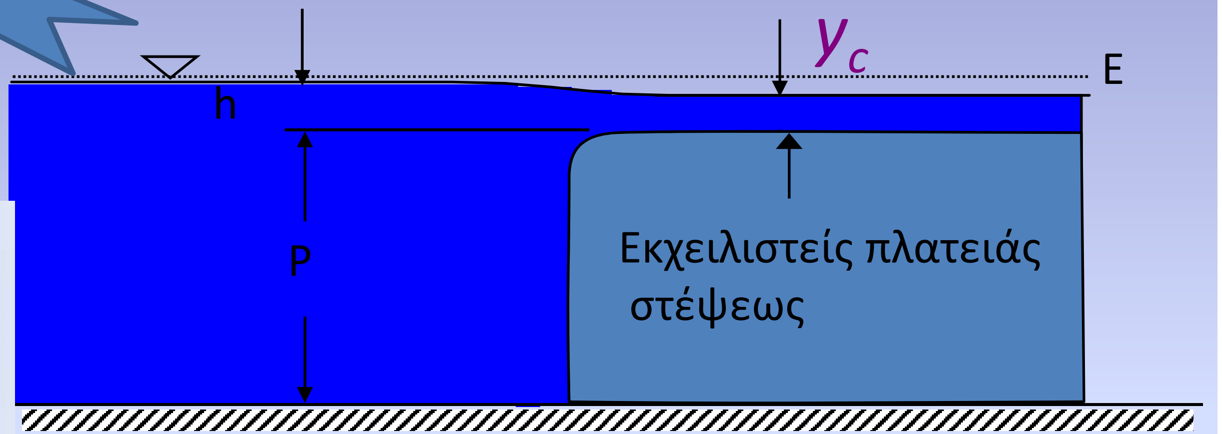
Εκχειλιστές λεπτής στέψεως υπερχειλιστής φράγματος

Δρ Μ.Σπηλιώτης
Λέκτορας

Εκχειλιστείς πλατειάς στέψεως επανάληψη

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

Κρίσιμες συνθήκες



Περισσότερο ακριβής σχέση , χωρίς απώλειες και με τις συνήθεις παραδοχές της Υδραυλική

$$Q = b\sqrt{g}\left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} E_c^{\,3/2}$$

E από το πυθμένα του εκχειλιστή

λιγότερο ακριβής σχέση , με τις προηγούμενες παραδοχές + αμελητέα κινητική ενέργεια στην αρχική θέση:

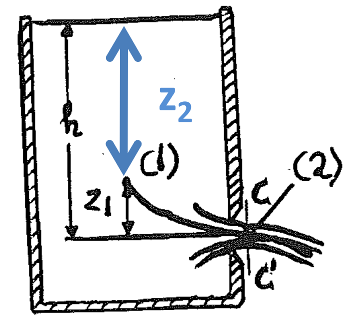
C_d συντελεστής με βάση το H (βιβλιογραφικά από πειράματ

$$Q = (C)b\sqrt{g}\left(\frac{2}{3}h\right)^{3/2}$$

Συμπεράσματα: Προκύπτουν δύο σχέσεις προσδιορισμού της παροχής που αν και βασισθήκαμε στην εμφάνιση κρίσιμων συνθηκών ροής, εμφανίζεται μόνο το βάθος ροής ανάντη (πριν) τον υπερχειλιστή μείον το ύψος του υπερχειλιστή!!!

Ροή διά μέσου στομίων

$$\frac{p_1}{\rho g}+z_1=z_2+z_1=h$$



Εκροή από οπή
Εξίσωση Bernoulli

$$\frac{p_1}{\rho g}+\frac{u_1^2}{2g}+z_1=\frac{p_{atm}}{\rho g}+\frac{u_2^2}{2g}+0$$

$$\frac{p_1}{\rho g}+z_1=\frac{u_2^2}{2g} \Rightarrow h=\frac{u_2^2}{2g} \Rightarrow \boxed{u_2=\sqrt{2gh}}$$ ιδεατή τιμή

Πραγματική τιμή της ταχύτητας:

$$\boxed{u_2=C_v\sqrt{2gh}}$$

Σημειώσεις τ. Καθ. Β.Χρυσάνθου και
βιβλίο Καθ Σούλη ΥΔΡΑΥΛΙΚΉ

Πραγματική τιμή της ταχύτητας:

$$\boxed{u_2 = C_v \sqrt{2gh}}$$

C_v = συντελεστής ταχύτητας (λόγος πραγματικής προς την ιδεατή ταχύτητα)

$$Q = u_2 A_2 \qquad A_2 = C_c A_{στομ.} \qquad C_c:$$ συντελεστής σύγκλισης

$$Q = C_v \sqrt{2gh}\, C_c A_{στομ.}$$

$$C_d = C_v C_c \Rightarrow \boxed{Q = C_d \sqrt{2gh}\, A_{στομ.}}$$

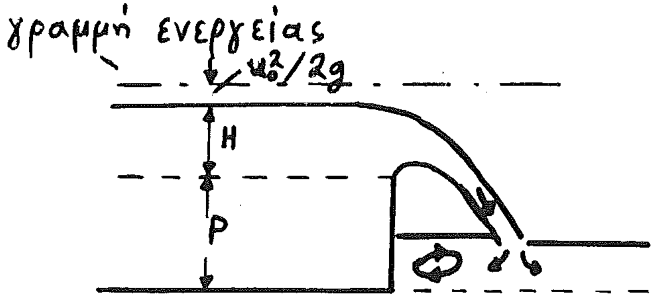
C_d : συντελεστής παροχής

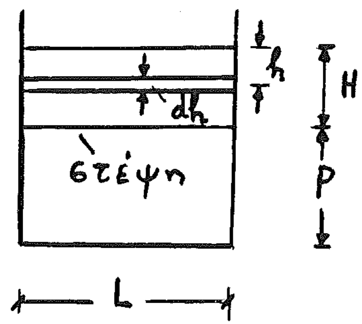
$$Q = C_d Q_{ιδεατό}$$

Χρήση συντελεστών

Ορθ. Εκχειλιστές λεπτής στέψης

Ορθογωνικοί εκχειλιστές (λεπτής στέψεως)





- Μέτρηση της παροχής
- Προηγουμένως μέτρηση του ύψους H σε μία απόσταση από τη στέψη τουλάχιστον 4H
- Μήκος της στέψης = Πλάτος του ανοικτού αγωγού

