

## Γραμμικές απώλειες λόγω τριβών (1)

1. Σε κλειστούς αγωγούς και σε οποιαδήποτε τύπο υπό πίεση ροής ισχύει η εξίσωση **Darcy-Weisbach**:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

όπου

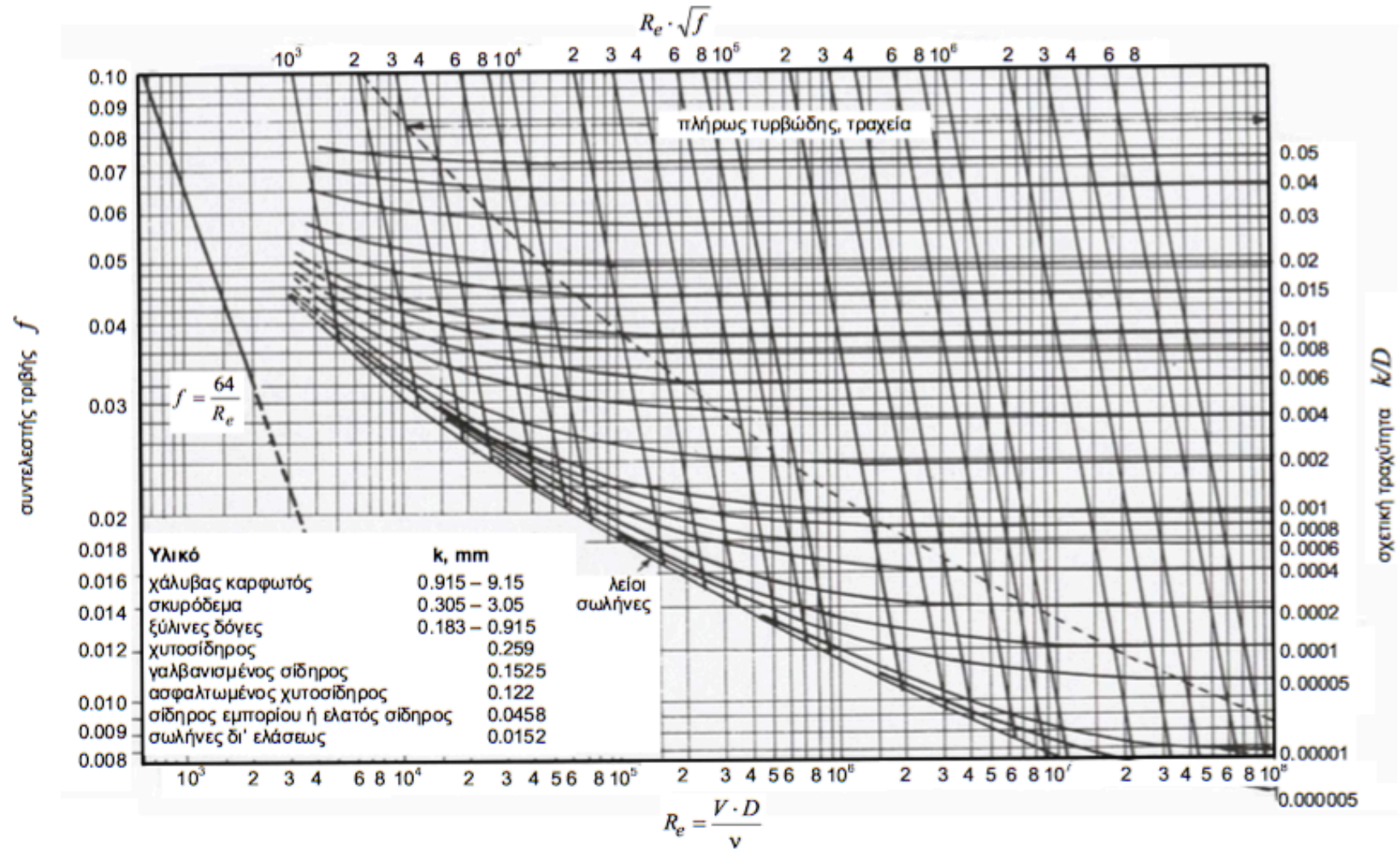
$h_f$ : απώλειες τριβών (m)

$f$ : συντελεστής τριβών Darcy-Weisbach

$L$  και  $D$ : μήκος και διάμετρος του αγωγού

$V$ : ταχύτητα νερού στον αγωγό (m/sec)

# Διάγραμμα Moody



# Διάγραμμα Moody

Πίνακας 2. Τιμές της απόλυτης τραχύτητας  $k$  για συνήθεις αγωγούς.

Υλικό Αγωγού	$k$ (mm)
Αμιαντοσιμέντο	0.02 – 0.03
Ορείχαλκος	0.0015
Χυτοσίδηρος καινούργιος	0.25
Χυτοσίδηρος μεταχειρισμένος	1.0 – 1.5
Χυτοσίδηρος ασφαλτωμένος	0.1
Χάλυβας ελατός, καινούργιος	0.06
Χάλυβας ελατός, μεταχειρισμένος	0.15 – 0.30
Χάλυβας ελατός, ασφαλτωμένος	0.015
Χάλυβας καρφωτός, καινούργιος	0.9 – 9.0
Γυαλί	0.0015
Χαλκός καινούργιος	0.0015
Πλαστικό, PVC καινούργιος	0.006
Πλαστικό, PVC μεταχειρισμένος	0.03
Ξύλινες σανίδες	0.18 – 0.09
Σκυρόδεμα λείο	0.3 – 0.8
Σκυρόδεμα τραχύ	3.0
Γαλβανισμένος σίδηρος	0.15
Γαλβανισμένος σίδηρος 3 ετών	0.27
Σίδηρος εμπορίου	0.045

