



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 2: Εσχάρωση λυμάτων

Αντιγόνη Ζαφειράκου
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Τεχνολογία Επεξεργασίας Λυμάτων

- **Α' ΜΕΡΟΣ** (Γενικά)

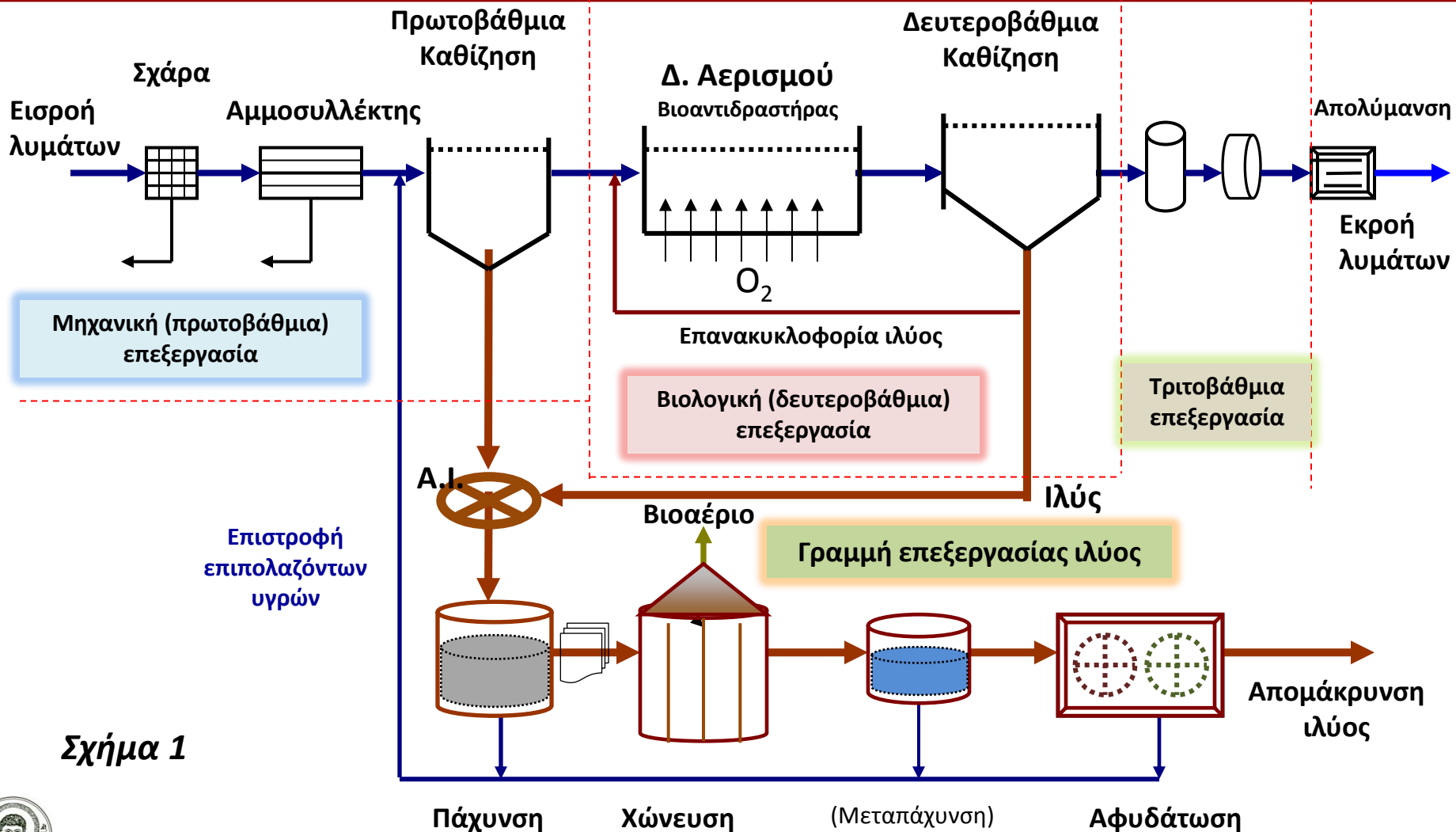
- Συστήματα επεξεργασίας λυμάτων
- Διαγράμματα ροής εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων
- Τεχνικά έργα επεξεργασίας λυμάτων και πόσιμου νερού

- **Β' ΜΕΡΟΣ** (Ειδικά)

- Εσχάρωση λυμάτων
- Αμμοσυλλογή λυμάτων
- Καθίζηση λυμάτων
- Αερισμός λυμάτων
- Διυλιστήρια λυμάτων
- Απονιτροποίηση
- Αποφωσφάτωση
- Χημική επεξεργασία λυμάτων
- Απολύμανση λυμάτων
- Επεξεργασία βοθρολυμάτων



Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος



Σχήμα 1



Πρωτοβάθμια επεξεργασία

- Στοχεύει κυρίως στην **αφαίρεση του αιωρούμενου υλικού** (οργανικού και ανόργανου). Περιλαμβάνει, συνήθως, την Προεπεξεργασία και την Πρωτοβάθμια Καθίζηση.
- Η **Προεπεξεργασία** περιλαμβάνει την Εσχάρωση, την Εξάμμωση και την μέτρηση ή/και την εξισορρόπηση της παροχής.
 - Στόχος της είναι η απομάκρυνση σωμάτων που επιπλέουν ή βρίσκονται σε αιώρηση στα λύματα και εγκυμονούν κινδύνους έμφραξης των αγωγών, καταστροφής του μηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ αντλίες) και τελικώς δυσλειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας που ακολουθούν.



Μηχανικός καθαρισμός

- Απομάκρυνση στερεών μεγάλης διαμέτρου (επιπλέοντα – μη επιπλέοντα)
 - Σχάρες και κόσκινα
 - Δεν γίνεται διαχωρισμός σε οργανικά και ανόργανα
- Απομάκρυνση στερεών που καθιζάνουν
 - Διαχωρισμός σε οργανικά και ανόργανα
 - Καθίζηση (αμμοσυλλέκτης, δεξαμενή καθίζησης)
 - Σε ειδικές περιπτώσεις επίπλευση και καθίζηση

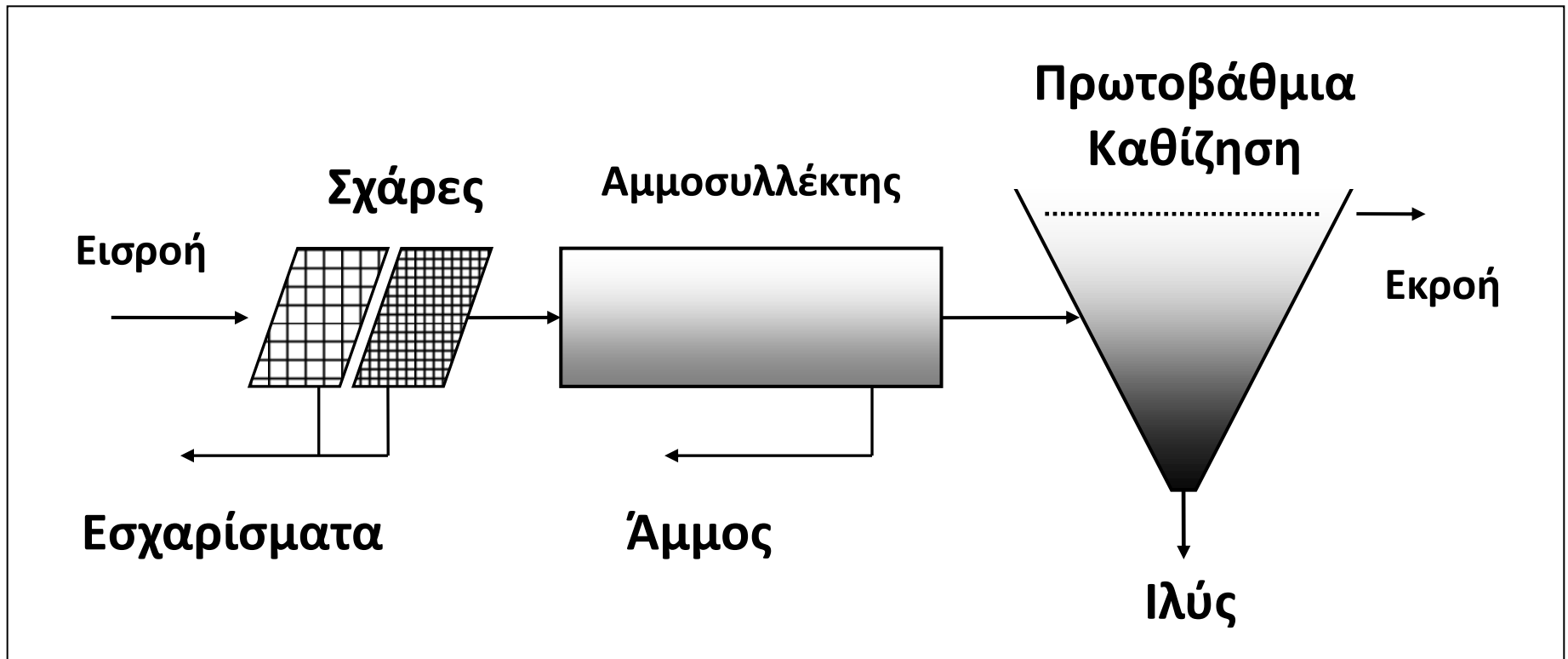


Μηχανικός καθαρισμός

- Απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων μικρής διαμέτρου
 - π.χ. λίπη, λάδια κλπ σε εγκαταστάσεις επίπλευσης (λιποσυλλέκτες)



Μηχανικός καθαρισμός



Σχήμα 2

Μηχανική επεξεργασία λυμάτων

- Σχάρες, τεμαχιστές
 - ✓ Χωρισμός από τα λύματα των μεγάλων διαστάσεων αντικειμένων
- Κόσκινα
 - ✓ Κατακράτηση φερτών υλών διαφόρων διαστάσεων
- Αμμοσυλλέκτες
 - ✓ Κατακράτηση άμμου
- Λιποσυλλέκτες
 - ✓ Κατακράτηση λιπών & ελαίων
- Δεξαμενές καθίζησης
 - ✓ Διαχωρισμός από τα λύματα όλων των ουσιών που έχουν την ιδιότητα να καθιζάνουν είτε να επιπλέουν
- Διυλιστήρια
 - ✓ Συγκράτηση φερτών υλών με μικρές διαστάσεις σε φίλτρα άμμου





Σχάρες



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Μηχανική Επεξεργασία με Σχάρες

- Για την απομάκρυνση ογκωδών στερεών από τα αστικά και βιομηχανικά λύματα (πέτρες, ξύλα, υπόλοιπα γυαλιού ή πλαστικών, υπόλοιπα τροφών)

Απλές
σχάρες

Μηχανικές
σχάρες



1. Απλές σχάρες

- Κεκλιμένοι ράβδοι ορθογώνιας διατομής με στρογγυλεμένες ακμές
- ΥΛΙΚΟ: Ανοξείδωτος χάλυβας
- ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΡΑΒΔΩΝ **$e=25-250\text{mm}$**
- Καθαρισμός: χειρονακτικός



Ποσότητα εσχαρισμάτων

Πίνακας 1

(ενδεικτικές τιμές)

Απόσταση μεταξύ των ράβδων (mm)	Ποσότητα φερτών υλών που συγκρατούνται (lt/κατ.έτος)	
	Απλές σχάρες	Μηχανικές σχάρες
16	5	6
20	4	5
25	3	3,5
30	2,5	3
40	2	2,5
50	1,5	2

*****Στις λεπτές σχάρες είναι δυνατόν να συγκρατούνται μέχρι και 15 lt/κατ.έτος**



2. Μηχανικές σχάρες

- Μικρές/μεσαίες εγκαταστάσεις
 - Λεπτή σχάρα
 - Απόσταση ράβδων $e = 16-25 \text{ mm}$
- Μεγάλες εγκαταστάσεις
 - Χρήση 2 σχαρών
 - Μεγάλων διάκενων $e > 20 \text{ mm}$
 - Μικρών διάκενων $e < 25 \text{ mm}$