Σημειώσεις τ. Καθ. Β.Χρυσάνθου και βιβλίο Καθ Σούλη ΥΔΡΑΥΛΙΚΉ

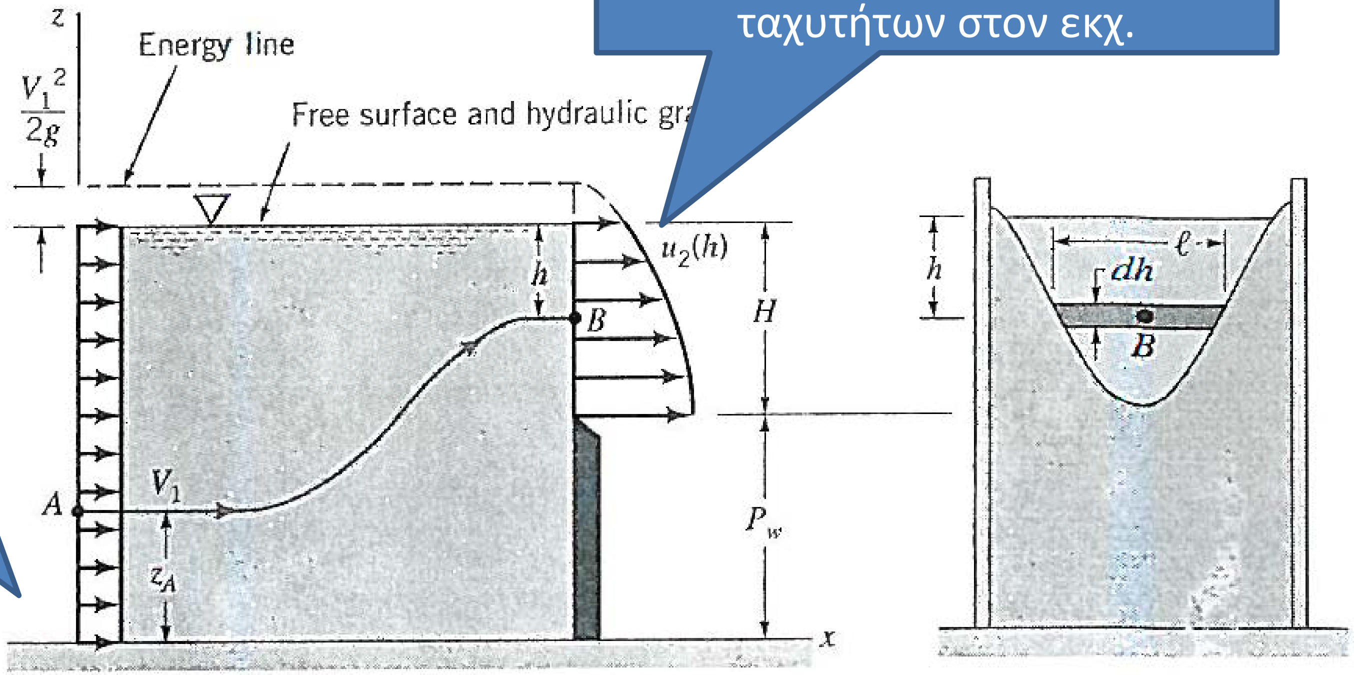
Εκχειλιστές λεπτής στέψης

Ορθ. Εκχειλιστές **λεπτής στέψης**

- **<u>Δεν ισχύει η προσέγγιση κρίσιμου βάθους</u>**
- **Το «1% « σε αυτό το εξαμηνιαίο μάθημα που <u>δεν ισχύει η προσέγγιση της σταθερής ταχύτητας καθ' ύψος της διατομής</u>**
- Στη διατομή της στέψεως ατμοσφαιρική πίεση
- Εξίσωση ενέργειας χωρίς απώλειες (Bernoulli) κατά μήκος μιας γραμμής ροής (ταχύτητα εφαπτόμενη, μόνιμη ροή γραμμή ροής και τροχιά ταυτίζονται) → ταχύτητα στομίου
- Παροχή: Με ολοκλήρωση κατά μήκος του εκχειλιστή

Μόνιμη ροή, γραμμή ροής και τροχιές συμπίπτουν Εξ. Ενέργειας κατά μήκος γραμμής ροής

Μη ομοιόμορφο προφίλ ταχυτήτων στον εκχ.



$$\frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_A = (H + P_w - h) + \frac{u_2^2}{2g}$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_1 + \frac{\rho g h_1}{\rho g} = H + P_W = \text{ολ.ύψος}$$

$$H + P_W + \frac{V_1^2}{2g} = H + P_W - h + \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow V_2 = \sqrt{2g\left(\frac{V_1^2}{2g} + h\right)} \approx \sqrt{2gh}$$

$$dA = L\,dh \qquad dQ = u\,dA \qquad dQ = \sqrt{2gh}\;L\,dh$$

$u = \sqrt{2gh}$: ιδανική ταχύτητα, όταν $u_0 \simeq 0$

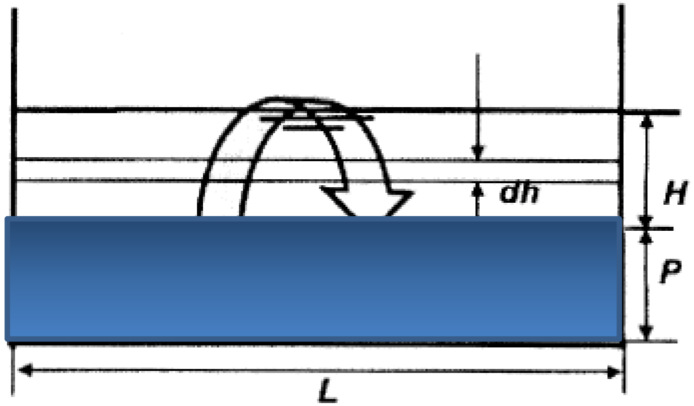
Προηγούμενη διαφάνεια

$$dQ = L\sqrt{2g}\;h^{1/2}\,dh$$

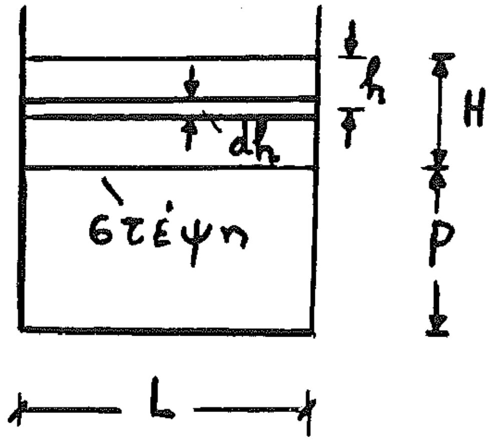
$$Q_i = L\sqrt{2g}\int_0^H h^{1/2}\,dh$$

Q_i : ιδανική παροχή

$$Q_i = \frac{2L}{3}\sqrt{2g}\;H^{3/2}$$



Σχήμα 9.20 Ροή υπεράνω ορθογωνικού εκχειλιστού. Εκ των κατάντη όψις



Ορθ. Εκχειλιστής λεπτής στέψεως

$$\boxed{Q = C_d Q_i = C_d \frac{2}{3}\sqrt{2g}\, L H^{3/2}}$$

Q: πραγματική παροχή

C_d: συντελεστής παροχής
(απώλειες ενέργειας λόγω τριβών, σύγκλιση του στρώματος νερού

<u>Εμπειρική σχέση (βάσει πειραμάτων)</u>:

$$C_d = 0.605 + \frac{1}{305H} + 0.08\frac{H}{P}$$

(ισχύει για $H/P < 0.4$)

Μη αμελητέο ύψος κινητικής ενέργειας στο (1)

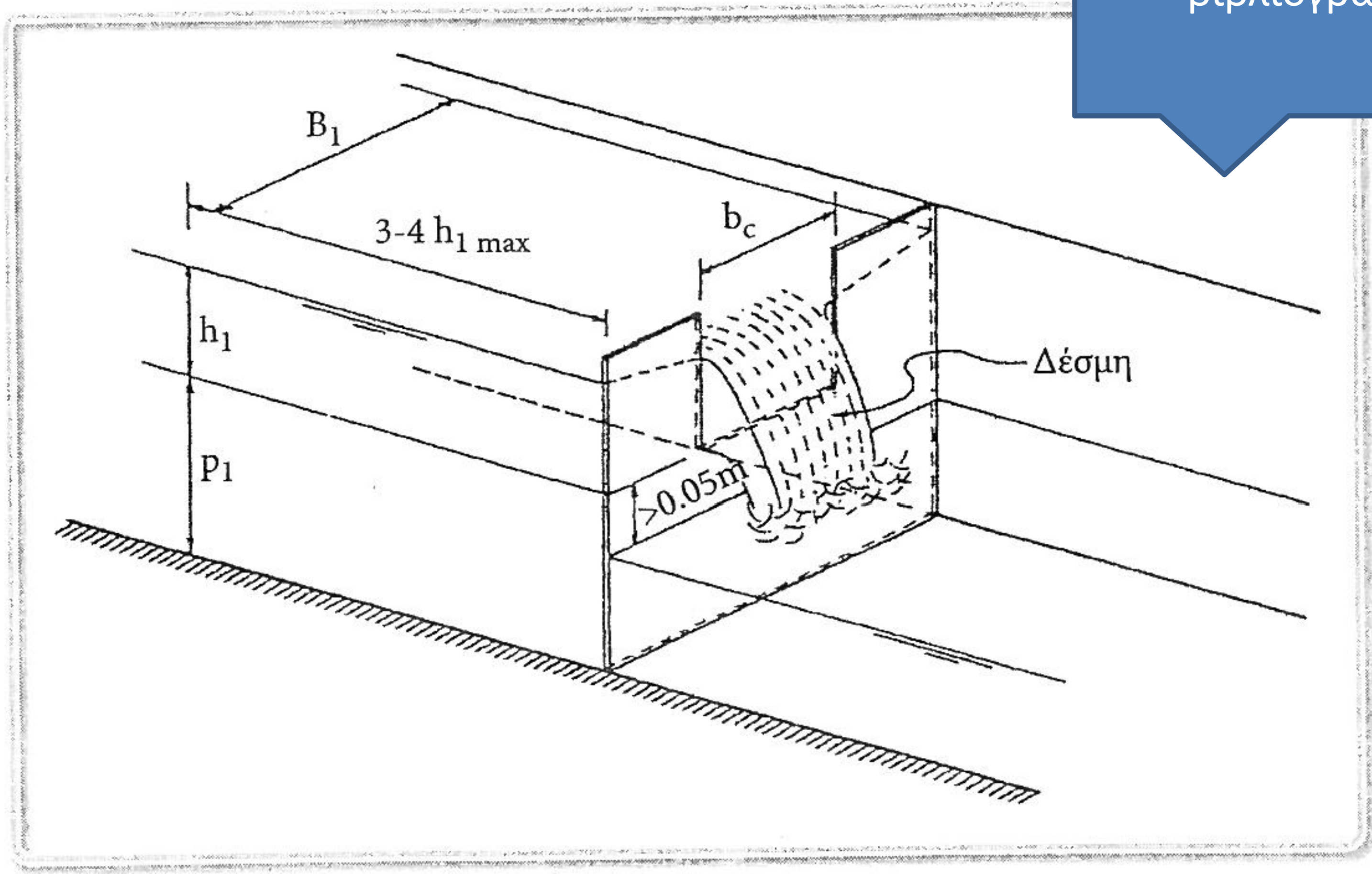
$$Q = \sqrt{2g}\, b \int_0^H \left(h + \frac{V_1^2}{2g}\right)^{1/2} dh$$

