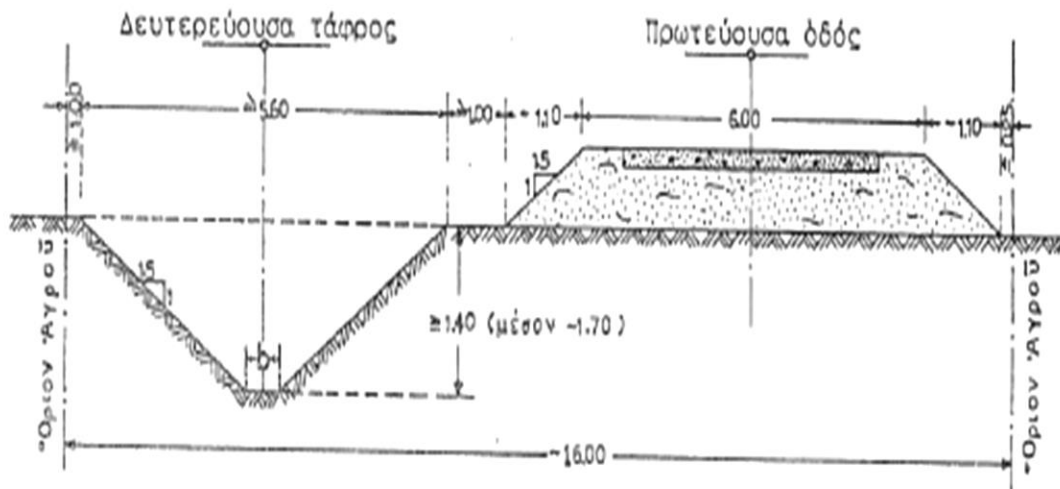


Υδραυλικός σχεδιασμός τάφρων
-αγροτεμάχια
- οδοούς

Δρ Μ. Σπηλιώτης

(κυρίως με βάση Τσακίρης, 2010)

Δ. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΗΣ ΤΑΦΡΟΥ-ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΗΣ ΟΔΟΥ

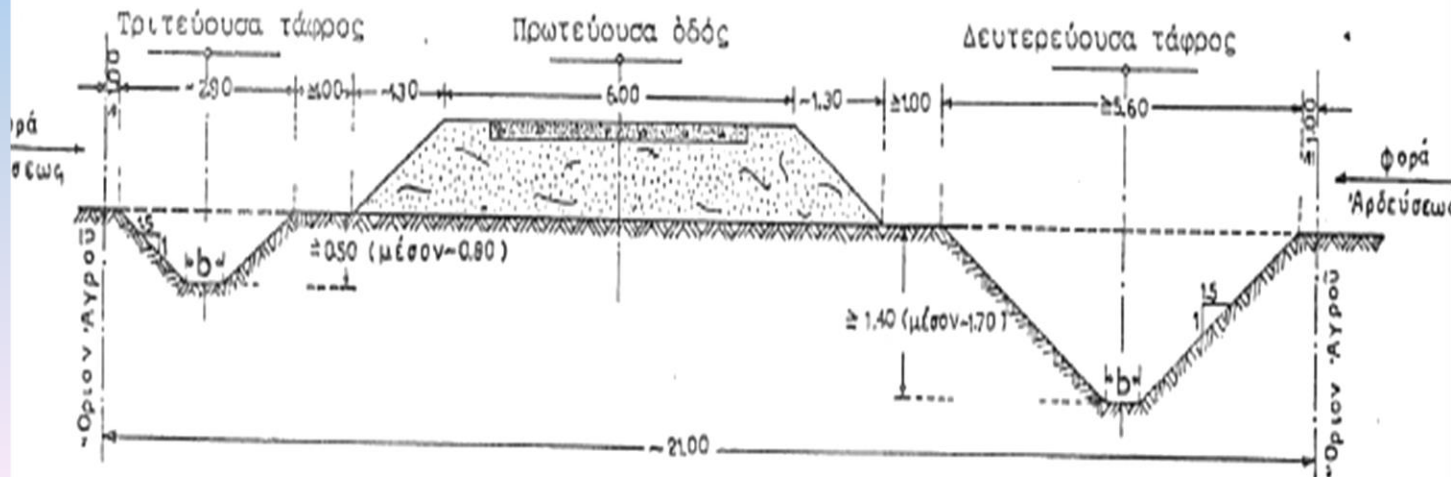


Σακκάς, 1988



Ε. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΗΣ ΟΔΟΥ ΚΑΙ ΔΥΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΤΑΦΡΩΝ ΕΚΑΤΕΡΩΘΕΝ

