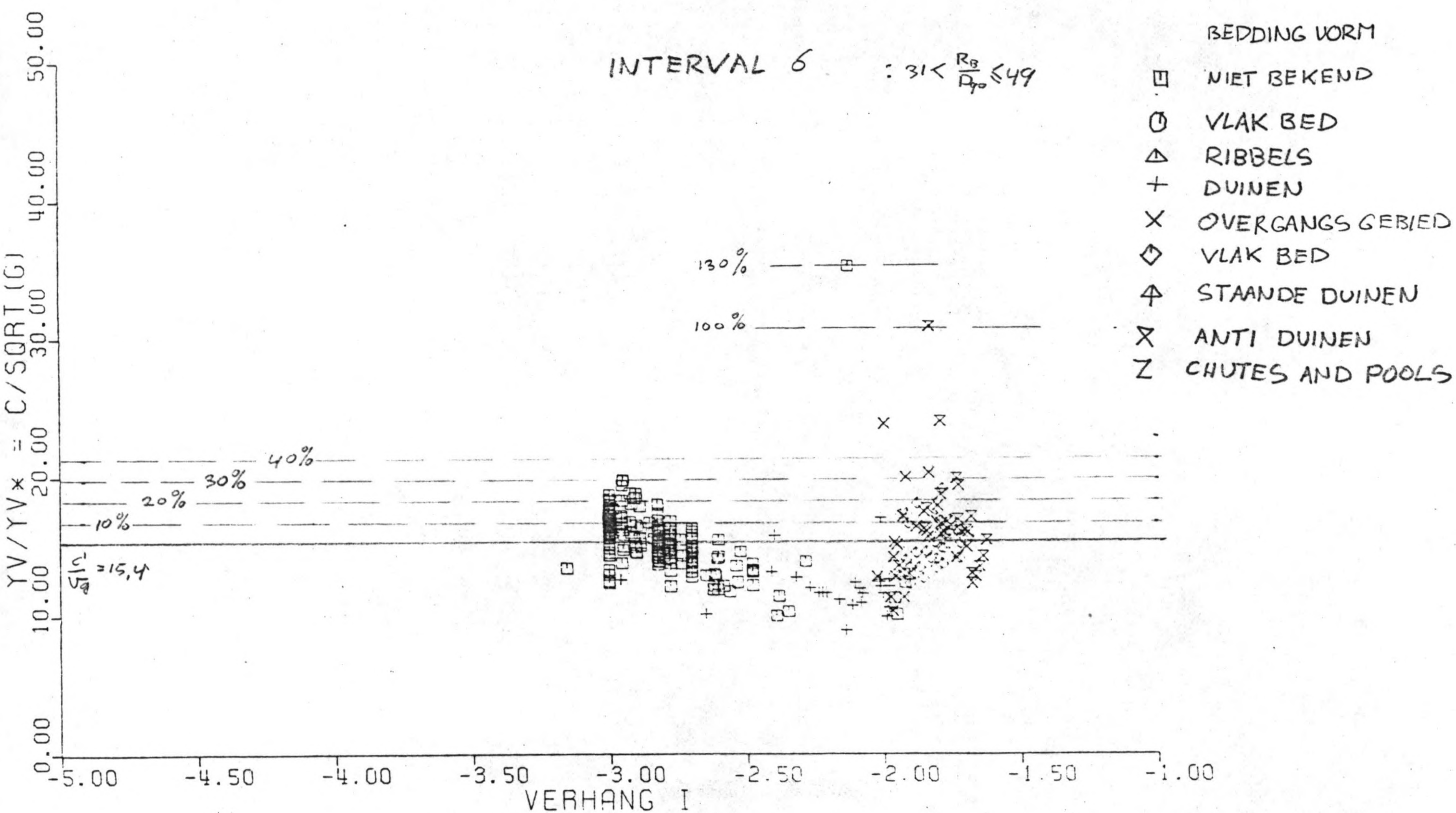

INTERVAL 4 : $15 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 21$
BEDDINGVORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
Z CHUTES AND POOLS
40 %
30 %
20 %
10 %
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 13.4$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.4



INTERVAL 5 : $21 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 31$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
80 %
50 %
40 %
30 %
20 %
10 %
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 14,3$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III -5



INTERVAL 6 : 31 < R_B/D_90 ≤ 49
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
130%
100%
40%
30%
20%
10%
C'/√g = 15,4
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.6

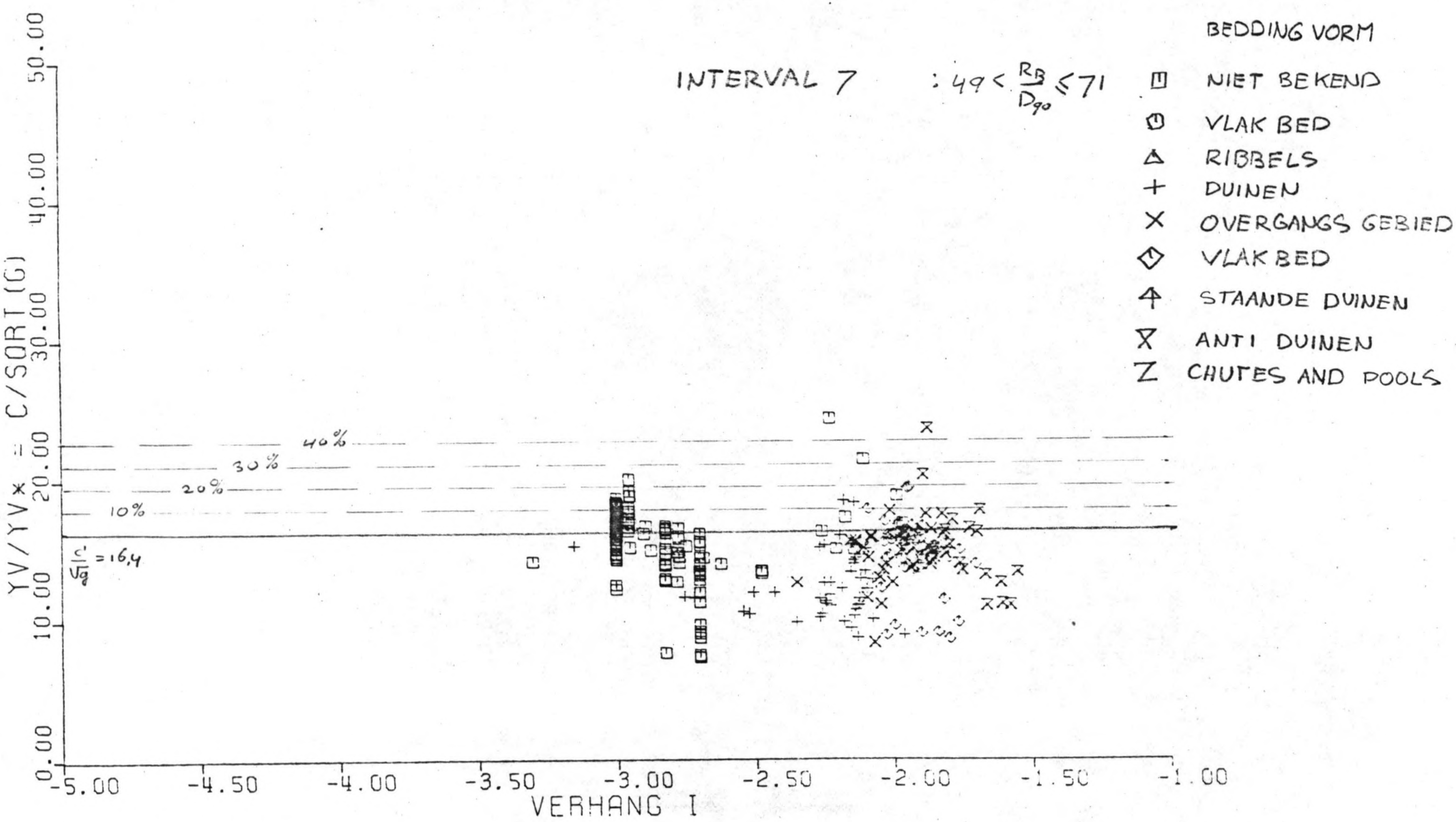

INTERVAL 7
: $49 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 71$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
40%
30%
20%
10%
$\frac{c'}{\sqrt{g}} = 16,4$
YV/YV* = C/SQRT(G)
VERHANG I
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00