$$Q = \frac{2}{3}\sqrt{2g}\, b \left[\left(H + \frac{V_1^2}{2g}\right)^{3/2} - \left(\frac{V_1^2}{2g}\right)^{3/2}\right]$$

Πρίνος, 2013

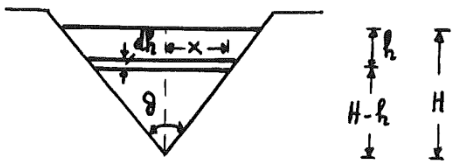
Μη πλήρης διατομή στέψεως

Συντελεστές από βιβλιογραφία…



Τριγωνικοί εκχειλιστές

- Οι ορθογωνικοί εκχειλιστές δεν είναι κατάλληλοι για τη μέτρηση πολύ μικρών παροχών.



$$dQ = C_d \sqrt{2gh}\, dA$$

Σε σχέση με τον ορθ εκλ.
Διαφέρει μόνο το dA

$$dA = 2x\, dh$$

$$x = (H-h)\, \varepsilon\varphi \frac{\vartheta}{2}$$

$$Q = C_d\, 2\sqrt{2g}\, \varepsilon\varphi \frac{\vartheta}{2} \int_0^H (H-h)\, h^{1/2}\, dh$$

$$\boxed{Q = C_d \frac{8}{15} \sqrt{2g}\, \varepsilon\varphi \frac{\vartheta}{2}\, H^{5/2}}$$

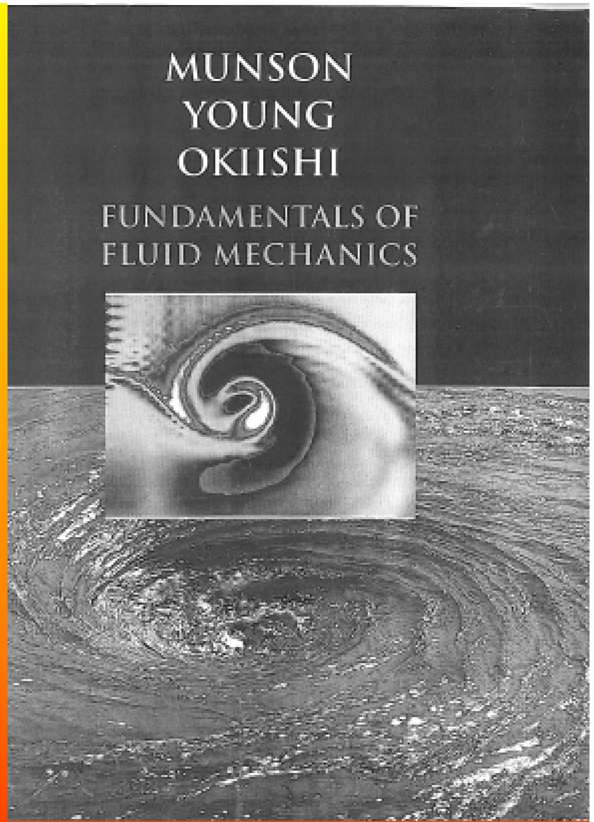
$$Q = K H^{5/2}$$

- Διάγραμμα (βάσει πειραμάτων): $C_d = f(H, \vartheta)$

0.58-0.62 για φωνία εως 45^0
διάγραμμα

Χρησιμότητα εκχειλιστή λεπτής στέψεως

- Μέτρηση παροχών
- Τριγωνικός εκχειλιστής για μέτρηση μικρών παροχών
- Ισσοδυναμία με εκχειλιστή φράγματος κατά στη στέψη με κατάλληλη όμως γεωμετρία



Σύνοψη εκχειλιστών, χαρακτηριστικές περιπτώσεις
αδρομερή εκτίμηση

Παχιάς στέψεως ορθ. Εκχειλιστής για πλήρης διατομή

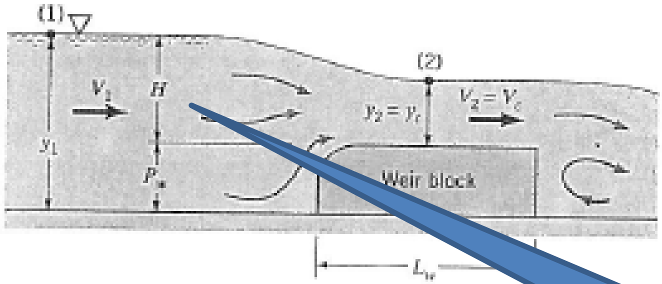


FIGURE 10.27
Broad-crested weir geometry.

$$0.08 \le \frac{H}{L_W} \le 0.5$$

$$Q = C_{wb}\, b \sqrt{g} \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} H^{3/2}$$

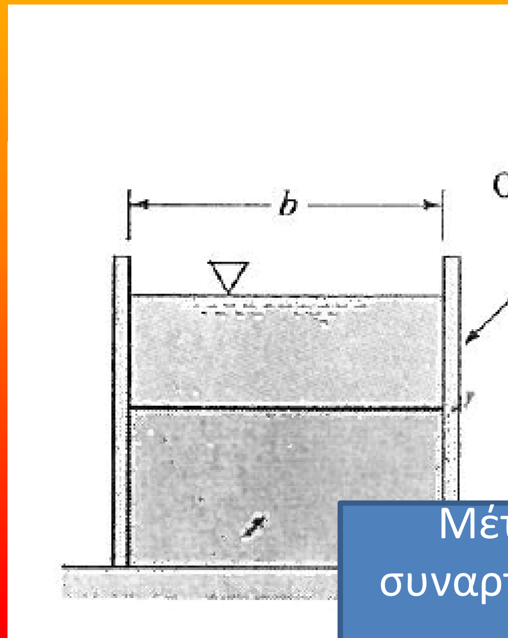
$$C_{wb} = \frac{0.65}{(1 + H/P_w)^{1/2}}$$

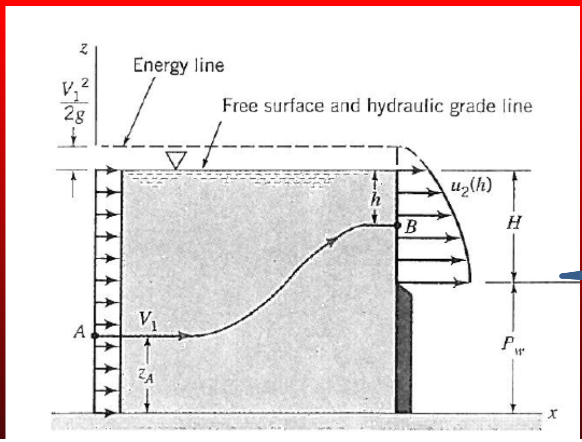
Μέτρηση συναρτηση του H (ανάντη του εκχειλιστή)