(Τοπική περίπτωση)



Τάφρος-αγροτεμάχια

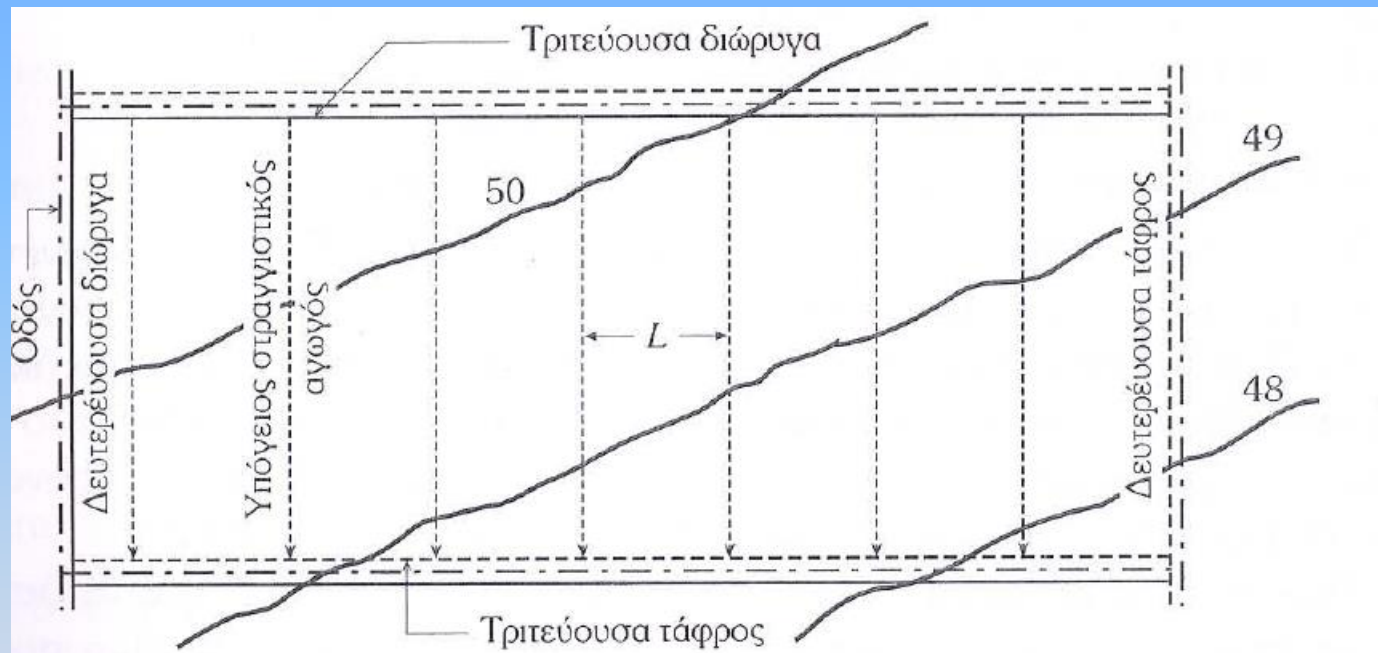
Στράγγιση: συλλογή πλεονάζοντος νερού στην **επιφάνεια** ή το **ριζόστρωμα**

Τάφρος: **Ανεπένδυτη διώρυγα** για συλλογή πλεονάζοντος νερού στην **επιφάνεια**

Συλλέγει:

- Πλεονάζον νερό άρδευσης
- Πλεονάζον νερό ραγδαία βροχής
- Συνήθως δυσμενέστερη περίπτωση η δεύτερη (υδρολογικός σχεδιασμός για παροχή αιχμής)

Ντραίνες για απομάκρυνση νερού από το **ριζόστρωμα** και έλεγχο φρεατικής στάθμης



Σχ. 1: Τυπική διάταξη στραγγιστικών αγωγών σ' ένα επιφανειακό δίκτυο άρδευσης.