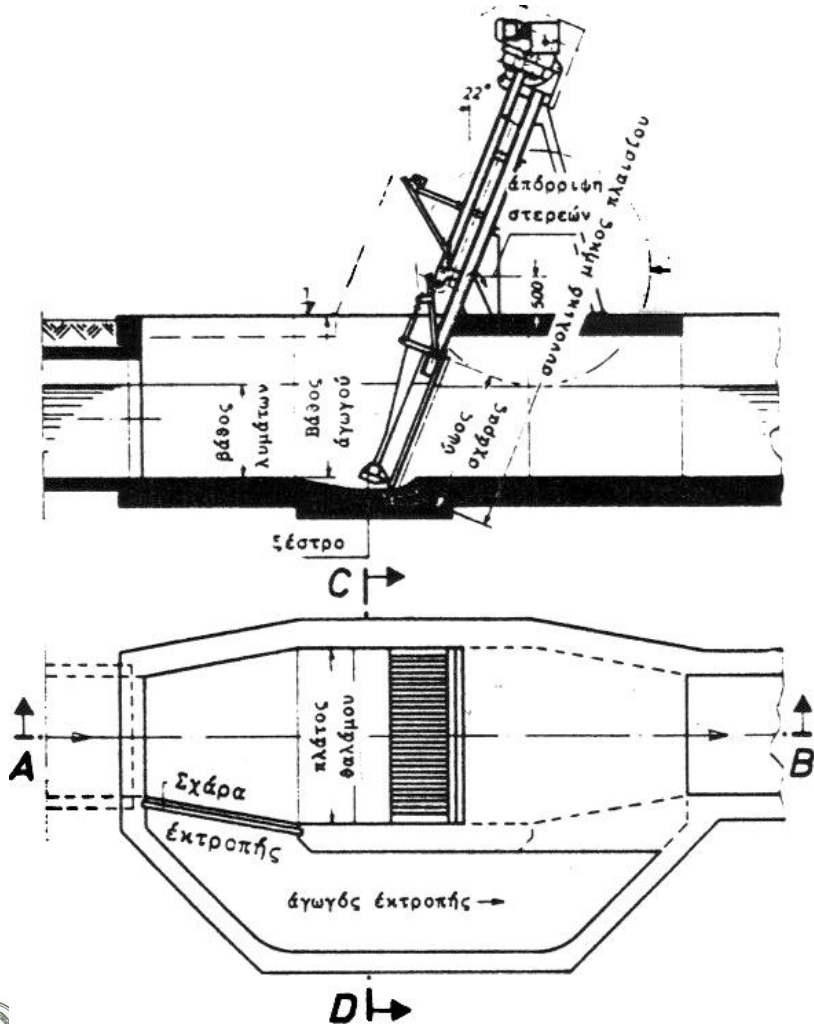


Τύποι μηχανικών σχαρών

- **Επίπεδη κεκλιμένη** (πιο συνηθισμένη)
 - Με παλινδρομικό ξέστρο (Σχ. 4)
 - Με αλυσιδωτό ξέστρο (Σχ. 5)
- **Τοξωτή σχάρα**
 - **Με περιστρεφόμενο βραχίονα καθαρισμού** (Σχ. 6)
 - 👉 Μεγάλη ωφέλιμη επιφάνεια
 - Χρήση σε ρηγά κανάλια
 - **Εξοπλισμένη με πολτοποιητή**
 - Όχι συχνή χρήση
 - 👉 Αύξηση οργανικού φορτίου λυμάτων



Επίπεδη κεκλιμένη σχάρα

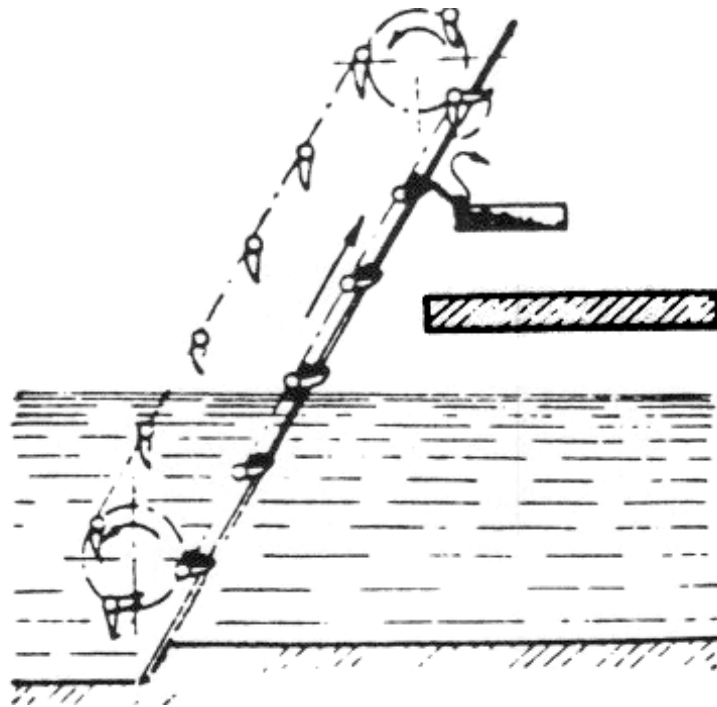


Σχήμα 3 Σχάρα με παλινδρομικό ξέστρο

Πηγή:
Η. Χατζηαγγέλου, 2002



Επίπεδες κεκλιμένες σχάρες



Πηγή:
Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Σχήμα 4 Διάταξη αλυσιδωτού ξέστρου



Κεκλιμένη σχάρα (step screen)



Πηγή:
<http://www.ekofinn-pol.com.pl/pl/produkty/krata-schodkowa-gtp>



Αυτοκαθαριζόμενη κεκλιμένη σχάρα με αλυσιδωτό ξέστρο



Πηγή:
http://bdeservice.com/viewpage.php?page_id=19



Τοποθέτηση σχαρών σε κτίριο



Συχνά γίνεται τοποθέτηση των εσχάρων σε κτίριο, όπου υπάρχει ανάγκη απόσμησης.

Πηγή:
B. Ιωσηφίδης, 2010



Σχάρες αυτόματες κεκλιμένες, επίπεδες (Step Screen)



Πηγή:
<http://www.directindustry.com/prod/huber-technology-69228.html>



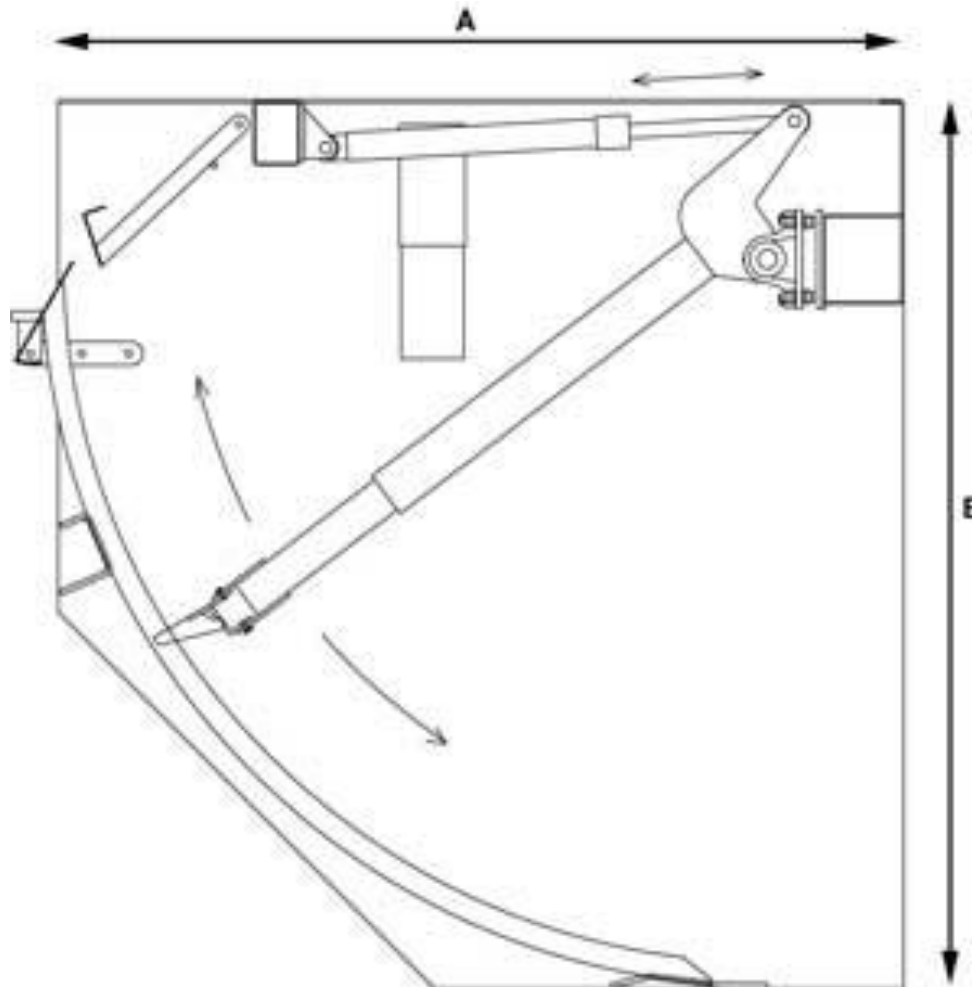
Σχάρες αυτόματες κεκλιμένες, επίπεδες (Step Screen)



Πηγή:
<http://www.zase.ch/rechenanlage.html>



Τοξωτή σχάρα, σχηματικά αυτοκαθαριζόμενη



Σχήμα 5

Πηγή:
B. Ιωσηφίδης, 2010



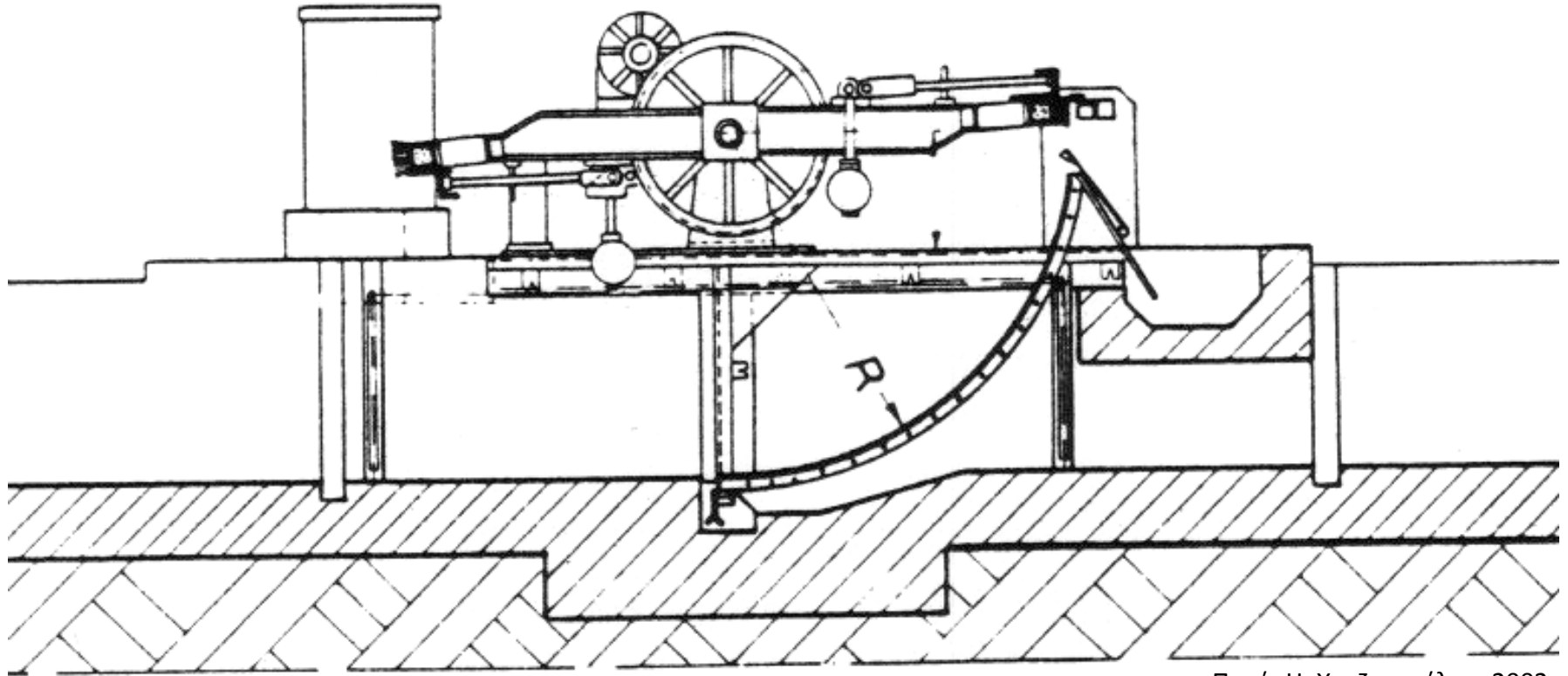
Τοξωτή σχάρα



Πηγή:

<http://www.dwe.dk/product/KD14/KD%2%A014%2%A0Curved%2%A0Bar%2%A0Screen>

Τοξωτή σχάρα



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Σχήμα 6 Τοξωτή σχάρα με περιστρεφόμενο βραχίονα καθαρισμού