Λεπτής στέψεως ορθ. εκχειλιστής

$$Q = C_{wr}\,\frac{2}{3}\sqrt{2g}\;b\;H^{3/2}$$

$$C_{wr} = 0.611 + 0.075\left(\frac{H}{P_w}\right)$$



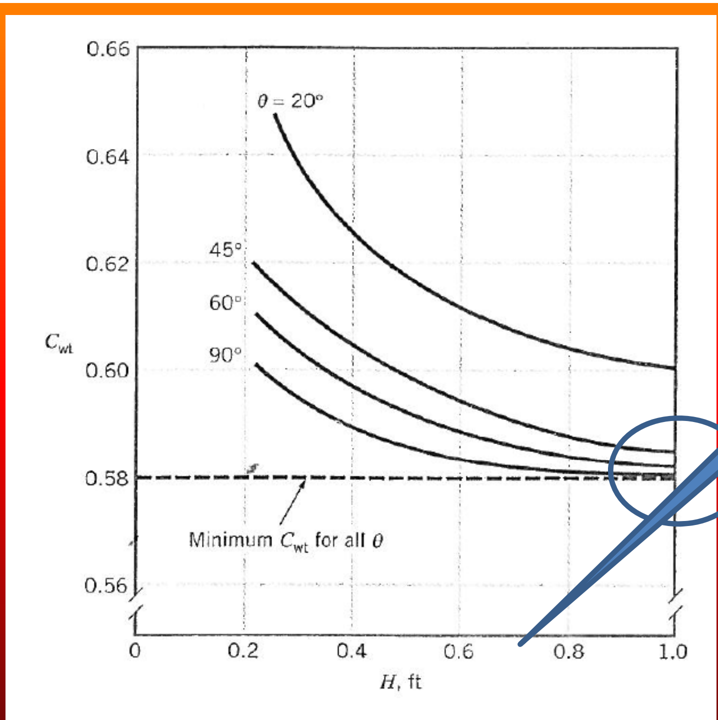


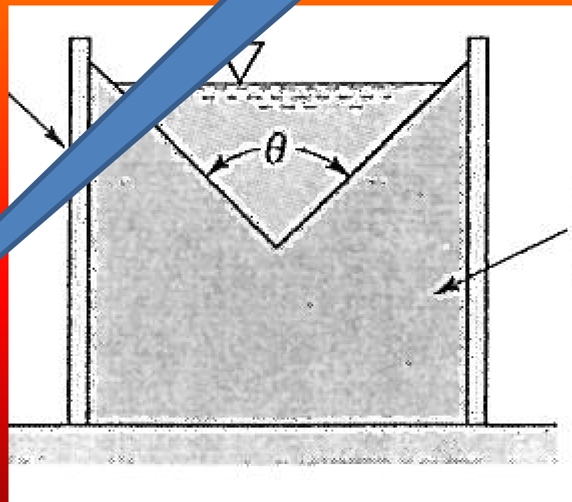
Μέτρηση συναρτηση του Η (ανάντη του εκχειλιστή)
Υπάρχει μία καμπύλωση που δεν δείχνει το σχήμα

Λεπτής στέψεως τριγωνικός εκχειλιστής

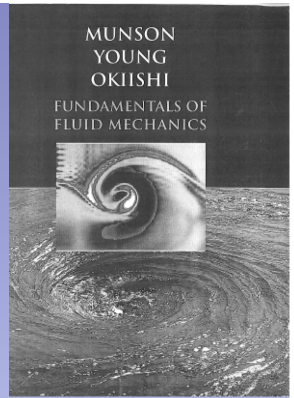
$$Q = C_{wt} \frac{8}{15} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \sqrt{2g}\, H^{5/2}$$

1ft = 0.3048 m





(b)



Άσκηση

- Ορθογωνικό κανάλι πλάτους 2 m και ροή μεταξύ 0.02-0.60 m^3/s, μετράται:
  - Ορθ. εκχειλιστής πλατειάς στέψεως
  - Ορθ. εκχειλιστής λεπτής στέψεως
  - Τριγων. εκχειλιστής λεπτής στέψεως

Δίνεται Pw= 1m για όλες τις διατάξεις να γίνει διάγραμμα παροχής ως συνάρτησης του Η και να σχολιαστούν τα αποτελέσματα

Λύση

- Ορθ, εκχειλιστής λεπτής στέψεως:

ΤΥΠ. ΛΑΘΟΣ

$$Q = C_{wr}\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,bH^{3/2} = \left(0.611 + 0.075\frac{H}{P_w}\right)\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,bH^{3/2}$$

$$Q = (0.611 + 0.075H)\,\frac{2}{3}\sqrt{2(9.81\ \mathrm{m/s^2})}\,(2\ \mathrm{m})\,H^{3/2}$$

$$Q = 5.91(0.611 + 0.075H)H^{3/2}$$

Λύση (2)

- Τριγων, εκχειλιστής λεπτής στέψεως:

$$Q = C_{\mathrm{wt}} \frac{8}{15} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \sqrt{2g}\, H^{5/2}$$

$$= C_{\mathrm{wt}} \frac{8}{15} \tan(45^{\circ}) \sqrt{2(9.81\ \mathrm{m/s^2})}\, H^{5/2}$$

weirs triangular

$$Q = 2.36 C_{\mathrm{wt}}\, H^{5/2}$$

Λύση (3)

- Ορθ, εκχειλιστής παχειάς στέψεως:

weir, Eqs. 10.33 and 10.34 give

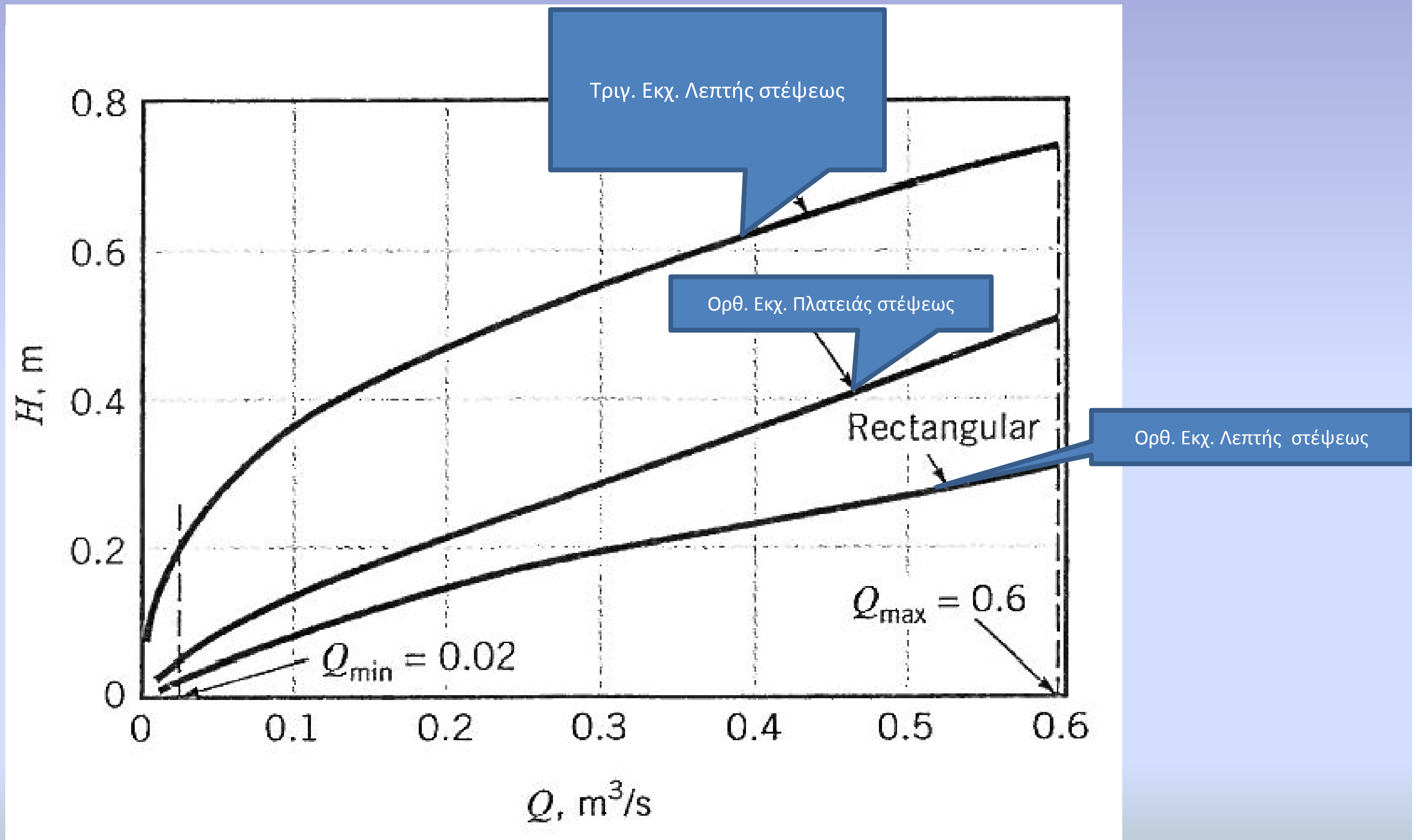
$$Q = C_{wb}\, b\sqrt{g}\left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} H^{3/2} = \frac{0.65}{(1 + H/P_w)^{1/2}}\, b\sqrt{g}\left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} H^{3/2}$$