Ανεπένδυτες διώρυγες--- περιορισμός μέγιστης ταχύτητας

*Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής σε στραγγιστική
τάφρο ανάλογα με τη φύση του εδάφους (Τζιμόπουλος,
1983)*

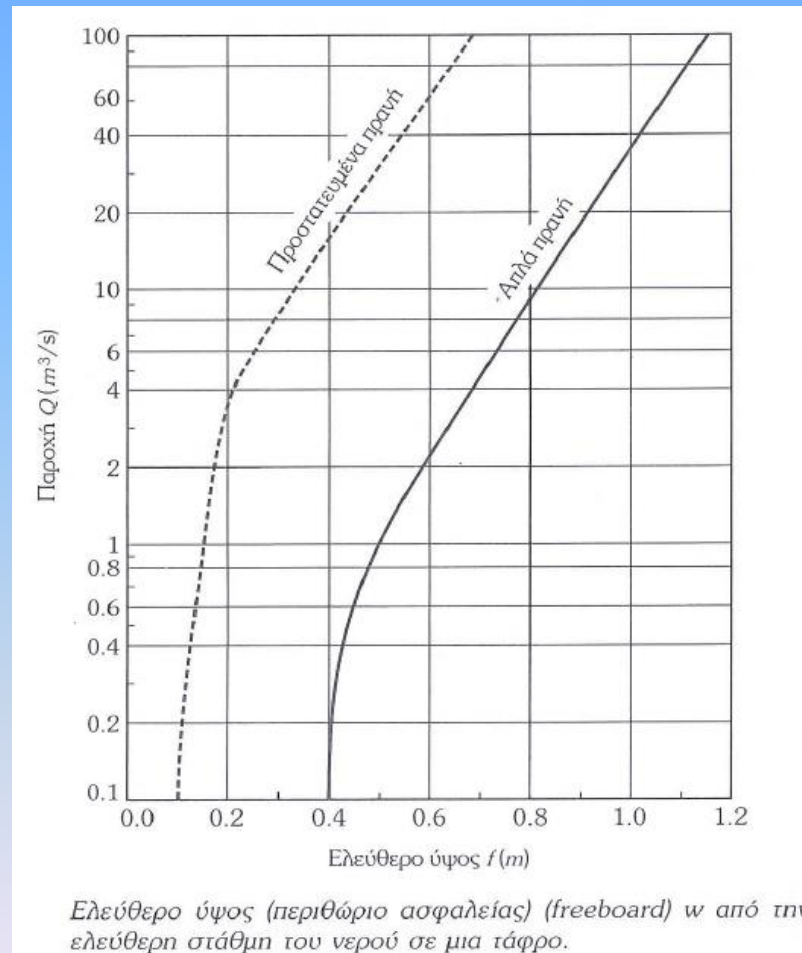
Εδαφος	Μέγιστη ταχύτητα ροής (m/s)
Αργίλος, πηλός	0.6 έως 0.8
Συνεκτικά αμμώδη εδάφη και αμμοίλες	0.3 έως 0.6
Λεπτή άμμος	0.15 έως 0.3
Χονδρή άμμος	0.2 έως 0.5
Σκληρή τύρφη	0.3 έως 0.6
Μαλακή τύρφη	0.15 έως 0.3

Πίνακας 3.3

Επιτρεπόμενα όρια μεγίστων και ελαχίστων ταχυτήτων και κλίσεις πρανών
σε διάφορες περιπτώσεις ανοιχτών αγωγών

ΜΕΓΙΣΣΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ			
a/a	Σύσταση αρχικού υλικού κοίτης	Καθαρό νερό [m/s]	Νερό που μεταφέρει άμμο ή χαλίκια [m/s]
1	Λεπτή άμμος	0.45	0.45
2	Γλυώδες έδαφος	0.60	0.60
3	Συμπαγής άργιλλος	0.75	0.70
4	Πολύ σκληρή άργιλλος	1.80	1.50
5	Λεπτά χαλίκια	0.75	1.15
6	Λίθοι	1.50	2.00
ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ			
a/a	Σύσταση νερού	Ταχύτητα ροής [m/s]	
1	Νερά βορβορώδη	0.35-0.40	
2	Νερά που μεταφέρουν λεπτή άμμο	0.60-0.65	
3	Νερά πόσιμα	0.50-0.65	
4	Νερά στάσιμα που αποχετεύονται	0.65-0.80	

Ελεύθερο περιθώριο w (αντίστοιχο f)



Προστατευμένα
πρανή: σαρζανέτια
ή λιθορριπή)

