



# ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

## Ενότητα 11: Διαστασιολόγηση σωλήνων νερού σε εγκαταστάσεις κλιματισμού

Παπακώστας Κωνσταντίνος  
Μηχανολόγων Μηχανικών



# 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.





# Συστήματα κλιματισμού

Διαστασιολόγηση σωλήνων νερού σε  
εγκαταστάσεις κλιματισμού

# Γενικά

- Η παρουσίαση αυτή περιέχει πίνακες και διαγράμματα για τη διαστασιολόγηση δικτύων σωληνώσεων νερού σε εγκαταστάσεις κλιματισμού.
- Τρία είναι τα μεγέθη που σχετίζονται με τον υπολογισμό των δικτύων σωληνώσεων:
  1. Η διάμετρος των σωλήνων
  2. η ταχύτητα του νερού και
  3. η πτώση πίεσης που παρουσιάζει το νερό μέσα στους σωλήνες, τις συσκευές και τα διάφορα εξαρτήματα.



# Επιλογή υλικού σωλήνων (1/3)

- Σε εγκαταστάσεις κλιματισμού (ψύξη-θέρμανση) χρησιμοποιούνται συνήθως σιδηροσωλήνες, χαλυβδοσωλήνες και χαλκοσωλήνες.
- Κατά τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται με συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό και πλαστικοί σωλήνες, κυρίως λόγω της μεγαλύτερης καθαρότητας και αντοχής στις διαβρώσεις που παρουσιάζουν.



# Επιλογή υλικού σωλήνων (2/3)

- Η επιλογή του κατάλληλου για κάθε εγκατάσταση υλικού σωλήνων εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:
  1. Τις πιέσεις και συνθήκες λειτουργίας κάθε εγκατάστασης.
  2. Την αποφυγή ηλεκτρολυτικής διάβρωσης λόγω επαφής ανόμοιων μετάλλων.
  3. Την οικονομικότητα της όλης εγκατάστασης.
- Γενικά οι συνιστώμενες χρήσεις κάθε τύπου σωλήνα δίνονται στον παρακάτω πίνακα 1. (ΤΟΤΕΕ 2423/86).



# Επιλογή υλικού σωλήνων (3/3)

Εικ.1: Συνιστώμενοι τύποι σωληνώσεων σε κλειστά δίκτυα νερού.

ΧΡΗΣΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΣΩΛΗΝΑ	ΠΡΟΤΥΠΟ
ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	-ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑΣ	
	-ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΑΣ	EN 10216, EN 10217
ΨΥΧΡΟ ΝΕΡΟ	-ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΑΣ (ΜΑΥΡΟΣ Ή ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ)	EN 10255, EN 10216, EN 10217
	-ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑΣ	EN 1057
	-ΠΟΛΥΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ	
ΝΕΡΟ ΨΥΞΗΣ ΥΔΡΟΨΥΚΤΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΩΝ	-ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ ΣΙΔΗΡΟΣΩΛΗΝΑΣ Ή ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΑΣ	EN 10255, EN 10216, EN 10217
	-ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑΣ	EN 1057
	- ΠΟΛΥΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ	
ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΑ	ΟΜΟΙΑ ΟΠΩΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ	
ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ	-ΣΙΔΗΡΟΣΩΛΗΝΑΣ Ή ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΑΣ	EN 10255
	-ΧΑΛΚΟΣΩΛΗΝΑΣ	EN 1057
	- ΠΟΛΥΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ	





# Ταχύτητες νερού και επιτρεπόμενη πτώση πίεσης σε δίκτυα νερού (1/2)

- Για την αποφυγή δημιουργίας θορύβων στα δίκτυα σωληνώσεων πρέπει να τηρούνται κάποιοι περιορισμοί στην ταχύτητα και στην πτώση πίεσης του νερού ανά m σωλήνα.
- Η επιλογή της πτώσης πίεσης και η διαστασιολόγηση των σωλήνων, πρέπει να έχει ως σκοπό την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής λύσης, μεταξύ του βέλτιστου κόστους αρχικής εγκατάστασης (διατομές σωλήνων) και του βέλτιστου κόστους λειτουργίας (ισχύς αντλιών).



# Ταχύτητες νερού και επιτρεπόμενη πτώση πίεσης σε δίκτυα νερού (2/2)

- Η διαστασιολόγηση των σωλήνων γίνεται συνήθως (χάριν ευκολίας) από διαγράμματα, τηρώντας τους περιορισμούς για την ταχύτητα και την πτώση πίεσης.
- Από την παροχή του νερού (σε L/s ή σε kg/h) που κυκλοφορεί στο αντίστοιχο τμήμα σωλήνωσης και επιλέγοντας μέση πτώση πίεσης (Pa/m) ή ταχύτητα (m/s) , προκύπτει η διάμετρος του σωλήνα και αντίστοιχα η ταχύτητα ή η πτώση πίεσης ανά m σωλήνα (ανάλογα με την αρχική επιλογή).