Thus, with $P_w = 1$ m

$$Q = \frac{0.65}{(1 + H)^{1/2}}\,(2\text{ m})\,\sqrt{9.81\text{ m/s}^2}\left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} H^{3/2}$$

or

$$Q = \frac{2.22}{(1 + H)^{1/2}}\, H^{3/2}$$



Τριγ. Εκχ. Λεπτής στέψεως
Ορθ. Εκχ. Πλατειάς στέψεως
Ορθ. Εκχ. Λεπτής στέψεως
Rectangular
$Q_{max} = 0.6$
$Q_{min} = 0.02$
0.8
0.6
0.4
0.2
0
H, m
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
Q, m^3/s

Σχόλια

- Για πολύ μικρές παροχές προκύπτουν πολύ μικρά H για ορθ. εκχειλιστή πλατειάς και λεπτής στέψεως. Άρα δεν είναι κατάλληλοι (πρακτικοί λόγοι)
- Ο εκχειλιστής πλατειάς στέψεως δεν μπορεί να λειτουργήσει για το σύνολο των παροχών γιατί δεν ικανοποιείτε ο περιορισμός:

$$0.08 \leq \frac{H}{L_W} \leq 0.5$$

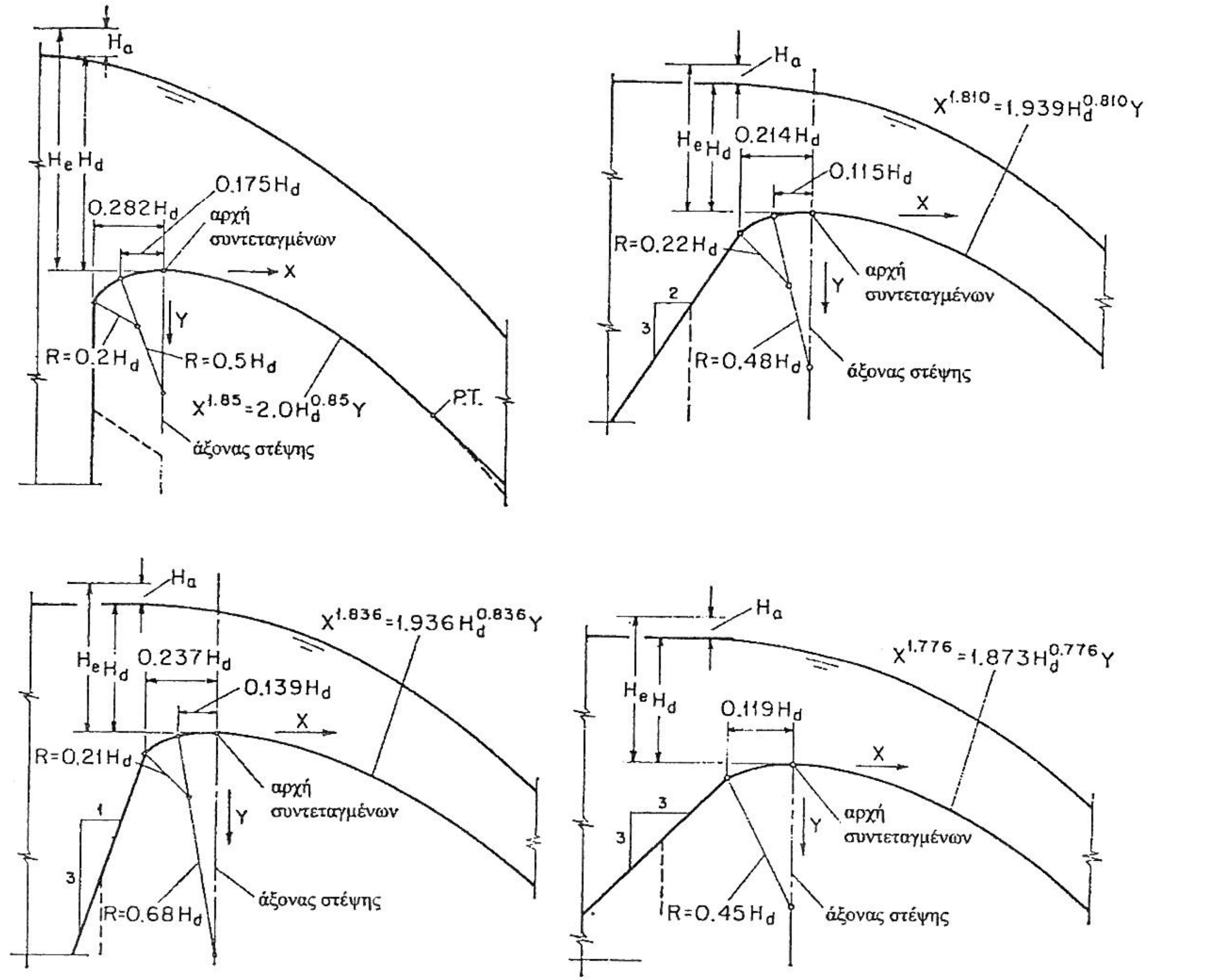
ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΕΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Χρησιμότητα εκχειλιστή λεπτής στέψεως