Συντελεστής Manning σε τάφρους

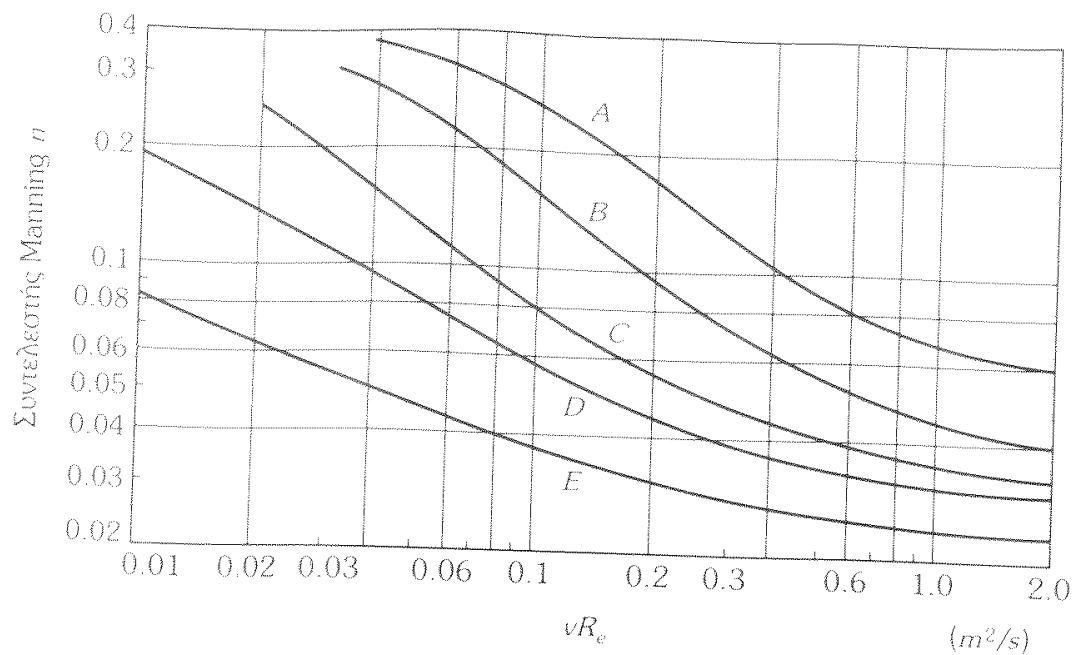
- Ανεπένδυτοι
- Μεταβλητή τραχύτητα στο χρόνο
- Περιορισμένο πλάτος

Θά πρέπει νά σημειωθεῖ ὅτι σέ πολλές τάφρους ὑπάρχει μεγάλη ἀνάπτυξη ὑδροχαρῶν φυτῶν καί πρασίνου καί ἡ ροή τοῦ νεροῦ γίνεται σέ πολύ χαμηλές ταχύτητες, ὁπότε ὁ συντελεστής $n=(1/K)$ ἐξαρτιέται ἀπό τόν ἀριθμό *Reynolds*

$$Re = \frac{V \cdot R}{\nu}$$

ὅπου V = ἡ μέση ταχύτητα, R =ἡ ὑδραυλική ἀκτίνα καί ν =τό κινηματικό ἰξῶδες

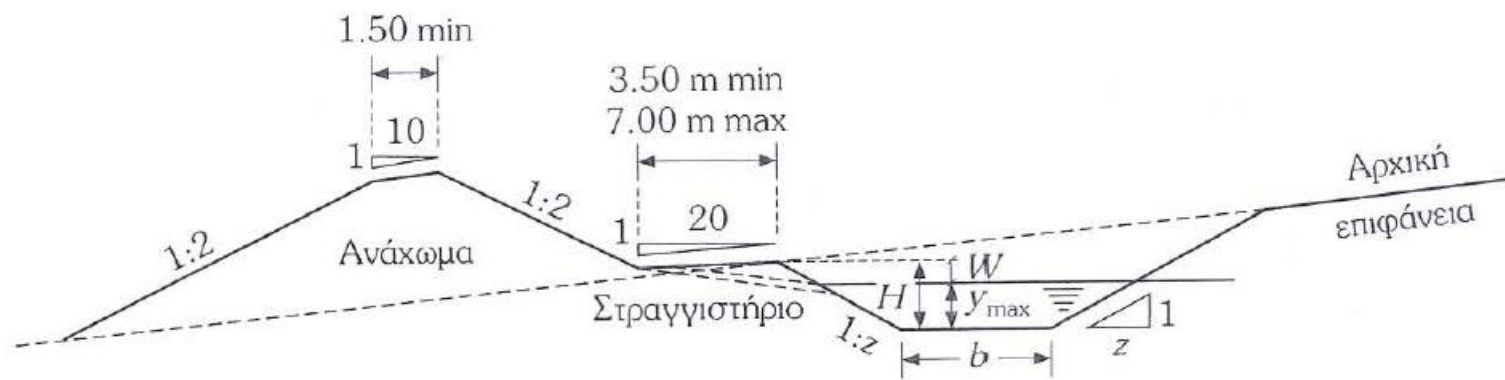
Στο Σχήμα 9.16 επιλέγεται η κατάλληλη καμπύλη (A, B, C, D ή E) με τη βοήθεια του Πίνακα 9.6.