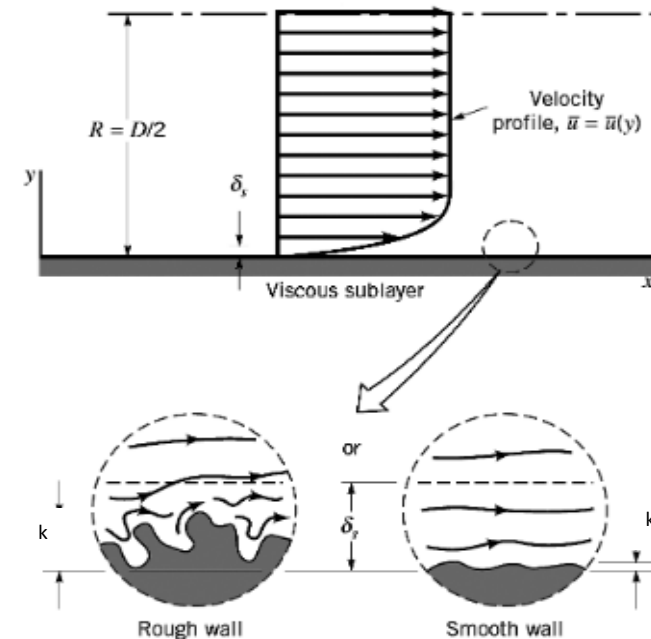


Figure 2: Flow near rough and smooth walls

**Πίν. 2.2:** Προσδιορισμός των γραμμικών απωλειών για κυκλικούς αγωγούς υπό πίεση

	Εξίσωση γραμμικών απωλειών ενέργειας	Αντίσταση αγωγού (διεθνές σύστημα μονάδων)	Εκθέτης της εξίσωσης	
1	Darcy-Weisbach	$h_f = RQ^n$	$R = \frac{8fL}{gn^2 D^5}$ μεταβλητή με την παροχή	$n = 2$
	Darcy-Weisbach προσέγγιση λογαριθμικής ευθείας	$h_f = RQ^n$	$R = \frac{8La}{gn^2 D^5}$ μη μεταβλητή με την παροχή	$n = 2 - b$ ( $a, b$ προκύπτουν από εκτίμηση του εύρους της παροχής)
2	Hazen-Williams	$h_f = RQ^n$	$R = \frac{10.7L}{C^{1.852} D^{4.87}}$ μη μεταβλητή με την παροχή	$n = 1.852 < 2$
	Manning	$h_f = RQ^n$	$R = \frac{10.29 n_{\text{MANNING}}^2 L}{D^{5.33}}$ μη μεταβλητή με την παροχή	$n = 2$

Η εξίσωση Darcy-Weisbach πρέπει να προτιμάται από τις άλλες εμπειρικές ή ημιεμπειρικές εξισώσεις προσδιορισμού των απωλειών, γιατί έχει θεωρητική βάση (διατήρηση της ορμής) και ενσωματώνει με το συντελεστή  $f$ , πειραματικά δεδομένα και θεωρητικές υποθέσεις που εδράζονται στη θεώρηση του οριακού στρώματος

## Γραμμικές απώλειες λόγω τριβών (2)

2. Σε κλειστούς αγωγούς με τυρβώδη ροή νερού **ΜΟΝΟ** επίσης ισχύει η εμπειρική εξίσωση **Hazen-Williams**:

$$V = k \cdot C \cdot R_h^{0.63} S_f^{0.54}$$

Όπου

C: συντελεστής τριβών Hazen-Williams

k=0.85 (SI μονάδες) ή  
1.32 (BG μονάδες )

$S_f = h_f/L$ : κλίση τριβών

$R_h = D/4$ : υδραυλική ακτίνα κυκλικού αγωγού

L και D: μήκος και διάμετρος του αγωγού

V: ταχύτητα νερού στον αγωγό

# Συντελεστής Hazen-Williams

Πίνακας 3. Τιμές του συντελεστή C στην εξίσωση Hazen-Williams.

Υλικό Αγωγού	C
Αμιαντοτσιμέντο	140
Χυτοσίδηρος	
Καινούργιος	130
10 ετών	107 – 113
20 ετών	89 – 100
30 ετών	75 – 90
40 ετών	64 – 83
> 40 ετών	55 – 77
Σκυρόδεμα	
Σε μεταλλικά καλούπια	140
Σε ξύλινα καλούπια	120
Με φυγοκέντρωση	135
Γαλβανισμένος σίδηρος	120
Χάλυβας	
Με επίχρωση	145 – 150
Καινούργιος χωρίς επίχρωση	140 – 150
Καρφωτός	110
Πλαστικό	140 – 150
Γυαλί	140
Ορείχαλκος	130 – 140
Χαλκός	130 – 140
Κασσίτερος	130
Ξύλινες σανίδες (μέσες συνθήκες)	120



## Γραμμικές απώλειες λόγω τριβών (2)

Λύνοντας ως προς τις απώλειες τριβών για SI μονάδες:

$$h_f = 10.7 \cdot L \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.85} \cdot \frac{1}{D^{4.87}}$$

Ή

$$h_f = 1.13 \times 10^{11} \cdot L \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.85} \cdot \frac{1}{D^{4.87}}$$

όπου

Q: παροχή (m<sup>3</sup>/h)

D: εσωτερική διάμετρος (mm)

C<sub>HW</sub> = 140

## Γραμμικές απώλειες λόγω τριβών

Οι αγωγοί εφαρμογής (συνήθως από PVC ή PE) αναφέρονται στο εμπόριο με την εξωτερική τους διάμετρο ( $\Phi$ ).

Εξωτερική διάμετρος, mm	Εσωτερική διάμετρος, mm	
	4 atm	6 atm
12	10.7	10.4
16	14.4	14.1
20	18.2	17.6
25	22.9	22.0
32	29.4	28.1

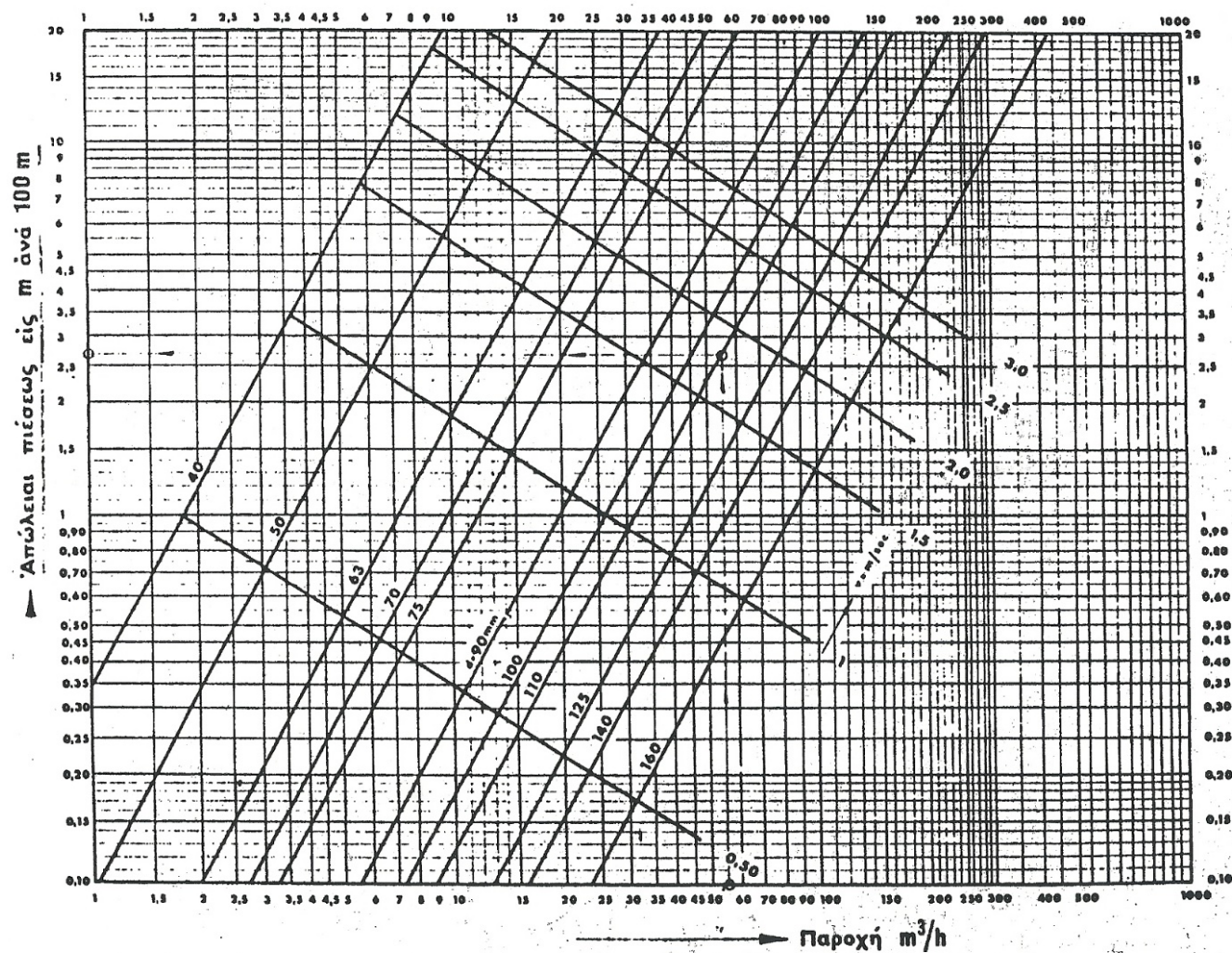
Πίνακας 12.3. Εσωτερικές διαμέτροι σωλήνων από σκληρό PVC σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο και την αντοχή.