- Εκχειλιστής λεπτής στέψεως

- Ισσοδυναμία με εκχειλιστή φράγματος κατά στη στέψη με κατάλληλη όμως γεωμετρία

- Περαιτέρω έλεγχος σπηλαίωσης στον εκχειλιστή

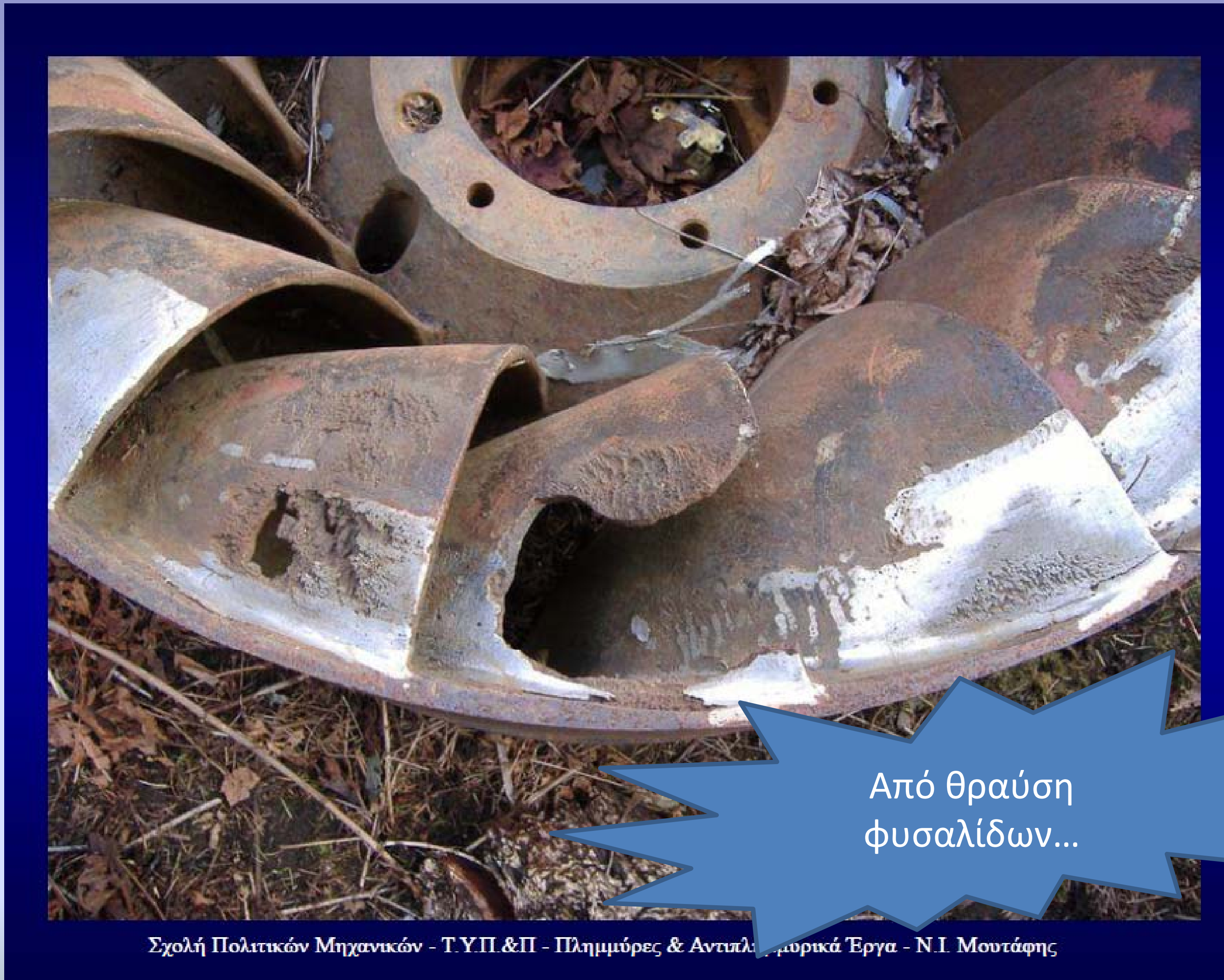


Σχήμα 9-8. Τυπικές στέψεις υπερχειλιστών, συμφώνα με τα αποτελέσματα του Waterways Experimental Station

Κατασκευαστικά πρότυπα εκχειλιστή---**εκτός ύλης**

Φαινόμενο σπηλαίωσης

- Δημιουργία φυσαλίδων υδρατμού σε περιοχή χαμηλών πιέσεων ($p < p_v$)
- Σύνθλιψη των φυσαλίδων σε περιοχή υψηλότερων πιέσεων (εκρηκτικής μορφής)
- Ασύμμετρη σύνθλιψη φυσαλίδων δίπλα σε στερεή επιφάνεια



Από θραύση φυσαλίδων…

Εκχειλιστής Φράγματος Μεσοχώρας

Ποταμός Αχελώος

Σπηλαίωση

Το πρόβλημα της σπηλαίωσης

Όταν η πίεση του νερού γίνει μικρότερη από την τάση ατμών στιγμιαία το νερό μεταπίπτει από την υγρή φάση στην αέρια οπότε δημιουργούνται τοπικά φυσαλίδες Ο βρασμός νερού αναφέρεται σε αυτήν την περίπτωση όπου η πίεση νερού είναι μικρότερη από την πίεση των υδρατμών νερού, οπότε σχηματίζονται φυσαλίδες σε αυτήν την επιφάνεια. Οι αιτίες για τον βρασμό του νερού είναι:

- Αύξηση της θερμοκρασίας, οπότε αυξάνεται η πίεση των υδρατμών
- Μείωση της πίεσης νερού ως συνέπεια απότομης στένωσης της διατομής, λόγω ύπαρξης ανοδικού ανάγλυφου ή ακόμη τη λειτουργία αγωγού αναρρόφησης σε αντλητική διάταξη.

Η ύπαρξη περιοχής υποπιέσεων οδηγεί σε περαιτέρω απελευθέρωση αερίων, οπότε αυξάνεται το μέγεθος των φυσαλίδων μειώνοντας το μέγεθος της πραγματικής διατομής για την κίνηση του ρευστού δημιουργώντας πρόβλημα σε κινήσεις ρευστού σε ανοδικό ανάγλυφο.

Ωστόσο κατάντη του σημείου βρασμού ενδέχεται η πίεση να αυξηθεί εκ νέου είτε λόγω διαπλάτυνσης της διατομής, είτε λόγω ύπαρξης κατωφέρειας. Σε αυτήν την περίπτωση οι φυσαλίδες νερού θα καταστραφούν ασκώντας μία στιγμιαία σημαντική πίεση στα τοιχώματα του αγωγού. Οπότε η *σπηλαίωση* αναφέρεται στη θραύση των φυσαλίδων των υδρατμών κατάντη (λόγω αύξηση της πίεσης κατάντη) που σχηματίστηκαν σε προηγούμενη επιφάνεια/ σημείο όπου η πίεση του υγρού ήταν μικρότερη από την πίεση των υδρατμών. Με τη θραύση των φυσαλίδων έχουμε την ανάπτυξη στιγμιαίων υψηλών δυνάμεων στα τοιχώματα.

ΣΠΗΛΑΙΩΣΗ (CAVITATION)

Από το θεώρημα του Bernouilli $H = \frac{\vec{u}^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{ιδια σταθερη τιμη}$

είναι φανερό, ότι όταν η ταχύτητα της ροής σε κάποια περιο λαμβάνει πολύ μεγάλες τιμές, τότε η πίεση p λαμβάνει πολύ μικ τιμές ή ακόμη και αρνητικές τιμές.

Συνεπώς σε ροές νερού με υψηλές ταχύτητες εμφανίζονται στιγμι απόλυτες πιέσεις χαμηλές, έτσι ώστε τοπικά και στιγμιαία η πίεση γίνει μικρότερη από την πίεση ατμών, οπότε στιγμιαία μεταπίπτει νερό από την υγρή φάση στην αέρια, και δημιουργούνται τοπι μικρές φυσαλίδες.

Οι φυσαλίδες αυτές μεταφερόμενες σε περιοχές με μεγαλύτερη πίε μεταπίπτουν στιγμιαία σε υγρή φάση, απελευθερώνοντας τοπι κρουστικές πιέσεις (στιγμιαίες πιέσεις) πολύ μεγάλου μεγέθους, π καταστρέφουν τα στερεά όρια της ροής, από οποιοδήποτε υλικό και είναι φτιαγμένα (ακόμη και από ατσάλι). Το φαινόμενο αυ ονομάζεται σπηλαίωση (cavitation).

Απόλυτη και σχετική πίεση

Συνήθως χρησιμοποιείται η σχετική πίεση, p

Απόλυτη πίεση $=p_{atm}+p$

Απόλυτη πίεση, δίνει τοπικά ένα «αέρα» 10m για προβλήματα σπηλαιώδης, εξετάζεται μόνο σε ειδική κατηγορία προβλημάτων.

$$p_{atm} = 101325\,Pa$$

ή σε όρους μήκους:

$$\frac{p_{atm}}{\gamma} = \frac{101325\,Pa}{9789\,\frac{N}{m^3}}$$

Συνήθη προβλήματα: σχετική πίεση ή απλά πίεση

Όταν η πίεση του νερού γίνει μικρότερη από την τάση ατμών στιγμιαία το νερό μεταπίπτει από την υγρή φάση στην αέρια οπότε δημιουργούνται τοπικά φυσαλίδες Ο βρασμός νερού αναφέρεται σε αυτήν την περίπτωση όπου η πίεση νερού είναι μικρότερη από την πίεση των υδρατμών νερού, οπότε σχηματίζονται φυσαλίδες σε αυτήν την επιφάνεια. Οι αιτίες για τον βρασμό του νερού είναι:

- Αύξηση της θερμοκρασίας, οπότε αυξάνεται η πίεση των υδρατμών
- Μείωση της πίεσης νερού ως συνέπεια απότομης στένωσης της διατομής, λόγω ύπαρξης ανοδικού ανάγλυφου ή ακόμη τη λειτουργία αγωγού αναρρόφησης σε αντλητική διάταξη.