# Ταχύτητες νερού και επιτρεπόμενη πτώση πίεσης δικτύων θερμού νερού

Εικ.2: Πίνακας 1. Συνιστώμενες ταχύτητες νερού  $w$  και πτώσης πίεσης  $R$  σε συστήματα θέρμανσης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία.

ΘΕΣΗ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ	Ταχύτητα $w$ [m/s]	Πτώση πίεσης $R$ [Pa/m]
Εντός των κτιρίων κατοικιών, σε δευτερεύοντες κλάδους, σε βρόγχους και στα θερμαντικά σώματα	0.5 έως 0.7	50 έως 100
Εντός των κτιρίων κατοικιών, σε πρωτεύοντες κλάδους και στο λεβητοστάσιο	0.8 έως 1.5	100 έως 200
Εκτός των κτιρίων, σε δίκτυα τηλεθέρμανσης	2.0 έως 3.0	200 έως 400
Εντός των βιομηχανικών κτιρίων, σε πρωτεύοντες-δευτερεύοντες κλάδους και στα θερμαντικά σώματα	1.0 έως 2.0	100 έως 250
Εκτός των βιομηχανικών κτιρίων, σε κλάδους τροφοδοσίας	2.0 έως 3.0	200 έως 400



# Δίκτυα θερμού νερού- Διαδικασία υπολογισμών (1/2)

- Προσδιορίζεται η μεταφερόμενη θερμική ισχύς σε [W] σε κάθε τμήμα σωλήνωσης.
- Υπολογίζεται η παροχή του θερμού νερού σε κάθε τμήμα σωλήνωσης σε [kg/h]:
- $$\dot{m}_{WH} = \frac{\dot{q}_h}{3600 \times c \times \Delta t}$$
- $\dot{q}_h$  = η μεταφερόμενη θερμική ισχύς [kW]
- $c$  = η ειδική θερμότητα του νερού 4.19 [kJ/kgK] για 80°C
- $\Delta t$  = η διαφορά θερμοκρασίας προσαγωγής-επιστροφής του νερού [K]



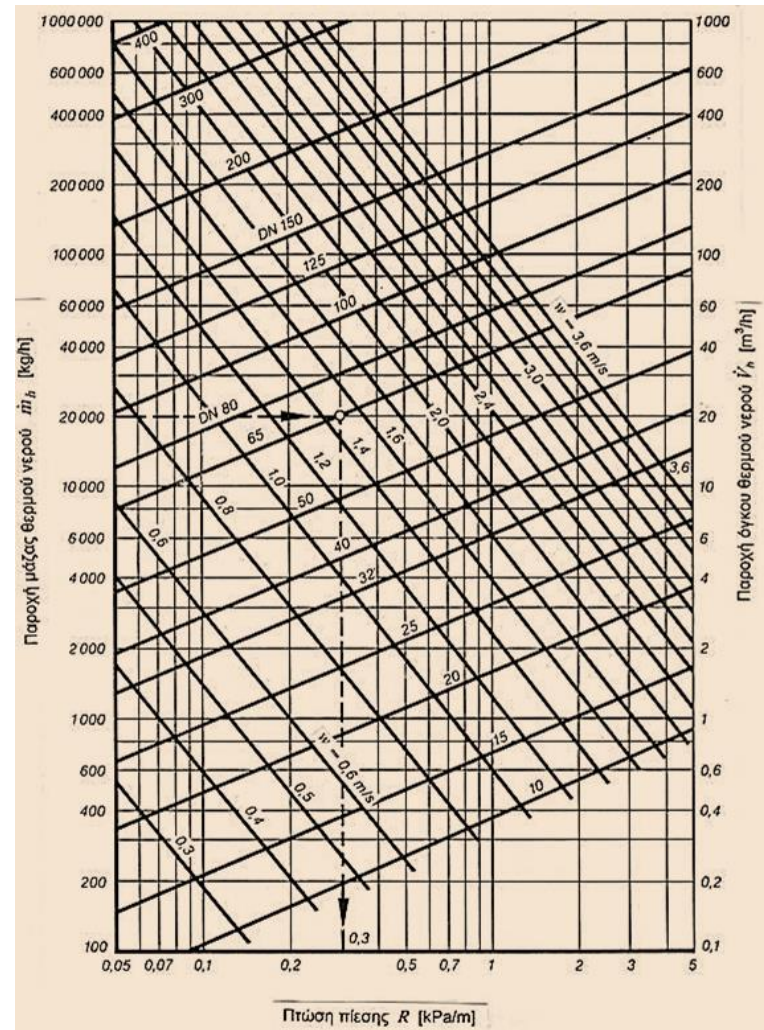
# Δίκτυα θερμού νερού- Διαδικασία υπολογισμών (2/2)

- Ορίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα του νερού σε [m/s] ή η πτώση πίεσης ανά μέτρο σωλήνα [kPa/m], σύμφωνα με τον πίνακα 1.
- Επιλέγεται σε κάθε τμήμα σωλήνωσης μία αρχική διατομή υπολογισμού (διαγράμματα).
- Εάν δεν ικανοποιείται το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας ή της μέγιστης επιτρεπόμενης πτώσης πίεσης ανά μέτρο μήκους, τότε επιλέγεται μεγαλύτερη διατομή.