Σχ. 9.16: Εκτίμηση του συντελεστή τραχύτητας n του Manning σε τάφρους με φυτοκάλυψη.

Πιν. 9.6: Κατάσταση φυτοκάλυψης σε ανεπένδυτη στραγγιστική τάφρο (Int. Inst. Land Reclamation, 1974)

Μέσο μήκος πρασίνου (m) (m)	Ανάπτυξη καλή	Ανάπτυξη αρκετά καλή
> 0.75	A	B
0.30 - 0.60	B	C
0.15 - 0.25	C	D
0.05 - 0.15	D	D
< 0.05	E	E



Διατομή τάφρου κεκλιμένης περιοχής

Κλίση πρανών

Το οριζόντιο τμήμα z της κλίσης των πρανών στραγγιστικών τάφρων ανάλογα με το είδος του εδάφους (Int. Inst. Land Reclamation, 1974)

Είδος εδάφους	z^*
Σκληρή τύρφη	1 έως 2
Μαλακή τύρφη	3 έως 4
Σκληρή άργιλος, πηλός	0.75 έως 2
Αμμώδης άργιλος,συνεκτικό αμμώδες έδαφος	1.5 έως 2.5
Αμμώδης πηλός, πορώδης άργιλος	2 έως 3
Χαλαρό αμμώδες έδαφος	2 έως 4
Πετρώματα	0.25

* Η κλίση των πρανών είναι 1 (κατακόρυφο) : z (οριζόντιο).

Υδραυλική πρόκληση

- Ομοιόμορφη ροή, αναπένδυτη διώρυγα
- Έλεγχος μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας για να μην υπάρχει μετακίνηση φερτών
- Σωσίβιο (πατέντα), για τραπεζοειδή διατομή ισχύει η «πατέντα»:

$$b / y = 4 - z$$

Σχέση πλάτους – πυθμένα - τάφρος

Όσον αφορά στην τιμή του λόγου πλάτους πυθμένα – βάθους ροής, το U.S. Bureau of Reclamation προτείνει την απλή εμπειρική σχέση:

$$y_0 / A^{1/2} = 0,5$$

όπου $A = (by_0 + zy_0^2)$

Λύνοντας ως $b/y_0 \rightarrow b/y_0 = 4 - z$

Ο Bauzil (1952) με βάση τη θεώρηση της ελαχιστοποίησης του εμβαδού υγρής διατομής της τάφρου κατέληξε:

$$b/y_0 = 2 \cdot \{(1 + z^2)^{1/2} - z\}$$

z	b/y_0
0.5	1.236
0.75	1.000
1.00	0.828
1.25	0.701
1.50	0.605
2.00	0.472
3.00	0.324


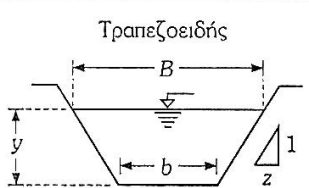
Τσακίρης, 2010 και Σιδηρόπουλος, 2020

Επιπρόσθετο
σε σχέση με
το μάθημα
της
Υδραυλικής

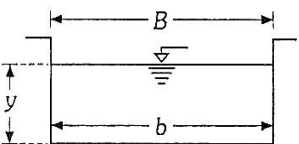
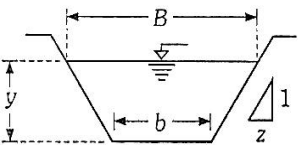
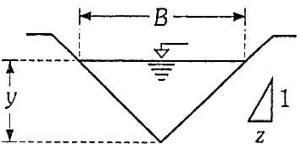
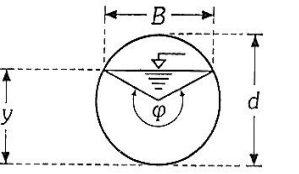
Άσκηση Τάφρος

Να διαστασιολογηθεί ανεπένδυτη στραγγιστική τάφρος με διερχόμενη παροχή $Q=2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, κλίση πρανών 1:1,5, κατά μήκος κλίση 0,01% και συντελεστή τραχύτητας $1/n=35$.