Εξωτερική διάμετρος, mm	Εσωτερική διάμετρος, mm		
	6 atm	10 atm	16 atm
40	37.0	36.2	34.0
50	46.4	45.2	42.6
63	59.2	57.0	53.6
75	70.6	67.8	63.8
90	84.6	81.4	76.6
110	103.6	99.4	93.6
125	117.6	113.0	106.4

Για διευκόλυνση υπολογισμών χρησιμοποιούνται ειδικά νομογραφήματα για PVC σωλήνες ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  και  $\delta$ - ανάλογα με την αντοχή του σωλήνα στην πίεση λειτουργίας) με τρεις παραμέτρους:  $Q$ ,  $h_f$  και  $D$ . Με γνωστές τις δυο από τις τρεις παραμέτρους βρίσκεται η τρίτη άγνωστη.

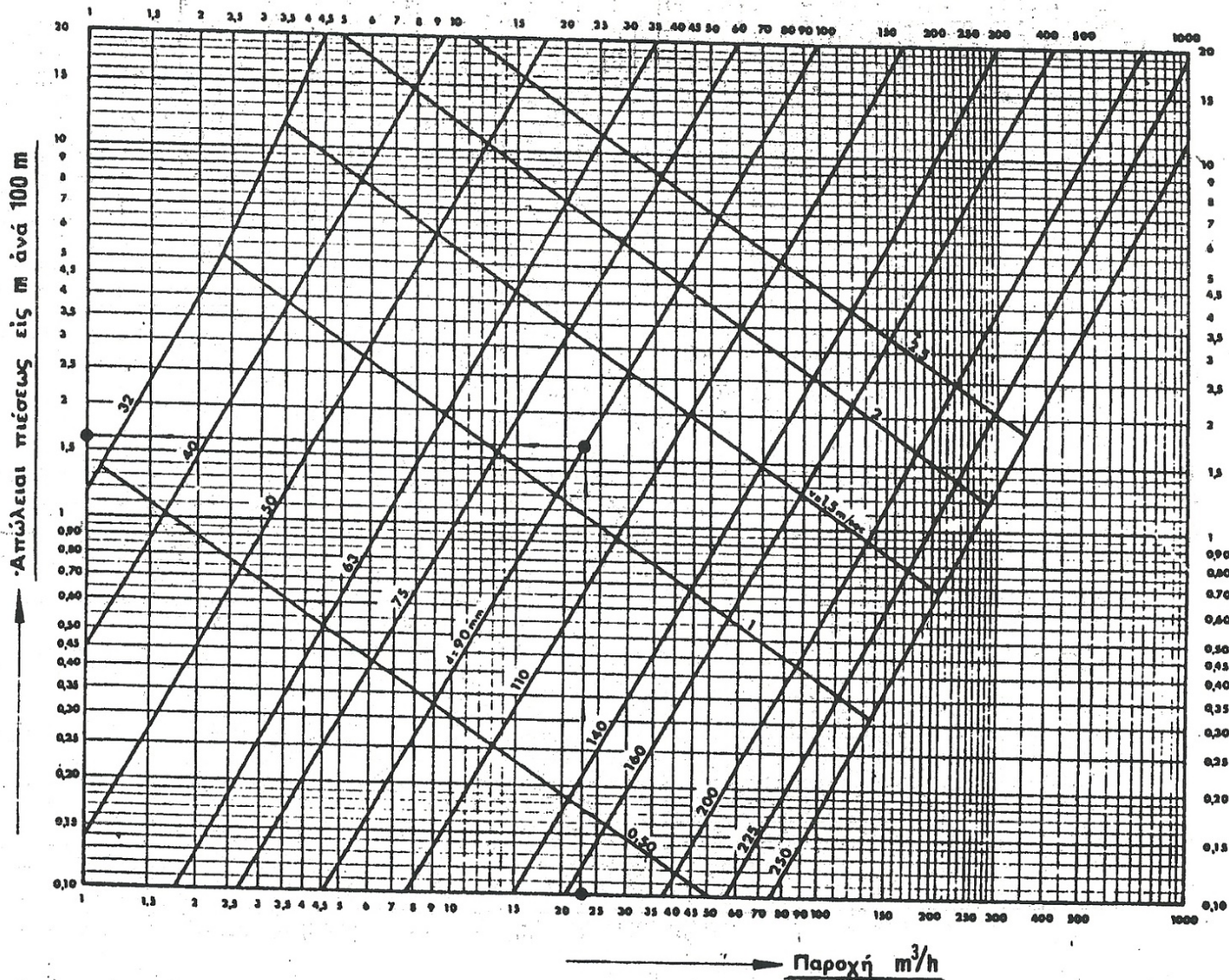
# Για PVC σωλήνες νομογράφημα α

Σχήμα .α ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΕΩΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC 6