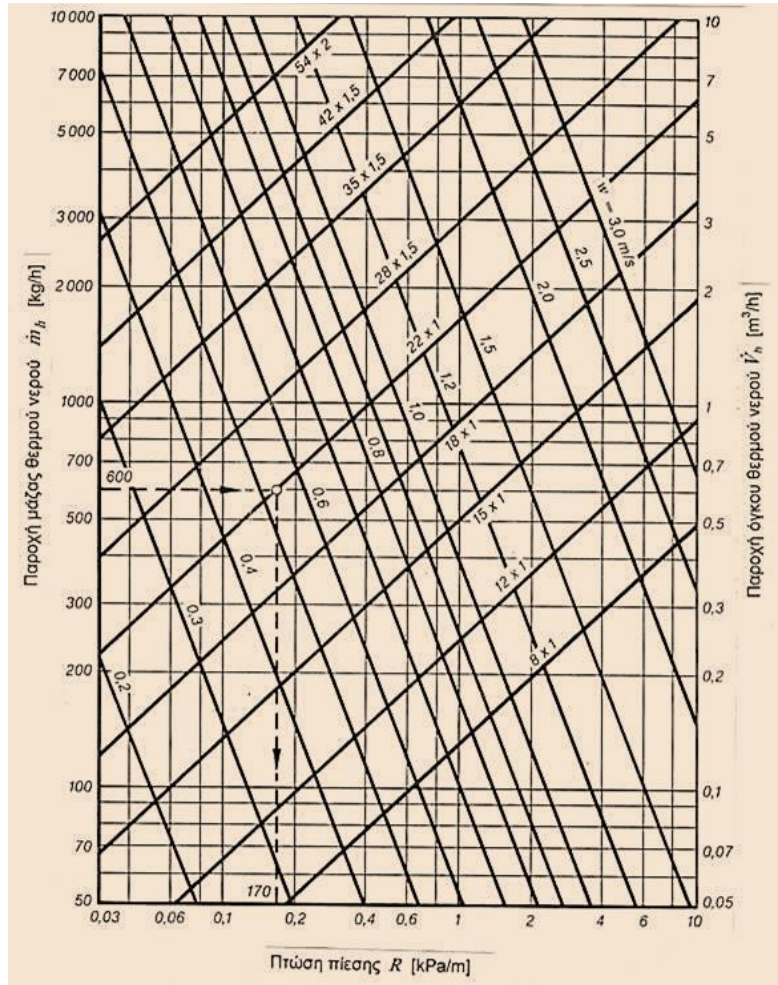
# Δίκτυα θερμού νερού – χαλυβδοσωλήνες

Εικ.3: Διάγραμμα 1: Προσδιορισμός πτώσης πίεσης για χαλυβδοσωλήνες (θέρμανση νερού με αντλία, θερμοκρασία νερού 80°C).



# Δίκτυα θερμού νερού – χαλκοσωλήνες

Εικ.4: Διάγραμμα 2: Προσδιορισμός πτώσης πίεσης για χαλκοσωλήνες (θέρμανση νερού με αντλία, θερμοκρασία νερού 80°C).



# Δίκτυα ψυχρού νερού- Διαδικασία υπολογισμών (1/3)

- Προσδιορίζεται η μεταφερόμενη ψυκτική ισχύς σε [W] σε κάθε τμήμα σωλήνωσης.
- Υπολογίζεται η παροχή του ψυχρού νερού σε κάθε τμήμα σωλήνωσης σε [l/s]:
- $\dot{m}_{WC} = \frac{\dot{q}_c}{c \cdot \Delta t}$
- $\dot{q}_c$  = η μεταφερόμενη ψυκτική ισχύς [kW]
- $c$  = η ειδική θερμότητα του νερού 4.2 [kJ/kgK] για 5-15°C
- $\Delta t$  = η διαφορά θερμοκρασίας προσαγωγής-επιστροφής του νερού [K]





# Δίκτυα ψυχρού νερού- Διαδικασία υπολογισμών (2/3)

- Κριτήρια επιλογής:
  1. Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα νερού για σωλήνες διαμέτρου μέχρι 50mm:  $w=1.2$  m/s
  2. Εύρος πτώσης πίεσης: 100 Pa/m έως 400 Pa/m
  3. Μέση συνιστώμενη πτώση πίεσης: 250 Pa/m
  4. Μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση πίεσης για σωλήνες διαμέτρου άνω των 50mm: 400 Pa/m
  5. Η ταχύτητα του νερού μπορεί να ξεπεράσει τα 1.2 m/s σε σωλήνες διαμέτρου άνω των 50mm, εφόσον τηρείται ο περιορισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης πτώσης πίεσης (400 Pa/m)