Σχετική και απόλυτη πίεση-έλεγχος

Ένα ελάχιστο μέτρο προστασίας για τη σπηλαίωση είναι η απαίτηση η απόλυτη πίεση σε οποιαδήποτε σημείο να είναι μεγαλύτερη από την τάση ατμών:

$$\frac{p_a}{\gamma} > \frac{p_\upsilon}{\gamma},$$

Όπου

$$p_a = p + p_{atm}$$

η απόλυτη πίεση που είναι το άθροισμα της σχετικής πίεσης p και της ατμοσφαιρικής πίεσης p_{atm} και p_υ η πίεση των υδρατμών του νερού.

Η παραπάνω συνθήκη αποφυγής της σπηλαίωσης μπορεί να γραφεί ισοδύναμα με βάση την σχετική πίεση:

$$\frac{p}{\gamma} \geq \frac{p_\upsilon - p_{atm}}{\gamma}$$

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι μολονότι στην ενεργειακή εξίσωση χρησιμοποιείται συνήθως η σχετική πίεση, θεωρώντας δηλαδή μηδενική ατμοσφαιρική πίεση (όπως και στο σύνολο των άλλων εφαρμογών του κεφαλαίου) σε προβλήματα που παρουσιάζονται υποπιέσεις θα πρέπει να λαμβάνεται υπ΄ όψη η απόλυτη πίεση, δηλαδή θα πρέπει να λαμβάνεται υπ΄όψη η πραγματική ατμοσφαιρική πίεση.

Η ατμοσφαιρική πίεση μπορεί να ληφθεί ίση με (Στάμου, 2009):

$$p_{atm} = 101325\,Pa$$

ή σε όρους μήκους:

$$\frac{p_{atm}}{\gamma} = \frac{101325\,Pa}{9790\,\frac{N}{m^3}}$$

Για T=20°C η πιεση των υδρατμών είναι

$$p_\upsilon = 2340\,Pa,$$

ή σε όρους μήκους:

$$\frac{p_\upsilon}{\gamma} = \frac{2340\,Pa}{9790\,\frac{N}{m^3}} \approx 0.24$$

Δηλαδή για να αποφύγω τη συνολική πίεση (απόλυτη) δουλεύω με τη σχετική πίεση και ελέγχω αν η σχετική πίεση είναι μεγαλύτερη από -8 (σχετική πίεση)

Συνεπώς, η παραπάνω συνθήκη για την [illegible]η του φαινομένου της σπηλαίωσης γράφεται ισοδύναμα για τη σχετική πίεσ[illegible]

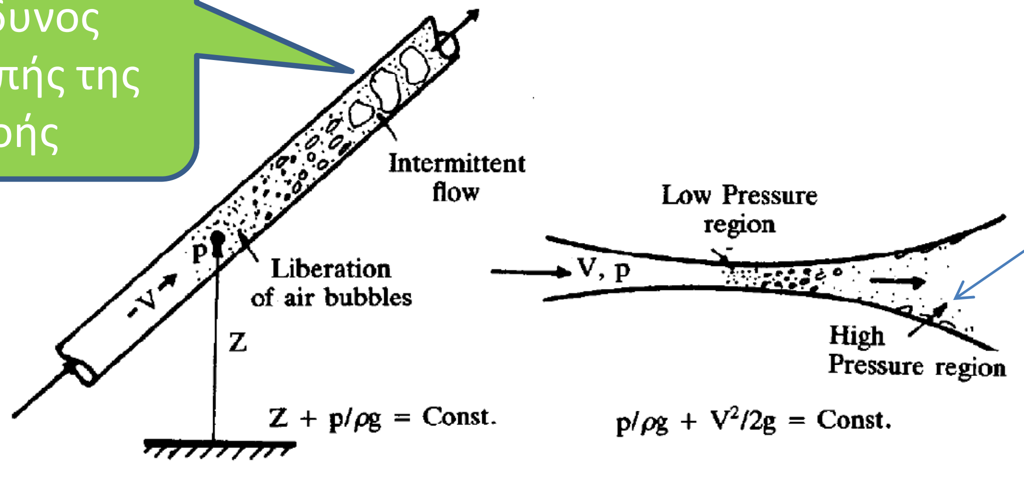
$$\frac{p}{\gamma} \geq \frac{2340\,Pa - 101325\,Pa}{9790\,\frac{N}{m^3}} \approx -10.1\,m$$

Στην πράξη για λόγους α[illegible]φαλείας η παραπάνω συνθήκη μπορεί να γραφεί (Στάμου, 2009):

$$\frac{p}{\gamma} \geq -8\,m$$

Σταθερή διατομή (εξίσωση συνέχειας) → σταθερή ταχύτητα
Αύξηση του z (εξίσωση ενέργειας) → μείωση της πίεσης, κίνδυνος η πίεση να είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής οπότε δημιουργούνται φυσαλίδες (βρασμός νερού)

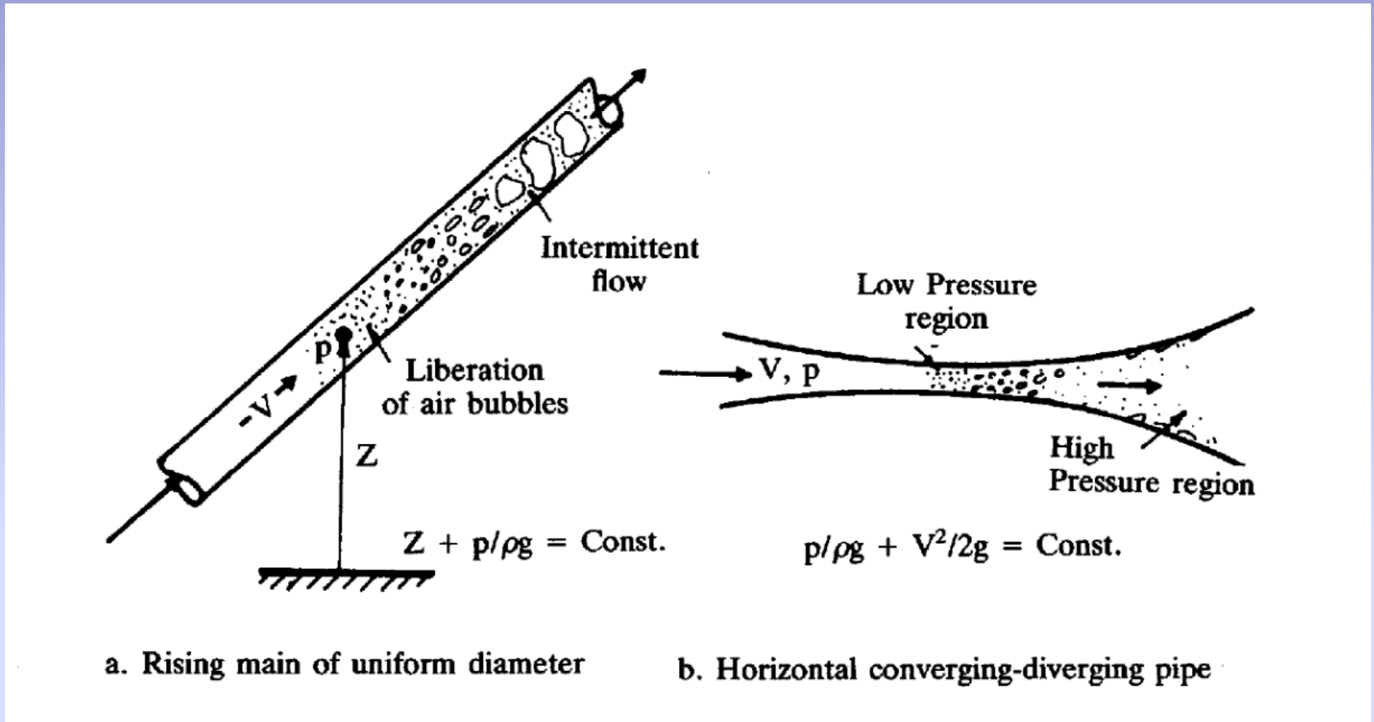
Κίνδυνος διακοπής της ροής



a. Rising main of uniform diameter   b. Horizontal converging-diverging pipe

Αύξηση πίεσης κατάντη, θραύση φυσαλίδων, σπηλαίωση

Πολλοί μελετητές σε συνήθεις αγωγούς υπό πίεση που λειτουργούν με βαρύτητα προκειμένου να αποφεύγονται γενικά οι υποπιέσεις στα υψηλότερα σημεία του δικτύου στην παραπάνω συνθήκη θεωρούν θεωρώντας μηδενική την ατμοσφαιρική πίεση γεγονός που είναι σημαντικά υπέρ της ασφαλείας.