Περιστρεφόμενη σχάρα

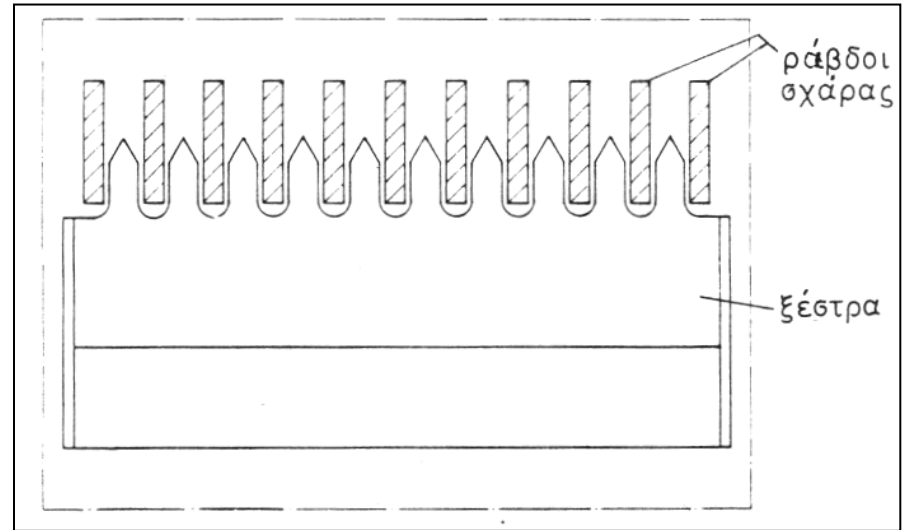


Πηγή:
[http://westerntec
hvn.com.vn/](http://westerntec.vn.com.vn/)



Καθαρισμός μηχανικών σχαρών

- Αυτόματος
- Με τη βοήθεια «ξέστρας»

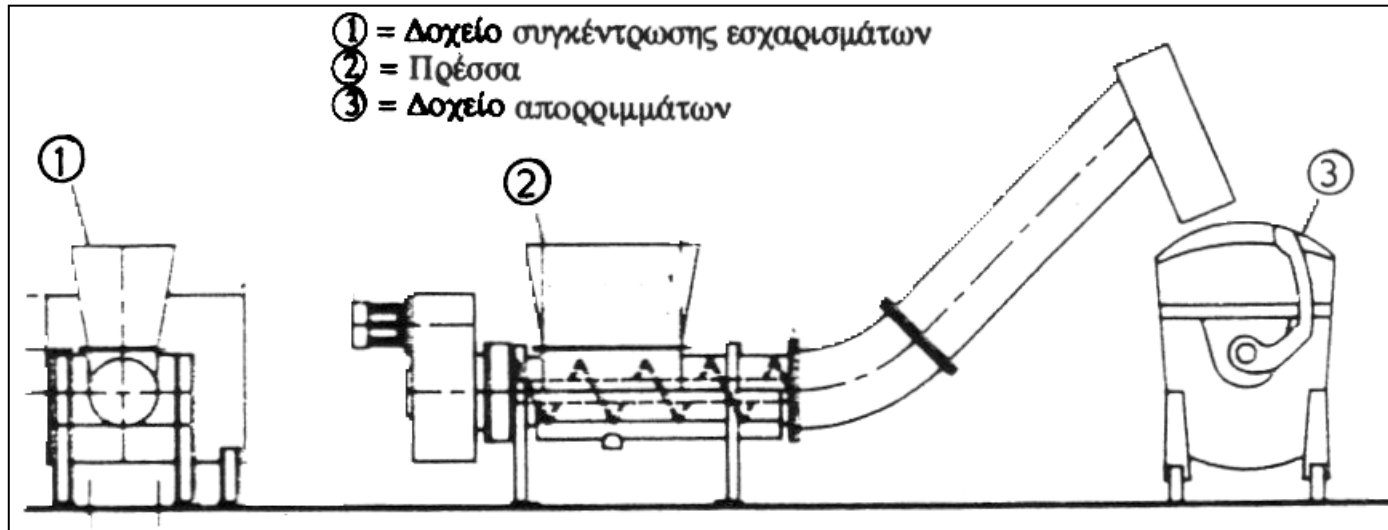


- **Ενεργοποιείται** όταν η διαφορά της στάθμης ανάντη-κατάντη της σχάρας ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή
 - Η διαφορά οφείλεται στις **απώλειες τριβών** στη σχάρα
 - **Απώλειες** ↑ όταν η ποσότητα φερτών υλών ↑



Στάδια καθαρισμού

- ① Αφυδάτωση λυμάτων
- ② Ελαφρά συμπίεση των λυμάτων
- ③ Μεταφορά εσχαρισμάτων σε χωματερές

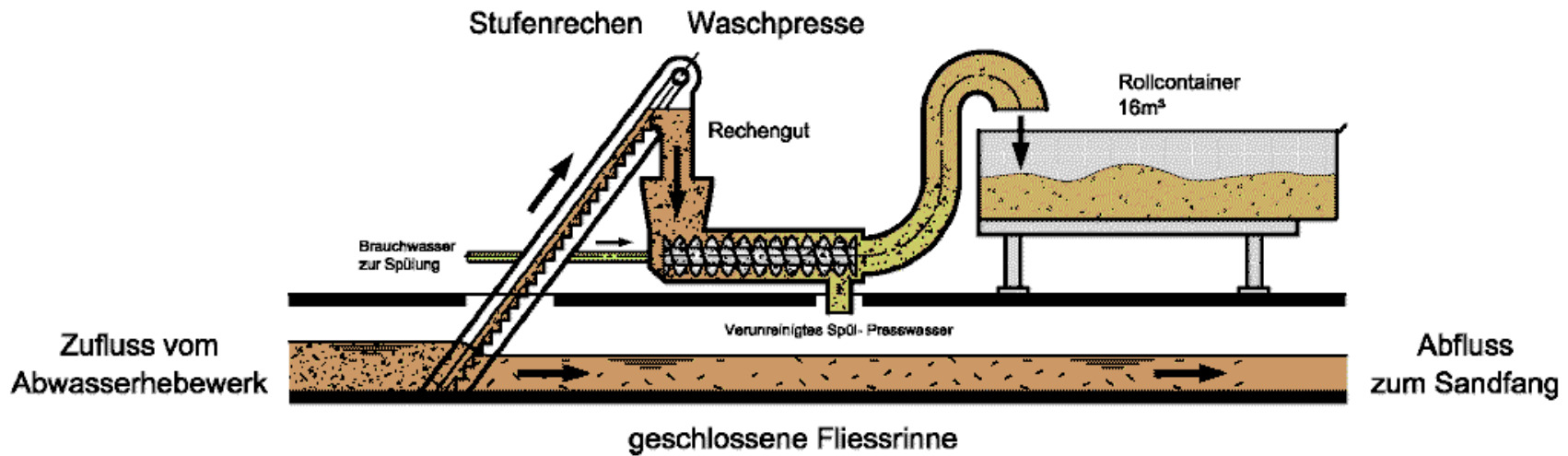


Σχήμα 7

Πηγή:
Η. Χατζηαγγέλου, 2002



Σχηματική παράσταση λειτουργίας πρέσας εσχαρισμάτων



TBF TBF+Partner AG
Planer und Ingenieure

Πηγή:
<http://www.zase.ch/rechanlage.html>



Πρέσα εσχαρισμάτων



Πηγή:
<http://rsh.com.tr/?p=128>

IED GmbH



Σχάρα με κοχλία μεταφοράς των εσχαρισμάτων



Πηγή:
<http://ateenviro.com/effluent-treatment/huber-wastewater-treatment/waste-water-screening.html>



Πρέσα εσχαρισμάτων



Πηγή:
http://de.wikipedia.org/wiki/Huber_SE



Πρέσα εσχαρισμάτων

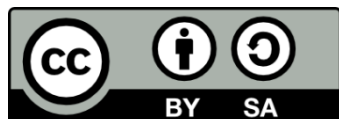


Πηγή:
<http://www.huber.de/index.php?id=537&L=9>





Κόσκινα - Φίλτρα



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Κόσκινα - Φίλτρα

- **Χοντρά** κόσκινα για την επεξεργασία της απορροής βροχής
- **Λεπτά** κόσκινα (απόσταση 0.5 – 1.5 mm των ράβδων) κυρίως για καθαρισμό αποβλήτων βιομηχανιών
- **Φίλτρα** 3^{ης} βαθμίδας ή για καθαρισμό πόσιμου νερού (κατακρατούνται τα άλγη και τα λεπτόκοκκα αιωρούμενα)



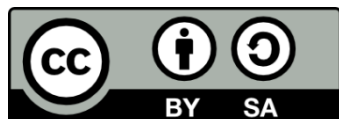
Απόδοση καθαρισμού

- **Σχάρα με μεγάλο άνοιγμα**
1 – 3 lt/κάτ.έτος
- **Σχάρα με μικρό άνοιγμα**
5 – 20 lt/κάτ.έτος (ανάλογα με απόσταση ράβδων)
- **Λεπτά κόσκινα**
10 – 50 lt/κάτ.έτος (έξοδα λειτουργίας 50 – 60%
μεγαλύτερα από τις σχάρες με μικρό άνοιγμα)





Διαστασιολόγηση σαχρών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Μεθοδολογία διαστασιολόγησης

1. Επιλογή διατομής της προσαγωγού αύλακας
2. Υπολογισμός του πλάτους της σχάρας
3. Έλεγχος των παραμέτρων καλής λειτουργίας της σχάρας
 - Αν ικανοποιούνται, OK
 - Αν δεν ικανοποιούνται, τροποποίηση των αρχικών διαστάσεων της αύλακας & επανάληψη των υπολογισμών



Βήματα διαστασιολόγησης

- Η διαστασιολόγηση μιας σχάρας ολοκληρώνεται σε 6 στάδια:
 - 1^ο βήμα:** Προσδιορίζεται το βάθος και η ταχύτητα ροής στην προσαγωγό αύλακα
 - 2^ο βήμα:** Υπολογίζεται η απαιτούμενη διαπλάτυνση της αύλακας στο σημείο της σχάρας
 - 3^ο βήμα:** Ελέγχονται οι μέγιστες και ελάχιστες ταχύτητες ροής στην προσαγωγό αύλακα και στη σχάρα, το οποίο θα κρίνει εάν χρειάζεται επαναδιαστασιολόγηση



Βήματα διαστασιολόγησης

- 4^ο βήμα:** Υπολογίζεται ο απαιτούμενος αριθμός ράβδων στη σχάρα και η ελεύθερη διατομή όταν η σχάρα είναι γεμάτη ή όταν είναι καθαρή
- 5^ο βήμα:** Ελέγχονται οι μέγιστες και ελάχιστες ταχύτητες ροής στη γεμάτη σχάρα και λίγο πριν ενεργοποιηθεί ο μηχανισμός καθαρισμού, κατά την ξηρά περίοδο, αλλά και στην καθαρή σχάρα κατά την περίοδο βροχών (για το παντοροϊκό δίκτυο)
- 6^ο βήμα:** Υπολογίζονται οι απώλειες τριβών στην καθαρή σχάρα στην περίοδο βροχών (παντοροϊκό δίκτυο), οι οποίες δεν πρέπει να υπερβαίνουν μια μέγιστη τιμή.



Ταχύτητα ροής λυμάτων

$$u = \frac{Q}{F}$$

όπου $F = (\mathbf{t} + \Delta \mathbf{t})\mathbf{b}$ = η ελεύθερη διατομή της σχάρας λίγο πριν την ενεργοποίηση του μηχανικού καθαρισμού

