

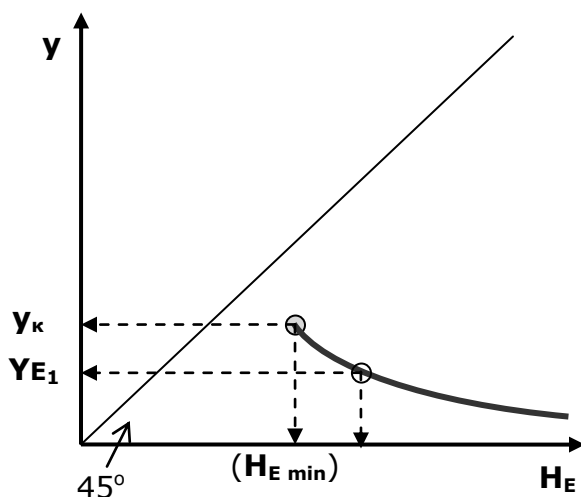
2.8 Εναλλακτά πραγματικά βάθη - δεδομένες Παροχή Q και Ειδική Ενέργεια H_E - Πρόβλημα T5

2.8.1 Γενικά στοιχεία

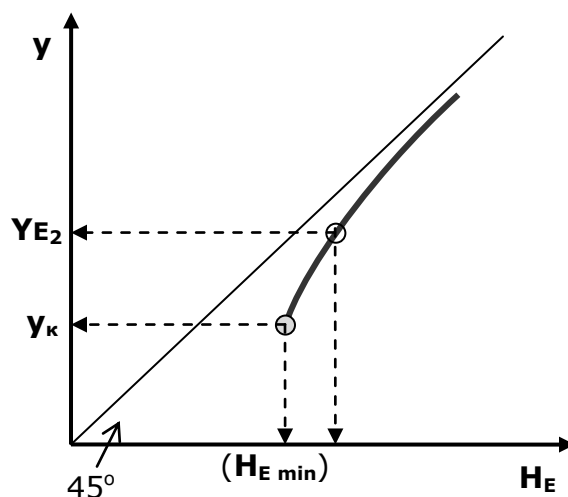
- Στα δύο πρώτα βασικά προβλήματα ασχοληθήκαμε με τον υπολογισμό του κρίσιμου βάθους, δηλαδή της διπλής ρίζας της εξίσωσης (3) – (βλ. 2.1.2). Εδώ θα γενικεύσουμε με τον υπολογισμό των δύο εναλλακτών βαθών. Υπενθυμίζεται ότι:

- Ένα εναλλακτό βάθος: Y_{E1} είναι **μικρότερο** από το **κρίσιμο βάθος** $y_k(Q)$ για τη δεδομένη παροχή Q και η **ροή** με αυτό είναι **υπερκρίσιμη** – Σχήμα 1α.
- Ένα εναλλακτό βάθος: Y_{E2} είναι **μεγαλύτερο** από το **κρίσιμο βάθος** $y_k(Q)$ για τη δεδομένη παροχή Q και η **ροή** με αυτό είναι **υποκρίσιμη** – Σχήμα 1β.

Με βάση τη δεδομένη Q



Σχήμα 1α



Σχήμα 1β

- Στα σύνθετα – πρακτικά προβλήματα, τα οποία θα χειριστούμε σε επόμενα Κεφάλαια είναι συνήθως γνωστό το ποιο από τα δύο βάθη Y_{E1} ή Y_{E2} επιθυμούμε να υπολογίσουμε. Εδώ παρουσιάζεται συνολικώς η μεθοδολογία και οι ιδιαιτερές διαδικασίες υπολογισμού καθενός από τα δύο εναλλακτά βάθη.
 - Σε όλες τις περιπτώσεις **προηγείται** ο **υπολογισμός** του **κρίσιμου βάθους** $y_k(Q)$ – για τη δεδομένη παροχή από το Πρόβλημα T1 (βλ. 2.5).
 - Τονίζεται ότι εφ' εξής για λόγους οικονομίας και απλότητας τα βάθη Y_{E1} και Y_{E2} θα συμβολίζονται ως Y_1 και Y_2 .

- Στη σχέση (3): $H_E = Y + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E^2(Y)}$ οι δύο όροι Y και $\frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E^2(Y)}$

έχουν σημαντικώς διαφορετική αριθμητική βαρύτητα αναλόγως του χαρακτηρισμού της ροής ως **υπερκρίσιμης** ή **υποκρίσιμης** και της **εγγύτητας** του βάθους Y με το κρίσιμο βάθος $y_k(Q)$.

Τούτο διευκολύνει τις διαδικασίες υπολογισμού με αριθμητική προσέγγιση.

- Όταν το δεδομένο H_E είναι αρκούντως μεγαλύτερο από το H_{Emin} - δηλαδή τα προς υπολογισμό Y_1 ή Y_2 έχουν τιμή αρκούντως απέχουσα από το $y_k(Q)$:

- ο Στην υπερκρίσιμη ροή: μικρά βάθη - μεγάλες ταχύτητες είναι:

$$Y_1 \ll \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E^2(Y_1)} \text{ άρα } \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E^2(Y_1)} \rightarrow H_E \text{ και } Y_1 \rightarrow 0$$

- ο Στην υποκρίσιμη ροή: μεγάλα βάθη - μικρές ταχύτητες είναι:

$$Y_2 \gg \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E^2(Y_2)} \text{ άρα } Y_2 \rightarrow H_E$$

- Όταν το δεδομένο H_E είναι ολίγον μεγαλύτερο από το H_{Emin} - δηλαδή τα προς υπολογισμό Y_1 ή Y_2 έχουν τιμή ολίγον απέχουσα από το $y_k(Q)$:

- ο Στην υπερκρίσιμη ροή είναι: $Y_1 \rightarrow y_k$

- ο Στην υποκρίσιμη ροή είναι: $Y_2 \rightarrow y_k$

- Προσοχή! Στα πραγματικά προβλήματα αποφεύγεται για τεχνικούς λόγους ο σχεδιασμός για τιμές πραγματικών βαθών, οι οποίες τείνουν είτε στο κρίσιμο βάθος, ή βεβαίως σε πολύ μικρό - μηδενικό βάθος!

Επομένως, οι παρακάτω προτεινόμενες διαδικασίες και τα όρια ακρίβειας - προσέγγισης των υπολογισμών (συνήθως **1~ 5%**) έχουν κυρίως αξία μόνο για κανονικές - ενδιάμεσες τιμές.

Σημειώνεται και ο επιπλέον περιορισμός στα πραγματικά προβλήματα των τιμών του βάθους ροής σε κυκλικές διατομές: $Y_2/d < 0,7$.

- Σε όλες τις προτεινόμενες προσεγγιστικές διαδικασίες υπολογισμού των Y_1 και Y_2 το **αποδεκτό όριο σύγκλισης** ορίζεται ως σχετική **διαφορά** δύο **διαδοχικών τιμών**.

Οι τιμές Y_{1v+1} ή Y_{2v+1} είναι αποδεκτές όταν:

- ο $\frac{|Y_{1v+1} - Y_{1v}|}{Y_{1v}} \leq L_{imit} \% \text{ (55α)}$

- ο $\frac{|Y_{2v+1} - Y_{2v}|}{Y_{2v}} \leq L_{imit} \% \text{ (55β)}$

- ο Το **όριο L_{imit}** **ορίζεται κατά περίπτωση** και γενικώς είναι: **1 < L_{imit} < 5**

2.8.2 Ορθογωνική διατομή με πλάτος **b**

$$(3) \rightarrow H_E = Y + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot b^2 \cdot Y^2} \rightarrow H_E = Y + \frac{A_1}{Y^2} \quad (56), \text{ όπου } A_1 = \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot b^2} \quad (56a)$$

Υπολογισμός **Y₁ – υπερκρίσιμη** ροή: $Y_{1v+1} = \left(\frac{A_1}{H_E - Y_{1v}} \right)^{1/2} \quad (57)$

• Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης $Y_{11} = \alpha_1 \cdot H_E \quad (57a)$

$\frac{Y_K}{H_E}$	0,67	0,65	0,63	$\geq 0,62$
$\alpha_1 = \frac{Y_{11}}{H_E}$	0,67	0,56	0,50	$1,355 \cdot \left(\frac{Y_K}{H_E} \right)^2 - 0,175 \cdot \left(\frac{Y_K}{H_E} \right) + 0,052$

• Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $Y_{12} = \left(\frac{A_1}{H_E - Y_{11}} \right)^{1/2} \quad (57\beta)$

• Ελέγχουμε: $\frac{|Y_{12} - Y_{11}|}{Y_{11}} \leq 1\% \quad (55a)$

• Συνεχίζουμε με χρήση της (57), έως ότου ικανοποιηθεί η (55a).