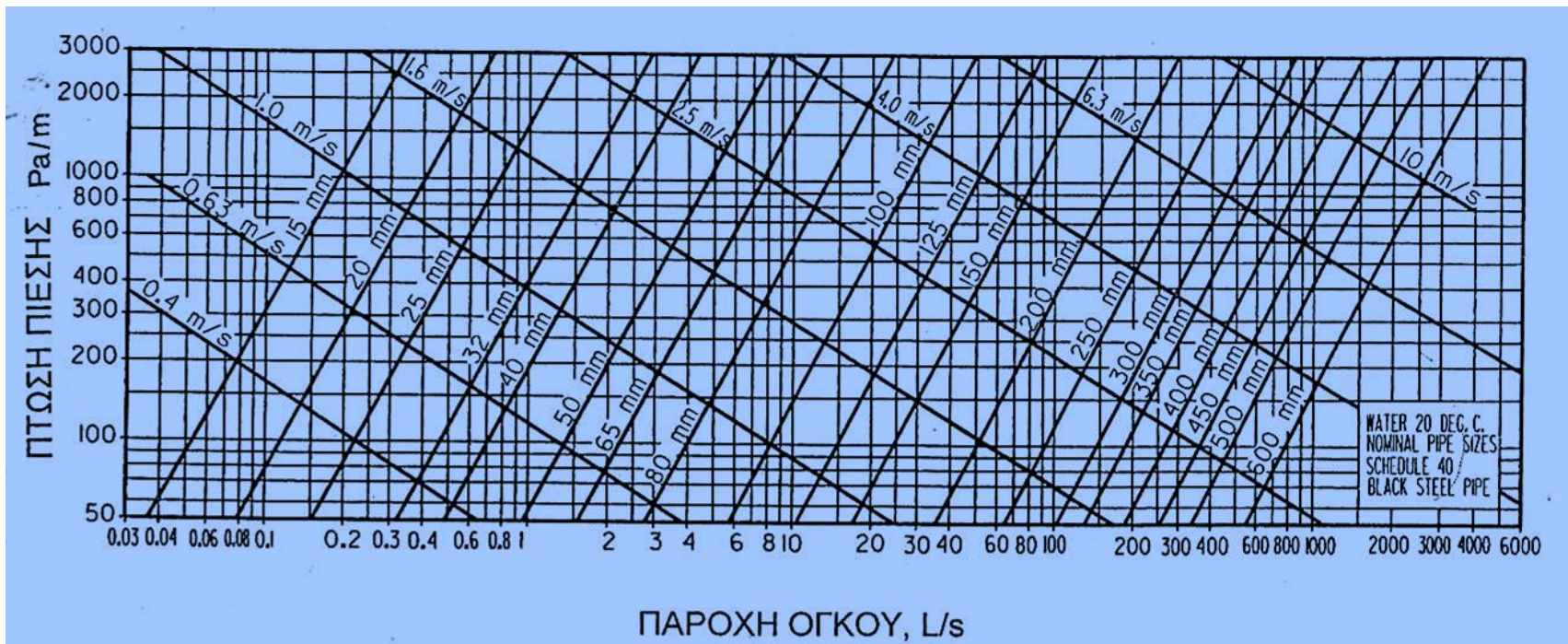
# Δίκτυα ψυχρού νερού- Διαδικασία υπολογισμών (3/3)

- Ορίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα του νερού σε [m/s] ή η πτώση πίεσης ανά μέτρο σωλήνα [kPa/m], σύμφωνα με τα κριτήρια (3).
- Επιλέγεται σε κάθε τμήμα σωλήνωσης μία αρχική διατομή υπολογισμού (εικόνες 1-3).
- Εάν δεν ικανοποιείται το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας ή της μέγιστης επιτρεπόμενης πτώσης πίεσης ανά μέτρο μήκους, τότε επιλέγεται μεγαλύτερη διατομή.