Λύση

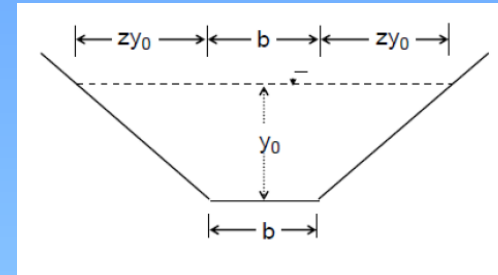
Διατομή	Επιφάνεια A	Βρεχ. περίμετρος P	Υδραυλική ακτίνα $R = A/P$	Πλάτος ελεύθερης επιφάνειας B	Υδραυλικό βάθος $y_\mu = A/B$	Αριθμός Froude F
<p>Ορθογώνια</p> 						
<p>Τραπεζοειδής</p> 	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\sqrt{\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$	$\sqrt{\frac{(b + 2zy)Q^2}{(b + zy)^3 y^3 g}}$

Πίν. 3.1: Γεωμετρικά στοιχεία αγωγών

Διατομή	Επιφάνεια A	Βρεχ. περίμετρος P	Υδραυλική ακτίνα $R = A/P$	Πλάτος ελεύθερης επιφάνειας B	Υδραυλικό βάθος $y_m = A/B$	Αριθμός Froude F
<p>Ορθογωνική</p> 	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y	$\sqrt{\frac{Q^2}{b^2 y^3 g}}$
<p>Τραπεζοειδής</p> 	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\sqrt{\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$	$\sqrt{\frac{(b + 2zy)Q^2}{(b + zy)^3 y^3 g}}$
<p>Τριγωνική</p> 	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$	$\frac{y}{2}$	$\sqrt{\frac{2Q^2}{z^2 y^5 g}}$
<p>Κυκλική</p> 	$\frac{d^2}{8}(\varphi - \sin\varphi)$	$d\frac{\varphi}{2}$	$\frac{d}{4}\left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right)$	$d\left(\frac{\sin\frac{\varphi}{2}}{2}\right)$ ή $2\sqrt{y(d-y)}$	$\frac{d}{8}\left[\frac{\varphi - \sin\varphi}{\sin\frac{\varphi}{2}}\right]$	$\sqrt{\frac{512Q^2\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}{gd^5(\varphi - \sin\varphi)^3}}$

Γεωμετρική πρόταση

- $b/y = 4 - z = 4 - 1.5 = 2.5$ άρα $b = 2.5y$



- Τότε όμως τα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής είναι:

$$A = (by + zy^2) = (2.5y \cdot y + 1.5y^2) = 4y^2$$

$$R = \frac{A}{\Pi} = \frac{(by + zy^2)}{b + 2y\sqrt{1+z^2}} = \frac{4y^2}{2.5y + 2y\sqrt{1+1.5^2}} = 0.66y$$

Ομοιόμορφη ροής εξίσωση του Manning

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \Leftrightarrow \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}} = AR^{2/3}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2.5}{\left(\frac{0.01}{100}\right)^{0.5} \cdot 35} = 4y^2 (0.66y)^{2/3}$$

$$\Leftrightarrow 7.14 = 4 \cdot (0.66)^{2/3} y^{6/3} y^{2/3} \Leftrightarrow 2.36 = y^{8/3} \Leftrightarrow y = 1.38$$

Οπότε προκύπτει **αποδεκτή** **ταχύτητα** για μία σειρά από εδάφη

έλεγχος

$$Q = V \cdot A \Leftrightarrow V = \frac{Q}{A} = \frac{2.5}{4y^2} = \frac{2.5}{4 \cdot 1.38^2} = 0.3 \text{ Lok}$$