και $Q = Q_{\text{μεσ.ωρ.}}^{\text{Ξ.Π.}}$



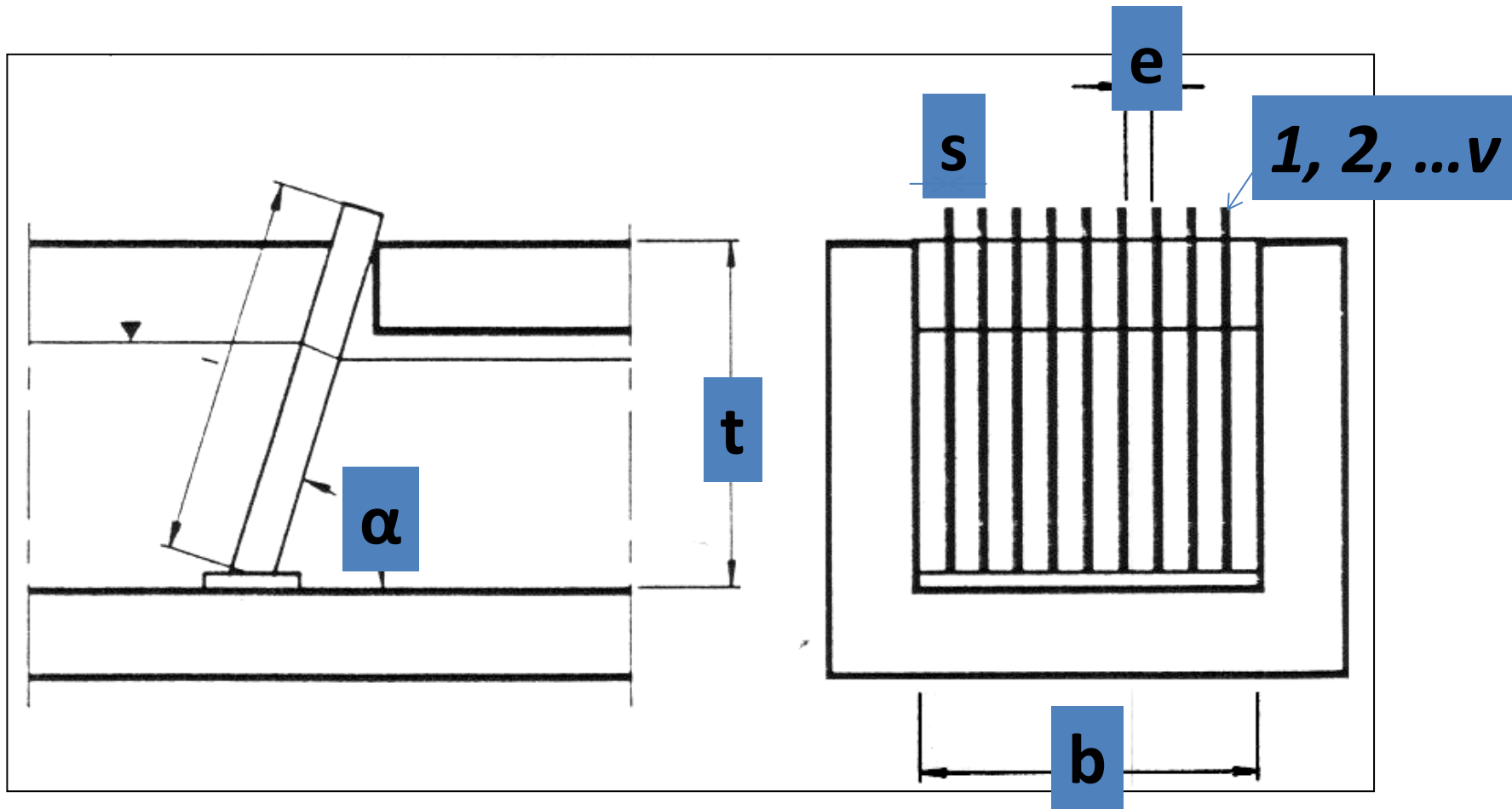
Ταχύτητα ροής λυμάτων

	Χωριστικό δίκτυο	Παντοροϊκό δίκτυο
u_{\max}	1 m/s	2 m/s
u_{\min}	0,6 m/s	0,5 m/s

- u_{\max} = η ταχύτητα ροής δια μέσου των ράβδων για τη μέγιστη παροχή ξηράς περιόδου
- u_{\min} = η ταχύτητα ροής πριν τη σχάρα για τη μέση ωριαία παροχή των ωρών ημέρας ξηράς περιόδου



Σχηματική διάταξη σχάρας



Σχήμα 8

Διαστασιολόγηση σχαρών

- **B** = πλάτος αύλακα πριν τη σχάρα
- **e** = απόσταση μεταξύ των ράβδων της σχάρας
- **s** = πάχος ράβδων σχάρας
- **n** = συντελεστής απόφραξης των φερτών υλών
 - $n=0,30$ για $e < 8$ mm
 - $n=0,25$ για $e \geq 8$ mm
 - **$n=0,20$ για $e \geq 20$ mm**
 - $n=0$ στη σύγχρονη γερμανική βιβλιογραφία
- **$e/(e+s)$** = συντελεστής ελεύθερης διατομής σχάρας



Διαστασιολόγηση σχαρών

Απαιτούμενο πλάτος σχάρας

$$b = \frac{e + s}{e} B \frac{1}{1 - n}$$

Αριθμός ράβδων σχάρας

$$v = \frac{b}{e + s} - 1$$



Ελεύθερη διατομή σχάρας

- Αφού αποφασιστούν οι διαστάσεις της σχάρας b , t (βάση των επιτρεπόμενων ταχυτήτων) και ο αριθμός των ράβδων n , υπολογίζεται η ελεύθερη διατομή για

$$\text{Καθαρή σχάρα} \rightarrow F_K = (b_{σχ} - s \cdot n) t$$

$$\text{Γεμάτη σχάρα} \rightarrow F_Y = F_K (1-n)$$

όπου s = πάχος ράβδων της σχάρας

n = συντελεστής απόφραξης





Απώλειες τριβών λυμάτων

$$\Delta h = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{4/3} \frac{u^2}{2g} \sin \alpha$$

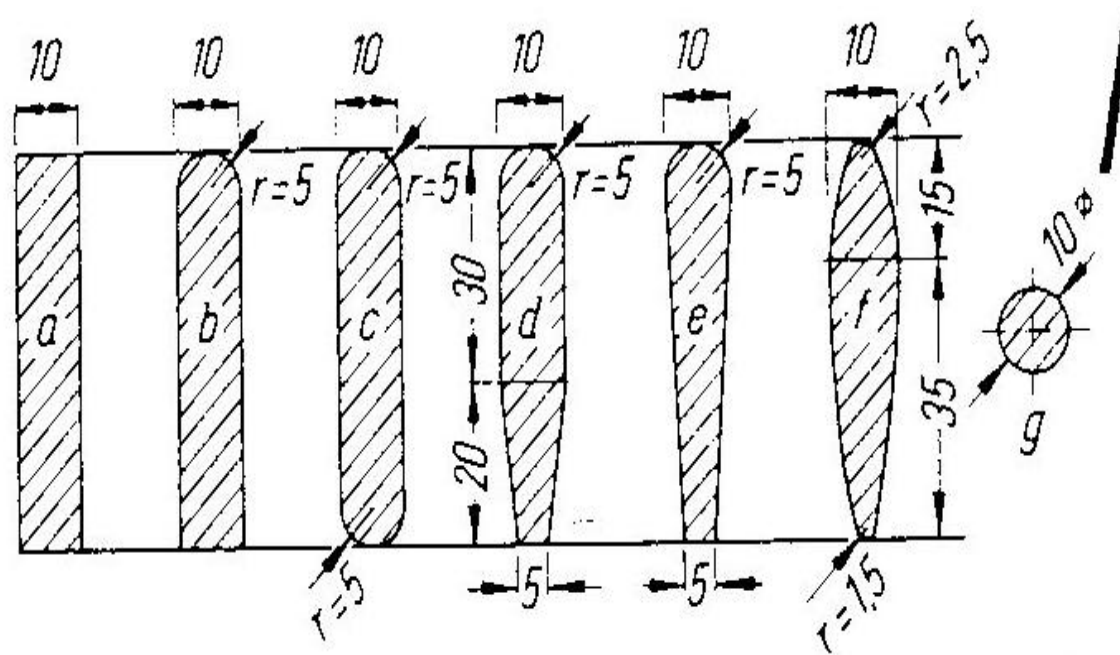
$\Delta h \leq 5 \text{cm}$, καθαρές σχάρες

$3\Delta h$, γεμάτες με φερτές ύλες

- u = ταχύτητα ροής πριν τη σχάρα
- α = γωνία κλίσης των ράβδων της σχάρας (βλ. Σχ. 1) 
- β = συντελεστής τοπικών απωλειών στις ράβδους της σχάρας (βλ. Σχ. 9) 
- e = απόσταση μεταξύ των ράβδων της σχάρας
- s = πάχος ράβδων σχάρας



Τιμές συντελεστών τοπικών απωλειών ράβδων σχάρας



$\beta = 2,42 \quad 1,83 \quad 1,67 \quad 1,035 \quad 0,92 \quad 0,76 \quad 1,79$

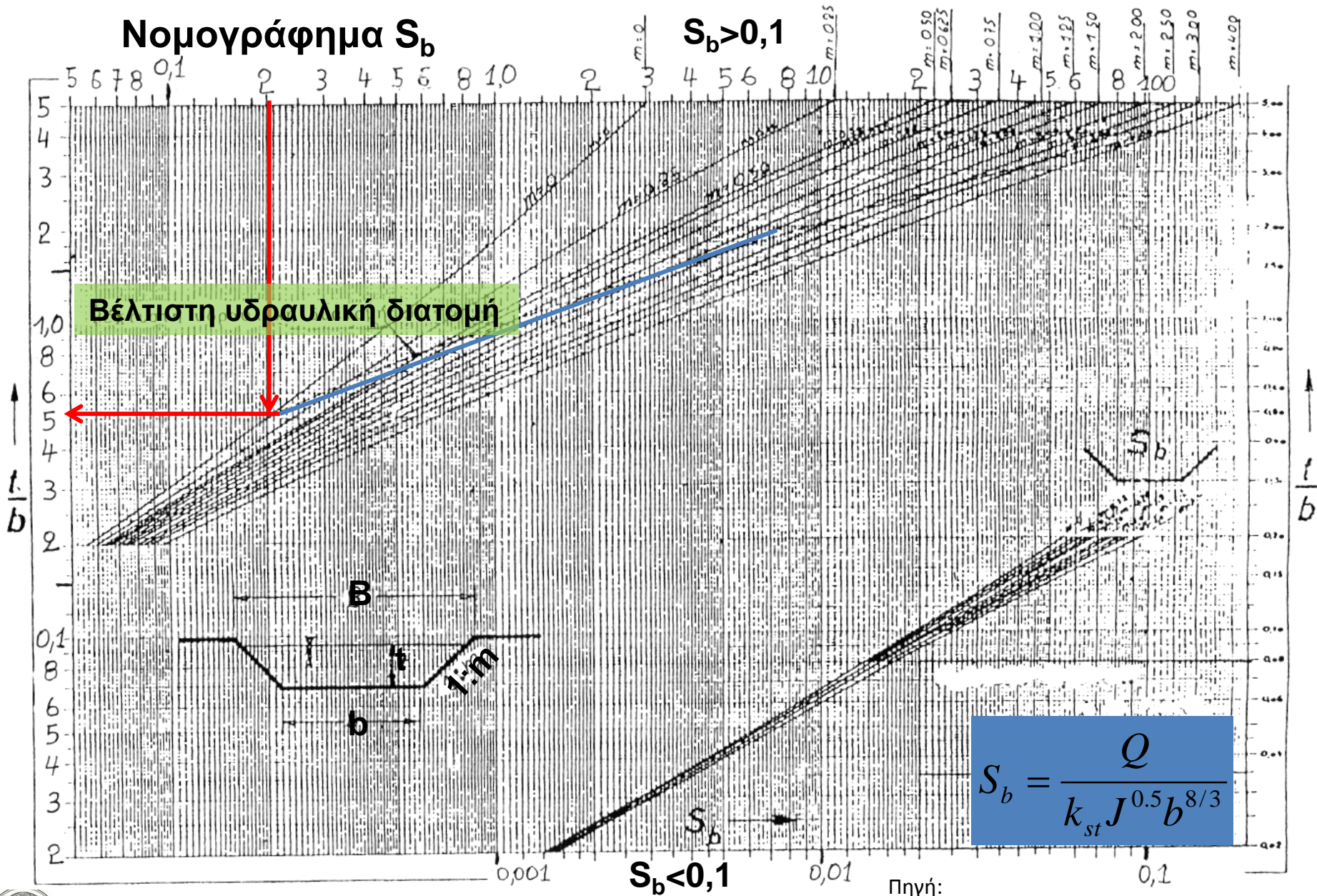
Πηγή:
Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Σχήμα 9



Νομογράφημα S_b

$S_b > 0,1$



$$S_b = \frac{Q}{k_{st} J^{0.5} b^{8/3}}$$

Πηγή:
Η. Χατζηαγγέλου, 2002



Συντελεστής τραχύτητας Strickler

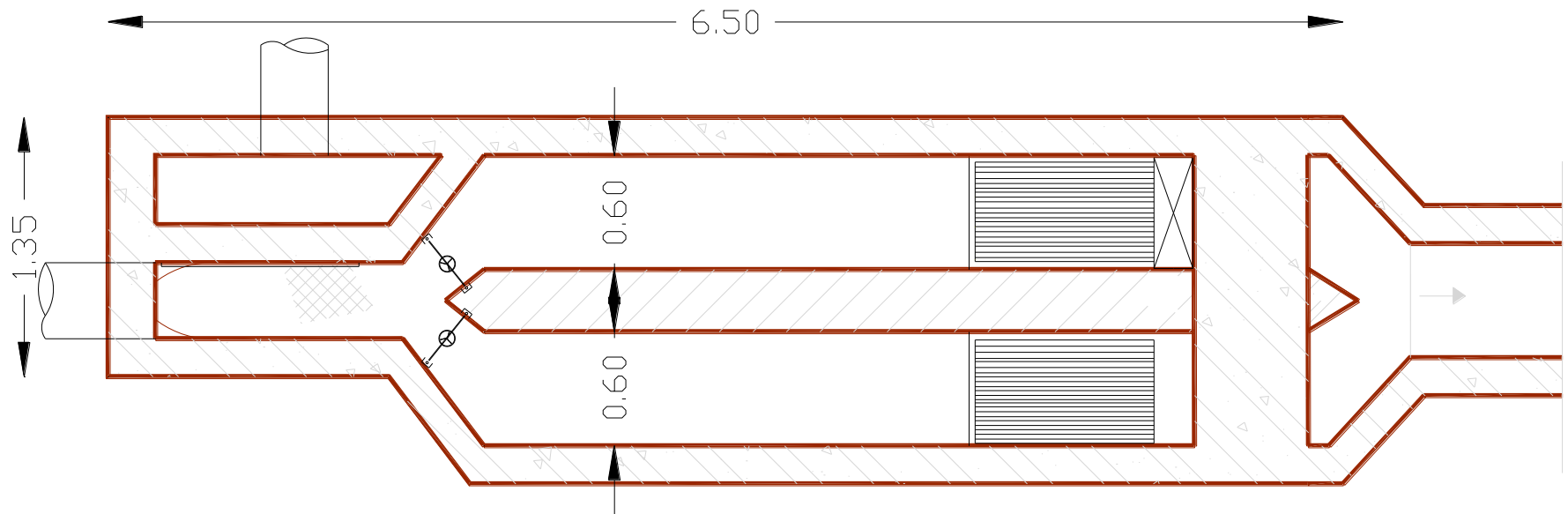
Πίνακας 2

Τύπος αύλακα	Τιμές του συντελεστή Strickler, k_{st}
Φυσικά ρεύματα	40 – 19
Αύλακες στο έδαφος	60 – 20
Αύλακες σε βραχώδη πετρώματα	30 – 15
Κτιστές αύλακες	80 – 45
Αύλακες από σκυρόδεμα	100 – 50
Αύλακες από ξύλο	95 – 65
Αύλακες από λαμαρίνες	95 – 65
Αύλακες με ασφαλτική επικάλυψη	70 – 75
Στοές και σωλήνες από σκυρόδεμα	100 – 28