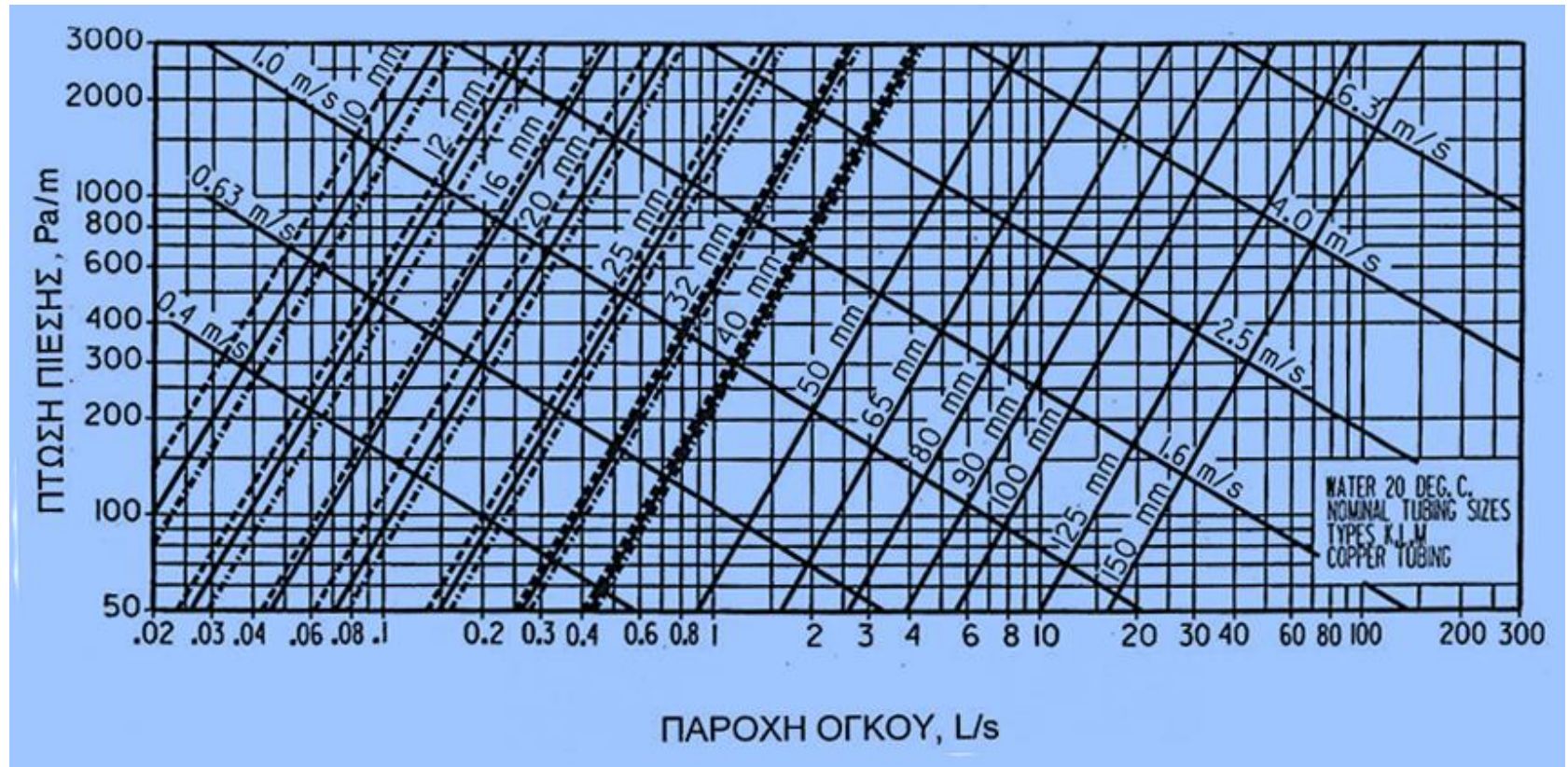
# Δίκτυα ψυχρού νερού- χαλυβδοσωλήνες

Εικ.5: Πτώση πίεσης νερού σε χαλυβδοσωλήνες



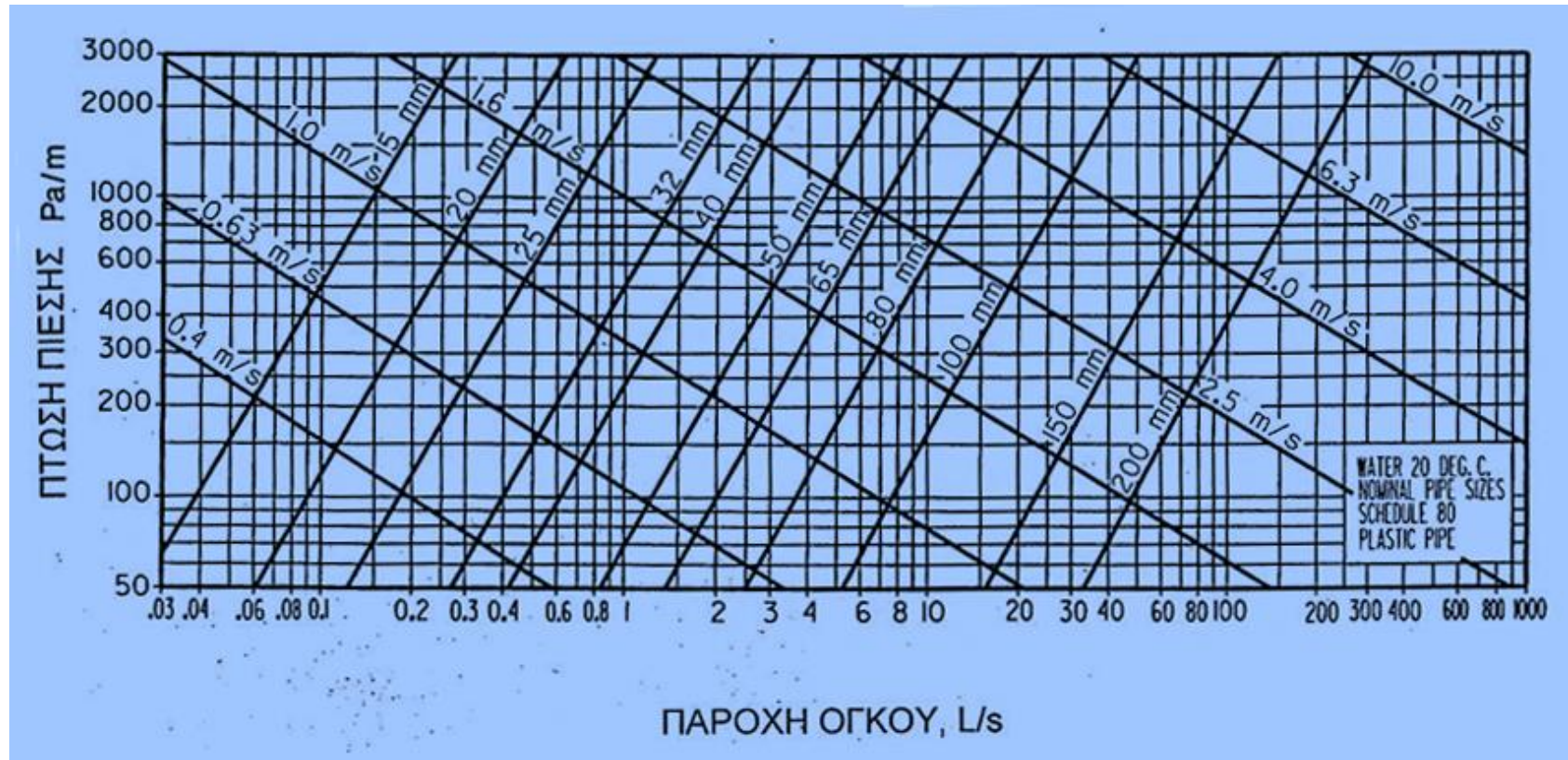
# Δίκτυα ψυχρού νερού- χαλκοσωλήνες