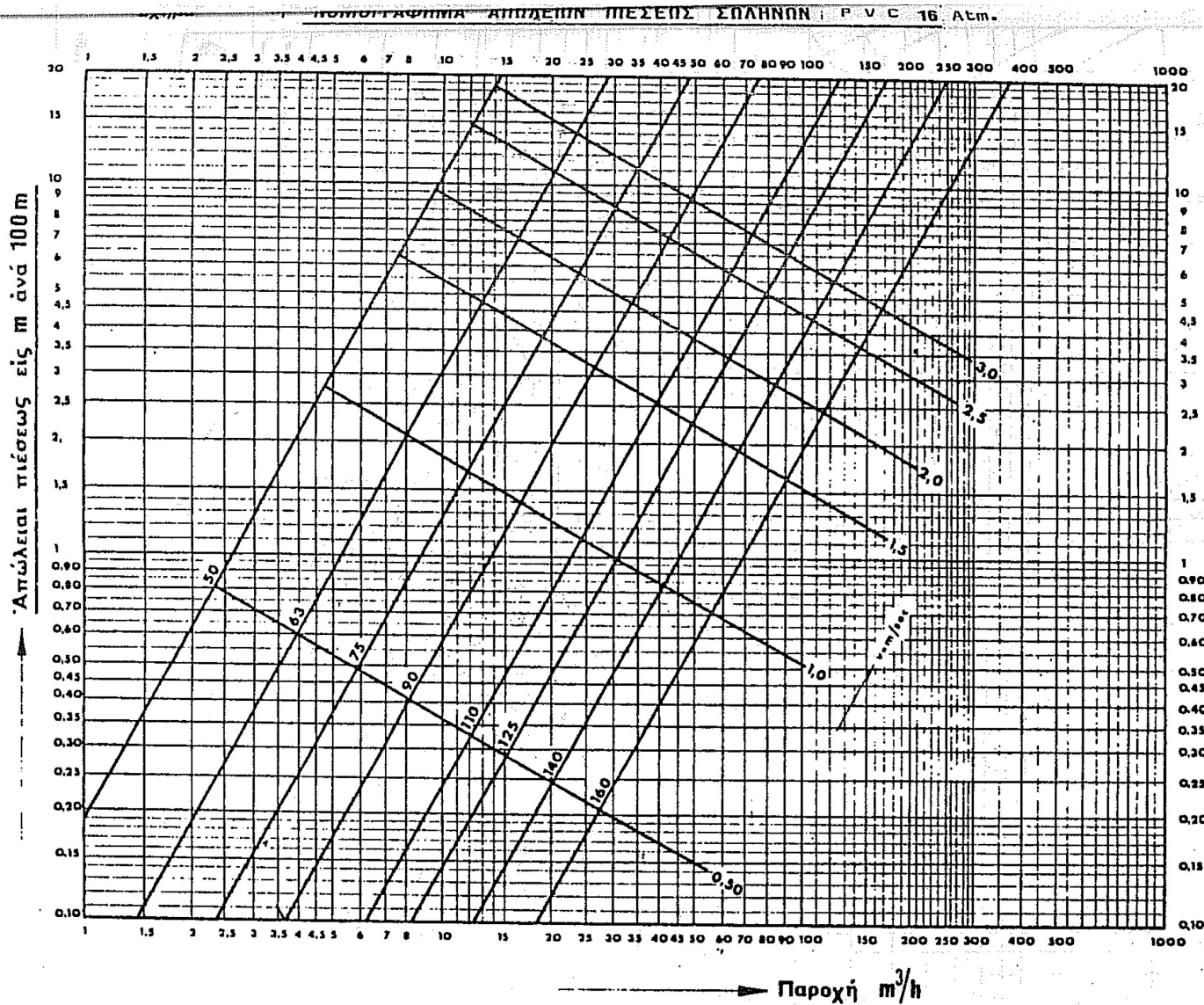


# Για PVC σωλήνες νομογράφημα β

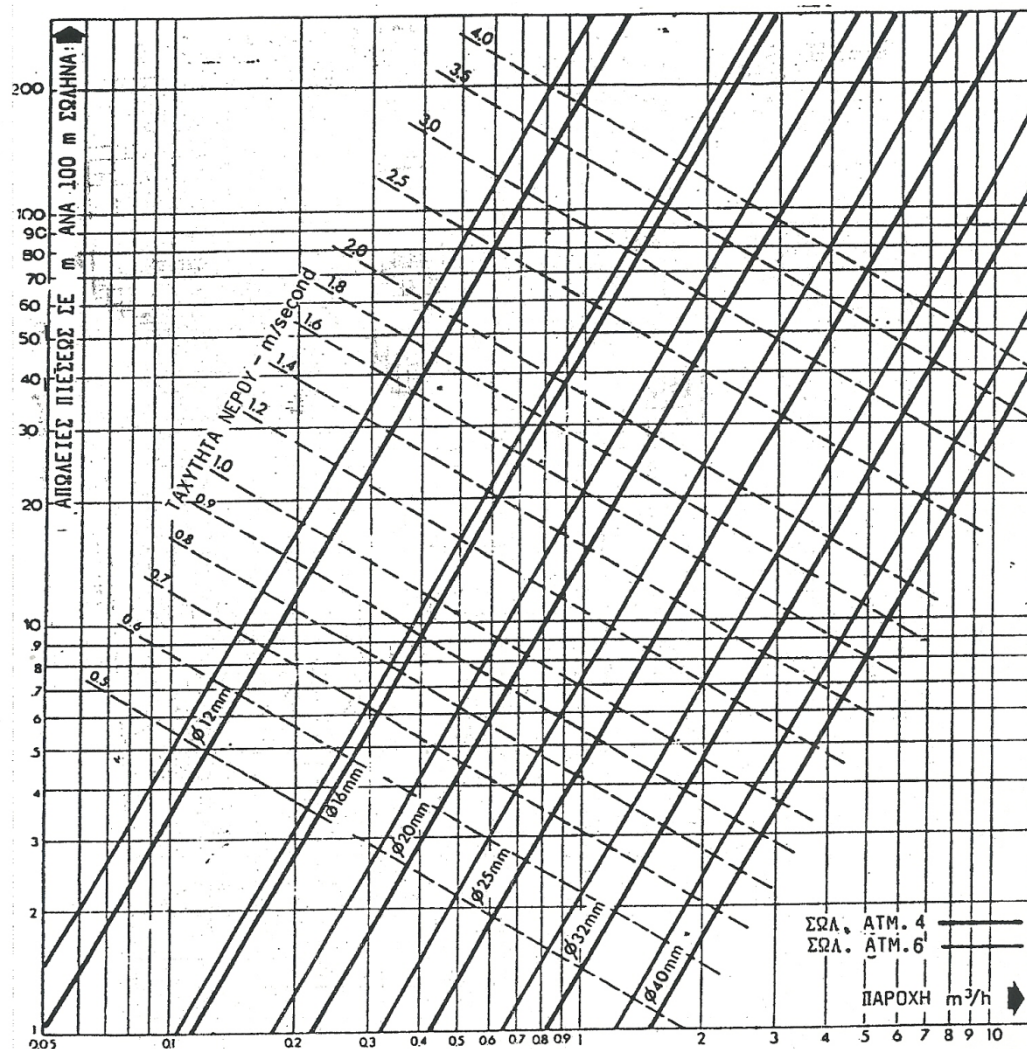
Σχήμα .β ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΕΩΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC 10 Atm.