$k_{st} = 90$

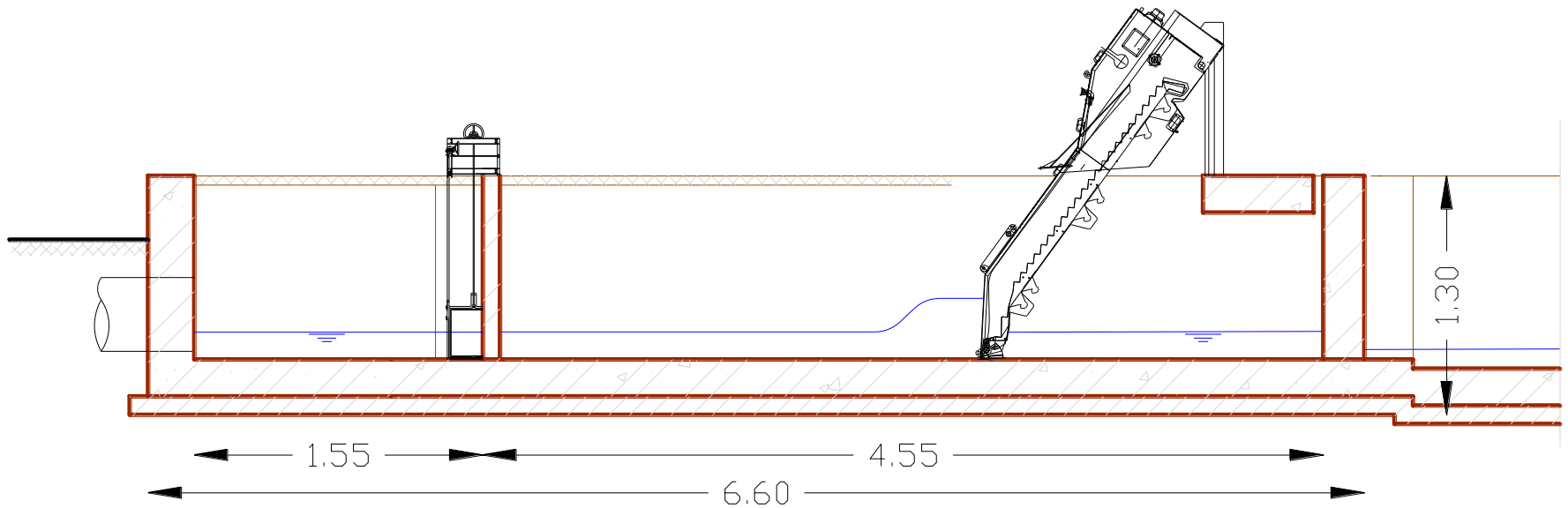


Μονάδα Εσχάρωσης Κάτοψη



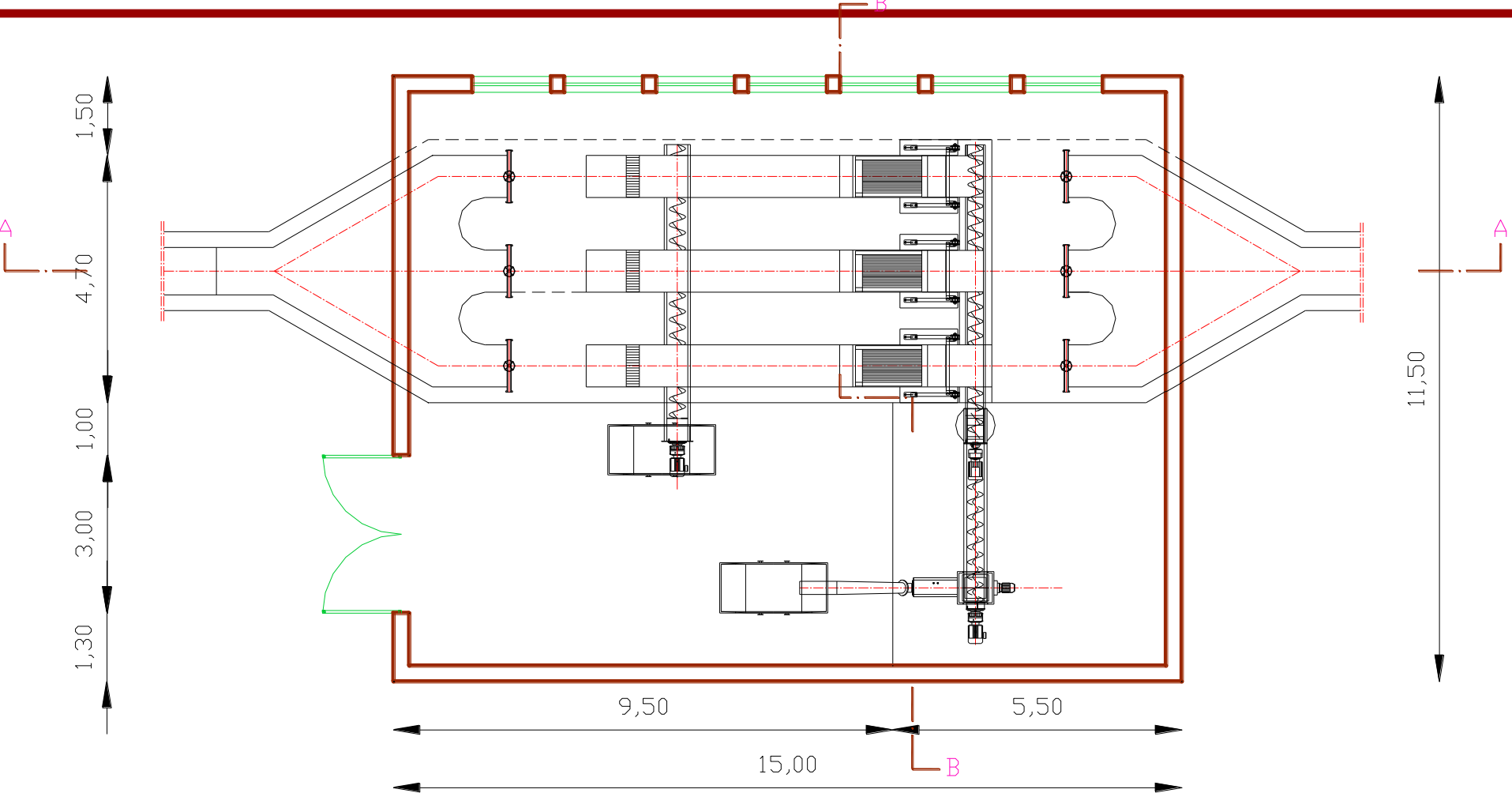
Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Μονάδα Εσχάρωσης Τομή



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

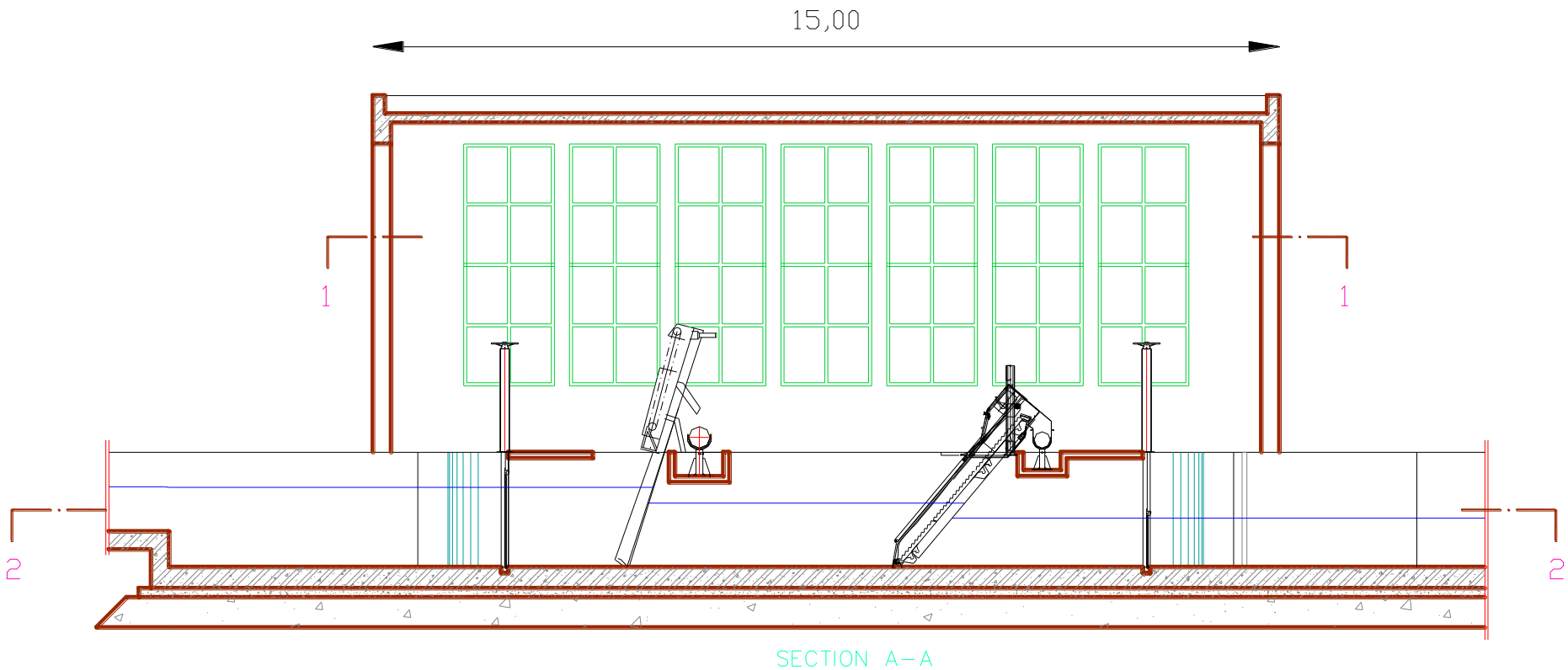
Μονάδα Εσχάρωσης Κάτοψη



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Μονάδα Εσχάρωσης

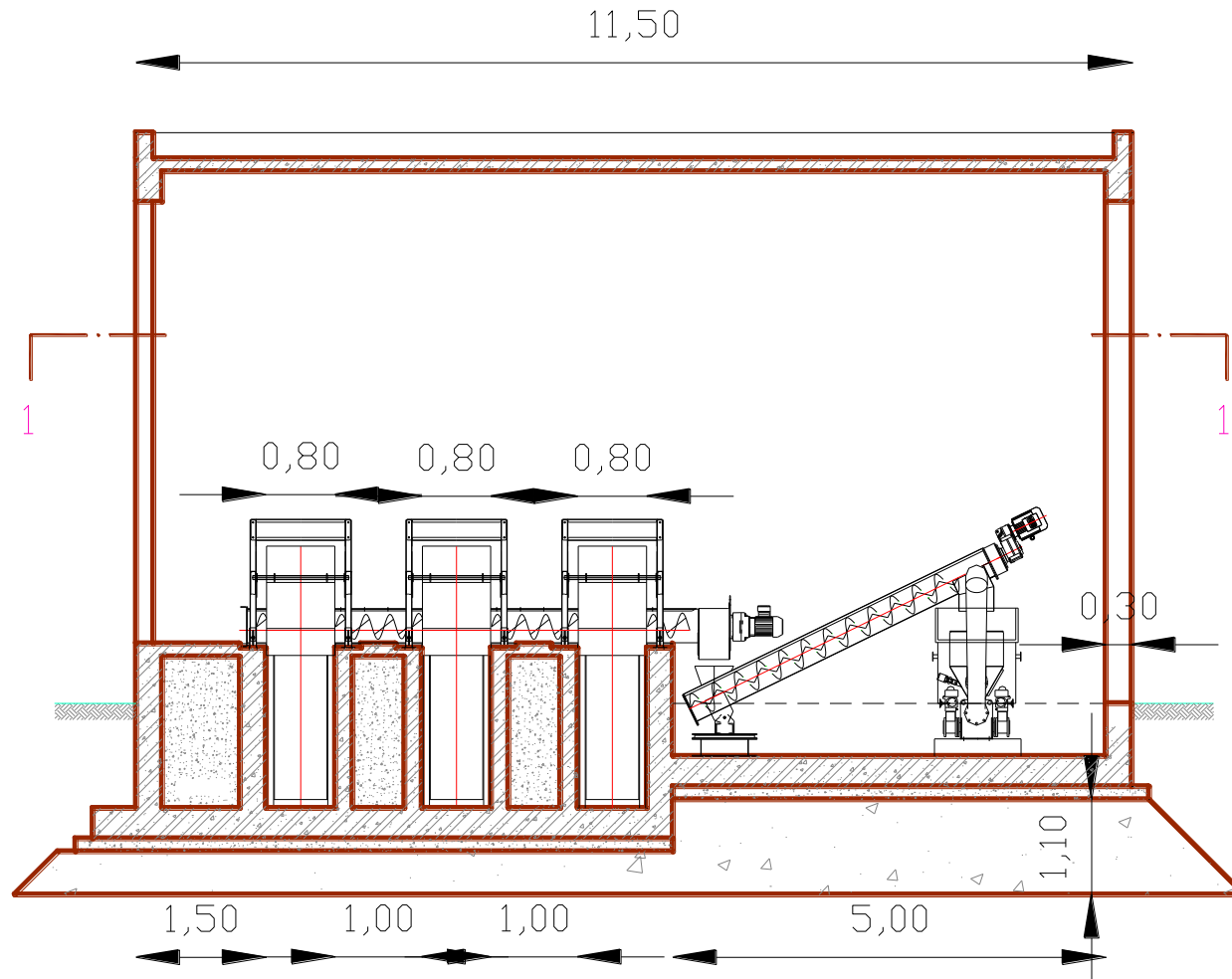
TOMH A-A



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Μονάδα Εσχάρωσης

ΤΟΜΗ Β-Β



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Άλλα απαραίτητα έργα

- Προσαγωγός αύλακα
- Αύλακα εκτροπής (για τη συντήρηση της σχάρας)