Υπολογισμός **Y₂ – υποκρίσιμη** ροή: $Y_{2v+1} = H_E - \frac{A_1}{Y_{v+1}^2} \quad (58)$

• Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης: $Y_{21} = \alpha_2 \cdot H_E \quad (58a)$

$\frac{Y_K}{H_E}$	0,67	0,65	0,63	$\geq 0,62$
$\alpha_2 = \frac{Y_{21}}{H_E}$	0,67	0,77	0,81	$-1,66 \cdot \left(\frac{Y_K}{H_E} \right)^2 + 1,07 \cdot \left(\frac{Y_K}{H_E} \right) + 0,805$

• Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $Y_{22} = H_E - \frac{A_1}{Y_{21}^2} \quad (58\beta)$

• Ελέγχουμε: $\frac{|Y_{22} - Y_{21}|}{Y_{21}} \leq 1\% \quad (55\beta)$

• Συνεχίζουμε με χρήση της (58), έως ότου ικανοποιηθεί η (55β).

- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m³/s]	H_E [m]	b [m]	y_K [m]	A₁ [m²]	y_K /H_E	
a₁	Y₁₁ [m]	Y₁₂ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁₃ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁ [m]
a₂	Y₂₁ [m]	Y₂₂ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂₃ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂ [m]

2.8.3 Τριγωνική συμμετρική διατομή με κλίση πρανών z

$$(3) \rightarrow H_E = Y + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot z^2 \cdot Y^4} \rightarrow H_E = Y + \frac{A_2}{Y^4} \quad (59), \text{ όπου } A_2 = \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot z^2} \quad (59a)$$

Υπολογισμός Y_1 – **υπερκρίσιμη** ροή: $Y_{1v+1} = \left(\frac{A_2}{H_E - Y_{1v}} \right)^{0,25} \quad (60)$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης $Y_{11} = \alpha_1 \cdot H_E \quad (60a)$

$\frac{y_k}{H_E}$	0,80	0,77	$\geq 0,76$
$\alpha_1 = \frac{Y_{11}}{H_E}$	0,80	0,68	$0,8 \cdot \left(\frac{y_k}{H_E} \right)^2 + 0,185 \cdot \left(\frac{y_k}{H_E} \right) + 0,036$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $Y_{12} = \left(\frac{A_2}{H_E - Y_{11}} \right)^{0,25} \quad (60\beta)$

- Ελέγχουμε: $\frac{|Y_{12} - Y_{11}|}{Y_{11}} \leq 1\% \quad (55a)$

- Συνεχίζουμε με χρήση της (60), έως ότου ικανοποιηθεί η (55a).

Υπολογισμός Y_2 – **υποκρίσιμη** ροή: $Y_{2v+1} = H_E - \frac{A_2}{Y_{2v}^4} \quad (61)$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης $Y_{21} = \alpha_2 \cdot H_E \quad (61a)$

$\frac{y_k}{H_E}$	0,80	0,79	$\geq 0,78$
$\alpha_2 = \frac{Y_{21}}{H_E}$	0,80	0,86	$-2,875 \cdot \left(\frac{y_k}{H_E} \right)^2 + 3,45 \cdot \left(\frac{y_k}{H_E} \right) - 0,06$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $Y_{22} = H_E - \frac{A_2}{Y_{21}^4}$ (61β)

- Ελέγχουμε: $\frac{|Y_{22} - Y_{21}|}{Y_{21}} \leq 1\%$ (55β)

- Συνεχίζουμε με χρήση της (61), έως ότου ικανοποιηθεί η (55β).
- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	H _E [m]	z	A ₂ [m ²]	y _κ /H _E

α ₁	Y ₁₁ [m]	Y ₁₂ [m]	δ Y ₁ [%]	Y ₁₃ [m]	δ Y ₁ [%]	Y ₁ [m]

α ₂	Y ₂₁ [m]	Y ₂₂ [m]	δ Y ₂ [%]	Y ₂₃ [m]	δ Y ₂ [%]	Y ₂ [m]

2.8.4 Τριγωνική Μη -συμμετρική διατομή με κλίσεις πρανών **z₁** , **z₂**

Διαδικασία της συμμετρικής διατομής (βλ. 2.8.3), θέτοντας όπου **z** το $\bar{z} = \frac{z_1 + z_2}{2}$

2.8.5 Τραπεζοειδής συμμετρική διατομή με πλάτος **b** και κλίση πρανών **z**

$$(3) \rightarrow H_E = Y + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot (b + z \cdot Y)^2 \cdot Y^2} \rightarrow H_E = Y + \frac{A_3}{\left(1 + \frac{z}{b} \cdot Y\right)^2 \cdot Y^2} \quad (62)$$

Όπου: $A_3 = \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot b^2}$ (62α)

Υπολογισμός **Y₁ – υπερκρίσιμη** ροή: $Y_{1v+1} = \left(\frac{A_3}{H_E - Y_{1v}} \right)^{1/2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{z}{b} \cdot Y_{1v}}$ (63)

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης $Y_{11} = \alpha_1 \cdot H_E$ (63α)

$\frac{Y_{\kappa}}{H_E}$	Περιοχή κοντά στο κρίσιμο βάθος	$\geq 0,67$
$\alpha_1 = \frac{Y_{11}}{H_E}$	$Y_{11} \approx y_{\kappa}$	$1,355 \cdot \left(\frac{Y_{\kappa}}{H_E} \right)^2 - 0,175 \cdot \left(\frac{Y_{\kappa}}{H_E} \right) + 0,052$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή:
$$Y_{12} = \left(\frac{A_3}{H_E - Y_{11}} \right)^{1/2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{z}{b} \cdot Y_{11}} \quad (63\beta)$$

- Ελέγχουμε:
$$\frac{|Y_{12} - Y_{11}|}{Y_{11}} \leq 1\% \quad (55a)$$

- Συνεχίζουμε με χρήση της (63), έως ότου ικανοποιηθεί η (55a).

Υπολογισμός **Y₂ – υποκρίσιμη** ροή:
$$Y_{2v+1} = H_E - \frac{A_3}{\left(1 + \frac{z}{b} \cdot Y_{2v} \right)^2 Y_{2v}^2} \quad (64)$$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης $Y_{21} = \alpha_2 \cdot H_E \quad (64a)$

$\frac{y_k}{H_E}$	Περιοχή κοντά στο κρίσιμο βάθος	$\geq 0,67$
$\alpha_2 = \frac{Y_{21}}{H_E}$	$Y_{21} \approx y_k$	$-1,66 \cdot \left(\frac{y_k}{H_E} \right)^2 + 1,07 \cdot \left(\frac{y_k}{H_E} \right) + 0,805$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή:
$$Y_{22} = H_E - \frac{A_3}{\left(1 + \frac{z}{b} \cdot Y_{21} \right)^2 Y_{21}^2} \quad (64\beta)$$

- Ελέγχουμε:
$$\frac{|Y_{22} - Y_{21}|}{Y_{21}} \leq 1\% \quad (55\beta)$$

- Συνεχίζουμε με χρήση της (64), έως ότου ικανοποιηθεί η (55β).

- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	H_E [m]	b [m]	z	y_k [m]	A₃ [m ²]	y_k/H_E
a₁	Y ₁₁ [m]	Y ₁₂ [m]	δ Y ₁ [%]	Y ₁₃ [m]	δ Y ₁ [%]	Y₁ [m]
a₂	Y ₂₁ [m]	Y ₂₂ [m]	δ Y ₂ [%]	Y ₂₃ [m]	δ Y ₂ [%]	Y₂ [m]

2.8.6 Τραπεζοειδής Μη -συμμετρική διατομή με πλάτος **b και κλίσεις πρανών **z₁** , **z₂****

Διαδικασία της συμμετρικής διατομής (βλ. 2.8.5), θέτοντας όπου **z** το
$$\bar{z} = \frac{z_1 + z_2}{2}$$

2.8.7 Κυκλική διατομή με διάμετρο d

$$(3) \rightarrow H_E = Y + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E^2(Y)} \rightarrow H_E = Y + \frac{A_4}{E^2(Y)} \quad (65), \text{ όπου } A_4 = \frac{Q^2}{2 \cdot g} \quad (65a)$$

Στο τεχνικώς χρήσιμο πεδίο τιμών σχεδιασμού $0,15 \leq \frac{Y}{d} \leq 0,70$ είναι:

$$\frac{E}{d^2} = 0,165 \cdot \left(\frac{Y}{d}\right)^2 + 0,81 \cdot \left(\frac{Y}{d}\right) - 0,057 \quad (50)$$

$$\frac{Y}{d} = -0,195 \cdot \left(\frac{E}{d^2}\right)^2 + 1,185 \cdot \left(\frac{E}{d^2}\right) + 0,07 \quad (50a)$$

Υπολογισμός Y_1 – **υπερκρίσιμη** ροή: $E_{1v+1} = \left(\frac{A_4}{H_E - Y_{1v}}\right)^{1/2} \quad (66)$

και $Y_{1v+1} = \left[-0,195 \cdot \left(\frac{E_{1v+1}}{d^2}\right)^2 + 1,185 \cdot \left(\frac{E_{1v+1}}{d^2}\right) + 0,07 \right] \cdot d \quad (50a)$

• Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης: $Y_{11} = \alpha_1 \cdot H_E \quad (66a)$

$\frac{Y_{\kappa}}{H_E}$	0,74	0,72	> 0,71
$\alpha_1 = \frac{Y_{11}}{H_E}$	1,00	0,87	$\left(\frac{Y_{\kappa}}{H_E}\right)^{1,66}$

• Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $E_{12} = \left(\frac{A_4}{H_E - Y_{11}}\right)^{1/2} \quad (66\beta)$

και $Y_{12} = \left[-0,195 \cdot \left(\frac{E_{12}}{d^2}\right)^2 + 1,185 \cdot \left(\frac{E_{12}}{d^2}\right) + 0,07 \right] \cdot d \quad (50a)$

• Ελέγχουμε: $\frac{|Y_{12} - Y_{11}|}{Y_{11}} \leq 2\% \quad (55a)$

• Συνεχίζουμε με χρήση των (66) και (50a) , έως ότου ικανοποιηθεί η (55a).