# Για PVC σωλήνες νομογράφημα γ



# Για PVC σωλήνες νομογράφημα δ

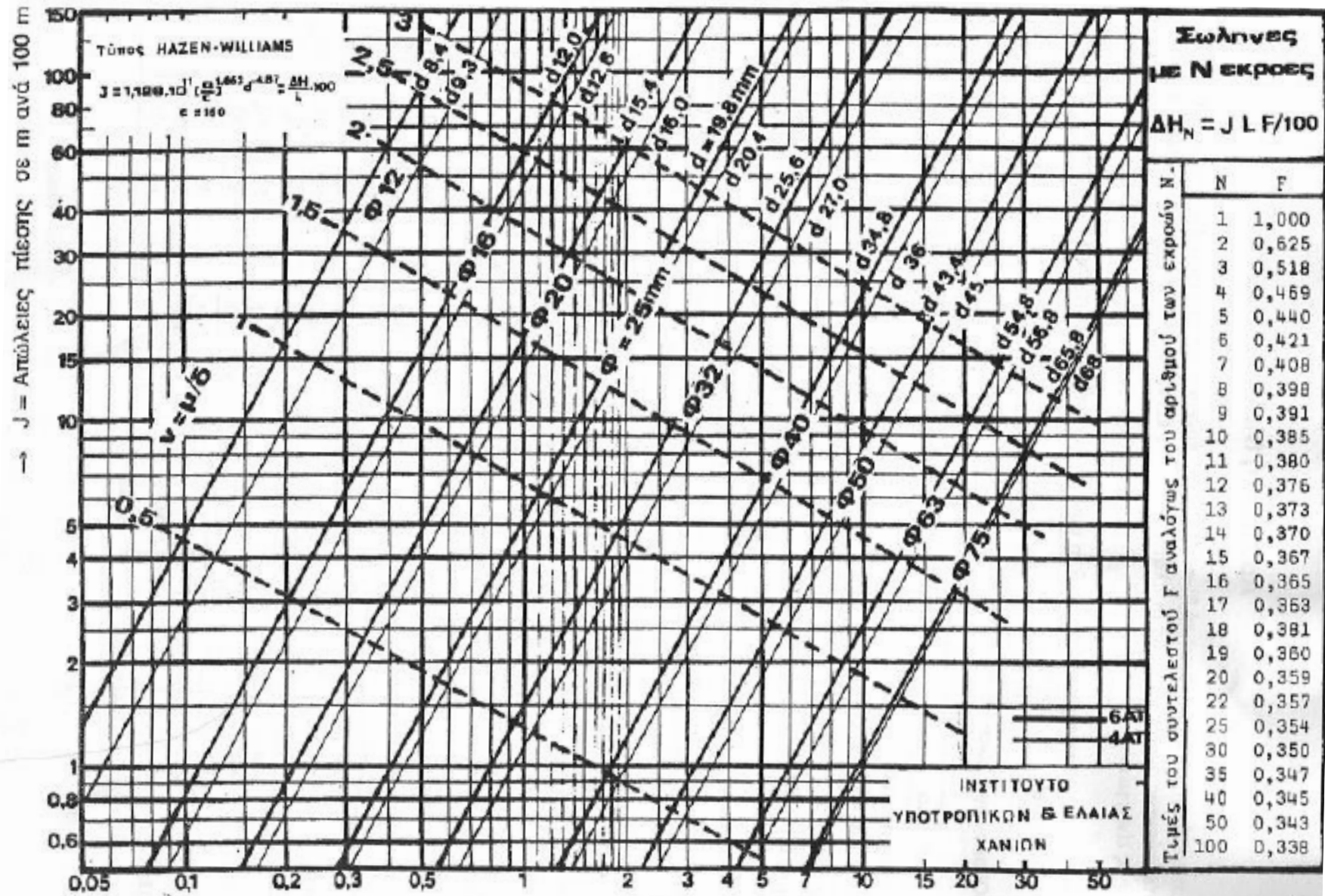


Σχήμα

δ

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΕΩΣ ΣΩΛΗΝΩΝ Ρ Ε 4 & 6 Atm.

# Για ΡΕ σωλήνες νομογράφημα



Εικ. 3.3.3.1. Νομογράφημα απωλειών πίεσης σωλήνων ΡΕ.

Q = Παροχή m<sup>3</sup>/hr

## Τοπικές απώλειες

Οι τοπικές απώλειες, που οφείλονται σε μεταβολές της γεωμετρίας της ροής είναι :

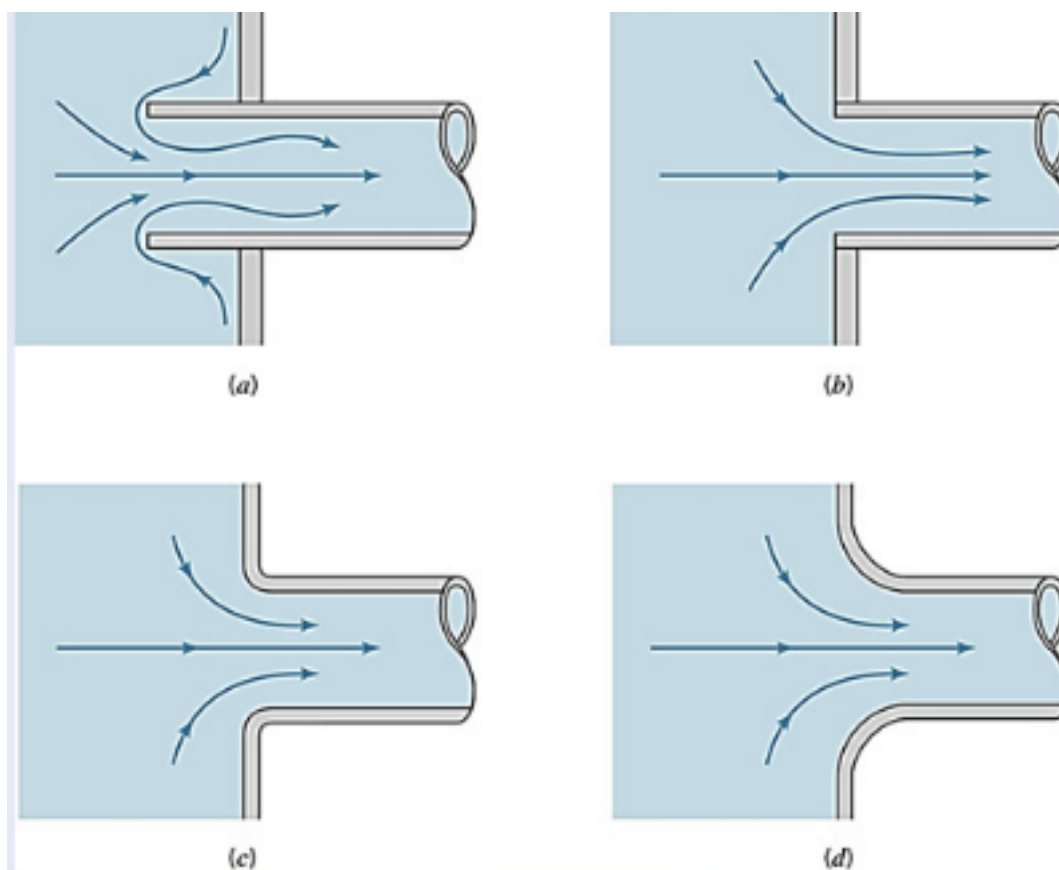
$$h_L = k_L \frac{V^2}{2g}$$

όπου

$h_L$ : απώλειες τοπικές (m)