‘Διορθωτικές κινήσεις’

- Όταν η ταχύτητα είναι εκτός επιθυμητών ορίων ακόμα και για υπολογισμό με βέλτιστη διατομή, τότε αλλάζουμε λίγο το **πλάτος** και ξαναυπολογίζουμε.
- Επίσης σε περιπτώσεις που δεν μπορούμε να πετύχουμε την σωστή ταχύτητα, υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης ‘**κλαπέ**’ για **ανάδευση**, ώστε να αποφύγουμε την καθίζηση των στερεών, λόγω μικρών ταχυτήτων.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Υπότιτλος

ΑΣΚΗΣΗ 1.

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΧΑΡΑΣ

Εκφώνηση

Πρόκειται να μελετηθεί η σχάρα της εγκατάστασης λυμάτων μιας πόλης, η οποία διαθέτει **παντοροϊκό** δίκτυο αποχέτευσης. Πριν από την σχάρα έχει κατασκευασθεί υπερχειλιστής. Ζητείται η διαστασιολόγηση της σχάρας, αν δίνονται:

1. **Μέγιστη** παροχή περιόδου **βροχών**: **$0,65 \text{ m}^3/\text{s}$**
2. **Μέγιστη** παροχή **ξηράς** περιόδου: **$0,285 \text{ m}^3/\text{s}$**
3. **Μέση ωριαία** παροχή των ωρών ημέρας **ξηράς** περιόδου: **$0,162 \text{ m}^3/\text{s}$**
4. **Πλάτος** προσαγωγού **αύλακα**: **$1,3 \text{ m}$**
5. **Κλίση** πυθμένα προσαγωγού **αύλακα**: **$0,3\%$**



Εκφώνηση

6. Απόσταση μεταξύ των ράβδων της σχάρας: **2,5 cm**
7. Πάχος ράβδων σχάρας: **0,5 cm**
8. Συντελεστής απόφραξης: $\eta=0,2$
9. Κλίση ράβδων σχάρας: **45°**
10. Επιτρεπόμενη υπερύψωση στάθμης ανάντη της σχάρας: **3 cm**
11. Απαιτούμενη διαφορά στάθμης ανάντη και κατόντη της σχάρας για τη λειτουργία του αυτοματισμού καθαρισμού: **7 cm**
12. Υψόμετρο πυθμένα προσαγωγού αύλακας: **122,42 m**



Δεδομένα

- $Q_{\text{μεγ}}^{\text{Π.Β.}} = 0,65 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{μεγ}}^{\text{Ξ.Π.}} = 0,285 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{μεσ.ωρ.}}^{\text{Ξ.Π.}} = 0,162 \text{ m}^3/\text{s}$
- $B = b = 1,3 \text{ m}$
- $J = 0,3 \text{ ‰}$
- $e = 2,5 \text{ cm}$
- $s = 0,5 \text{ cm}$
- $n = 0,2$
- $\alpha = \delta = 45^\circ$
- $\Delta t_{\text{επιτρ.}} = 3 \text{ cm}$
- $\Delta t_{\text{απαιτ.}} = 7 \text{ cm}$

Πρόσθετα δεδομένα

$k_{st} = 90$ (βλ. επόμενο πίνακα)

$u_{\text{ελαχ.}} = 0,5 \text{ m/s}$ (παντοροϊκό)

$u_{\text{μεγ.}} = 2,0 \text{ m/s}$ (παντοροϊκό)

$\beta = 1,83$

$H = 122,42 \text{ m}$



Λύση Άσκησης

- ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΒΡΟΧΩΝ (μέγιστες παροχές)
 - Υπολογισμός βάθους ροής στην προσαγωγό αύλακα
 - Υπολογισμός διαπλάτυνσης της αύλακας στη θέση της σχάρας
 - Υπολογισμός ταχύτητας ροής στην προσαγωγό αύλακα $< u_{\max}$
 - Υπολογισμός ταχύτητας ροής πριν τη σχάρα $< u_{\max}$



Λύση Άσκησης

- **ΞΗΡΑ ΠΕΡΙΟΔΟΣ (ελάχιστες παροχές)**
 - Υπολογισμός βάθους ροής στην προσαγωγό αύλακα
 - Υπολογισμός ταχύτητας ροής στην προσαγωγό αύλακα $> u_{\min}$
 - Υπολογισμός ταχύτητας ροής πριν τη σχάρα $> u_{\min}$
- **Εάν δεν ικανοποιείται μια από τις παραπάνω τιμές στους ελέγχους ταχύτητας, γίνεται επαναδιαστασιολόγηση της αύλακας**



Υπολογισμός βάθους ροής στην προσαγωγό αύλακα (για τη μέγιστη παροχή βροχών)

- Ο υπολογισμός ανοιχτών αγωγών κατά *Roske* και το νομογράφημα S_b δίνει, για συντελεστή τραχύτητας *Strickler* $k_{st} = 90$

$$S_b = \frac{Q_{\mu\epsilon\gamma.}^{\text{Π.Β.}}}{k_{st} J^{0.5} b^{8/3}} \Rightarrow S_b = \frac{0,65}{90 \cdot 0,0003^{0.5} 1,3^{8/3}} \Rightarrow S_b = 0,207$$

- Το οποίο για την ορθογωνική διατομή ($m=0$) δίνει το λόγο του βάθους προς πλάτος $\mathbf{t/b=0.5}$
- Άρα το **βάθος ροής** στην προσαγωγό αύλακα είναι

$$\mathbf{t_\beta = 0,5 \cdot b = 0,5 \cdot 1,3 = 0,65 \text{ m}}$$



Απαιτούμενο πλάτος της σχάρας (Υπολογισμός διαπλάτυνσης της αύλακας στη θέση της σχάρας)

- Για b = πλάτος προσαγωγού αύλακας = 1,3 m

$$b_{σχ} = \frac{e+s}{e} b \frac{1}{1-n} \Rightarrow b_{σχ} = \frac{2,5+0,5}{2,5} 1,3 \frac{1}{1-0,2} = 1,95m$$

- Όπου
 - $e=2,5$ cm η απόσταση των ράβδων
 - $s=0,5$ cm το πάχος των ράβδων
 - $n=0,2$ ο συντελεστής απόφραξης



Έλεγχος ταχυτήτων ροής (Π.Β.)

- Υπολογισμός ταχύτητας ροής στην προσαγωγό αύλακα για την περίοδο βροχών

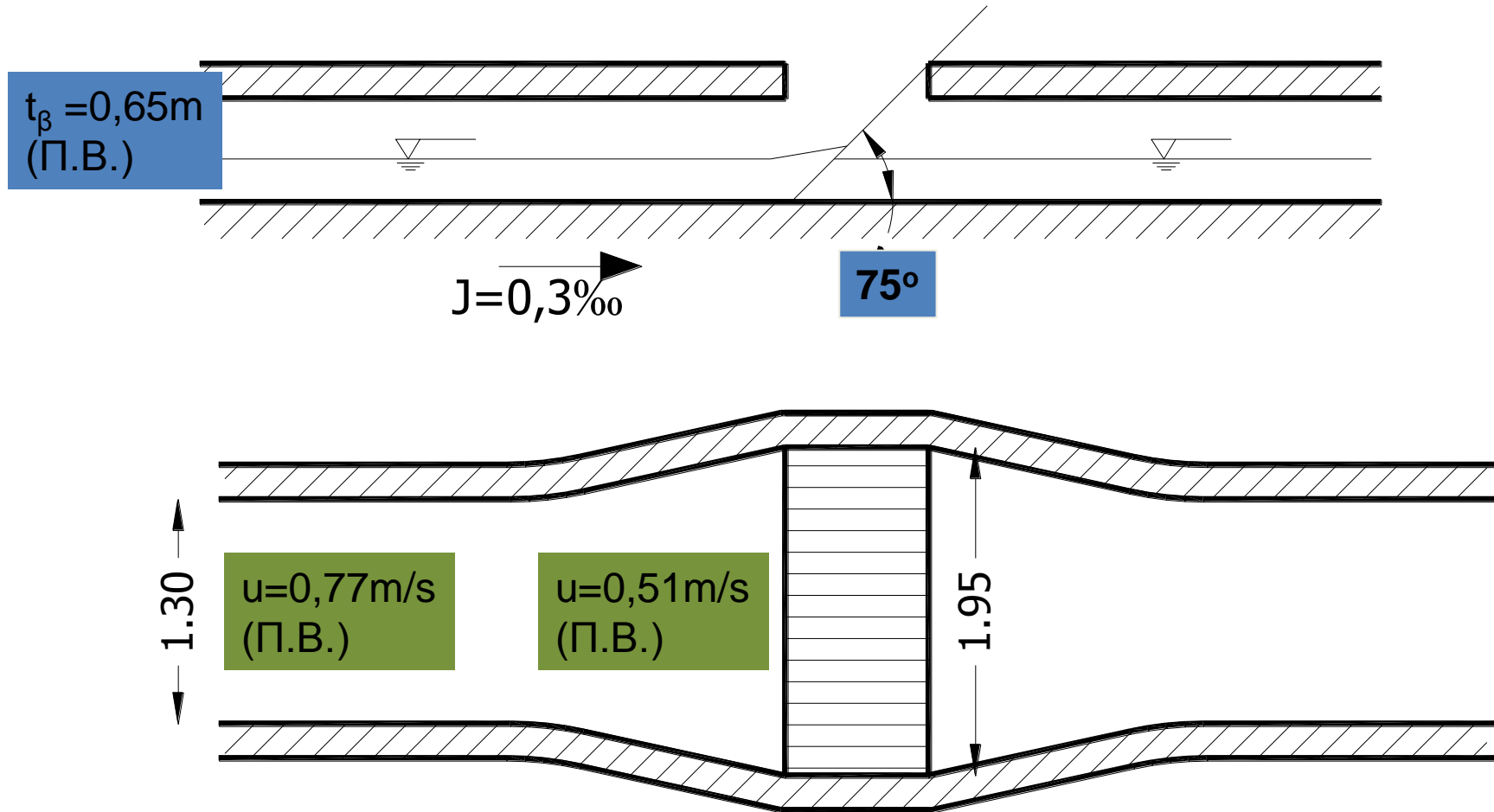
$$u_{\max} = \frac{Q_{\mu\epsilon\gamma.}^{\text{Π.Β.}}}{t_{\beta} \cdot b} = \frac{0,65}{0,65 \cdot 1,3} = 0,77 \text{ m/s} < 2 \text{ m/s}$$

- Υπολογισμός ταχύτητας ροής πριν τη σχάρα για την περίοδο βροχών

$$u_{\max} = \frac{Q_{\mu\epsilon\gamma.}^{\text{Π.Β.}}}{t_{\beta} \cdot b_{\sigma\chi}} = \frac{0,65}{0,65 \cdot 1,95} = 0,51 \text{ m/s} < 2 \text{ m/s}$$



Ταχύτητες και βάθος ροής την Π.Β.