FIG III.7

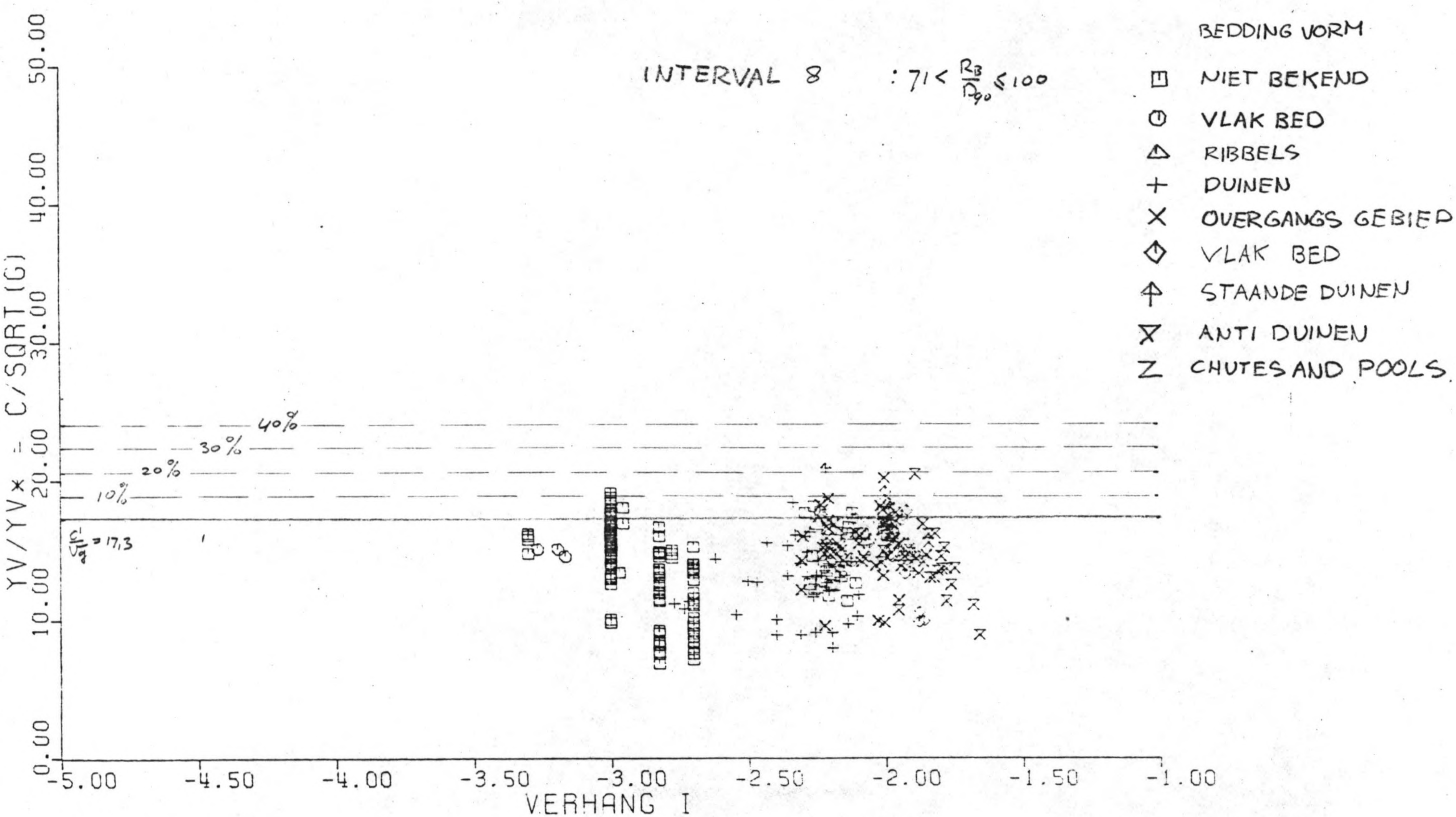
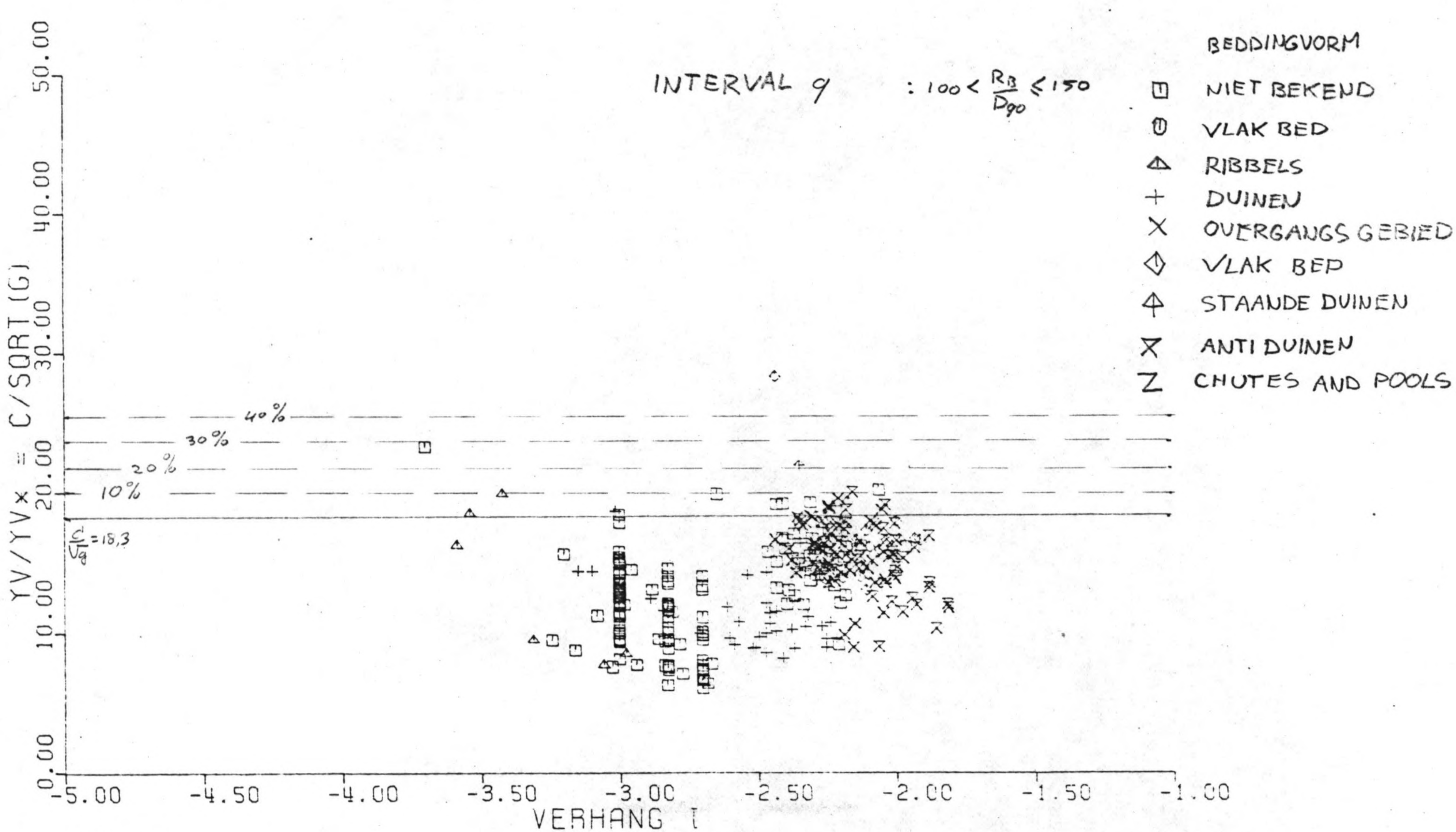

INTERVAL 8 : $71 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 100$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
40%
30%
20%
10%
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 17,3$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.8



INTERVAL 9 : $100 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 150$
BEDDINGVORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
40%
30%
20%
10%
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 18{,}3$
YV/YV× = C/SQRT(G)
VERHANG I
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00

FIG III.9

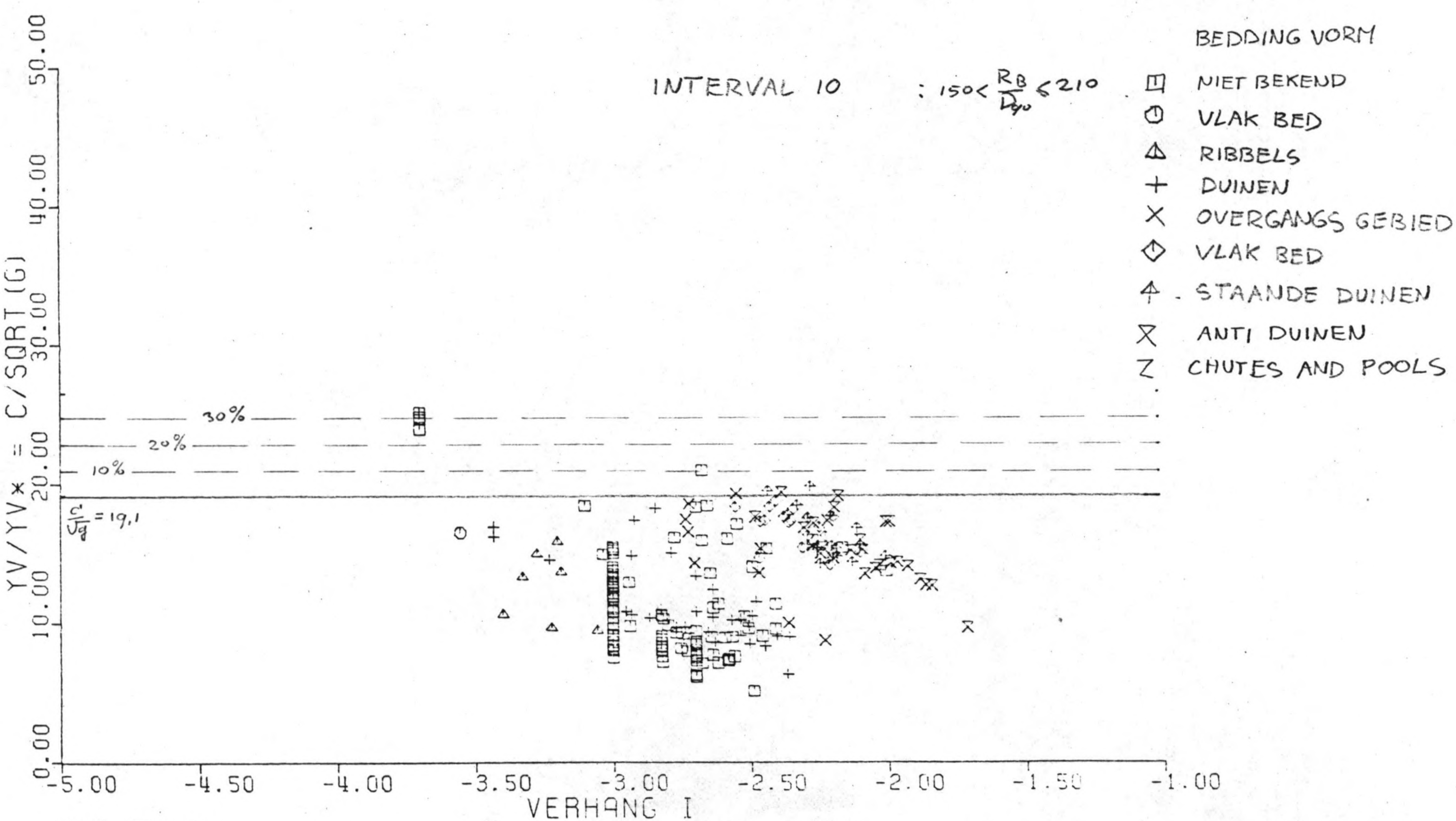

INTERVAL 10
: $150 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 210$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
30%
20%
10%
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 19,1$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.10