Εικ.6: Πτώση πίεσης νερού σε χαλκοσωλήνες



# Δίκτυα ψυχρού νερού- πλαστικοί σωλήνες

Εικ.7: Πτώση πίεσης νερού σε πλαστικούς σωλήνες



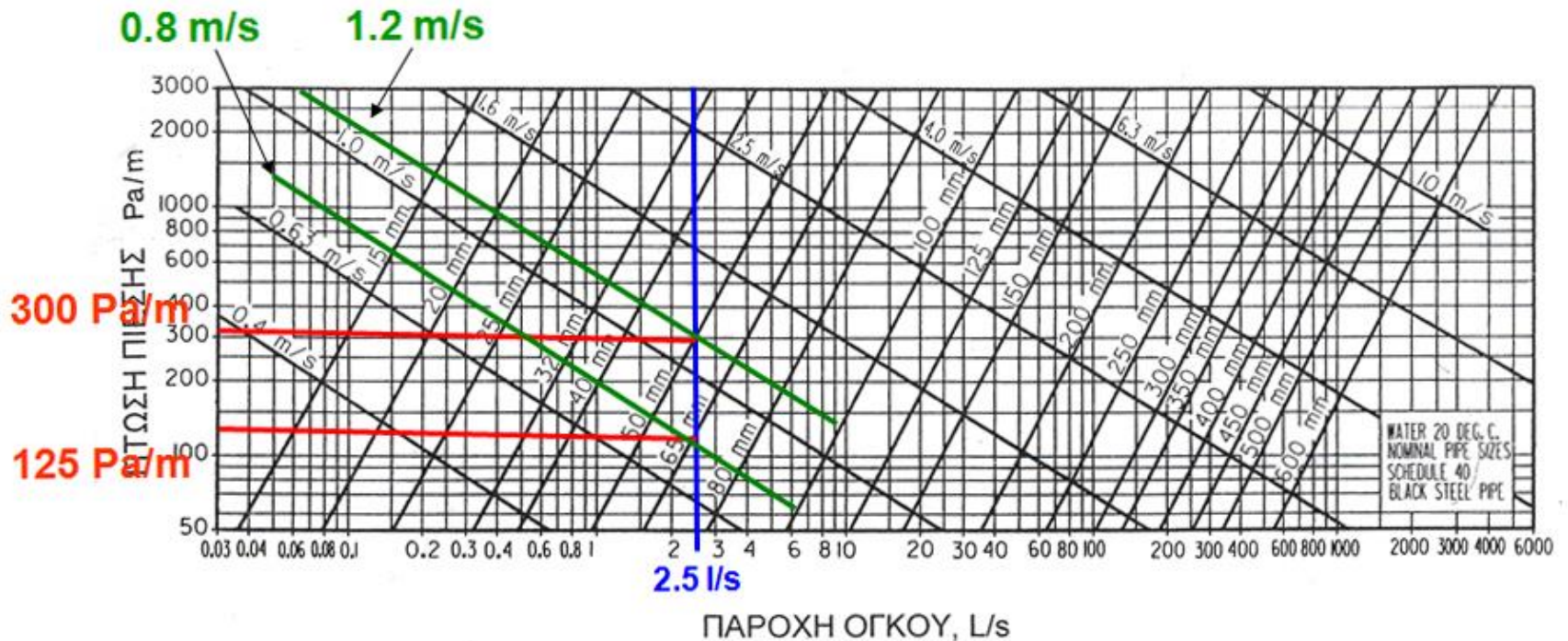
# Παράδειγμα 1ο (1/2)