Υπολογισμός βάθους ροής στην προσαγωγό αύλακα για την ξηρά περίοδο (ελάχιστη παροχή)

- Ο υπολογισμός ανοιχτών αγωγών κατά *Roske* και το νομογράφημα S_b δίνει, για συντελεστή τραχύτητας *Strickler* $k_{st} = 90$

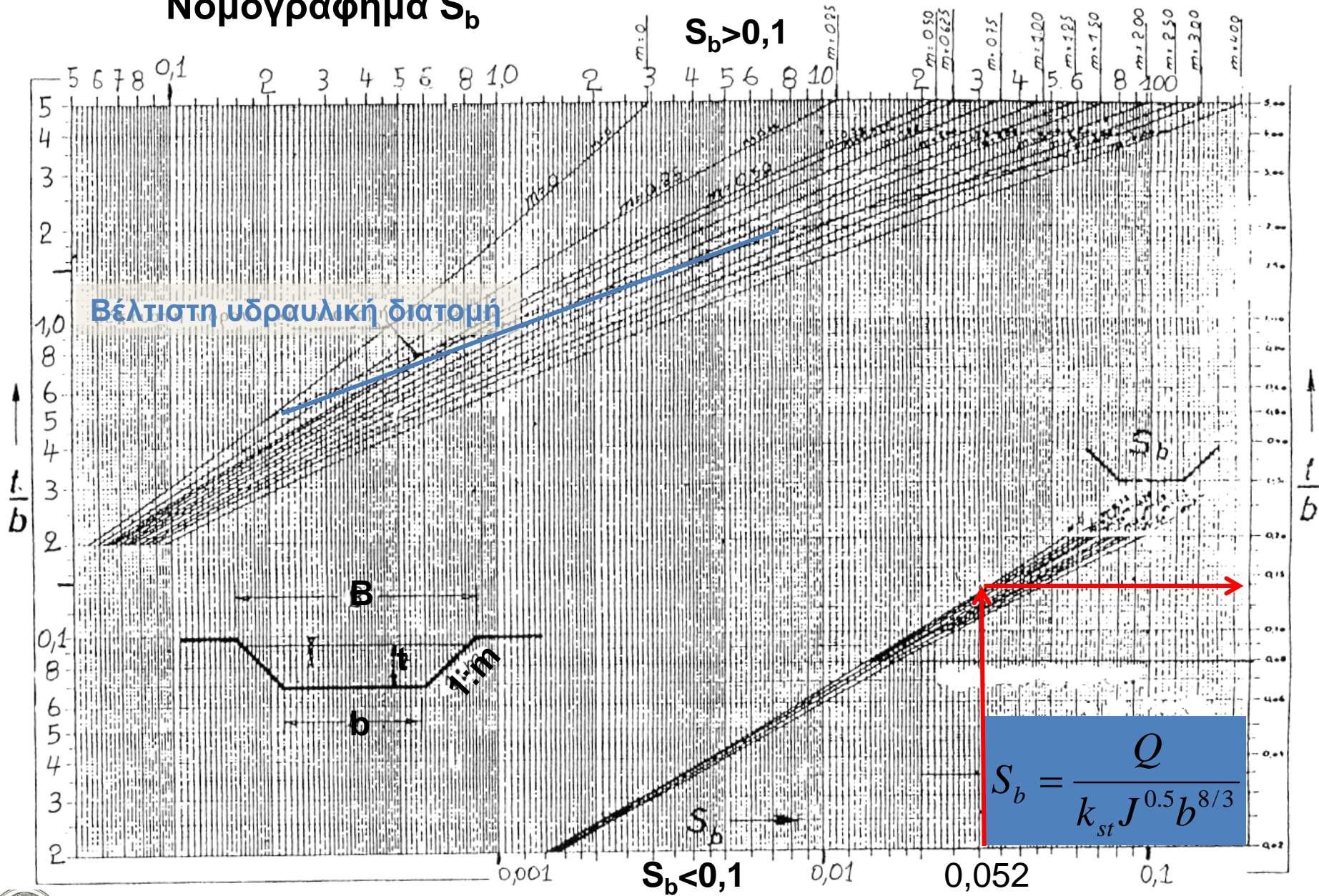
$$S_b = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ξ.Π.}}}{k_{st} J^{0.5} b^{8/3}} \Rightarrow S_b = \frac{0,162}{90 \cdot 0,0003^{0.5} 1,3^{8/3}} \Rightarrow S_b = 0,052$$

- Το οποίο για την ορθογωνική διατομή ($m=0$) δίνει το λόγο του βάθους προς πλάτος **$t/b=0,18$**
- Άρα το βάθος ροής στην προσαγωγό αύλακα είναι

$$t_{\xi} = 0,18 \cdot b = 0,18 \cdot 1,3 = \mathbf{0,23 \text{ m}}$$



Νομογράφημα S_b



$$S_b = \frac{Q}{k_{st} J^{0.5} b^{8/3}}$$



Έλεγχος ταχυτήτων ροής (Ξ.Π.)

- Υπολογισμός ταχύτητας ροής στην προσαγωγό αύλακα για ξηρά περίοδο

$$u_{\min} = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ξ.Π.}}}{t_{\xi} \cdot b} = \frac{0,162}{0,23 \cdot 1,3} = 0,53 \text{ m/s} > 0,5 \text{ m/s}$$

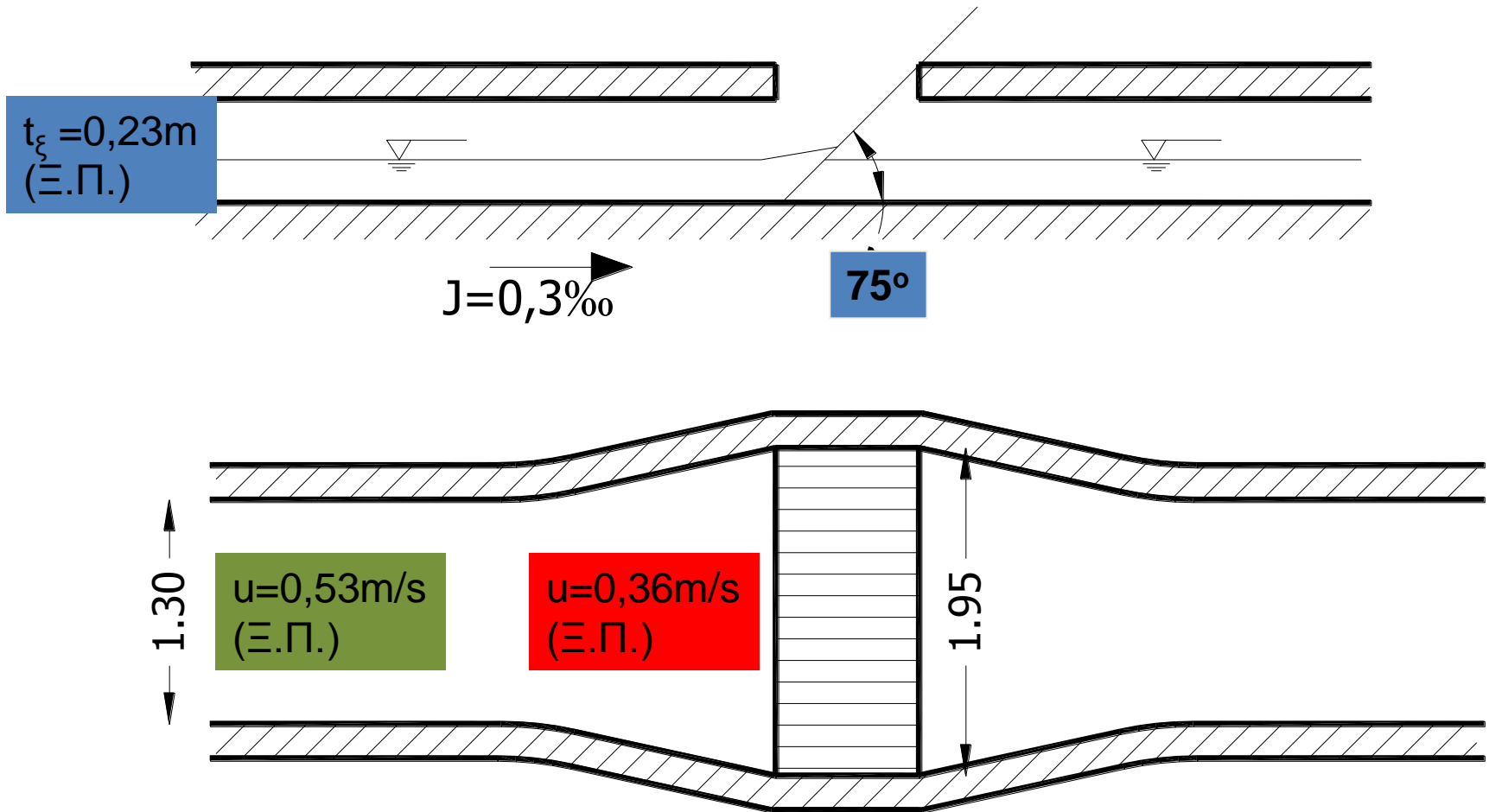
$$S_b = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ξ.Π.}}}{k_{st} J^{0.5} b^{8/3}} \Rightarrow S_b = \frac{0,162}{90 \cdot 0,0003^{0.5} 1,3^{8/3}} \Rightarrow S_b = 0,052$$

- Υπολογισμός ταχύτητας ροής πριν τη σχάρα για την ξηρά περίοδο

$$u_{\min} = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ξ.Π.}}}{F} = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ξ.Π.}}}{t_{\xi} \cdot b_{\sigma\chi}} = \frac{0,162}{0,23 \cdot 1,95} = 0,36 \text{ m/s} < 0,5 \text{ m/s}$$



Ταχύτητες και βάθος ροής την Ξ.Π.



Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

	Περίοδος Βροχών	Ξηρά Περίοδος
Παροχή, Q (m^3/s)	0,65	0,162
Βάθος ροής στην αύλακα, t (m)	0,65	0,23
Ταχύτητα ροής αύλακα, u (m/s)	0,77	0,53
Ταχύτητα ροής πριν τη σχάρα, u (m/s)	0,51	0,36 (*)

(*) $u_{min} = 0,5$ m/s η ελάχιστη ταχύτητα ροής πριν τη σχάρα για τη μέση ωριαία παροχή των ωρών ημέρας ξηράς περιόδου σε παντοροϊκό δίκτυο

$u_{max} = 2,0$ m/s η μέγιστη ταχύτητα ροής δια μέσου των ράβδων για τη μέγιστη παροχή ξηράς περιόδου σε παντοροϊκό δίκτυο



Παρατηρήσεις

- Με τις διαστάσεις που υπολογίστηκαν, για αρκετές ώρες τη ημέρα, θα γίνεται **απόθεση άμμου** στον πυθμένα της αύλακας πριν τη σχάρα (λόγω χαμηλής ταχύτητας $u < 0,5 \text{m/s}$)
- Απαιτείται λοιπόν **νέα διαστασιολόγηση** της αύλακας.
 - ▲ Θα αυξηθεί η **κλίση** της προσαγωγού αύλακας
 - ▼ Η **διατομή** που θα επιλεγεί (πιο στενή) θα είναι η βέλτιστη για τη μέγιστη παροχή ξηράς περιόδου (τυπική)



Επαναδιαστασιολόγηση για Ξ.Π.

- Υπολογισμός νέου βάθους ροής στην προσαγωγό αύλακα (για μέση και μέγιστη παροχή Ξ.Π. και μέγιστη Π.Β.)
- Υπολογισμός νέας κλίσης της προσαγωγού αύλακας
- Υπολογισμός διαπλάτυνσης της αύλακας στη θέση της σχάρας
- Υπολογισμός αριθμού ράβδων σχάρας (ακέραιος αριθμός)
- Υπολογισμός ελεύθερης διατομής καθαρής και γεμάτης σχάρας
- Έλεγχος ταχύτητας ροής
 - (Θέση #1) για την μέγιστη παροχή της Π.Β. στην προσαγωγό αύλακα $< u_{\max}$
 - (Θέση #1) για την μέση παροχή της Ξ.Π. στην προσαγωγό αύλακα $> u_{\min}$
 - (Θέση #2) για την μέση παροχή της Ξ.Π. πριν τη σχάρα $> u_{\min}$
 - (Θέση #3) για την μέγιστη παροχή της Ξ.Π. πριν τη σχάρα $< u_{\max}$



Νέα διαστασιολόγηση αύλακας και νέα κλίση

- Από το νομογράφημα S_b , για τη βέλτιστη υδραυλική διατομή ισχύουν: **$t/b=0,52$** και **$S_b=0,21$**
- Το νέο βάθος ροής στην προσαγωγό αύλακα θα είναι **$t_1 = 0,52 \cdot b_1$**
- Για τη μέγιστη παροχή ξηράς περιόδου και **$u=1m/s$** το **νέο βάθος ροής της προσαγωγού αύλακας** είναι

$$u = \frac{Q_{\mu\epsilon\gamma.}^{\Xi.Π.}}{F} = \frac{Q_{\mu\epsilon\gamma.}^{\Xi.Π.}}{t_1 \cdot b_1} = \frac{0,285}{0,52b_1 \cdot b_1} = 1,0 \Rightarrow b_1 = 0,74m$$