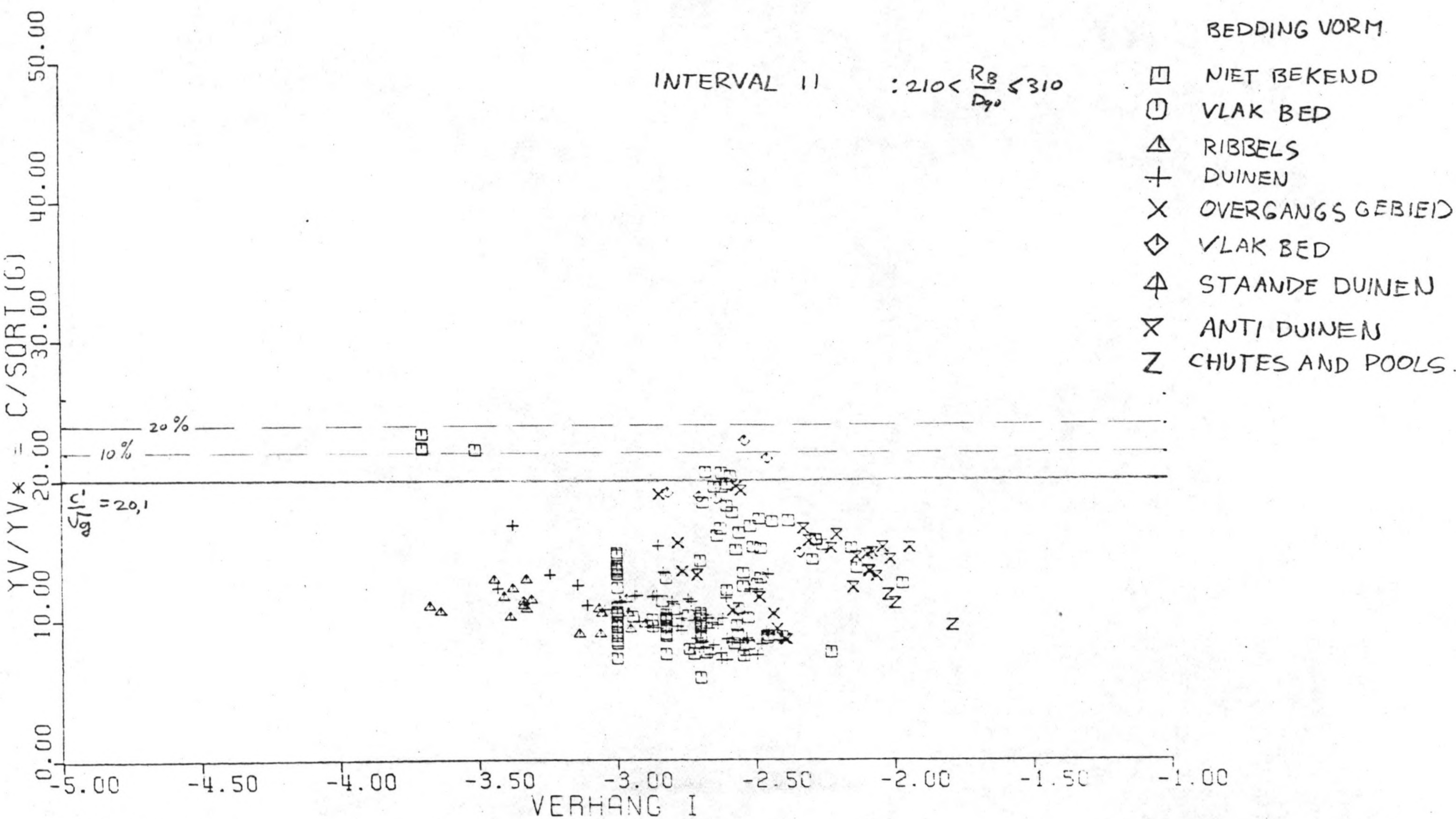
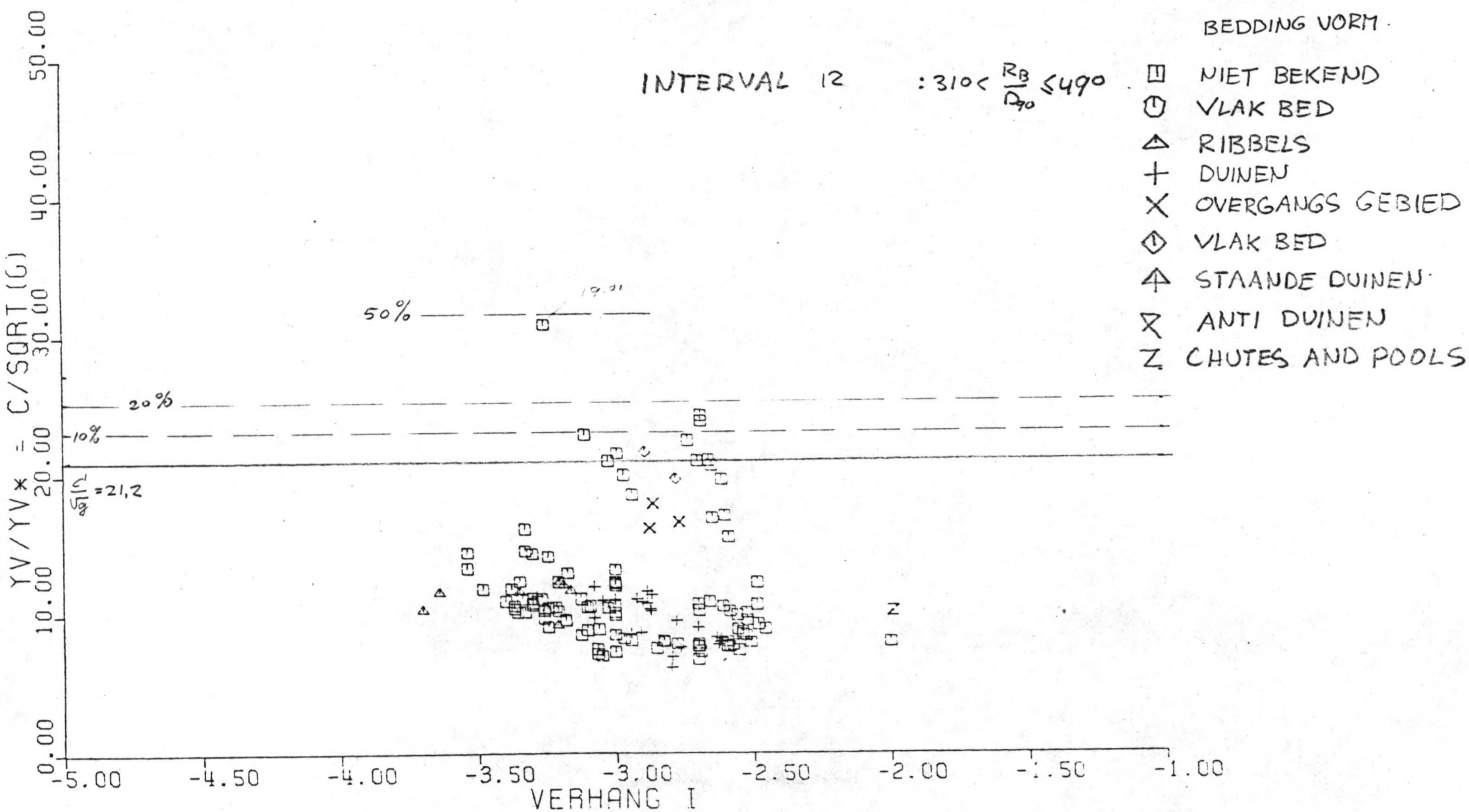
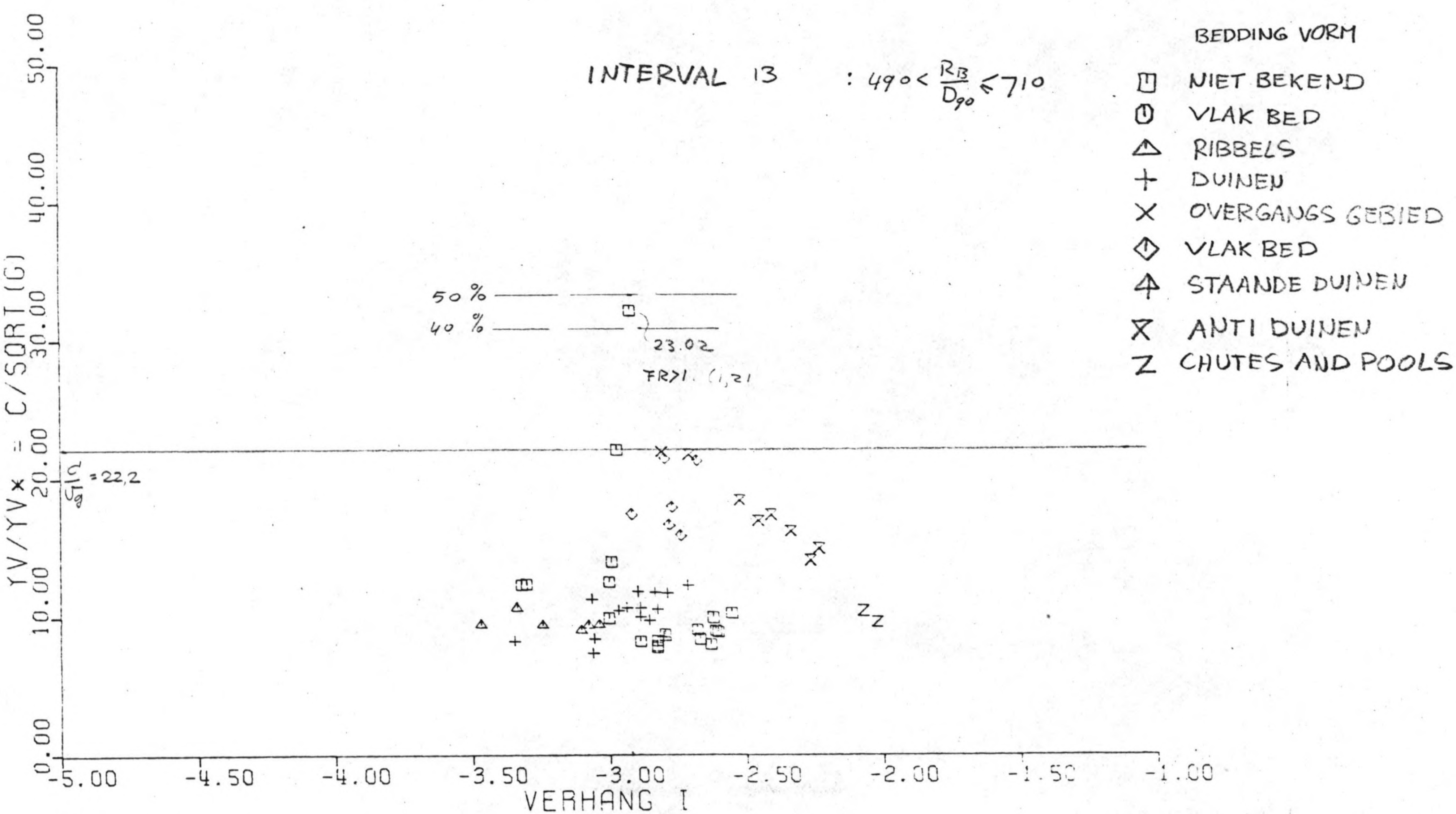

INTERVAL II : $210 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 310$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS.
20 %
10 %
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 20,1$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.11



INTERVAL 12
$: 310 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 490$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
50%
20%
10%
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 21,2$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.12



INTERVAL 13 : $490 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 710$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
50 %
40 %
23.02
FR>1. (1,21
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 22,2$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.13

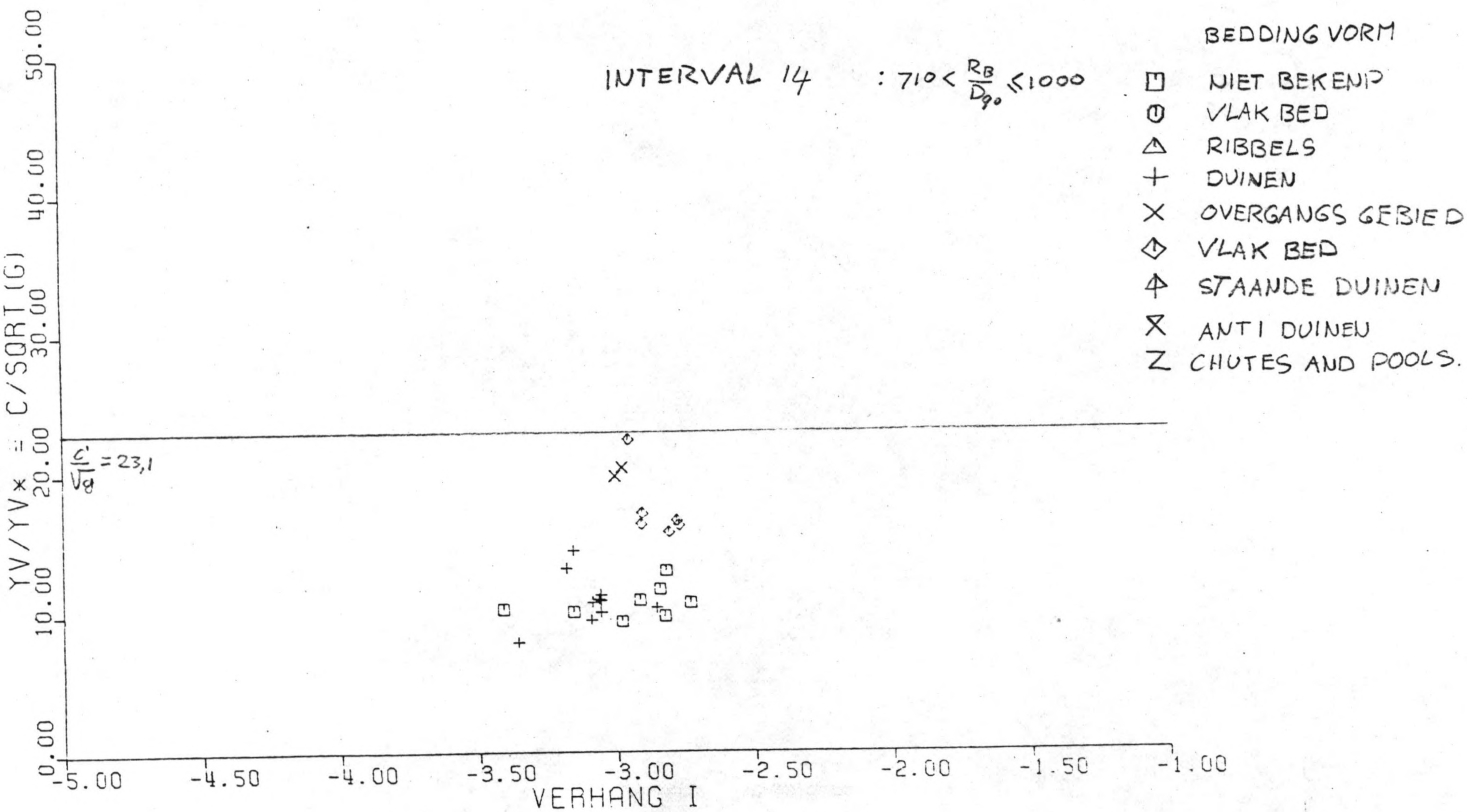

INTERVAL 14 : $710 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 1000$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS.
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 23{,}1$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.14