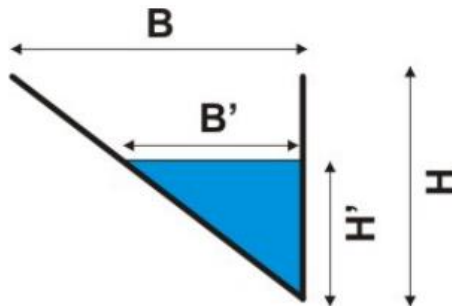
Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής σε στραγγιστική τάφρο ανάλογα με τη φύση του εδάφους (Τζιμόπουλος, 1983)

Εδαφος	Μέγιστη ταχύτητα ροής (m/s)
Αργίλος, πηλός	0.6 έως 0.8
Συνεκτικά αμμώδη εδάφη και αμμοίλες	0.3 έως 0.6
Λεπτή άμμος	0.15 έως 0.3
Χονδρή άμμος	0.2 έως 0.5
Σκληρή τύρφη	0.3 έως 0.6
Μαλακή τύρφη	0.15 έως 0.3

Τάφρος οδών

- Τάφρος σε οδό
- Επένδυση από σκυρόδεμα $n=0.014$ - μη έλεγχος διάβρωσης
- Ομοιόμορφη ροή
- Σχήμα **τριγωνικό** (Τσακίρης και Μπέλλος, 2019)

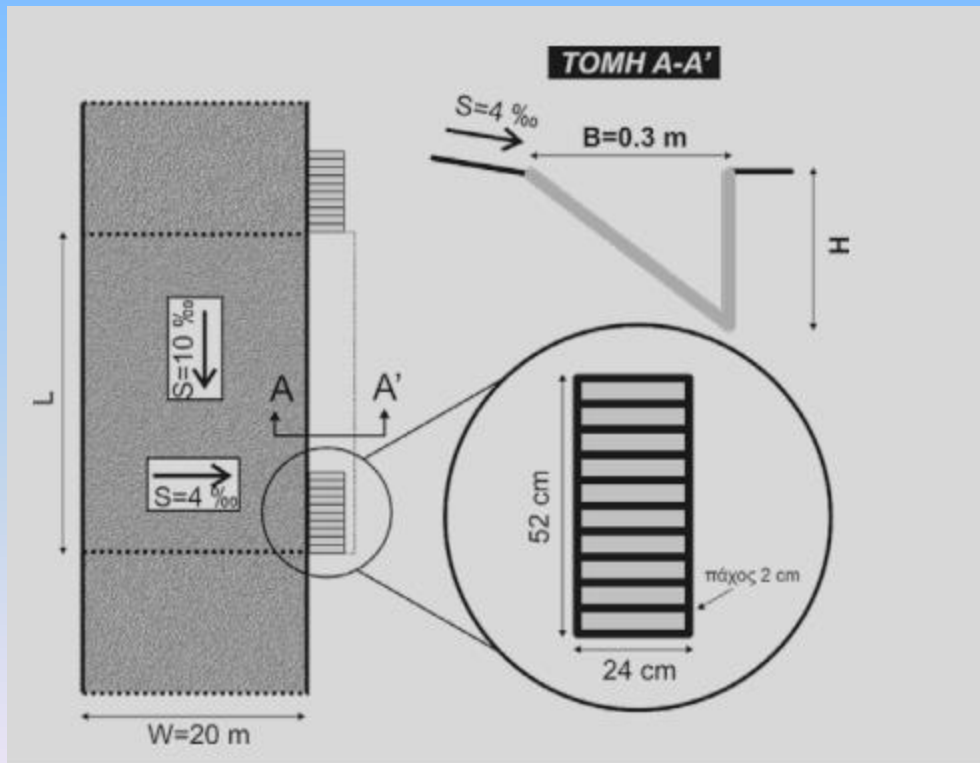
Εφαρμογές σε έργα Ύδρευσης και Αποχέτευσης



Σχήμα 4.10 Σκαρίφημα διατομής αποχετευτικής τάφρου

Εύρεση βάθους H

- Παροχή τάφρου <= σχάρας



$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{BH}{2} \right) \left(\frac{BH}{2(H + \sqrt{B^2 + H^2})} \right)^{2/3} S_0^{1/2}$$

(Τσακίρης και Μπέλλος, 2019)

Εύρεση H' για συγκεκριμένη παροχή

$$Q' = \frac{1}{n} \left(\frac{BH'}{2} \right) \left(\frac{BH'}{2 \left(H' + \sqrt{B^2 + H'^2} \right)} \right)^{2/3} S_0^{1/2}$$