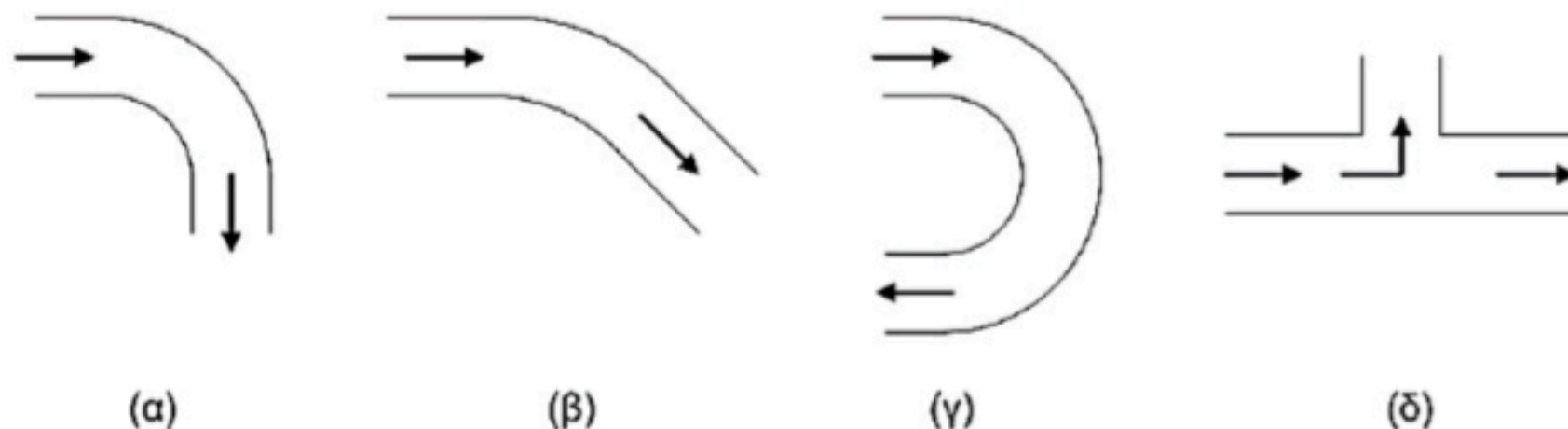
$k_L$  : συντελεστής τοπικών απωλειών

$V$ : ταχύτητα νερού στον αγωγό (m/sec)



**ΣΧΗΜΑ 3.9-3.** Συντελεστές τοπικών απωλειών κατά την είσοδο της ροής από δεξαμενή σε σωλήνα (α)  $k=0.8$ , (β)  $k=0.5$ , (γ)  $k=0.2$ , (δ)  $k=0.04$ .

## Αλλαγή κατεύθυνσης σωλήνα -2



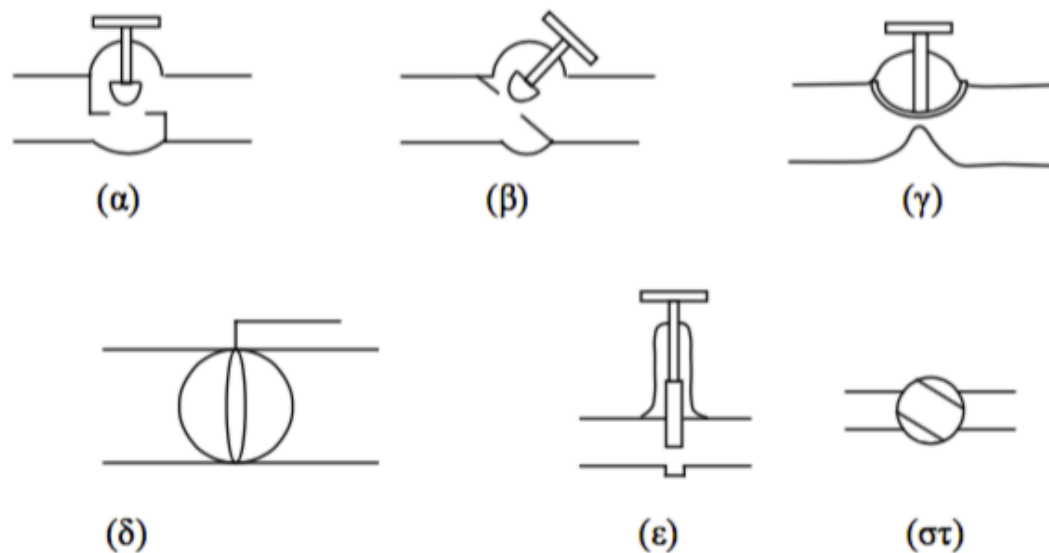
Καμπύλη ή ταυ	Ενδεικτικές τιμές
Καμπύλη $90^\circ$ Σχ. 3.9-7α	0.3-1.5
Καμπύλη $45^\circ$ Σχ. 3.9-7β	0.2-0.4
Καμπύλη $180^\circ$ Σχ. 3.9-7γ	0.2-1.5
Ταυ-κύρια διεύθυνση Σχ. 3.9-7δ	0.2-0.9
Ταυ-κάθετη διεύθυνση Σχ. 3.9-7δ	1.0-2.0

White, 1991

### Πίνακας 3.9-2. Ενδεικτικές τιμές του k σε δικλίδες

Δικλίδα	Ενδεικτικές τιμές
Βύσματος	5-15
Γωνιακή	2-9
Διαφραγματική	2.5-14
Πεταλούδα	0.3-35
Συρταρωτή	0.03-10

Στο Σχ. 3.9-7 φαίνονται σκαριφήματα των βασικών τύπων δικλίδων: (α) **βύσματος** (globe), η οποία κλείνει μια οπή, (β) **γωνιακή** (angle), η οποία είναι τύπου βύσματος διαμορφωμένη σε γωνία, (γ) **διαφραγματική** (diaphragm), (δ) **πεταλούδα** (butterfly), (ε) **συρταρωτή** (gate), η οποία μετακινείται σε ένα επίπεδο κάθετο στη διατομή και (στ) **σφαιρική** (ball), η οποία κλείνει τη διατομή με μια σφαίρα.



**ΣΧΗΜΑ 3.9-7.** Σκαριφήματα βασικών τύπων δικλίδων

## Συνολικές απώλειες

$$h_T = h_f + h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + k_L \frac{V^2}{2g} = \left( f \frac{L}{D} + k_L \right) \frac{V^2}{2g}$$

$h_T$  : άθροισμα των επιμέρους γραμμικών και τοπικών απωλειών κατά μήκος των σωλήνων του δικτύου.

Συνήθως, λόγω του συγκριτικά μικρού μεγέθους των τοπικών απωλειών, υποθέτουμε μικρό ποσοστό 10% ( $h_L = 0.1 \times h_f$ ).

## Αντικείμενο αρδευτικής μελέτης

Βασικός στόχος της αρδευτικής μελέτης είναι η **διαστασιολόγηση** ενός αρδευτικού/αντλητικού συστήματος που θα αρδεύσει μια καλλιέργεια, ή

πιο απλά: ποια είναι η παροχή του ( $Q$ ,  $m^3/h$ ) και το μανομετρικό του ύψος ( $h$ ) ώστε να μπορέσει να μεταφέρει νερό σε μια καλλιέργεια που έχει συγκεκριμένες ανάγκες  $ET$ , αναπτύσσεται σε συγκεκριμένο τύπο εδάφους, απέχει συγκεκριμένη απόσταση από την πηγή τροφοδοσίας (με  $\pm$  διαφορά υψομέτρου) και χρησιμοποιεί σωλήνες συγκεκριμένης πίεσης αντοχής και διαμέτρου  $D$ .