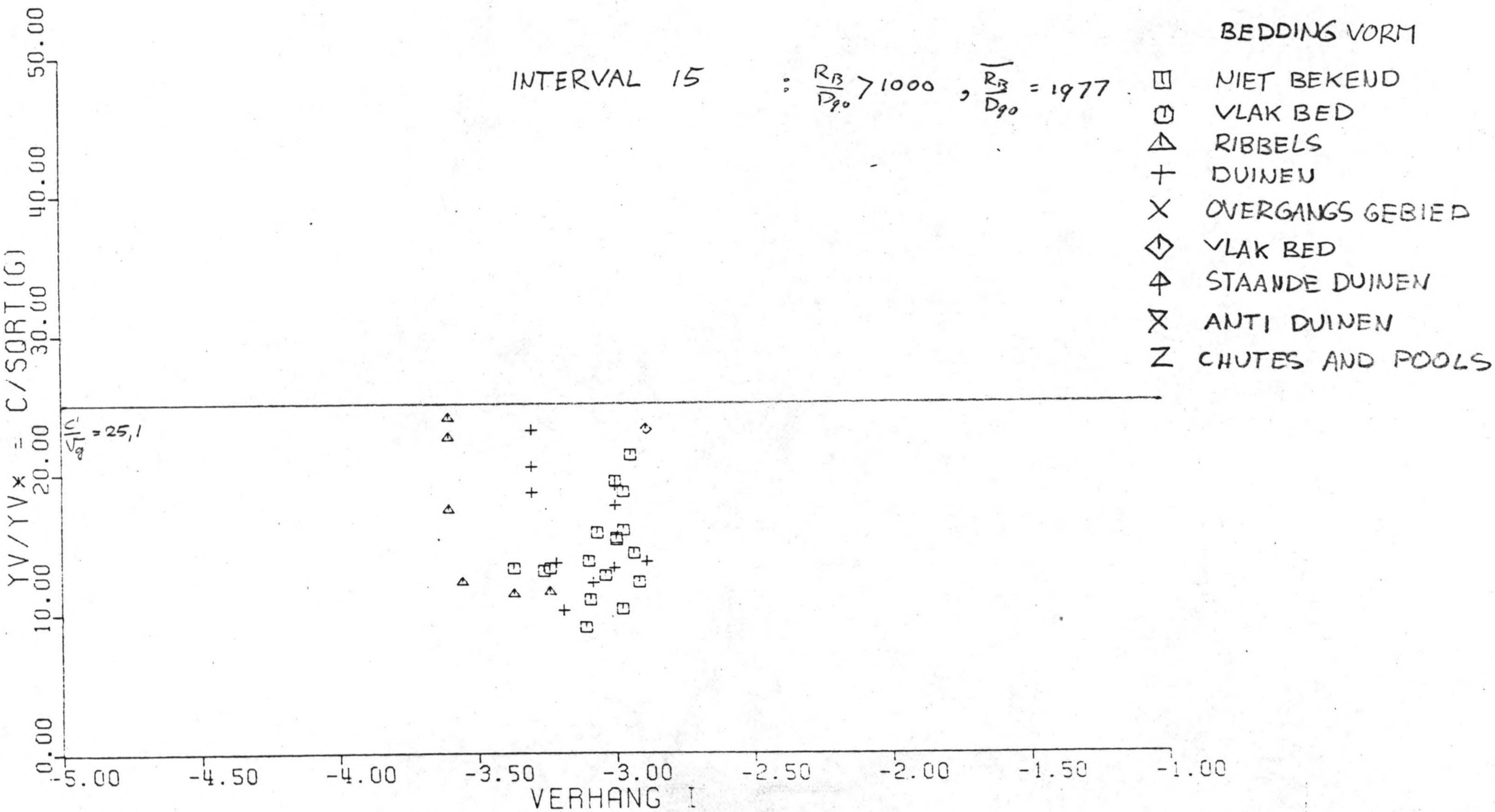
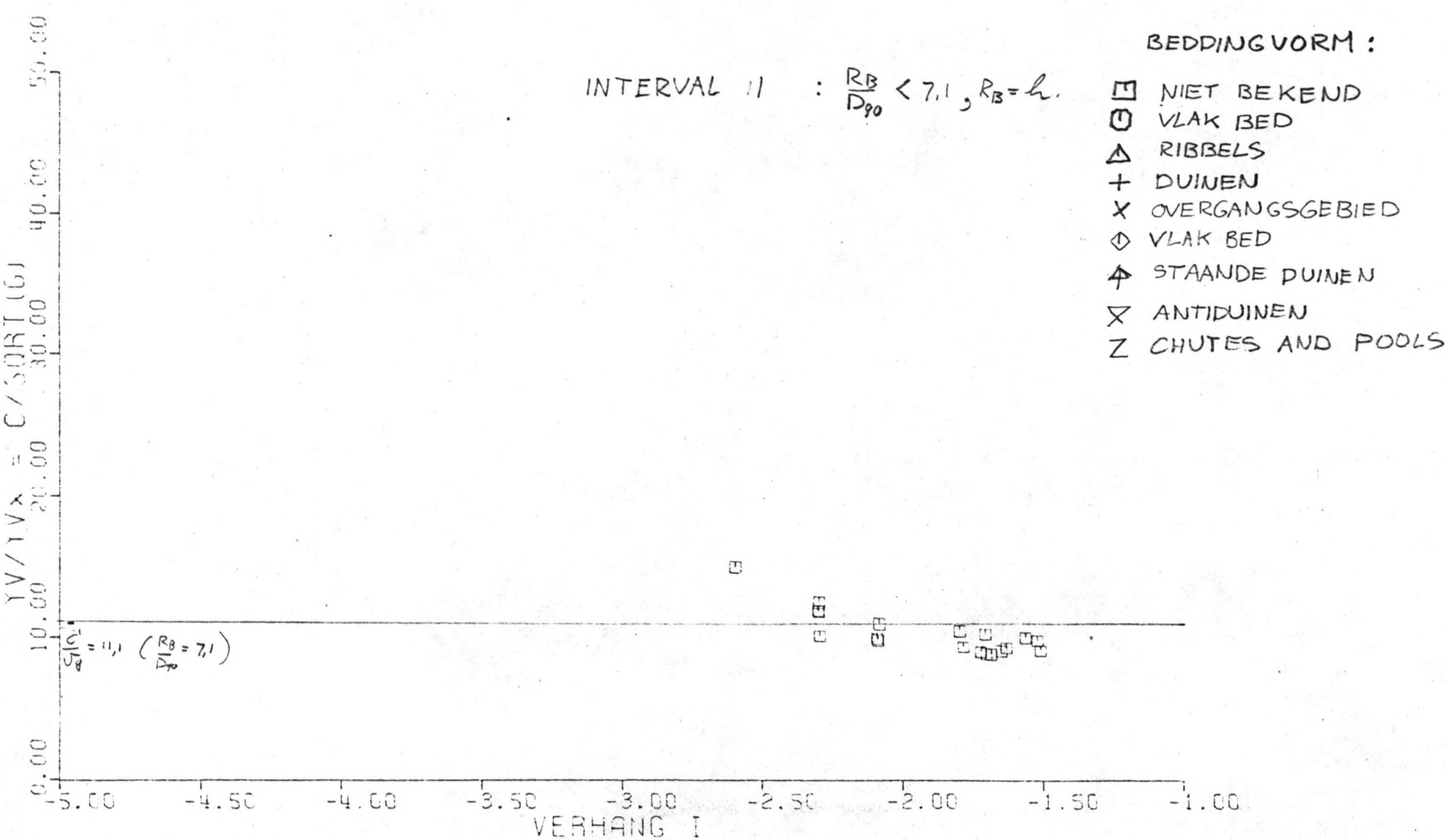

INTERVAL 15 : $\frac{R_B}{D_{90}} > 1000$, $\overline{\frac{R_B}{D_{90}}} = 1977$
BEDDING VORM
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 25,1$
YV/YV× = C/SQRT(G)
VERHANG I
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00

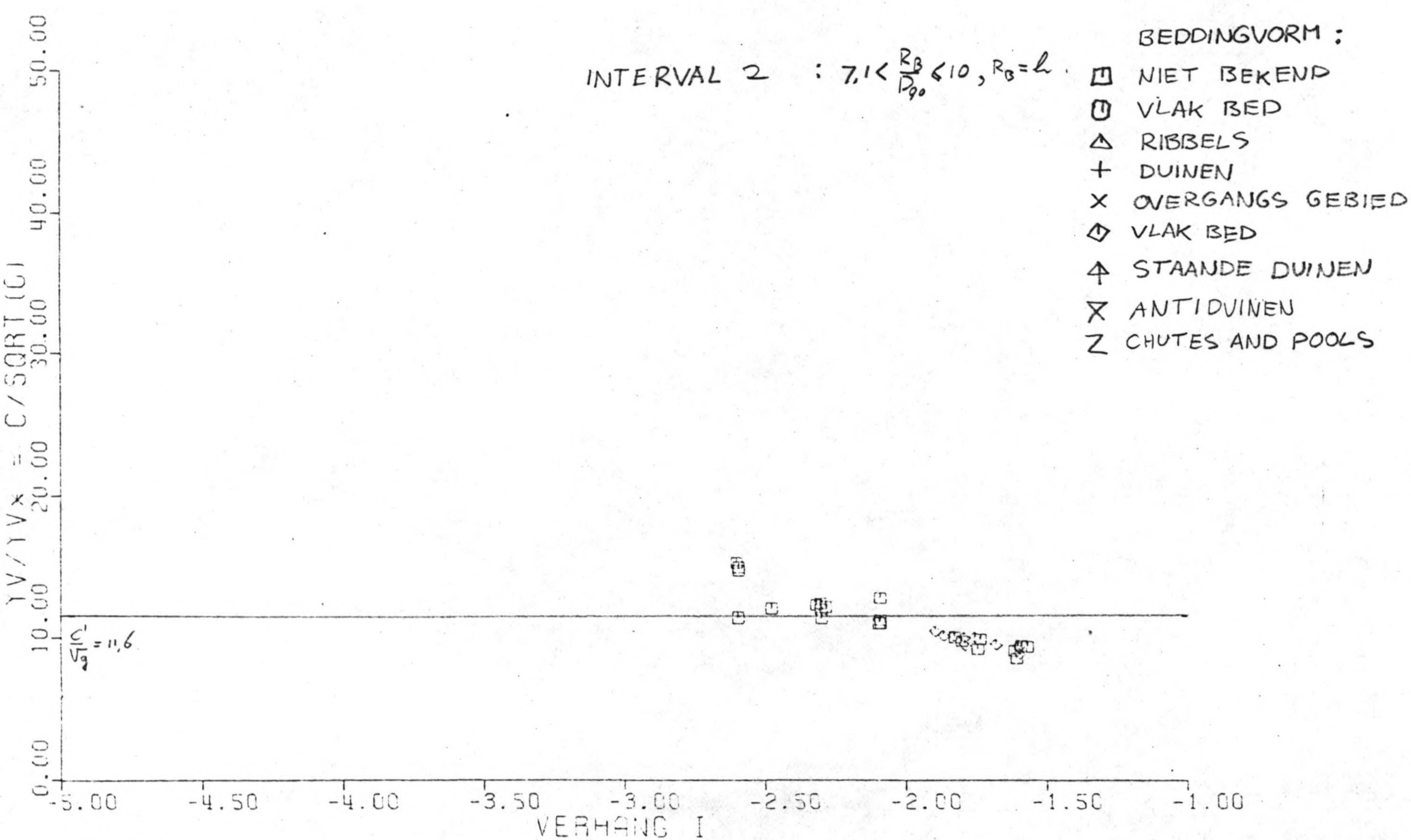
FIG III.15

Fig. 111.16 t/m 111.29 : Relatie tussen I, $C/\sqrt{g}$ en de beddingvorm voor $R_b = h$.