- Άρα το **νέο βάθος ροής** στην προσαγωγό αύλακα είναι **$t_1 = 0,38m$**



Νέα διαστασιολόγηση αύλακας και νέα κλίση

- Για συντελεστή τραχύτητας *Strickler* $k_{st} = 90$ και $S_b = 0,21$, η **νέα κλίση της προσαγωγού αύλακας** θα είναι

$$S_b = \frac{Q_{\muεγ.}^{\Xi.Π.}}{k_{st} J^{0.5} b^{8/3}} \Rightarrow \frac{0,285}{90 \cdot J^{0.5} 0,74^{8/3}} = 0,21 \Rightarrow J_1 = 1,133\text{‰}$$



Υπολογισμός νέου βάθους ροής στην προσαγωγό αύλακα για την ξηρά περίοδο

- Ο υπολογισμός ανοιχτών αγωγών κατά *Roske* και το νομογράφημα S_b , για συντελεστή τραχύτητας *Strickler* $k_{st} = 90$, δίνει

$$S_b = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ξ.Π.}}}{k_{st} J^{0.5} b^{8/3}} \Rightarrow S_b = \frac{0,162}{90 \cdot 0,00133^{0.5} 0,74^{8/3}} \Rightarrow S_b = 0,11$$

- Το οποίο για την ορθογωνική διατομή ($m=0$) δίνει το λόγο του βάθους προς πλάτος: **$t/b=0,32$**
- Άρα το **νέο βάθος ροής** στην προσαγωγό αύλακα είναι
 $t_2 = 0,32 \cdot b_1 = 0,32 \cdot 0,74 = 0,24 \text{ m}$



Υπολογισμός νέου βάθους ροής στην προσαγωγό αύλακα για την περίοδο βροχών

- Ο υπολογισμός ανοιχτών αγωγών κατά *Roske* και το νομογράφημα S_b , για συντελεστή τραχύτητας *Strickler* $k_{st} = 90$, δίνει

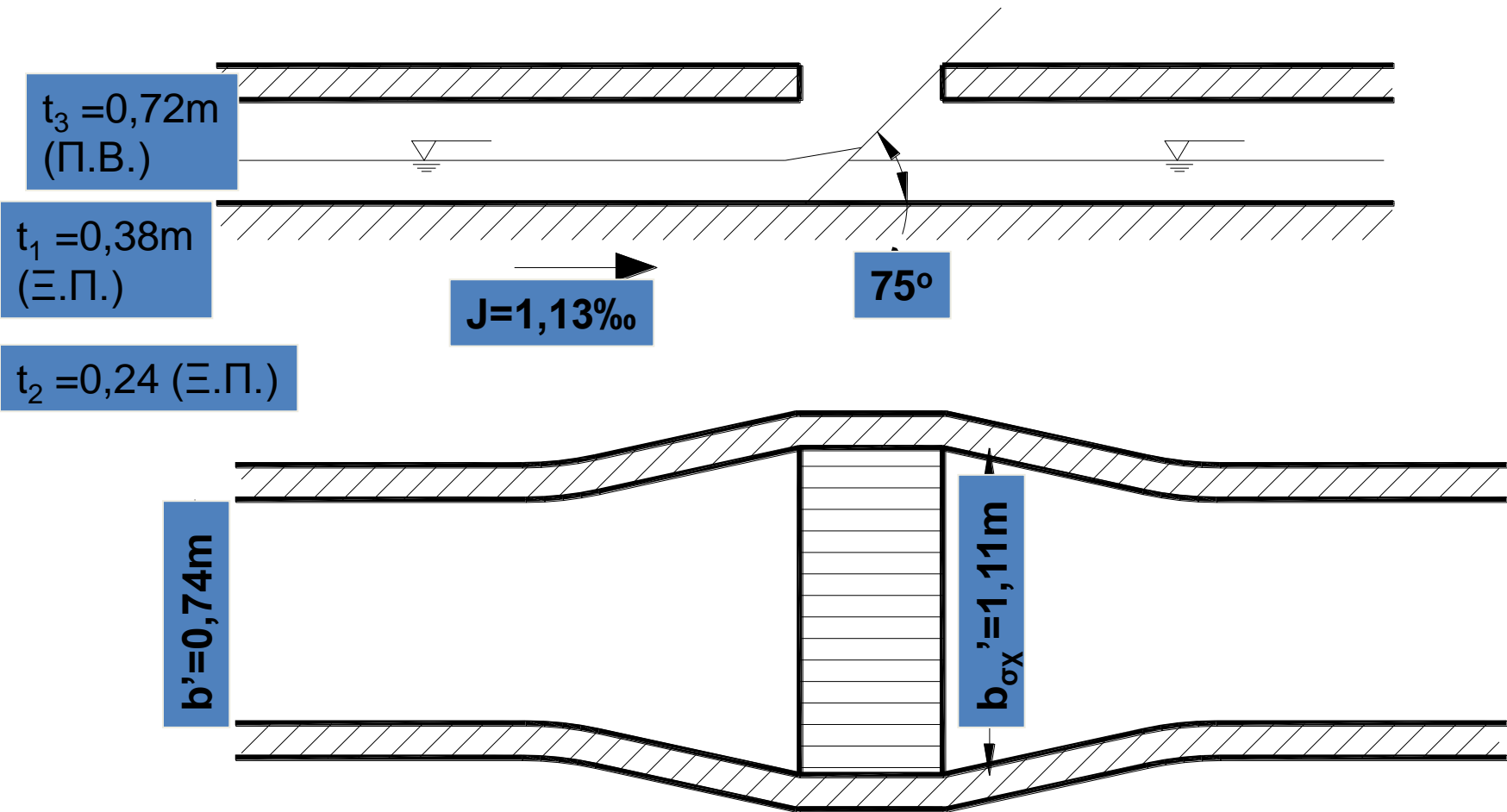
$$S_b = \frac{Q_{\mu\epsilon\gamma.}^{\text{Π.Β.}}}{k_{st} J^{0.5} b^{8/3}} \Rightarrow S_b = \frac{0,65}{90 \cdot 0,00133^{0.5} 0,74^{8/3}} \Rightarrow S_b = 0,44$$

- Το οποίο για την ορθογωνική διατομή ($m=0$) δίνει το λόγο του βάθους προς πλάτος **$t/b=0,98$**
- Άρα το **νέο βάθος ροής** στην προσαγωγό αύλακα είναι

$$t_3 = 0,98 \cdot b_1 = 0,98 \cdot 0,74 = \mathbf{0,72 \text{ m}}$$



Βάθη ροής και κλίση αύλακα. Πλάτος αύλακα και σχάρας



Νέο απαιτούμενο πλάτος της σχάρας (Υπολογισμός διαπλάτυνσης της αύλακας στη θέση της σχάρας)

- Για $b_1 =$ πλάτος προσαγωγού αύλακας = 0,74 m

$$b'_{σχ} = \frac{e+s}{e} b_1 \frac{1}{1-n} \Rightarrow b'_{σχ} = \frac{2,5+0,5}{2,5} 0,74 \frac{1}{1-0,2} = 1,11 \text{ m}$$

Διαστασιολόγηση ($Q_{\text{μέγ. Ξ.Π.}}$)	A'	B'
Πλάτος αύλακας, B (m)	1,30	0,74
Πλάτος σχάρας, $b_{σχ}$ (m)	1,95	1,11



Τελική διαστασιολόγηση σχάρας

- Αριθμός ράβδων σχάρας

$$v = \frac{b'_{σχ}}{e + s} - 1 \Rightarrow v = \frac{111}{2,5 + 0,5} - 1 \Rightarrow v = 36 \text{ ράβδοι}$$

- Ελεύθερη διατομή σχάρας για
 - Καθαρή σχάρα

$$Q_{μεγ}^{\Xi.Π.} = 0,285 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$F_{\kappa} = (b'_{σχ} - s \cdot v) t_1 = (111 - 0,5 \cdot 36) \cdot 38 = 3534 \text{ cm}^2 = \mathbf{0,35 \text{ m}^2}$$

- Γεμάτη σχάρα

$$F_{\gamma} = F_{\kappa} (1 - n) = 0,35(1 - 0,2) = \mathbf{0,28 \text{ m}^2}$$



Νέα βάθη ροής στην αύλακα

	Παροχή, Q (m ³ /s)	Βάθος ροής, t (m)
Περίοδος βροχών	0,65	0,72
Ξηρά περίοδος (μέγιστη ωριαία)	0,285	0,38
Ξηρά περίοδος (μέση ωριαία)	0,162	0,24

- Με βάση αυτά τα βάθη ροής, θα γίνουν οι αντίστοιχοι έλεγχοι των ταχυτήτων.



Έλεγχος ταχυτήτων ροής

- Έλεγχος μέγιστης ταχύτητας ροής στην προσαγωγό αύλακα (θέση #1) για την Π.Β.

$$u_{\max} = \frac{Q_{\text{μεγ.}}^{\text{Π.Β.}}}{t_3 \cdot b_1} = \frac{0,65}{0,72 \cdot 0,74} = 1,22 \text{ m/s} < 2,0 \text{ m/s}$$

- Υπολογισμός ελάχιστης ταχύτητας ροής στην προσαγωγό αύλακα (θέση #1) για ξηρά περίοδο

$$u_{\min} = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ξ.Π.}}}{t_2 \cdot b_1} = \frac{0,162}{0,24 \cdot 0,74} = 0,912 \text{ m/s} > 0,5 \text{ m/s}$$



Έλεγχος ταχυτήτων ροής

- Έλεγχος μέγιστης ταχύτητας ροής στη γεμάτη σχάρα (θέση #3) για την περίοδο

$$Q_{\mu\epsilon\gamma}^{\text{Π.Β.}} = 0,65 \text{ m}^3 / \text{s}$$

- Καθαρή σχάρα

$$F_{\kappa} = (b'_{\sigma\chi} - s \cdot \nu) t_3 = (111 - 0,5 \cdot 36) \cdot 72 = 6696 \text{ cm}^2 = \mathbf{0,67 \text{ m}^2}$$

- Γεμάτη σχάρα

$$F_{\gamma} = F_{\kappa} (1 - n) = 0,67 (1 - 0,2) = \mathbf{0,54 \text{ m}^2}$$

$$u_{\max, \gamma} = \frac{Q_{\mu\epsilon\gamma}^{\text{Π.Β.}}}{F_{\gamma}} = \frac{0,65}{0,54} = 1,22 \text{ m/s} < 2,0 \text{ m/s}$$



Έλεγχος ταχυτήτων ροής

- Υπολογισμός ελάχιστης ταχύτητας ροής για την ξηρά περίοδο, λίγο πριν ενεργοποιηθεί ο μηχανισμός καθαρισμού (θέση #2)

$$u_{\min} = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ε.Π.}}}{F} = \frac{Q_{\text{μεσ.}\omega\rho.}^{\text{Ε.Π.}}}{(t_2 + \Delta t)b'_{\sigma\chi}} = \frac{0,162}{(0,24 + 0,03)1,11} = 0,54 \text{ m/s} > 0,5 \text{ m/s}$$

Όπου $\Delta t = 3 \text{ cm}$ η επιτρεπόμενη υπερύψωση στάθμης ανάντι της σχάρας (δίνεται).

- Υπολογισμός μέγιστης ταχύτητας ροής με γεμάτη σχάρα (θέση #3) για την ξηρά περίοδο

$$u_{\max} = \frac{Q_{\text{μεγ.}}^{\text{Ε.Π.}}}{F_{\gamma}} = \frac{0,285}{0,28} = 1,018 \text{ m/s} \approx 1 \text{ m/s}$$



Απώλειες τριβών στην καθαρή σχάρα (Π.Β.)

$$\Delta h = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{4/3} \frac{u^2}{2g} \sin a \Rightarrow \Delta h = 1,83 \left(\frac{0,5}{2,5} \right)^{4/3} \frac{0,81^2}{2 \cdot 9,81} \sin 75^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta h = 0,0069m = 0,69cm \ll \Delta t_{\alpha\pi\alpha\iota\tau} = 7cm$$

όπου u = ταχύτητα ροής στη σχάρα για την περίοδο βροχών

$$u = \frac{Q_{\mu\epsilon\gamma.}^{\text{Π.Β.}}}{t_3 \cdot b'_{\sigma\chi}} = \frac{0,65}{0,72 \cdot 1,11} = 0,81m/s$$



Απώλειες τριβών στην καθαρή σχάρα (Π.Β.)

- Οι μέγιστες απώλειες τριβών στην σχάρα θα είναι 7cm, τα οποία αντιπροσωπεύουν την επιτρεπόμενη ανύψωση (3 cm) και την πτώση στάθμης κατάντη (4 cm). Το μέγεθος αυτό καθορίζεται από την λειτουργία του αυτοματισμού καθαρισμού της σχάρας.



Υψόμετρο πυθμένα της σχάρας

- Αν δεχτούμε ότι η αλλαγή κλίσης της προσαγωγού αύλακας έγινε σε μήκος **100 m**
$$\Delta h = L \cdot \Delta J = L \cdot (J' - J) = 100(0,00113 - 0,0003) = 0,083 \text{ m}$$

- Με δεδομένο το υψόμετρο πυθμένα προσαγωγού αύλακας **122,42 m**

$$H = 122,42 - 0,083 = 122,34 \text{ m}$$



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αντιγόνη Ζαφειράκου.
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS460/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ολυμπία Τασκάρη
Θεσσαλονίκη, 1/9/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