- Σε χαλυβδοσωλήνα κυκλοφορεί νερό θερμοκρασίας  $12^{\circ}\text{C}$  με παροχή  $9 \text{ m}^3/\text{h}$ . Να βρεθεί η κατάλληλη διάμετρος του σωλήνα.
- Λύση: Από το διάγραμμα της εικόνας 1, για παροχή  $9 \text{ m}^3/\text{h} = 2.5 \text{ L/s}$  και για εύρος πτώσης πίεσης  $100 \text{ Pa/m}$  έως  $400 \text{ Pa/m}$ , προκύπτουν οι εξής λύσεις: σωλήνας διαμέτρου  $65 \text{ mm}$  με ταχύτητα  $0.8 \text{ m/s}$  και πτώση πίεσης  $125 \text{ Pa/m}$  ή σωλήνας διαμέτρου  $50 \text{ mm}$  με ταχύτητα  $1.2 \text{ m/s}$  και πτώση πίεσης  $300 \text{ Pa/m}$ .
- (Επιλέγεται η δεύτερη λύση γιατί προσεγγίζει τη συνιστώμενη πτώση πίεσης των  $250 \text{ Pa/m}$ , με την ανώτερη επιτρεπόμενη ταχύτητα για σωλήνωση διαμέτρου  $50\text{mm}$ )



# Παράδειγμα 1ο (2/2)

Εικ.8: Επιλογή διαμέτρου σωλήνων



# Υπολογισμός πτώσης πίεσης- προσεγγιστική μέθοδος (1/3)

- Υπολογίζεται η παροχή του νερού σε κάθε τμήμα σωλήνωσης.
- Προσδιορίζεται η πτώση πίεσης ανά μέτρο σωλήνα  $R$  σε  $[Pa/m]$  και η ταχύτητα του νερού σε  $[m/s]$  από τα διαγράμματα.
- Υπολογίζονται οι απώλειες τριβών στα ευθύγραμμα τμήματα.

$$\Delta p_1 = l \cdot R \quad [Pa]$$

- Όπου  $l$  το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος σωλήνα σε  $[m]$ .





# Υπολογισμός πτώσης πίεσης- προσεγγιστική μέθοδος (2/3)

- Καθορίζονται οι συντελεστές τοπικών απωλειών  $\zeta$  στα διάφορα ειδικά τεμάχια του δικτύου (καμπύλες, διακλαδώσεις, βαλβίδες κ.λ.π.), ανά τμήμα σωλήνωσης με σταθερή διάμετρο και ταχύτητα.
- Ενδεικτικοί συντελεστές δίνονται στους πίνακες 2 , 3 και 7.
- Υπολογίζεται η πτώση της δυναμικής πίεσης λόγω τοπικών αντιστάσεων σε κάθε τμήμα

- $$Z = \sum \zeta \frac{\rho \cdot w^2}{2} [Pa]$$



# Υπολογισμός πτώσης πίεσης- προσεγγιστική μέθοδος (3/3)

- Η πτώση της δυναμικής πίεσης λόγω τοπικών αντιστάσεων  $Z$  μπορεί να υπολογισθεί και από την εξίσωση:
- $Z' = R \cdot l_{gl} [Pa]$
- Όπου είναι το ισοδύναμο μήκος ευθύγραμμου τμήματος σε [m] των τοπικών αντιστάσεων.
- Η συνολική πτώση πίεσης είναι:
- $\Delta p = l \cdot R + Z \quad [Pa]$
- Ή  $\Delta p = l \cdot R + Z' \quad [Pa]$



# Συντελεστές τοπικών απωλειών ζ- κατά ASHRAE (1/3)

Εικ.9: Πίνακας 2. Συντελεστές τοπικών απωλειών ζ (κοχλιωτές συνδέσεις).