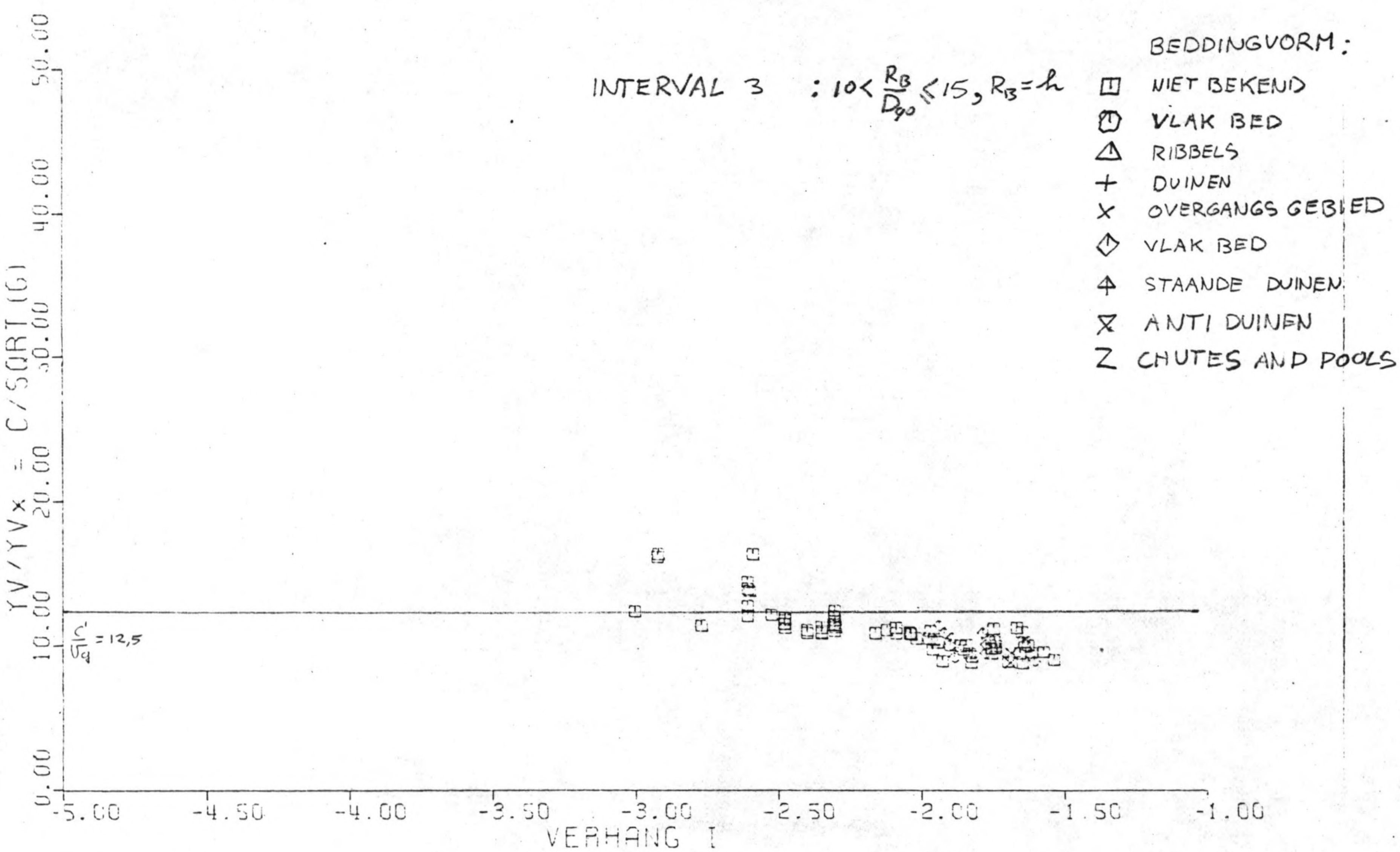
INTERVAL II : $\frac{R_B}{D_{90}} < 7{,}1$, $R_B = h$.
BEDDINGVORM :
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGSGEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN
CHUTES AND POOLS
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 11{,}1$ $\left(\frac{R_B}{D_{90}} = 7{,}1\right)$
YV/YVX = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.16



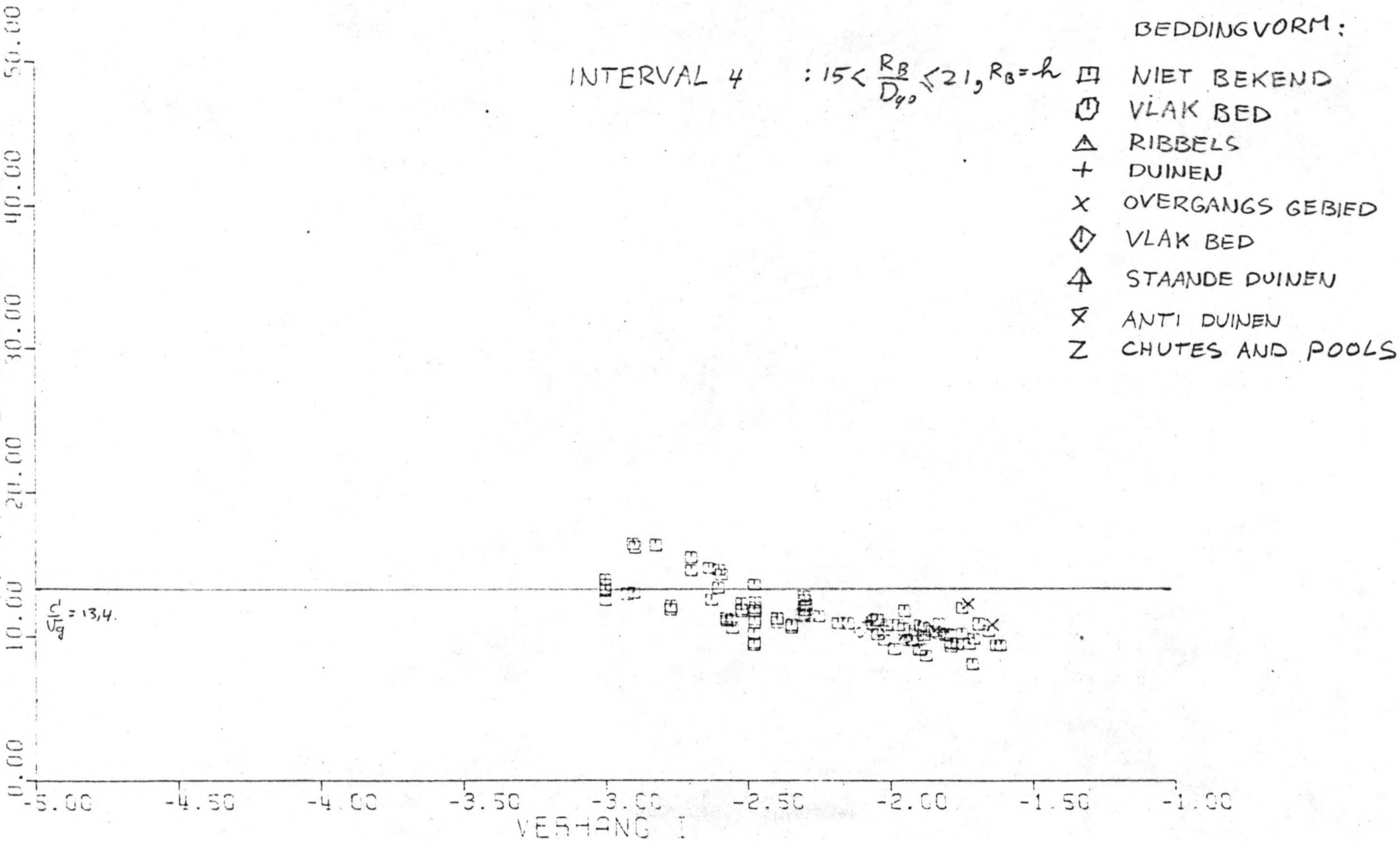
INTERVAL 2 : $7,1 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 10$, $R_B = h$
BEDDINGVORM :
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN
CHUTES AND POOLS
YV/YV* = C/SQRT(G)
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 11,6$
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III .17



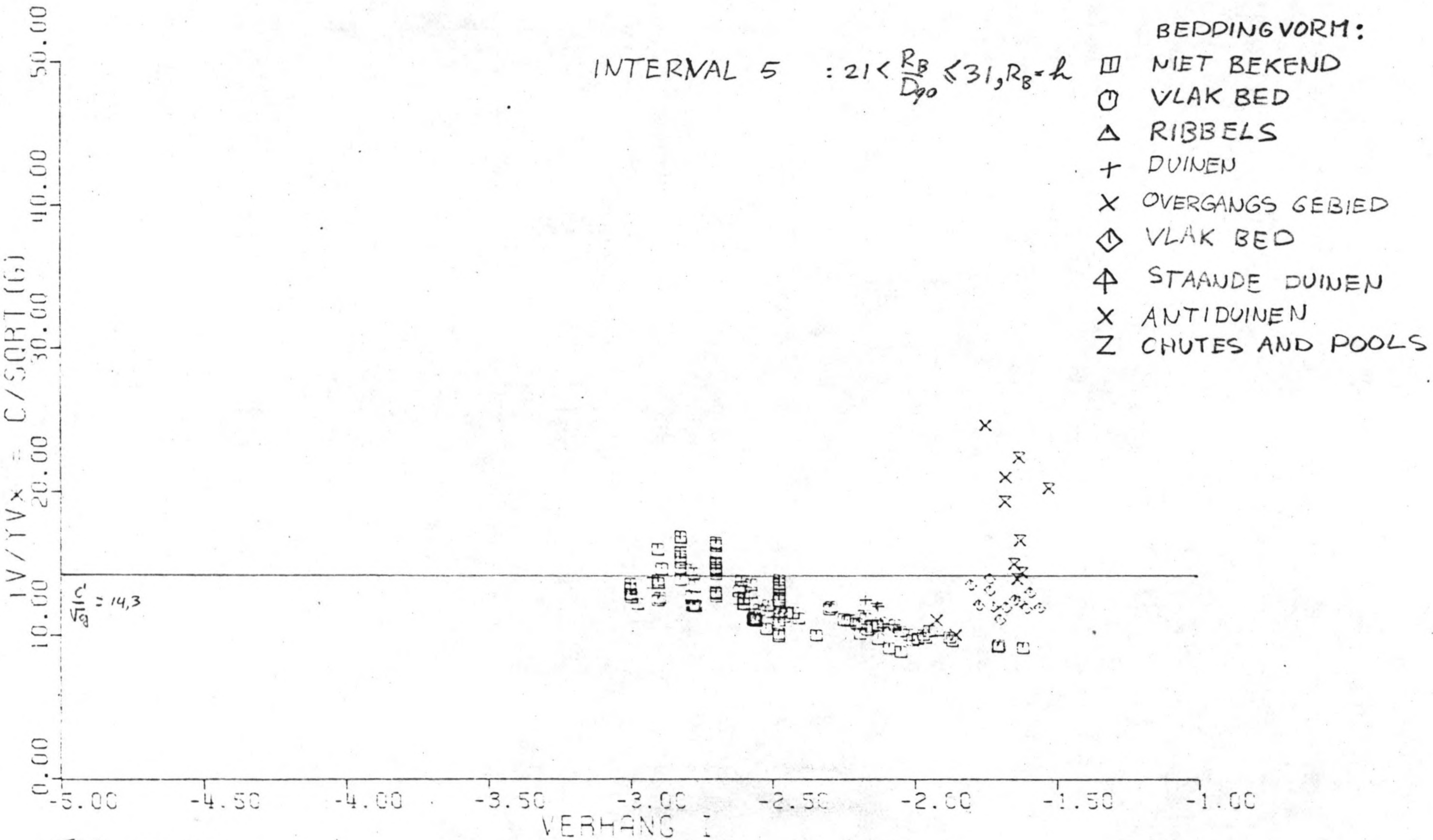
INTERVAL 3 $: 10 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 15, R_B = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 12,5$
YV/YVx = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG. III.18



INTERVAL 4 : $15 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 21, R_B = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 13,4.$
YV/YVX = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG. III.19



INTERVAL 5 : $21 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 31, R_B = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN
CHUTES AND POOLS
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 14,3$
IV/IVX = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.20