Υπολογισμός **Y₂ – υποκρίσιμη** ροή: $Y_{2v+1} = H_E - \frac{A_4}{E_{2v}^2}$ (67)

και $E_{2v} = \left[0,165 \cdot \left(\frac{Y_{2v}}{d} \right)^2 + 0,81 \cdot \left(\frac{Y_{2v}}{d} \right) - 0,057 \right] \cdot d^2$ (50)

• Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης: $Y_{21} = \alpha_2 \cdot H_E$ (67a)

$\frac{Y_K}{H_E}$	0,74	0,72	> 0,71
$\alpha_2 = \frac{Y_{21}}{H_E}$	0,73	0,83	$-1,83 \cdot \left(\frac{Y_K}{H_E} \right)^2 + 1,685 \cdot \left(\frac{Y_K}{H_E} \right) + 0,585$

→ $E_{21} = \left[0,165 \cdot \left(\frac{Y_{21}}{d} \right)^2 + 0,81 \cdot \left(\frac{Y_{21}}{d} \right) - 0,057 \right] \cdot d^2$ (50)

• Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $Y_{22} = H_E - \frac{A_4}{E_{21}^2}$ (67β)

• Ελέγχουμε: $\frac{|Y_{22} - Y_{21}|}{Y_{21}} \leq 2\%$ (55β)

• Συνεχίζουμε με χρήση των (67) και (50) , έως ότου ικανοποιηθεί η (55β).

• Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	H _E [m]	d [m]	y _K [m]	A ₄ [m ⁵]	y _K /H _E

α ₁	Y ₁₁ [m]	E ₁₂ [m ²]	E ₁₂ /d ²	Y ₁₂ [m]	δ Y ₁ [%]	Y ₁ [m]

α ₂	Y ₂₁ [m]	Y ₂₁ /d	E ₁₂ [m ²]	Y ₂₂ [m]	δ Y ₂ [%]	Y ₂ [m]

2.8.8 Σύνθετη – γεωμετρική διατομή ∇ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

- Πρώτο μας μέλημα είναι να προσδιορίζουμε **σε ποια διατομή** (μικρή ή μεγάλη) εμφανίζονται τα δύο βάθη Y_1 και Y_2 . Τα κριτήρια λαμβάνουν υπόψη το συνδυασμό των σχέσεων μεταξύ των εξής μεγεθών:
 - Βάθος της μικρής διατομής $y_{μικρή}$ και κρίσιμο βάθος $y_k(Q)$ - από το **Τ1**.
 - Ειδική ενέργεια της μικρής διατομής $H_{Εμικρη}(Q)$ και Ειδική ενέργεια H_E .
- Οι **συνδυασμοί** αυτοί οδηγούν στα **συμπεράσματα** του παρακάτω πίνακα:

	$H_E < H_{Εμικρη}(Q)$	$H_E > H_{Εμικρη}(Q)$
$y_k(Q) > y_{μικρή}$	$Y_2 \rightarrow \text{μεγάλη}$ $Y_1 \rightarrow \text{μεγάλη}$	$Y_2 \rightarrow \text{μεγάλη}$ $Y_1 \rightarrow \text{μικρή}$
$y_k(Q) < y_{μικρή}$	$Y_2 \rightarrow \text{μικρή}$ $Y_1 \rightarrow \text{μικρή}$	

Όπου: $H_{Εμικρη}(Q) = y_{μικρη} + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E_{μικρη}^2}$

- Εις τη συνέχεια θα επικεντρωθούμε **μόνο** εις τον υπολογισμό των Y_1 και Y_2 όταν εμφανίζονται στη **μεγάλη** διατομή.
Προφανώς ο υπολογισμός τους, όταν εμφανίζονται στη **μικρή** διατομή, γίνεται με την αντίστοιχη στη μορφή της διαδικασία!
- Όταν η **μεγάλη** διατομή είναι **ορθογωνική** προτείνεται αριθμητική διαδικασία, ενώ είναι δυνατό να εφαρμοσθεί και η γραφική μέθοδος (βλ. 2.8.9).
- Όταν η **μεγάλη** διατομή είναι **τραπεζοειδής** υπάρχει μεν αντίστοιχη αριθμητική διαδικασία, αλλά είναι σαφώς ευχερέστερο να εφαρμοσθεί η γραφική μέθοδος (βλ. 2.8.9).

Μεγάλη διατομή **ορθογωνική**:

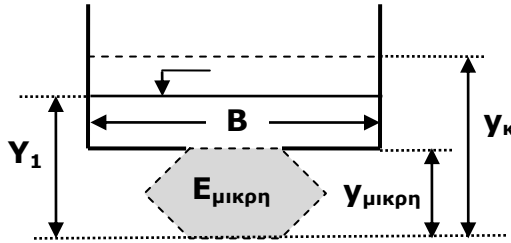
$$(3) \rightarrow H_E = Y + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E^2(Y)} \rightarrow H_E = Y + \frac{A_5}{\left[(Y - y_{μικρη}) + \frac{E_{μικρη}}{B} \right]^2} \quad (68),$$

$$\text{όπου } A_5 = \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot B^2} \quad (68a)$$

Υπολογισμός Y_1 – **υπερκρίσιμη** ροή, όταν το Y_1 είναι στη **μεγάλη** διατομή.

Η διαδικασία εφαρμόζεται **μόνον** όταν (βλ. πίνακα συνδυασμών / συμπερασμάτων):

$$H_E < H_{E_{\text{μικρη}}} (Q) \text{ και } y_{\kappa} (Q) > y_{\text{μικρη}}$$



$$Y_{1v+1} = \left(\frac{A_5}{H_E - Y_{1v}} \right)^{1/2} - \frac{E_{\text{μικρη}}}{B} + y_{\text{μικρη}} \quad (69)$$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης $Y_{11} = y_{\text{μικρη}} + \frac{y_{\kappa} + y_{\text{μικρη}}}{2}$ (69α)

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $Y_{12} = \left(\frac{A_5}{H_E - Y_{11}} \right)^{1/2} - \frac{E_{\text{μικρη}}}{B} + y_{\text{μικρη}}$ (69β)

- Συνεχίζουμε με χρήση της (69), έως όπου ικανοποιηθεί η (55α).

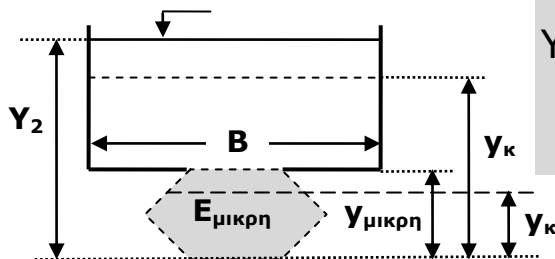
- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	H _E [m]	E _{μικρη} [m ²]	y _{μικρη} [m]	B [m]	y _κ [m]	A ₅ [m ³]
Y ₁₁ [m]	Y ₁₂ [m]	δ Y ₁ [%]	Y ₁₃ [m]	δ Y ₁ [%]	Y ₁ [m]	

Υπολογισμός Y_2 – **υποκρίσιμη** ροή, όταν το Y_2 είναι στη **μεγάλη** διατομή.