# Απώλειες πίεσης (γραμμικές) αγωγών

## Άσκηση 1:

Θέλουμε να μεταφέρουμε νερό σε 250 m απόσταση με  $Q = 55 \text{ m}^3/\text{h}$  διαμέσου σωλήνα PVC  $\Phi 110 \text{ mm}$  και με πίεση 5 Atm. Ποιές είναι οι γραμμικές απώλειες;

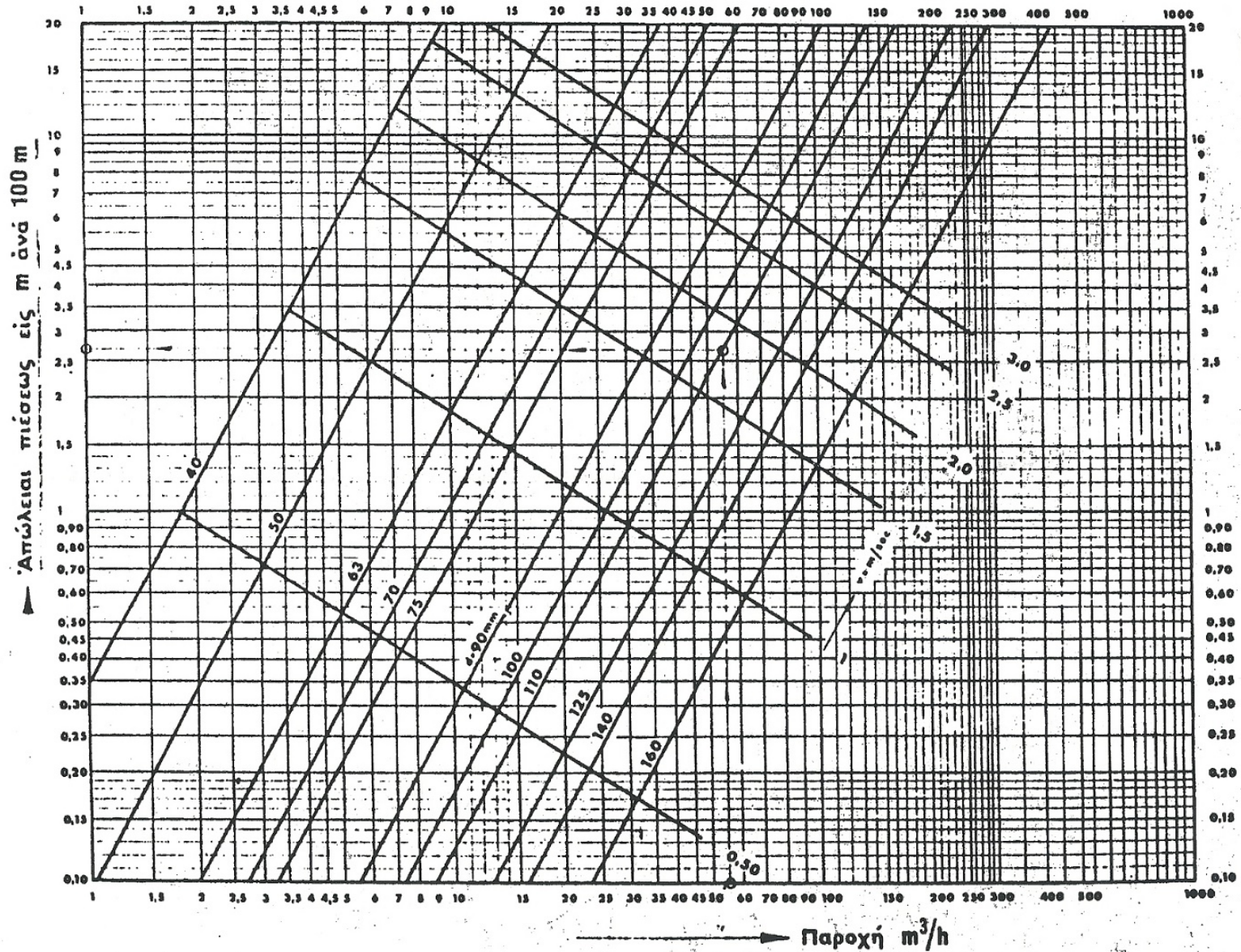
## Λύση 1:

- Με βάση την παροχή και την διάμετρο βρίσκουμε τις απώλειες / 100 m
- Εδώ οι απώλειες είναι 2,7 m / 100 m
- Με απλή μέθοδο των τριών υπολογίζω τις απώλειες για τα 250 m.
- $h_f = 6.75 \text{ m}$ .

Σχήμα

.α

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΕΩΣ ΣΟΛΗΝΩΝ PVC 6



# Απώλειες πίεσης (γραμμικές) αγωγών

## Άσκηση 2:

Θέλουμε να μεταφέρουμε σε απόσταση 250 m νερό με  $Q = 22 \text{ m}^3/\text{h}$  με σωλήνα PVC  $\Phi 90 \text{ mm}$  και με πίεση 8 Atm. Βρείτε τις  $h_f$ .