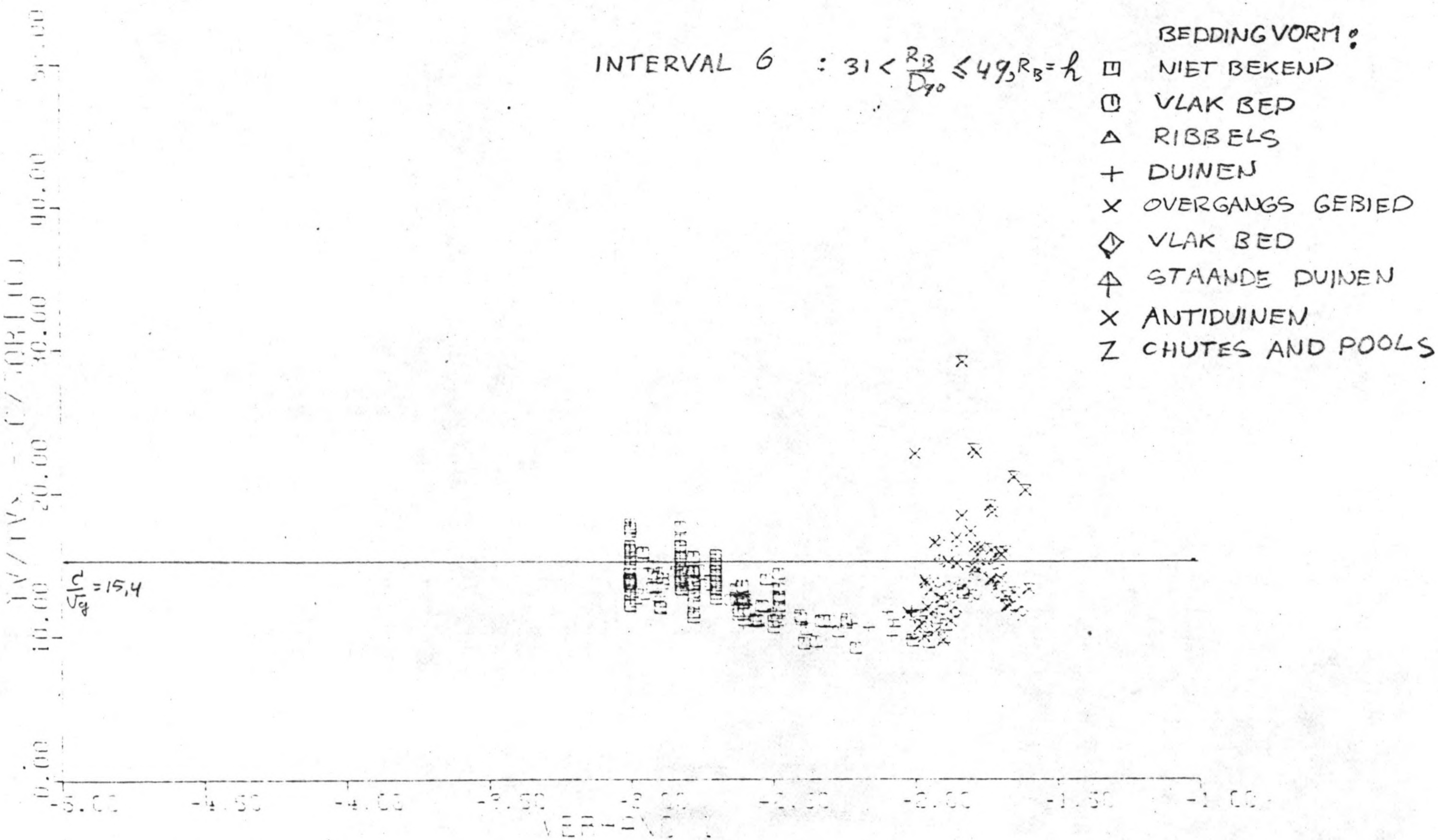
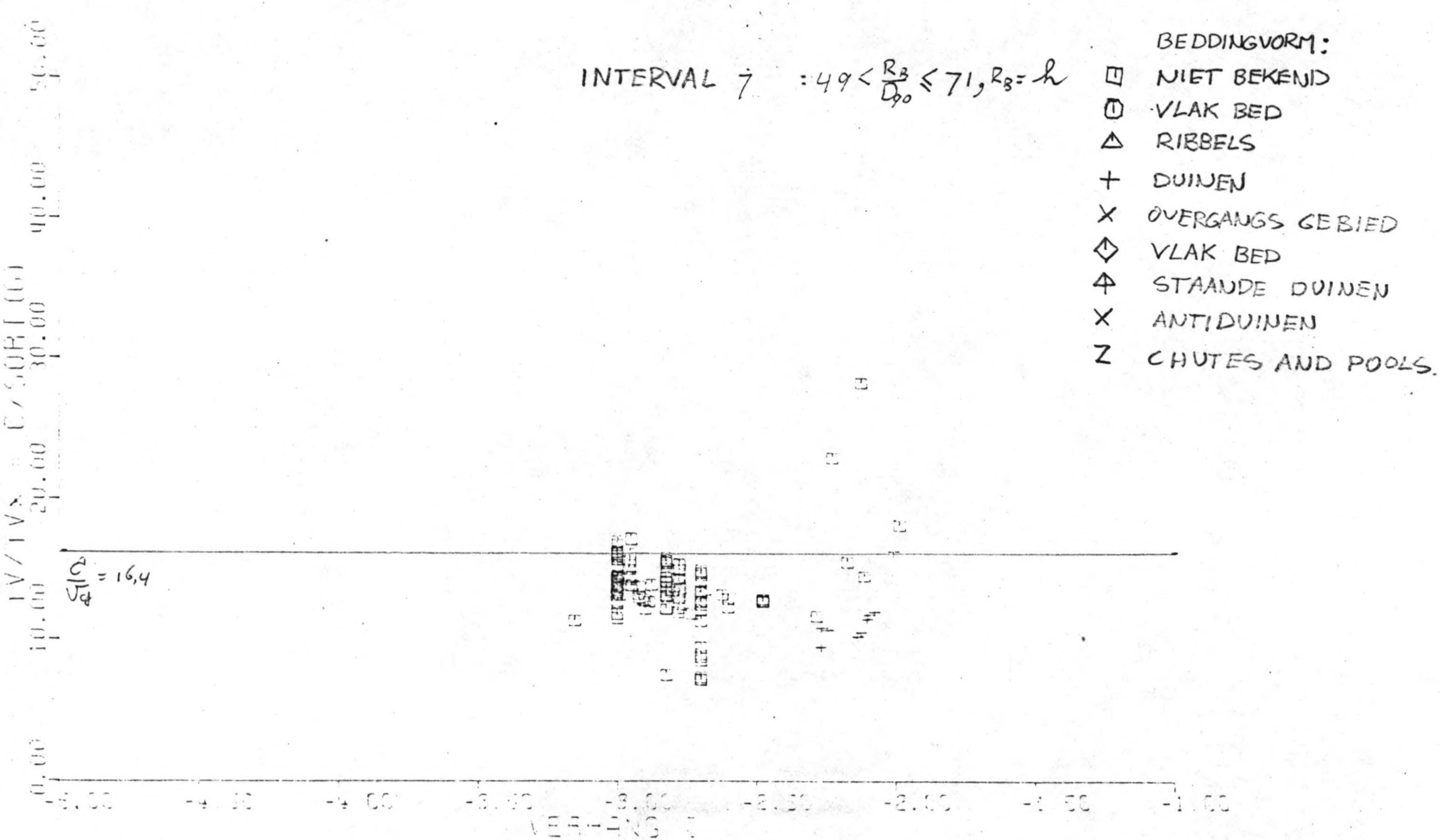

INTERVAL 6 : $31 < \frac{R_B}{D_{90}} \leqslant 49, R_B = h$
BEDDINGVORM :
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN
CHUTES AND POOLS
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 15,4$
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00

FIG III.21



INTERVAL 7 : $49 < \frac{R_B}{D_{90}} \leqslant 71, R_B = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN
CHUTES AND POOLS.
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 16,4$
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.00
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00

FIG III.22

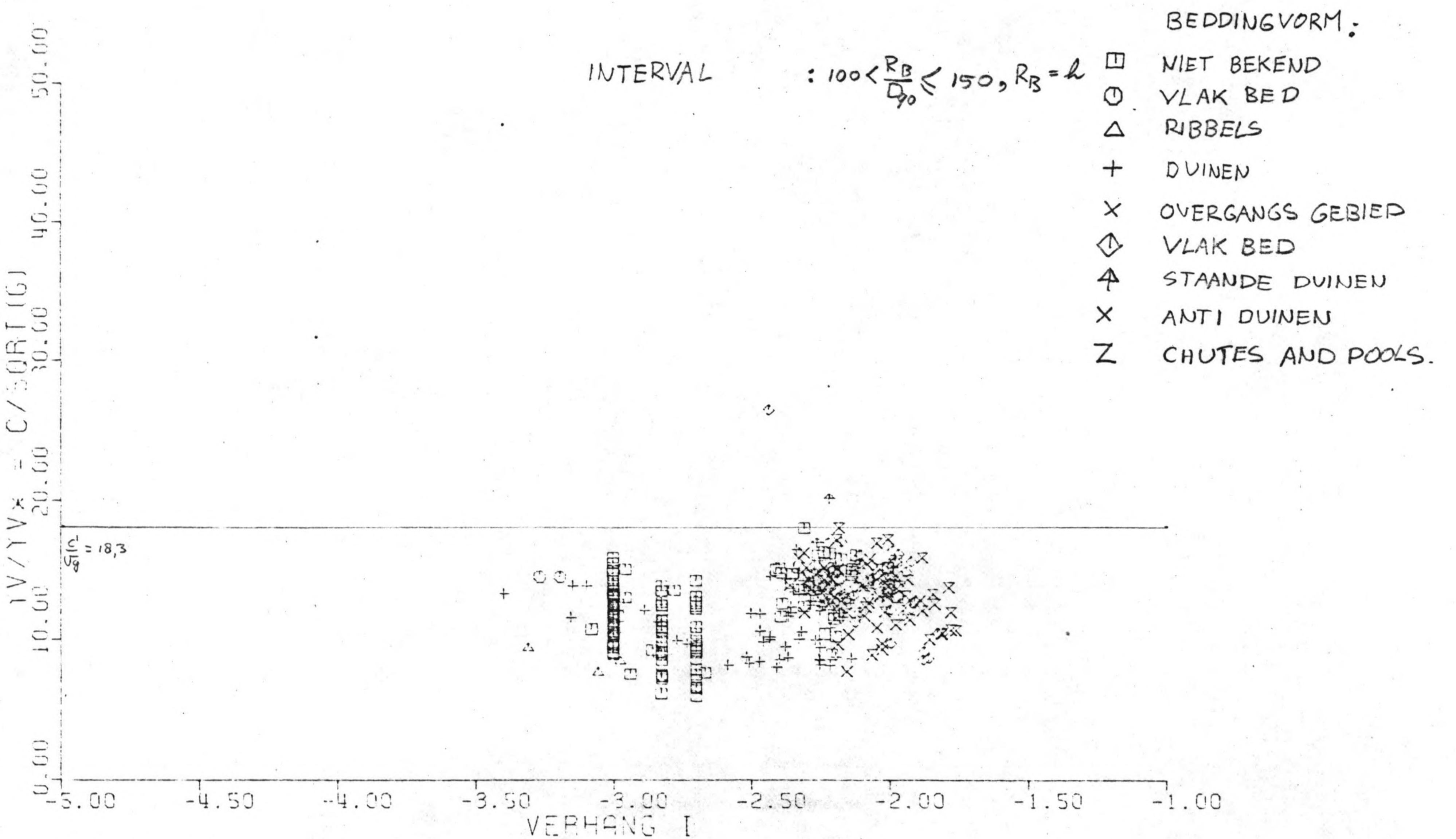
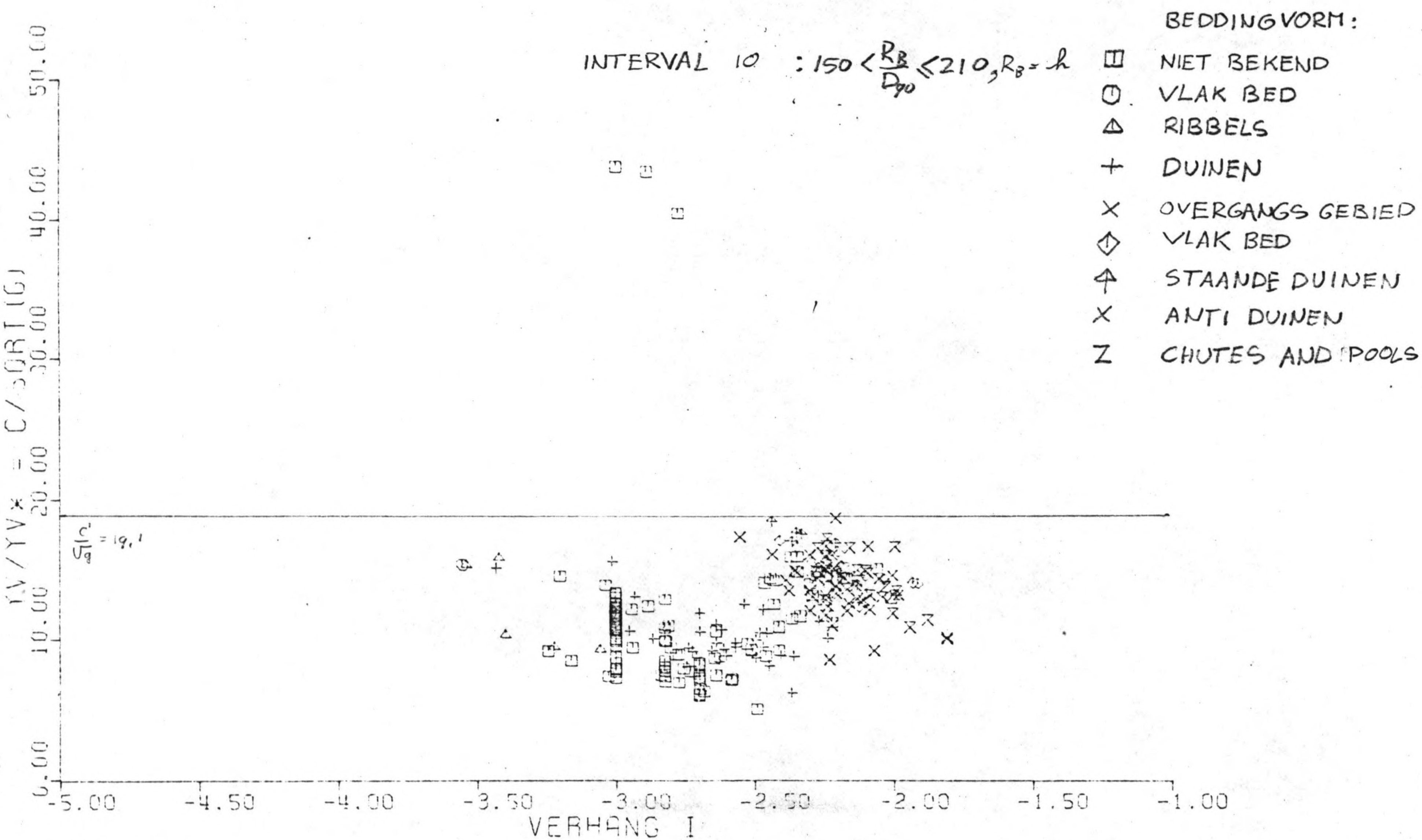