Η διαδικασία εφαρμόζεται όταν (βλ. πίνακα συνδυασμών / συμπερασμάτων):

$$H_E < H_{E_{\text{μικρη}}} (Q) \text{ και } y_{\kappa} (Q) > y_{\text{μικρη}}, \text{ ή } H_E > H_{E_{\text{μικρη}}} (Q)$$



$$Y_{2v+1} = H_E - \frac{A_5}{\left[(Y_{2v} - y_{\text{μικρη}}) + \frac{E_{\text{μικρη}}}{B} \right]^2} \quad (70)$$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης $Y_{21} = 0,95 \cdot H_E$ (70α)

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή:
$$Y_{22} = H_E - \frac{A_5}{\left[(Y_{21} - y_{\text{μικρη}}) + \frac{E_{\text{μικρη}}}{B} \right]^2} \quad (70\beta)$$

- Ελέγχουμε:
$$\frac{|Y_{22} - Y_{21}|}{Y_{21}} \leq 3\% \quad (55\beta)$$

- Συνεχίζουμε με χρήση της (70), έως ότου ικανοποιηθεί η (55β)

- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	H _E [m]	E _{μικρη} [m ²]	y _{μικρη} [m]	B [m]	y _κ [m]	A ₅ [m ³]

Y ₂₁ [m]	Y ₂₂ [m]	δ Y ₂ [%]	Y ₂₃ [m]	δ Y ₂ [%]	Y ₂ [m]

2.8.9 Φυσική – τυχαία διατομή ‡ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

- Η προτεινόμενη μέθοδος βασίζεται στην κατασκευή διαγράμματος $\left\{ \frac{Y}{H_E} \uparrow, Q \rightarrow \right\}$, όπου η παροχή **Q υπολογίζεται με** βάση τη **δεδομένη Ειδική Ενέργεια H_E** (βλ. 2.1.2 - Σχήμα 2).
- Το διάγραμμα αυτό έχει το πλεονέκτημα να είναι **κλειστό**, με μηδενικές τιμές της παροχής στα όρια: $\frac{Y}{H_E} = 0 \rightarrow Q = 0$ και $\frac{Y}{H_E} = 1 \rightarrow Q = 0$

Ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

- Προσεγγίζουμε τη διατομή με απλές γεωμετρικές διατομές
- Υπολογίζουμε σε κάθε μία από αυτές το **E_n(Y)** - Πίνακας **Σ1**

- Κατασκευάζουμε το διάγραμμα $\left\{ \frac{Y}{H_E} \uparrow, Q \rightarrow \right\}$

όπου:
$$Q = E(Y) \cdot [2 \cdot g \cdot (H_E - Y)]^{1/2} \quad (71)$$

- Τοποθετούμε την τιμή του **Q** στο διάγραμμα, λαμβάνουμε τα **Y₁ / H_E** και **Y₂ / H_E**.
- Υπολογίζουμε τα **Y₁** και **Y₂**.

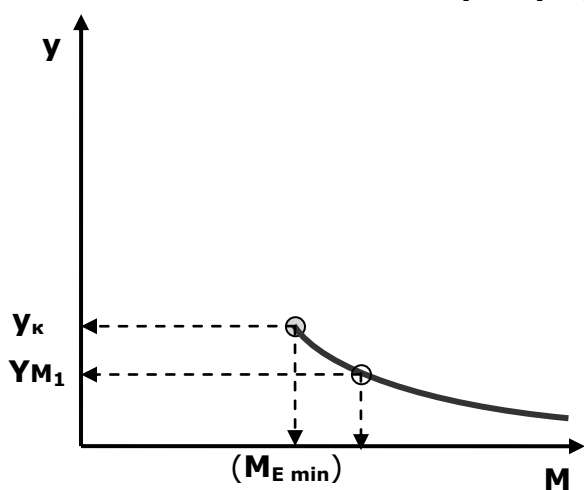
Η μέθοδος αξιοποιείται στην εφαρμογή 2.10.1

2.9 Συζυγή πραγματικά βάθη – δεδομένες Παροχή Q και Ειδική Δύναμη M - Πρόβλημα T6

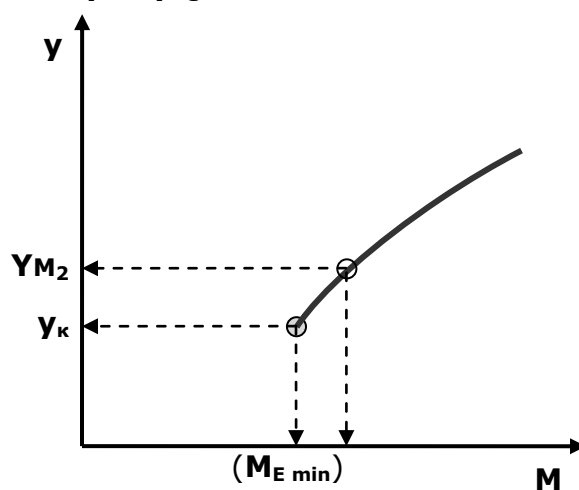
2.9.1 Γενικά στοιχεία

- Θα συνεχίσουμε να γενικεύουμε με τον υπολογισμό των δύο εναλλακτών βαθών. Υπενθυμίζεται ότι:
 - Ένα συζυγές βάθος: Y_{M_1} είναι **μικρότερο από το κρίσιμο βάθος $y_k(Q)$** για τη δεδομένη παροχή Q και η **ροή** με αυτό είναι **υπερκρίσιμη** – Σχήμα 3α.
 - Ένα συζυγές βάθος: Y_{M_2} είναι **μεγαλύτερο από το κρίσιμο βάθος $y_k(Q)$** για τη δεδομένη παροχή Q και η **ροή** με αυτό είναι **υποκρίσιμη** – Σχήμα 3β.

Με βάση τη δεδομένη Q



Σχήμα 3α



Σχήμα 3β

- Στα σύνθετα – πρακτικά προβλήματα, τα οποία θα χειριστούμε σε επόμενα Κεφάλαια είναι συνήθως γνωστό το ποιο από τα δύο βάθη Y_{M_1} ή Y_{M_2} επιθυμούμε να υπολογίσουμε. Εδώ παρουσιάζεται συνολικώς η μεθοδολογία και οι ιδιαιτερές διαδικασίες υπολογισμού καθενός από τα δύο συζυγή βάθη.
 - Σε όλες τις περιπτώσεις **προηγείται ο υπολογισμός του κρίσιμου βάθους $y_k(Q)$** – για τη δεδομένη παροχή από το Πρόβλημα T1 (βλ. 2.5).
 - Τονίζεται ότι εφ' εξής για λόγους οικονομίας και απλότητας τα βάθη Y_{M_1} και Y_{M_2} θα συμβολίζονται ως Y_1 και Y_2 .
- Στη σχέση (7): $M = \frac{Q^2}{g \cdot E(Y)} + E(Y) \cdot \tilde{Y}(Y)$ οι δύο όροι $E(Y) \cdot \tilde{Y}(Y)$ και $\frac{Q^2}{g \cdot E(Y)}$ έχουν σημαντικώς διαφορετική αριθμητική βαρύτητα αναλόγως του χαρακτηρισμού της ροής ως **υπερκρίσιμης** ή **υποκρίσιμης** και της **εγγύτητας** του βάθους Y με το κρίσιμο βάθος $y_k(Q)$.
Τούτο διευκολύνει τις διαδικασίες υπολογισμού με αριθμητική προσέγγιση.
- Όταν το δεδομένο M είναι αρκούντως μεγαλύτερο από το M_{min} - δηλαδή τα προς υπολογισμό Y_1 ή Y_2 έχουν τιμή αρκούντως απέχουσα από το $y_k(Q)$:

- ο Στην υπερκρίσιμη ροή: μικρά βάθη – μεγάλες ταχύτητες είναι:

$$E(Y_1) \cdot \tilde{Y}(Y_1) \ll \frac{Q^2}{g \cdot E(Y_1)} \text{ άρα } \frac{Q^2}{g \cdot E(Y_1)} \rightarrow M \text{ και } Y_1 \rightarrow 0$$

- ο Στην υποκρίσιμη ροή: μεγάλα βάθη – μικρές ταχύτητες είναι:

$$E(Y_2) \cdot \tilde{Y}(Y_2) \gg \frac{Q^2}{g \cdot E(Y_2)} \text{ άρα } E(Y_2) \cdot \tilde{Y}(Y_2) \rightarrow M$$

- Όταν το δεδομένο **M** είναι ολίγον μεγαλύτερο από το **M_{min}** - δηλαδή τα προς υπολογισμό **Y₁** ή **Y₂** έχουν τιμή ολίγον απέχουσα από το **y_κ(Q)**:
 - ο Στην υπερκρίσιμη ροή είναι: **Y₁ → y_κ**
 - ο Στην υποκρίσιμη ροή είναι: **Y₂ → y_κ**
- Προσοχή! Στα πραγματικά προβλήματα αποφεύγεται για τεχνικούς λόγους ο σχεδιασμός για τιμές πραγματικών βαθών, οι οποίες τείνουν είτε στο κρίσιμο βάθος, ή βεβαίως σε πολύ μικρό - μηδενικό βάθος!
Επομένως, οι παρακάτω προτεινόμενες διαδικασίες και τα όρια ακρίβειας – προσέγγισης των υπολογισμών (συνήθως **1~ 5%**) έχουν κυρίως αξία μόνο για κανονικές – ενδιάμεσες τιμές.
Σημειώνεται και ο επιπλέον περιορισμός στα πραγματικά προβλήματα των τιμών του βάθους ροής σε κυκλικές διατομές: **Y₂/d < 0,7**.
- Σε όλες τις προτεινόμενες προσεγγιστικές διαδικασίες υπολογισμού των **Y₁** και **Y₂** το **αποδεκτό όριο σύγκλισης** ορίζεται ως σχετική **διαφορά** δύο **διαδοχικών τιμών**.
Οι τιμές **Y_{1v+1}** ή **Y_{2v+1}** είναι αποδεκτές όταν:

$$\frac{|Y_{1v+1} - Y_{1v}|}{Y_{1v}} \leq L_{\text{imit}} \% \quad (55a)$$

$$\frac{|Y_{2v+1} - Y_{2v}|}{Y_{2v}} \leq L_{\text{imit}} \% \quad (55b)$$

Το **όριο L_{imit}** **ορίζεται κατά περίπτωση** και γενικώς είναι: **1 < L_{imit} < 5**