## Λύση 2:

Με βάση την παροχή και τη διάμετρο βρίσκουμε τις απώλειες / 100 m

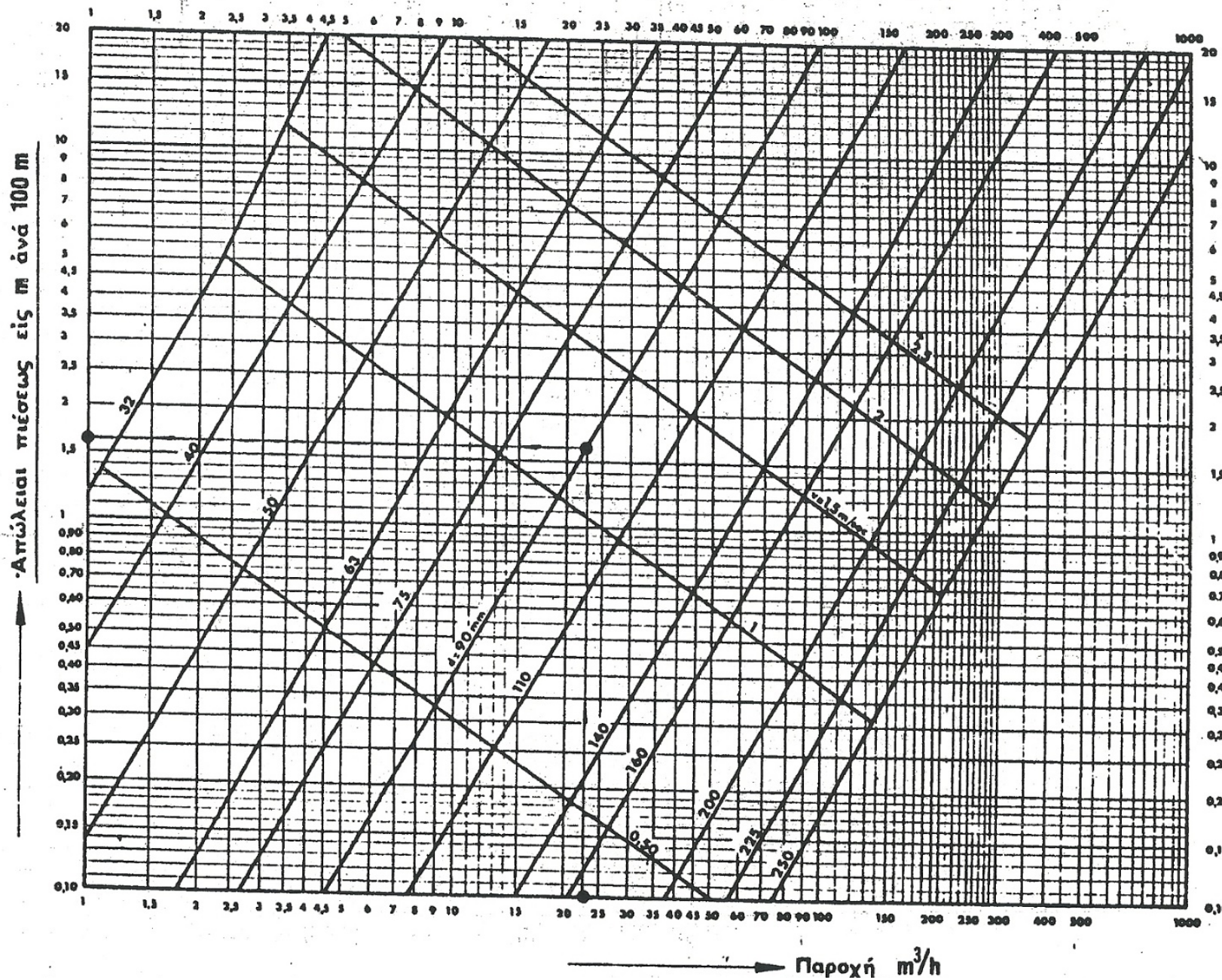
Εδώ οι απώλειες είναι 1.6 m / 100 m

Με απλή μέθοδο των τριών υπολογίζω τις απώλειες για τα 250 m

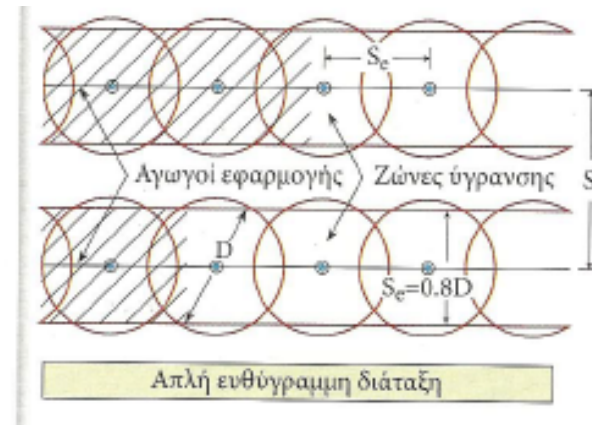
$h_f = 4 \text{ m}$ .

Σχήμα

.β ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΕΩΣ ΣΩΛΗΝΩΝ Ρ V C 10 Atm.



# Διαστασιολόγηση αρδευτικού δικτύου στάγδην



Τι πρέπει να υπολογιστεί:

- Παροχή σταλακτήρων ανάλογα με τις απαιτήσεις της καλλιέργειας και τα χαρακτηριστικά του εδάφους
- Παροχή και πτώση πίεση στους τριτεύοντες εξαιτίας των ίδιων των αγωγών αλλά και των σταλακτήρων.
- Παροχή και πτώση πίεση στους δευτερεύοντες εξαιτίας των ίδιων των αγωγών αλλά και των τριτευόντων αλλά και άλλων εξαρτημάτων.
- Παροχή και πτώση πίεση στον πρωτεύοντα αγωγό.
- ΣΥΝΟΛΟ παροχής και πτώση πίεσης στο σύνολο του δικτύου.

# Αρδευτική μελέτη στάγδην άρδευσης

Πίνακας 6.1

Ποσοστό % ύγρανσης του αγρού ( $p$ ) σε σχέση με τον τύπο του εδάφους και την παροχή του σταλακτήρα για απλή ευθύγραμμη διάταξη.

Παροχή σταλακτήρα, $l \cdot h^{-1}$	Κατηγορία εδάφους	$S_e$ , m	$S_i$ , m									
			0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1,5	Ελαφρό	0,2	38	33	25	20	15	12	10	8	6	5
	Μέσο	0,5	88	70	58	47	35	28	23	18	14	12
	Βαρύ	0,9	100	100	92	73	55	44	37	28	22	18
2,0	Ελαφρό	0,3	50	40	33	26	20	16	13	10	8	7
	Μέσο	0,7	100	80	67	53	40	32	26	20	16	14
	Βαρύ	1,0	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
4,0	Ελαφρό	0,6	100	80	67	53	40	32	26	20	16	14
	Μέσο	1,0	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
	Βαρύ	1,3	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
8,0	Ελαφρό	1,0	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
	Μέσο	1,3	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
	Βαρύ	1,7	100	100	100	100	100	80	67	50	40	34
12,0	Ελαφρό	1,3	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
	Μέσο	1,6	100	100	100	100	100	80	67	50	40	34
	Βαρύ	2,0	100	100	100	100	100	100	80	60	48	40

## Αγωγός εφαρμογής στάγδην

Ο αριθμός των σταλακτήρων είναι:

$$n = \frac{L_l}{S_e}$$

Όπου

$L_l$ : μήκος αγωγού εφαρμογής (m)

$S_e$ : απόσταση μεταξύ των σταλακτήρων (m)

$S_l$ : απόσταση μεταξύ των γραμμών εφαρμογής (m)

$$Q_l = \frac{nq}{1000}$$

Όπου

$Q_l$ : παροχή στην αρχή του αγωγού εφαρμογής (m<sup>3</sup>/h)

$S_e$ : παροχή σταλακτήρα (l/h)

## Αγωγός εφαρμογής στάγδην

Οι γραμμικές απώλειες κατά HW αφορούν  $Q_1$ =σταθερή. Στην πράξη η παροχή μεταβάλλεται από  $Q_1$  στην αρχή, μέχρι  $q$  στον τελευταίο σταλακτήρα. Ο συντελεστής περιορισμού των γραμμικών απωλειών  $F$  είναι:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n i^{1.85}}{n^{2.85}}$$

Όπου

$n$ : αριθμός των σταλακτήρων

# Αγωγός εφαρμογής στάγδην

Πίνακας 12.2. Τιμές του συντελεστή  $F$  σε σχέση με τον αριθμό των σταλακτήρων.

Αριθμός σταλακτήρων	$F$	Αριθμός σταλακτήρων	$F$
1	1.000	14	0.387
2	0.639	16	0.382
3	0.535	18	0.379
4	0.486	20	0.376
5	0.457	25	0.371
6	0.435	30	0.368
7	0.423	40	0.364
8	0.415	50	0.361
10	0.402	100	0.356
12	0.394	>100	0.355