INTERVAL
$: 100 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 150, R_B = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS.
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 18,3$
IV/IV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.23



INTERVAL 10 : $150 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 210, R_B = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 19,1$
CV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.24

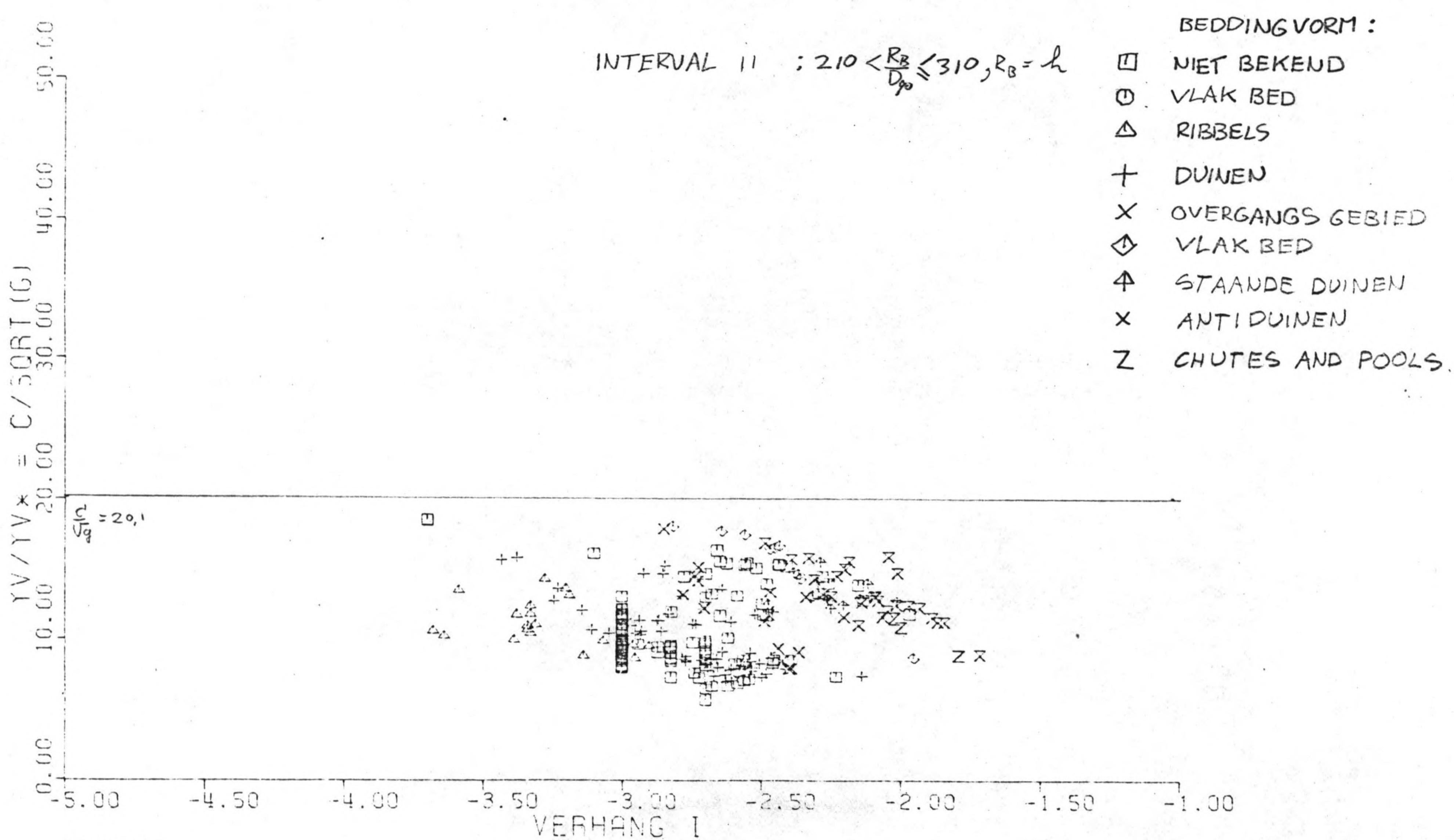
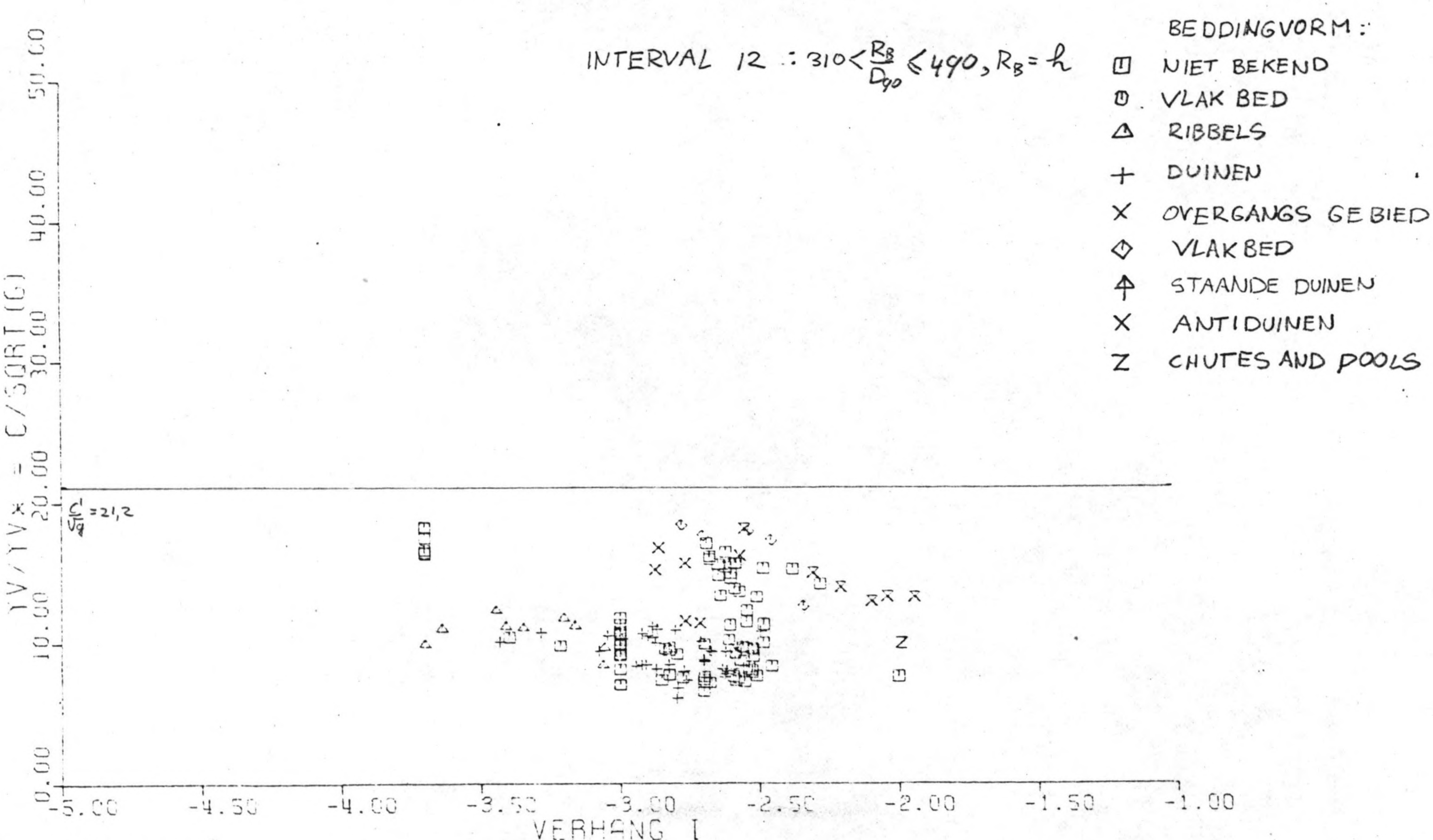

INTERVAL 11 ; $210 < \frac{R_B}{D_{90}} \leqslant 310, R_B = h$
BEDDINGVORM :
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
Z CHUTES AND POOLS.
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 20,1$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III .25



INTERVAL 12 : $310 < \frac{R_B}{D_{90}} \leqslant 490$, $R_B = h$
BEDDINGVORM :
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAKBED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN
Z CHUTES AND POOLS
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 21,2$
TV/TV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.26