2.9.2 Ορθογωνική διατομή με πλάτος **b**

$$(7) \rightarrow M = \frac{b \cdot Y^2}{2} + \frac{Q^2}{g \cdot b \cdot Y} \rightarrow \frac{2 \cdot M}{b} = Y^2 + \frac{A_1}{Y} \quad (72), \text{ όπου } A_1 = \frac{2 \cdot Q^2}{g \cdot b^2} \quad (72a)$$

Υπολογισμός **Y₁ – υπερκρίσιμη** ροή:
$$Y_{1v+1} = \frac{A_1}{\frac{2 \cdot M}{b} - Y_{1v}^2} \quad (73)$$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης
$$Y_{11} = \frac{A_1}{\frac{2 \cdot M}{b} - 0,25 \cdot Y_{\kappa}^2} \quad (73a)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή:
$$Y_{12} = \frac{A_1}{\frac{2 \cdot M}{b} - Y_{11}^2} \quad (73\beta)$$

- Ελέγχουμε:
$$\frac{|Y_{12} - Y_{11}|}{Y_{11}} \leq 1\% \quad (55a)$$

- Συνεχίζουμε με χρήση της (73), έως ότου ικανοποιηθεί η (55a).

Υπολογισμός **Y₂ – υποκρίσιμη** ροή:
$$Y_{2v+1} = \left(\frac{2 \cdot M}{b} - \frac{A_1}{Y_v} \right)^{1/2} \quad (74)$$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης:
$$Y_{21} = \left(\frac{2 \cdot M}{b} - \frac{A_1}{0,8 \cdot \left(\frac{2 \cdot M}{b} \right)^{1/2}} \right)^{1/2} \quad (74a)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή:
$$Y_{22} = \left(\frac{2 \cdot M}{b} - \frac{A_1}{Y_{21}} \right)^{1/2} \quad (74\beta)$$

- Ελέγχουμε:
$$\frac{|Y_{22} - Y_{21}|}{Y_{21}} \leq 1\% \quad (55\beta)$$

- Συνεχίζουμε με χρήση της (74), έως ότου ικανοποιηθεί η (55β).

- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	M [m ³]	b [m]	y_κ [m]	A₁ [m ³]	2·M/b [m ²]
Y₁₁ [m]	Y₁₂ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁₃ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁ [m]
Y₂₁ [m]	Y₂₂ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂₃ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂ [m]

2.9.3 Τριγωνική συμμετρική διατομή με κλίση πρανών $z \neq$ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

$$(7) \rightarrow M = \frac{z \cdot Y^3}{3} + \frac{Q^2}{g \cdot z \cdot Y^2} \rightarrow \frac{3 \cdot M}{z} = Y^3 + \frac{A_2}{Y^2} \quad (75), \text{ όπου } A_2 = \frac{3 \cdot Q^2}{g \cdot z^2} \quad (75a)$$

Υπολογισμός **Y₁ – υπερκρίσιμη** ροή: $Y_{1v+1} = \left(\frac{A_2}{\frac{3 \cdot M}{z} - Y_{1v}^3} \right)^{1/2} \quad (76)$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης $Y_{11} = \left(\frac{A_2}{\frac{3 \cdot M}{z} - 0,125 \cdot Y_{\kappa}^3} \right)^{1/2} \quad (76a)$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $Y_{12} = \left(\frac{A_2}{\frac{3 \cdot M}{z} - Y_{11}^3} \right)^{1/2} \quad (76\beta)$

- Ελέγχουμε: $\frac{|Y_{12} - Y_{11}|}{Y_{11}} \leq 1\% \quad (55a)$

- Συνεχίζουμε με χρήση της (76), έως ότου ικανοποιηθεί η (55a).

Υπολογισμός **Y₂ – υποκρίσιμη** ροή: $Y_{2v+1} = \left(\frac{3 \cdot M}{z} - \frac{A_2}{Y_v^2} \right)^{1/3} \quad (77)$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης: $Y_{2v+1} = \left(\frac{3 \cdot M}{z} - \frac{A_2}{0,7 \cdot \left(\frac{3 \cdot M}{z} \right)^{2/3}} \right)^{1/3} \quad (77a)$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $Y_{22} = \left(\frac{3 \cdot M}{z} - \frac{A_2}{Y_{21}^2} \right)^{1/3}$ (77β)

- Ελέγχουμε: $\frac{|Y_{22} - Y_{21}|}{Y_{21}} \leq 1\%$ (55β)

- Συνεχίζουμε με χρήση της (77), έως ότου ικανοποιηθεί η (55β).

- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	M [m ³]	z	y_k [m]	A₂ [m ⁵]	3·M/z [m ³]

Y₁₁ [m]	Y₁₂ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁₃ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁ [m]

Y₂₁ [m]	Y₂₂ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂₃ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂ [m]

2.9.4 Τριγωνική Μη -συμμετρική διατομή με κλίσεις πρανών **z₁** , **z₂**

‡ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

Διαδικασία της συμμετρικής διατομής (βλ. 2.8.3), θέτοντας όπου **z** το $\bar{z} = \frac{z_1 + z_2}{2}$

2.9.5 Τραπεζοειδής συμμετρική διατομή με πλάτος **b** και κλίση πρανών **z**

‡ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

$$(7) \rightarrow M = E \cdot \tilde{Y} + \frac{Q^2}{g \cdot E} \rightarrow M = E \cdot \tilde{Y} + \frac{A_3}{E} \quad (75), \text{ όπου } A_3 = \frac{Q^2}{g} \quad (75a)$$

- $E = (b + z \cdot Y) \cdot Y \quad (76)$

- $Y = \frac{-b + (b^2 + 4 \cdot z \cdot E)^{1/2}}{2 \cdot z} \quad (77)$

- $E \cdot \tilde{Y} = \left(\frac{b}{2} + \frac{z}{3} \cdot Y \right) \cdot Y^2 \quad (78)$

- $\tilde{Y} = \frac{(3 \cdot b + 2 \cdot z \cdot Y) \cdot Y}{6 \cdot (b + z \cdot Y)} \quad (79)$

Υπολογισμός **Y₁ – υπερκρίσιμη** ροή:
$$E_{1v+1} = \frac{A_3}{M - E_{1v} \cdot \tilde{Y}_{1v}} \quad (80)$$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης του εμβαδού:
$$E_{11} = \frac{A_3}{M - 0,125 \cdot b \cdot y_k^2} \quad (80a)$$

- Υπολογίζουμε την 1^η τιμή των Y_{11} και $E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11}$:

$$Y_{11} = \frac{-b + (b^2 + 4 \cdot z \cdot E_{11})^{1/2}}{2 \cdot z} \quad (77)$$

$$\text{και } E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11} = \left(\frac{b}{2} + \frac{z}{3} \cdot Y_{11} \right) \cdot Y_{11}^2 \quad (78)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή του εμβαδού:
$$E_{12} = \frac{A_3}{M - E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11}} \quad (80\beta)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή του βάθους:
$$Y_{12} = \frac{-b + (b^2 + 4 \cdot z \cdot E_{12})^{1/2}}{2 \cdot z} \quad (77)$$

- Ελέγχουμε:
$$\frac{|Y_{12} - Y_{11}|}{Y_{11}} \leq 1\% \quad (55a)$$

- Συνεχίζουμε με χρήση των (80), (78) και (77), έως ότου ικανοποιηθεί η (55a).

Υπολογισμός **Y₁ – υποκρίσιμη** ροή:
$$E_{2v+1} = \frac{M - \frac{A_3}{E_{2v}}}{\tilde{Y}_{2v}} \quad (81)$$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης του βάθους:
$$Y_{21} = 0,80 \cdot \left(\frac{2 \cdot M}{b} \right)^{1/2} \quad (81a)$$

- Υπολογίζουμε την 1^η τιμή των E_{21} και $\tilde{Y}_{21}$:

$$E_{21} = (b + z \cdot Y_{21}) \cdot Y_{21} \quad (76) \text{ και } \tilde{Y}_{21} = \frac{(3 \cdot b + 2 \cdot z \cdot Y_{21}) \cdot Y_{21}}{6 \cdot (b + z \cdot Y_{21})} \quad (79)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή του εμβαδού:
$$E_{22} = \frac{M - \frac{A_3}{E_{21}}}{\tilde{Y}_{21}} \quad (81\beta)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή του βάθους:
$$Y_{22} = \frac{-b + (b^2 + 4 \cdot z \cdot E_{22})^{1/2}}{2 \cdot z} \quad (77)$$

- Ελέγχουμε:
$$\frac{|Y_{22} - Y_{21}|}{Y_{21}} \leq 1\% \quad (55\beta)$$

- Συνεχίζουμε με χρήση των (80), (77) και (79), έως ότου ικανοποιηθεί η (55β).

- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	M [m ³]	b [m]	z	y_κ [m]	A₃ [m ⁵]				
E₁₁ [m ²]	Y₁₁ [m]	E₁₁ · $\tilde{Y}_{11}$ [m ³]	E₁₂ [m ²]	Y₁₂ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁ [m]			
Y₂₁ [m]	E₂₁ [m ²]	$\tilde{Y}_{21}$ [m]	E₂₂ [m ²]	Y₂₂ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂ [m]			

2.9.6 Τραπεζοειδής Μη -συμμετρική διατομή με πλάτος **b** και κλίσεις πρανών **z₁** , **z₂**

Διαδικασία της συμμετρικής διατομής (βλ. 2.8.5), θέτοντας όπου **z** το
$$\bar{z} = \frac{z_1 + z_2}{2}$$

2.9.7 Κυκλική διατομή με διάμετρο **d**

$$(7) \rightarrow M = E \cdot \tilde{Y} + \frac{Q^2}{g \cdot E} \rightarrow \frac{M}{d^3} = \left(\frac{E \cdot \tilde{Y}}{d^3} \right) + \left(\frac{A_4}{\left(\frac{E}{d^2} \right)} \right) \quad (82), \text{ όπου } A_4 = \frac{Q^2}{g \cdot d^5} \quad (82a)$$

Στο τεχνικώς χρήσιμο πεδίο τιμών σχεδιασμού $0,15 \leq \frac{Y}{d} \leq 0,70$ είναι:

$$\frac{E}{d^2} = 0,165 \cdot \left(\frac{Y}{d} \right)^2 + 0,81 \cdot \left(\frac{Y}{d} \right) - 0,057 \quad (50)$$

$$\frac{Y}{d} = -0,195 \cdot \left(\frac{E}{d^2} \right)^2 + 1,185 \cdot \left(\frac{E}{d^2} \right) + 0,07 \quad (50a)$$

$$\frac{E \cdot \tilde{Y}}{d^3} = 0,435 \cdot \left(\frac{Y}{d} \right)^{2,4} \quad (50\beta)$$

$$\frac{Y}{d} = 1,415 \cdot \left(\frac{E \cdot \tilde{Y}}{d^3} \right)^{0,417} \quad (50\gamma)$$

Υπολογισμός **Y₁ – υπερκρίσιμη** ροή:
$$\frac{E_{1v+1}}{d^2} = \frac{A_4}{\frac{M}{d^3} - \frac{E_{1v} \cdot \tilde{Y}_{1v}}{d^3}} \quad (83)$$

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης του βάθους:
$$\frac{Y_{11}}{d} = \frac{0,60 \cdot \gamma_{\kappa}(Q)}{d} \quad (83a)$$

- Υπολογίζουμε την 1^η τιμή του $\frac{E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11}}{d^3}$:
$$\frac{E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11}}{d^3} = 0,435 \cdot \left(\frac{Y_{11}}{d}\right)^{2,4} \quad (50\beta)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή του εμβαδού:
$$\frac{E_{12}}{d^2} = \frac{A_4}{\frac{M}{d^3} - \frac{E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11}}{d^3}} \quad (83\beta)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή του βάθους:

$$\frac{Y_{12}}{d} = -0,195 \cdot \left(\frac{E_{12}}{d^2}\right)^2 + 1,185 \cdot \left(\frac{E_{12}}{d^2}\right) + 0,07 \quad (50a)$$

- Ελέγχουμε:
$$\frac{\left|\frac{Y_{12}}{d} - \frac{Y_{11}}{d}\right|}{\frac{Y_{11}}{d}} \leq 3\% \quad (55a)$$

- Συνεχίζουμε με χρήση των (83), (50β) και (50a) έως ότου ικανοποιηθεί η (55a)

Υπολογισμός **Y₂ – υποκρίσιμη** ροή:
$$\frac{E_{2v+1} \cdot \tilde{Y}_{2v+1}}{d^3} = \frac{M}{d^3} - \frac{A_4}{\left(\frac{E_{2v}}{d^2}\right)} \quad (84)$$

- Υπολογίζουμε τις χαρακτηριστικές – αδιάστατες – τιμές της ειδικής δύναμης:

- $\frac{M_{Lim}}{d^3} \approx 0,183 + 1,692 \cdot A_4$: **πρακτικώς οριακή** για $\frac{Y_2}{d} = 0,70$

- $\frac{M_{Half}}{d^3} \approx 0,083 + 2,547 \cdot A_4$: για $\frac{Y_2}{d} = 0,50$

- $\frac{M_{min}}{d^3}$: για $\frac{Y_2}{d} = \frac{\gamma_{\kappa}(Q)}{d}$

- Ελέγχουμε: Εάν $\frac{M}{d^3} > \frac{M_{Lim}}{d^3}$ υπάρχει **τεχνικό πρόβλημα!**
- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης του βάθους:
 - Εάν: $\frac{M_{min}}{d^3} < \frac{M_{min}}{d^3} \leq \frac{M_{Half}}{d^3} \rightarrow \frac{y_{\kappa}(Q)}{d} < \frac{Y_{21}}{d} < 0,5$ - χονδροειδής παρεμβολή
 - Εάν: $\frac{M_{Half}}{d^3} \leq \frac{M_{min}}{d^3} \leq \frac{M_{Lim}}{d^3} \rightarrow 0,5 < \frac{Y_{21}}{d} < 0,7$ - χονδροειδής παρεμβολή
- Υπολογίζουμε την 1^η τιμή του εμβαδού:

$$\frac{E_{21}}{d^2} = 0,165 \cdot \left(\frac{Y_{21}}{d}\right)^2 + 0,81 \cdot \left(\frac{Y_{21}}{d}\right) - 0,057 \quad (50)$$
- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή του $\frac{E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11}}{d^3}$: $\frac{E_{22} \cdot \tilde{Y}_{22}}{d^3} = \frac{M}{d^3} - \frac{A_4}{\left(\frac{E_{21}}{d^2}\right)} \quad (84\beta)$
- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή του βάθους: $\frac{Y_{22}}{d} = 1,415 \cdot \left(\frac{E_{22} \cdot \tilde{Y}_{22}}{d^3}\right)^{0,417} \quad (50\gamma)$
- Ελέγχουμε: $\frac{\left|\frac{Y_{22}}{d} - \frac{Y_{21}}{d}\right|}{\frac{Y_{21}}{d}} \leq 3\% \quad (55\beta)$
- Συνεχίζουμε με χρήση των (84), (50) και (50γ) έως ότου ικανοποιηθεί η (55β)
- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	M [m ³]	d [m]	y_κ [m]	A₄ [m ⁵]	M/d³

$\frac{Y_{11}}{d}$	$\frac{E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11}}{d^3}$	$\frac{E_{12}}{d^2}$	$\frac{Y_{12}}{d}$	$\delta \left(\frac{Y_1}{d}\right)$ [%]	Y₁ [m]

M_{Lim}/d³	M_{Half}/d³	M_{min}/d³

$\frac{Y_{21}}{d}$	$\frac{E_{21}}{d^2}$	$\frac{E_{21} \cdot \tilde{Y}_{21}}{d^3}$	$\frac{Y_{22}}{d}$	$\delta \left(\frac{Y_2}{d}\right)$ [%]	Y₂ [m]

2.9.8 Σύνθετη – γεωμετρική διατομή και Φυσική – *τυχαία* διατομή
‡ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

- Η προτεινόμενη μέθοδος βασίζεται στην κατασκευή διαγράμματος $\left\{ \frac{Y}{M} \uparrow, Q \rightarrow \right\}$, όπου η παροχή **Q υπολογίζεται με** βάση τη **δεδομένη Ειδική Δύναμη M** (βλ. 2.1.3 - Σχήμα 4).
- Το διάγραμμα αυτό έχει το πλεονέκτημα να είναι **κλειστό**, με μηδενικές τιμές της παροχής στα όρια.

Ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

- Προσεγγίζουμε τη διατομή με απλές γεωμετρικές διατομές
- Υπολογίζουμε σε κάθε μία από αυτές τα **E_n(Y)** και **γ̃_n(Y)**- Πίνακας **Σ1**

- Κατασκευάζουμε το διάγραμμα $\left\{ \frac{Y}{M} \uparrow, Q \rightarrow \right\}$

όπου: $Q = \left[(M - E(Y) \cdot \tilde{\gamma}(Y)) \cdot g \cdot E(Y) \right]^{1/2}$ (85)

- Τοποθετούμε την τιμή του **Q** στο διάγραμμα, λαμβάνουμε τα **Y₁ / M** και **Y₂ / M**.
- Υπολογίζουμε τα **Y₁** και **Y₂**.

2.10 Εφαρμογές υπολογισμού

2.10.1 Η εφαρμογή επικεντρώνεται στο Πρόβλημα **Τ5**

Οι παρακάτω αγωγοί μεταφέρουν παροχή **Q = 8,00 m³/s**,
με Ειδική Ενέργεια **H_E = 2,00 m**.

Να υπολογιστούν τα εναλλακτά πραγματικά βάθη της ροής **Y₁** και **Y₂**.

Ορθογωνική διατομή: **b = 4,0 m**. Από **Τ5** → **y_κ(Q) = 0,74 m** (βλ. 2.7.1)

Q [m ³ /s]	H_E [m]	b [m]	y_κ [m]	A₁ [m ³]	y_κ/H_E	
8,00	2,00	4,00	0,74	0,203874	0,370	
a ₁	Y ₁₁ [m]	Y ₁₂ [m]	δ Y ₁ [%]	Y ₁₃ [m]	δ Y ₁ [%]	Y₁ [m]
0,17275	0,34500	0,35098	+1,73	0,35162	+0,18 ✓	0,35
a ₂	Y ₂₁ [m]	Y ₂₂ [m]	δ Y ₂ [%]	Y₂ [m]		
0,97365	1,94729	1,94624	-0,05 ✓	1,95		

Τριγωνική συμμετρική διατομή: **z = 1,25**. Από **Τ5** → **y_κ(Q) = 1,53 m** (βλ. 2.7.1)

Q [m ³ /s]	H_E [m]	z	y_κ [m]	A₂ [m ⁵]	y_κ/H_E	
8,00	2,00	1,25	1,53	2,087666	0,765	
a ₁	Y ₁₁ [m]	Y ₁₂ [m]	δ Y ₁ [%]	Y ₁₃ [m]	δ Y ₁ [%]	Y₁ [m]
0,64571	1,29141	1,31014	+1,45	1,31894	+0,67 ✓	1,32
a ₂	Y ₂₁ [m]	Y ₂₂ [m]	δ Y ₂ [%]	Y₂ [m]		
0,89673	1,79346	1,79821	+0,26 ✓	1,80		

Τραπεζοειδής συμμετρική διατομή: **b = 4,0 m** , **z = 1,25**.

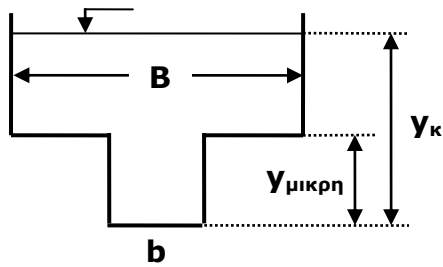
Από **Τ5** → **y_κ(Q) = 0,69 m** (βλ. 2.7.1)

Q [m³/s]	H_E [m]	b [m]	z	y_K [m]	A₃ [m³]	y_K /H_E
8,00	2,00	4,00	1,25	0,69	0,203874	0,345
a₁	Y₁₁ [m]	Y₁₂ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁₃ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁ [m]
0,15290	0,30581	0,31664	+3,54	0,31668	+0,01 ✓	0,32
a₂	Y₂₁ [m]	Y₂₂ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂₃ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂ [m]
0,97657	1,95314	1,97939	+1,34	1,98014	+0,04✓	1,98

Κυκλική διατομή: **d = 4,0 m**. Από **Τ5** → **y_κ(Q) = 1,12 m** (βλ. 2.7.1)

Q [m ³ /s]	H_E [m]	d [m]	y_κ [m]	A₄ [m ⁵]	y_κ/H_E	
8,00	2,00	4,00	1,12	3,261978	0,560	
a ₁	Y ₁₁ [m]	E ₁₂ [m ²]	E ₁₂ /d ²	Y ₁₂ [m]	δ Y ₁ [%]	Y₁ [m]
0,38194	0,76387	1,62446	0,10153	0,75321	-1,40 ✓	0,75
a ₂	Y ₂₁ [m]	Y ₂₁ /d	E ₂₁ [m ²]	Y ₂₂ [m]	δ Y ₂ [%]	Y₂ [m]
0,95471	1,90942	0,47736	5,87611	1,90553	-0,20 ✓	1,91

Σύνθετη – γεωμετρική διατομή - Μεγάλη διατομή ορθογωνική ‡ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)



$$b = 2,0 \text{ m}, y_{\mu\kappa\rho\eta} = 0,75 \text{ m}, B = 4,0 \text{ m}$$

$$\mathbf{T1} \rightarrow y_{\kappa}(Q) = \mathbf{1,12 \text{ m}} \text{ και } H_{E_{\mu\kappa\rho\eta}}(Q) = 0,75 + \frac{8^2}{2 \cdot g \cdot 1,5^2} \rightarrow \mathbf{H_{E_{\mu\kappa\rho\eta}}(Q) = 2,20 \text{ m}}$$

Είναι: $y_{\kappa}(Q) > y_{\mu\kappa\rho\eta}$ και $H_E < H_{E_{\mu\kappa\rho\eta}}(Q) \rightarrow Y_1$ και Y_2 στη μεγάλη διατομή.

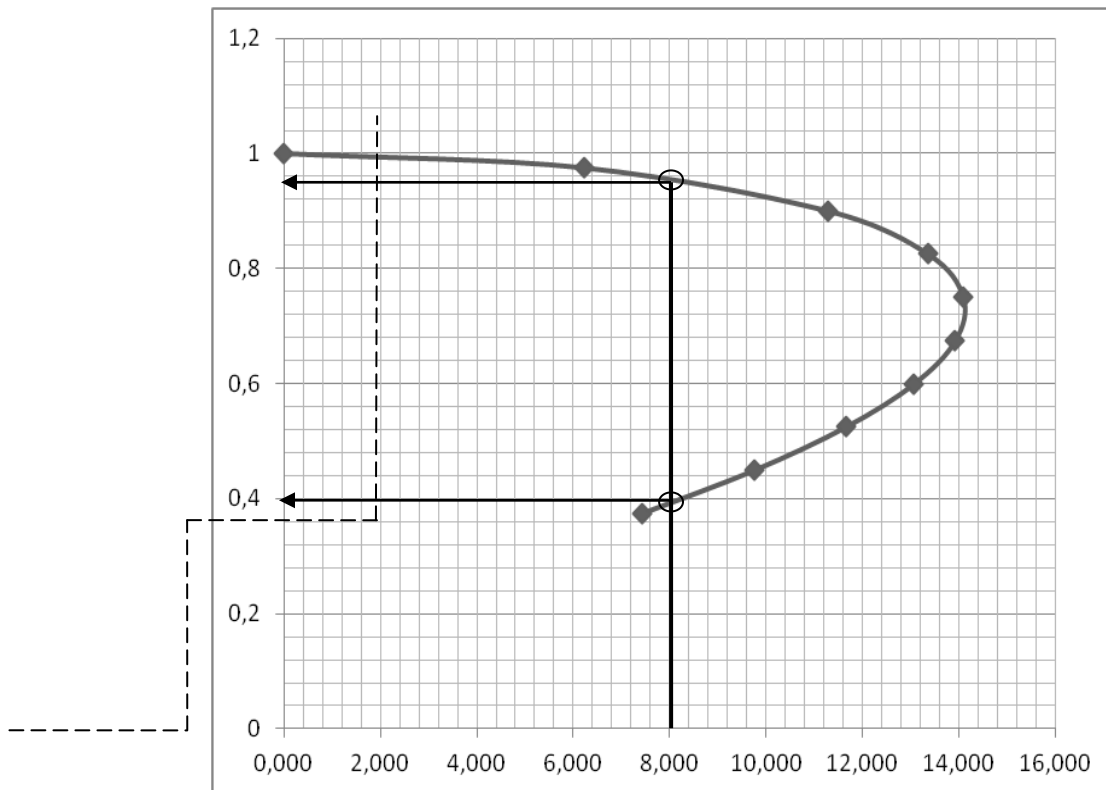
$Q \text{ [m}^3/\text{s]}$	$H_E \text{ [m]}$	$E_{\mu\kappa\rho\eta} \text{ [m}^2]$	$y_{\mu\kappa\rho\eta} \text{ [m]}$	$B \text{ [m]}$	$y_{\kappa} \text{ [m]}$	$A_5 \text{ [m}^3]$
8,00	2,00	1,50	0,75	4,00	1,12	0,203874

$Y_{11} \text{ [m]}$	$Y_{12} \text{ [m]}$	$\delta Y_1 \text{ [%]}$	$Y_{13} \text{ [m]}$	$\delta Y_1 \text{ [%]}$	$Y_1 \text{ [m]}$
0,93500	0,81253	-13,10	0,78935	-2,85 ✓	0,78