Σχ. 2.30 Ελάττωση της πίεσης και σχηματισμός φυσαλίδων λόγω (α) ανάγλυφου και (β) λόγω στένωσης της διατομής

Ο σίφωνας είναι ένας σωλήνας σχετικά μικρής διαμέτρου και μήκους που χρησιμοποιείται για την παροχέτευση του νερού από μία δεξαμενή σταθερής στάθμης σε μίαν άλλη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο αντεστραμμένος σίφωνας, στον οποίο η ψηλότερη διατομή βρίσκεται πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια (Δημητρίου, 1995). Χαρακτηριστικό του είναι ότι στρέφει τα κοίλα κάτω ενώ τοπικά ανυψώνει το νερό σε υψηλότερο σημείο από τη στάθμη της ανάντη δεξαμενής. Βεβαίως στο τελικό σημείο κατάντη ο αγωγός είναι χαμηλότερα από τη στάθμη της ανάντη δεξαμενής.

Πόδας υπερχειλιστή

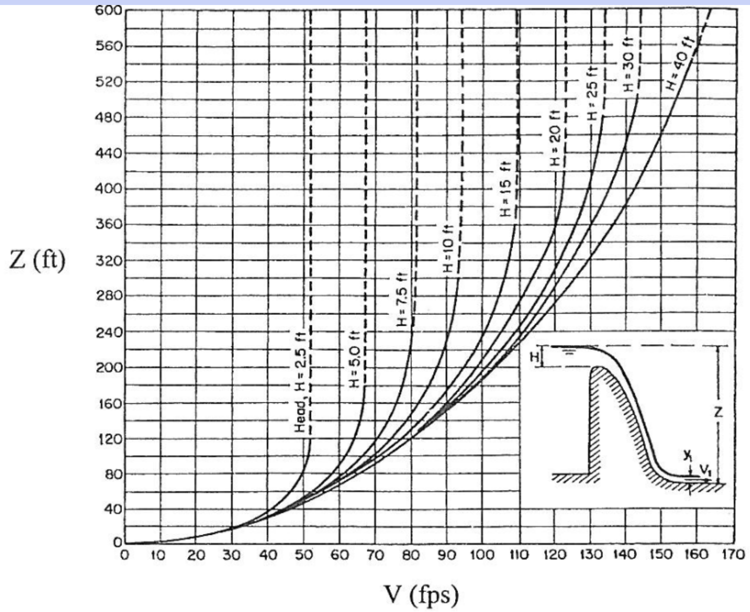
Η θεωρητική ταχύτητα στον πόδα ενός υψηλού υπερχειλιστή είναι:

$$V = \sqrt{2g\left(z + H - y_1\right)} \quad \text{(9.23)}$$

όπου:

z η υψομετρική διαφορά μεταξύ της ανάντη στάθμης νερού και του πυθμένα κατάντη

y_1 το βάθος ροής στον πόδα.



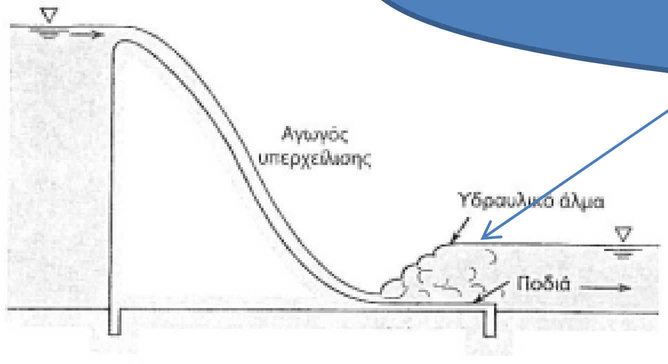
Σχήμα 9-7. Καμπύλες για την εκτίμηση της ταχύτητας στον πόδα υπερχειλιστών.

Ανάγκη πειράματος για πιέσεις σε υπερχειλιστή

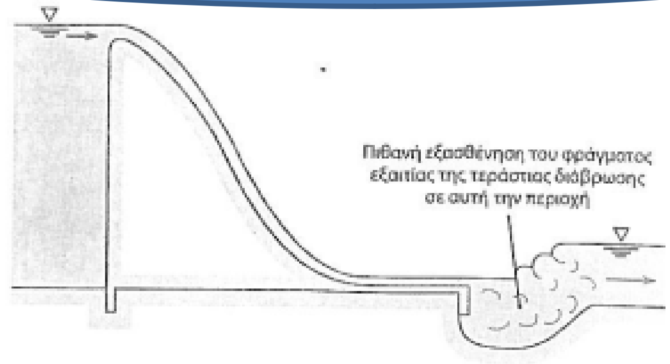
Έλεγχος υποπιέσεων

Κατάντη λεκάνη καταστροφή ενέργειας με υδραυλικό άλμα

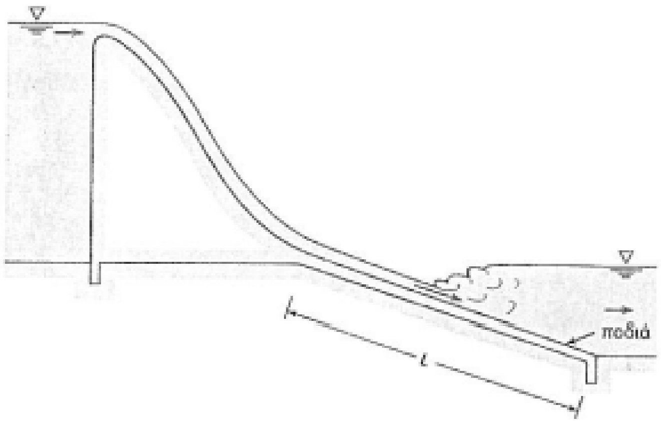
Κατάντη λεκάνη καταστροφή ενέργειας με υδραυλικό άλμα



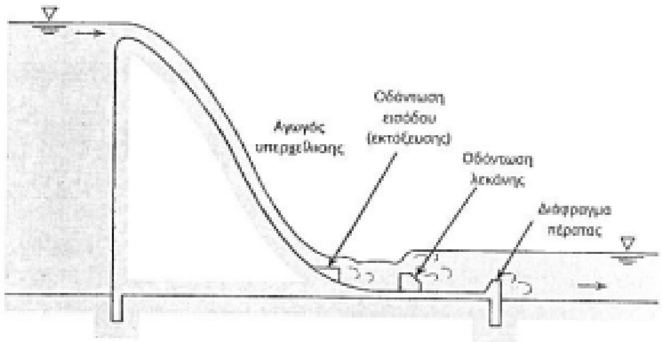
ΣΧΗΜΑ 15.25 Αγωγός υπερχείλισης σε φράγμα και υδραυλικό άλμα.



ΣΧΗΜΑ 15.26 Το υδραυλικό άλμα εκδηλώνεται μετά τον πόδα του αγωγού υπερχείλισης.



ΣΧΗΜΑ 15.27 Κεκλιμένη ποδιά μεγάλου μήκους.



ΣΧΗΜΑ 15.28 Αγωγός υπερχείλισης με λεκάνη ηρεμίας. Ο Τύπος III έτσι όπως υποδεικνύεται από το USBR (13).

Elger et al., 2014