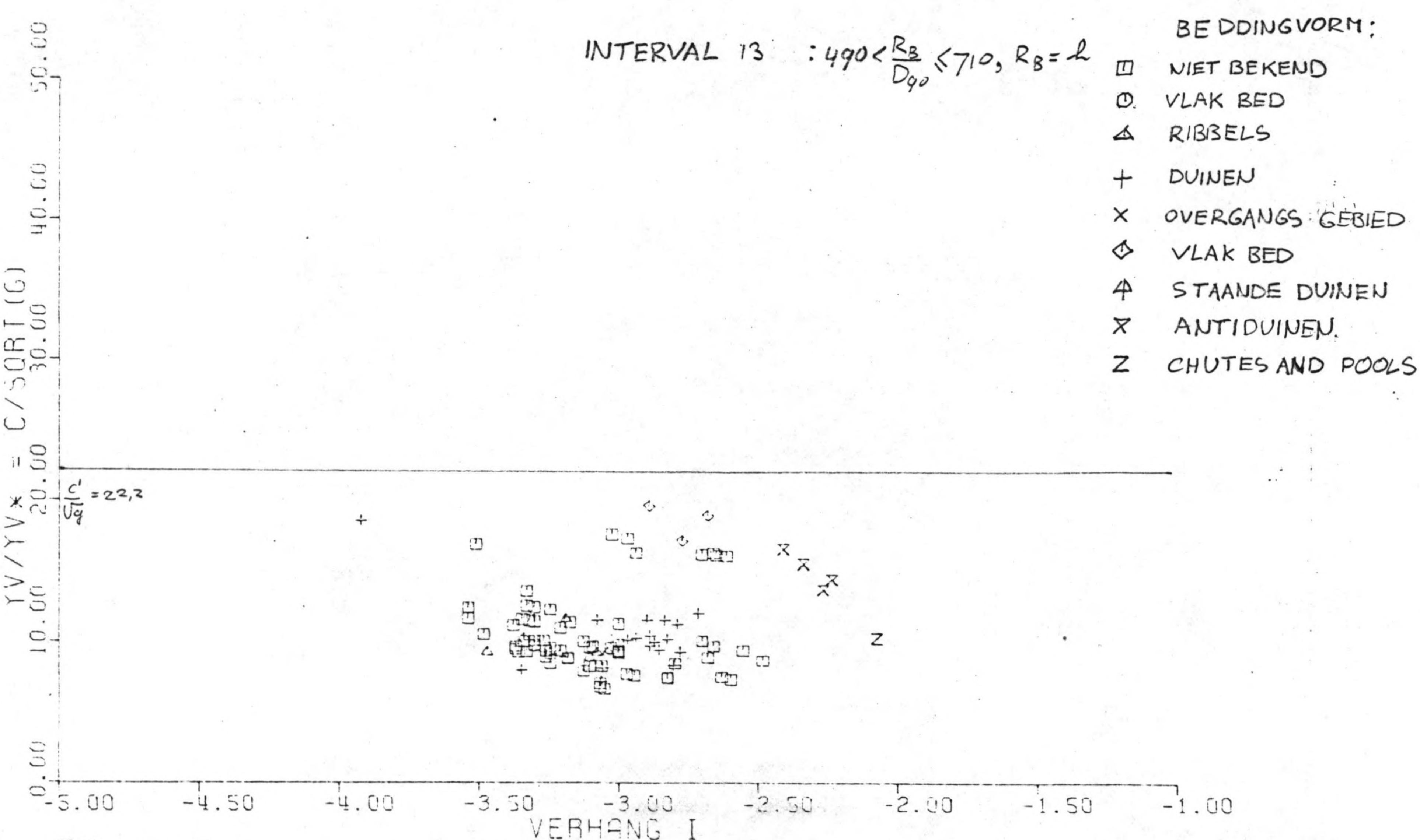

INTERVAL 13 : $490 < \frac{R_B}{D_{90}} \leq 710$, $R_B = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTIDUINEN.
CHUTES AND POOLS
$\frac{C'}{\sqrt{g}} = 22,2$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.27

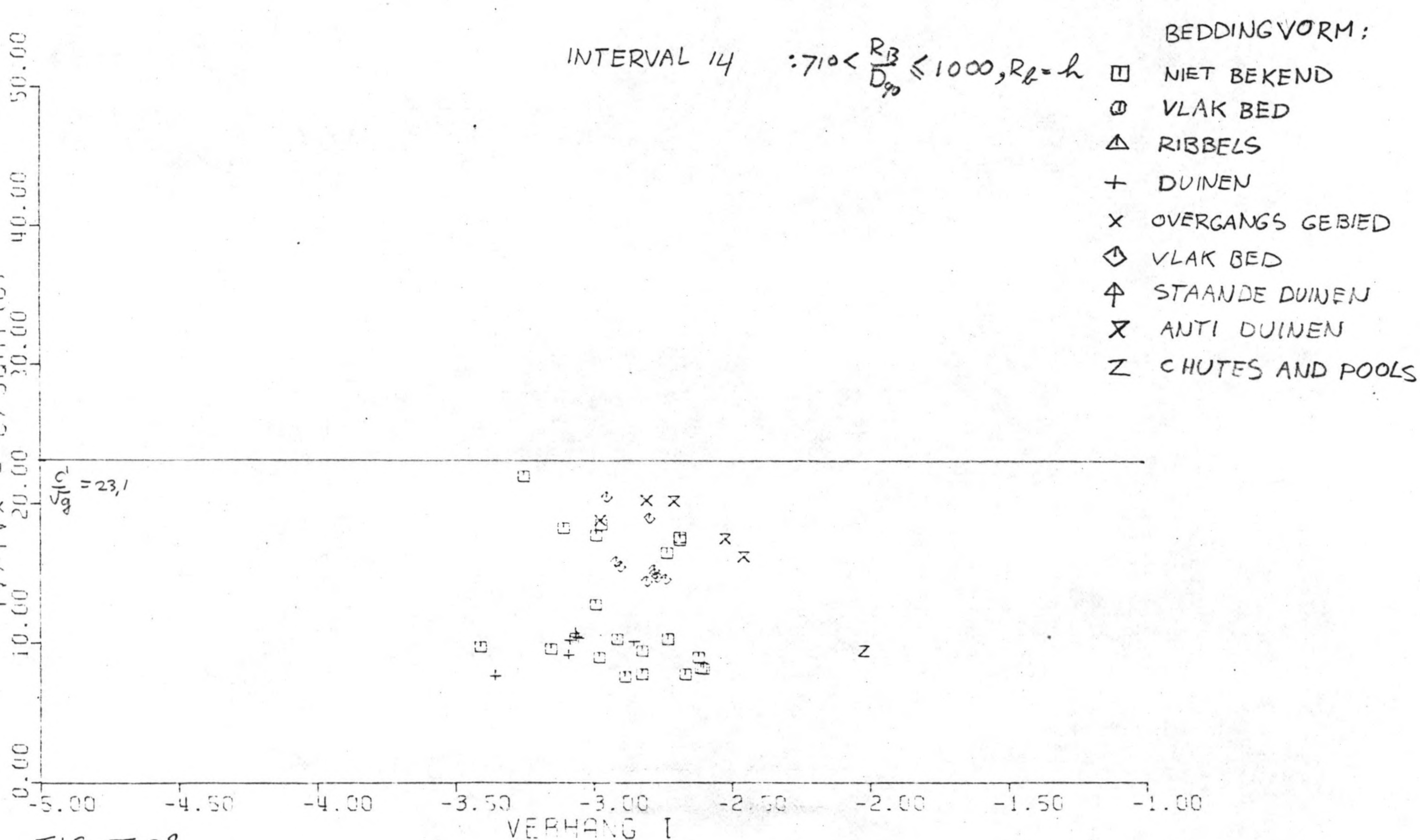
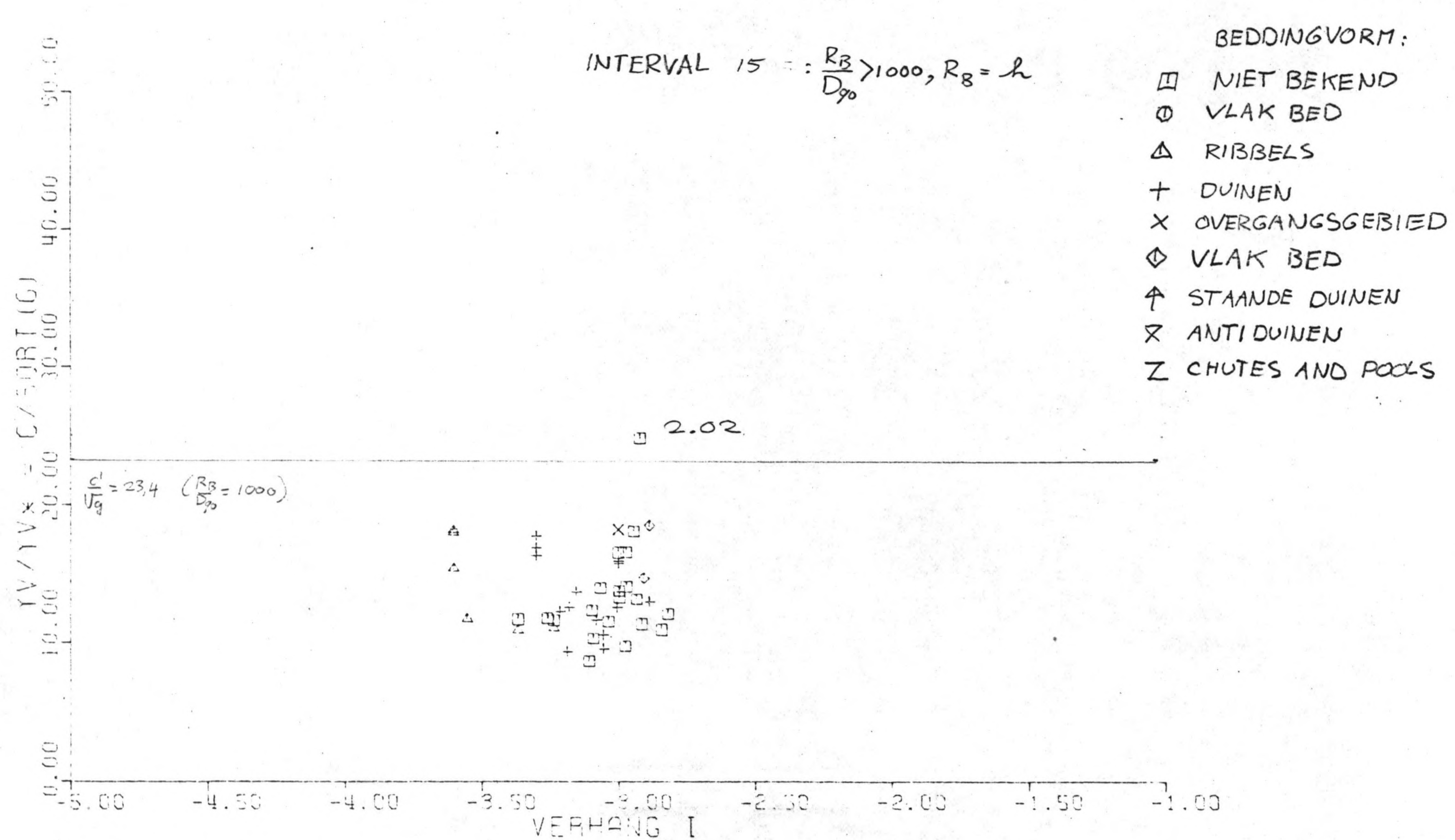

INTERVAL 14 : $710 < \frac{R_B}{D_{90}} \leqslant 1000, R_b = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGS GEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
$\frac{C}{\sqrt{g}} = 23,1$
IV/TV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.28



INTERVAL 15 =: $\frac{R_B}{D_{90}} > 1000$, $R_B = h$
BEDDINGVORM:
NIET BEKEND
VLAK BED
RIBBELS
DUINEN
OVERGANGSGEBIED
VLAK BED
STAANDE DUINEN
ANTI DUINEN
CHUTES AND POOLS
2.02
$\frac{c'}{\sqrt{g}} = 23{,}4$ $\left(\frac{R_B}{D_{90}} = 1000\right)$
YV/YV* = C/SQRT(G)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
-5.00
-4.50
-4.00
-3.50
-3.00
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
VERHANG I

FIG III.29