$Y_{21} \text{ [m]}$	$Y_{22} \text{ [m]}$	$\delta Y_2 \text{ [%]}$	$Y_2 \text{ [m]}$
1,90000	1,91234	+0,65 ✓	1,91

Γραφική μέθοδος: Διάγραμμα $\left\{ \frac{Y}{H_E} \uparrow, Q \rightarrow \right\} (H_E = 2,0 \text{ m})$

$$Y_1 / H_E \approx 0,40 \rightarrow Y_1 \approx \mathbf{0,80 \text{ m}} \text{ και } Y_2 / H_E \approx 0,85 \rightarrow Y_2 \approx \mathbf{1,90 \text{ m}}$$



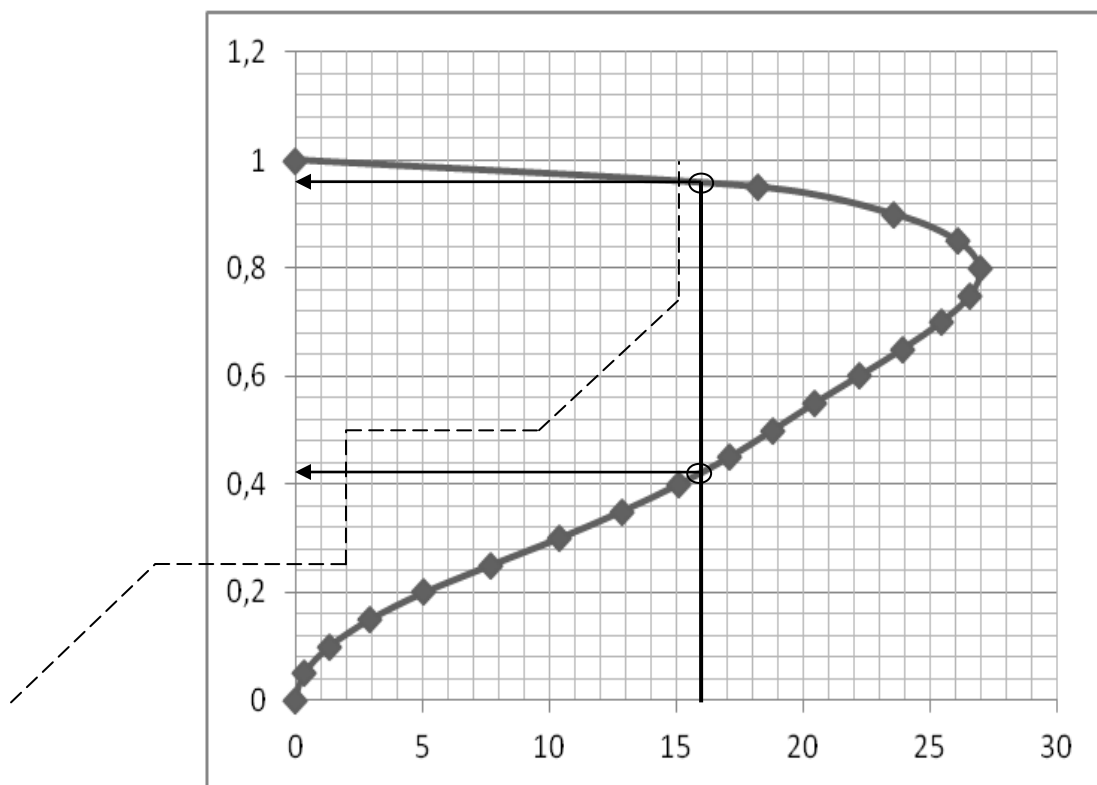
Φυσική – *τυχαία* διατομή ‡ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

- Παροχή **Q= 16,00 m³/s** και Ειδική Ενέργεια **H_E= 4,00 m**.
- Προσεγγίσθηκε από τις εξής διατομές:

	διατομή	Ύψος h [m]	Πλάτος πυθμένα b [m]	Κλίση πρανών z
4	Ορθογωνική	1,0	4,0	0
3	Τραπεζοειδής	1,0	2,0	1,0
2	Ορθογωνική	1,0	2,0	0
1	Τριγωνική	1,0	0,0	1,0

Γράφημα $\left\{ \frac{Y}{H_E} \uparrow, Q \rightarrow \right\}$ (**H_E= 4,0 m**)

$Y_1 / H_E \approx 0,43 \rightarrow Y_1 \approx \mathbf{1,72 \text{ m}}$ και $Y_2 / H_E \approx 0,96 \rightarrow Y_2 \approx \mathbf{3,84 \text{ m}}$



2.10.2 Η εφαρμογή επικεντρώνεται στο Πρόβλημα **Τ6**

Οι παρακάτω αγωγοί μεταφέρουν παροχή **Q= 8,00 m³/s**,
με Ειδική Δύναμη **M= 5,00 m³**.

Να υπολογιστούν τα συζυγή πραγματικά βάθη της ροής **Y₁** και **Y₂**.

Ορθογωνική διατομή: **b= 4,0 m**. Από **Τ1** → **y_κ(Q)= 0,74 m** (βλ. 2.7.1)

Q [m ³ /s]	M [m ³]	b [m]	y_κ [m]	A₁ [m ²]	2.M/b [m ²]
8,00	5,00	4,00	0,74	0,815494	2,50000

Y₁₁ [m]	Y₁₂ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁ [m]
0,34510	0,34251	-0,75 ✓	0,34

Y₂₁ [m]	Y₂₂ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂₃ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂ [m]
1,36209	1,37887	1,23	1,38151	0,19 ✓	1,38

Τριγωνική συμμετρική διατομή: **z= 1,25. ‡** (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

Από **Τ1** → **y_κ(Q)= 1,53 m** (βλ. 2.7.1)

Q [m ³ /s]	M [m ³]	z	y_κ [m]	A₂ [m ⁵]	3.M/z [m ³]
8,00	5,00	1,25	1,53	12,525994	12,000

Y₁₁ [m]	Y₁₂ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁₃ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁ [m]
1,04129	1,07343	+3,09	1,07879	+0,50 ✓	1,08

Y₂₁ [m]	Y₂₂ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂₃ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂ [m]
2,04769	2,08106	+1,63	2,08835	+0,35 ✓	2,09

Τραπεζοειδής συμμετρική διατομή: **b= 4,0 m** , **z= 1,25. ‡** (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

Από **Τ1** → **y_κ(Q)= 0,69 m** (βλ. 2.7.1)

Q [m ³ /s]	M [m ³]	b [m]	z	y_κ [m]	A₃ [m ⁵]
8,00	5,00	4,00	1,25	0,69	6,523955

E₁₁ [m ²]	Y₁₁ [m]	E₁₁ · $\tilde{Y}_{11}$ [m ³]	E₁₂ [m ²]	Y₁₂ [m]	δ Y₁ [%]	Y₁ [m]
1,44211	0,31207	0,20744	1,38342	0,31487	+0,90 ✓	0,33

Y₂₁ [m]	E₂₁ [m ²]	$\tilde{Y}_{21}$ [m]	E₂₂ [m ²]	Y₂₂ [m]	δ Y₂ [%]	Y₂ [m]
1,26491	7,05964	0,57273	7,11658	1,27285	+0,63 ✓	1,27

Κυκλική διατομή: **d = 4,0 m**. ‡ (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

Από **T₁** → **y_κ(Q) = 1,12 m** και **M_{min} = 3,59 m³** (βλ. 2.7.1)

Q [m ³ /s]	M [m ³]	d [m]	y_κ [m]	A₄ [m ⁵]	M/d³
8,00	5,00	4,00	1,12	0,006371	0,07813

$\frac{Y_{11}}{d}$	$\frac{E_{11} \cdot \tilde{Y}_{11}}{d^3}$	$\frac{E_{12}}{d^2}$	$\frac{Y_{12}}{d}$	$\delta \left(\frac{Y_1}{d} \right)$ [%]	Y₁ [m]
0,16800	0,00601	0,08835	0,17317	+3,08 ✓	0,69

M_{Lim}/d³	M_{Half}/d³	M_{min}/d³
0,1938 > 0,07813 ✓	0,0992	0,0561

$\frac{Y_{21}}{d}$	$\frac{E_{21}}{d^2}$	$\frac{E_{21} \cdot \tilde{Y}_{21}}{d^3}$	$\frac{Y_{22}}{d}$	$\delta \left(\frac{Y_2}{d} \right)$ [%]
0,39000	0,28400	0,05569	0,42438	+8,81

	$\frac{E_{22}}{d^2}$	$\frac{E_{22} \cdot \tilde{Y}_{22}}{d^3}$	$\frac{Y_{23}}{d}$	$\delta \left(\frac{Y_2}{d} \right)$ [%]	Y₂ [m]
	0,31646	0,05799	0,43160	+1,70 ✓	1,73