Ονομαστική διάμετρος DN [mm]	Γωνία 90° κανονική	Γωνία 90° εξομαλυσμένη	Γωνία 45°	Συμβολή	Διακλάδωση (κύριος αγωγός)	Διακλάδωση (αγωγός διακλάδωσης)	Βαλβίδα εΐρας	Σύρτης	Γωνιακή βαλβίδα	Βαλβίδα αντεπιστροφής	Είσοδος αγωγού (στρογγυλεμένη)	Είσοδος αγωγού (ορθογώνια)
10	2.5	—	0.38	2.5	0.90	2.7	20	0.40	—	8.0	0.05	0.5
15	2.1	—	0.37	2.1	0.90	2.4	14	0.33	—	5.5	0.05	0.5
20	1.7	0.92	0.35	1.7	0.90	2.1	10	0.28	6.1	3.7	0.05	0.5
25	1.5	0.78	0.34	1.5	0.90	1.8	9	0.24	4.6	3.0	0.05	0.5
32	1.3	0.65	0.33	1.3	0.90	1.7	8.5	0.22	3.6	2.7	0.05	0.5
40	1.2	0.54	0.32	1.2	0.90	1.6	8	0.19	2.9	2.5	0.05	0.5
50	1.0	0.42	0.31	1.0	0.90	1.4	7	0.17	2.1	2.3	0.05	0.5
65	0.85	0.35	0.30	0.85	0.90	1.3	6.5	0.16	1.6	2.2	0.05	0.5
80	0.80	0.31	0.29	0.80	0.90	1.2	6	0.14	1.3	2.1	0.05	0.5
100	0.70	0.24	0.28	0.70	0.90	1.1	5.7	0.12	1.0	2.0	0.05	0.5



# Συντελεστές τοπικών απωλειών ζ- κατά ASHRAE (2/3)


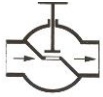
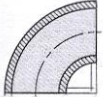
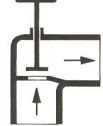

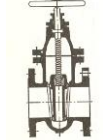

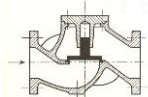


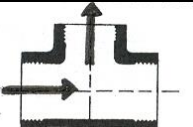
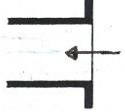
Εικ.10: Πίνακας 3. Συντελεστές τοπικών απωλειών ζ (συνδέσεις με φλάντζα).

Ονομαστική διάμετρος DN [mm]	Γωνία 90° κανονική	Γωνία 90° εξομαλυμένη	Γωνία 45°	Συμβολή κανονική	Συμβολή με γωνία > 90°	Διακλάδωση (κύριος αγωγός)	Διακλάδωση (αγωγός διακλάδωσης)	Βαλβίδα έδρας	Σύρτης	Γωνιακή βαλβίδα	Βαλβίδα αντεπιστροφής
25	0.43	0.41	0.22	0.43	0.43	0.26	1.0	13	—	4.8	2.0
32	0.41	0.37	0.22	0.41	0.38	0.25	0.95	12	—	3.7	2.0
40	0.40	0.35	0.21	0.40	0.35	0.23	0.90	10	—	3.0	2.0
50	0.38	0.30	0.20	0.38	0.30	0.20	0.84	9	0.34	2.5	2.0
65	0.35	0.28	0.19	0.35	0.27	0.18	0.79	8	0.27	2.3	2.0
80	0.34	0.25	0.18	0.34	0.25	0.17	0.76	7	0.22	2.2	2.0
100	0.31	0.22	0.18	0.31	0.22	0.15	0.70	6.5	0.16	2.1	2.0
150	0.29	0.18	0.17	0.29	0.18	0.12	0.62	6	0.10	2.1	2.0
200	0.27	0.16	0.17	0.27	0.15	0.10	0.58	5.7	0.08	2.1	2.0
250	0.25	0.14	0.16	0.25	0.14	0.09	0.53	5.7	0.06	2.1	2.0
300	0.24	0.13	0.16	0.24	0.13	0.08	0.50	5.7	0.05	2.1	2.0



# Συντελεστές τοπικών απωλειών ζ- κατά ASHRAE (3/3)

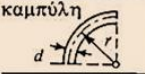
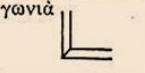
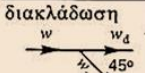
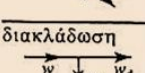
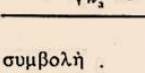
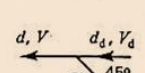

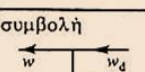
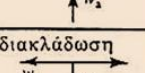
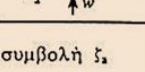
Εικ.11: Υπόμνημα τοπικών απωλειών

	Γωνία 90° κανονική		Βαλβίδα έδρας
	Γωνία 90° εξομαλυμένη		Γωνιακή βαλβίδα
	Γωνία 45°		Σύρτης
	Συμβολή		Βαλβίδα αντεπιστροφής
	Διακλάδωση (κύριος αγωγός)		Είσοδος αγωγού (στρογγυλεμένη)
	Διακλάδωση (αγωγός διακλάδωσης)		Είσοδος αγωγού (ορθογώνια)



# Συντελεστές τοπικών απωλειών ζ- κατά Recknagel- Sprenger (1/2)

Εικ.12: Πίνακας 4: Τιμές ζ αντιστάσεων ειδικών τεμαχίων

 καμπύλη	$r/d$	1	2	3	4	5	6						
	$\zeta$	0,5	0,35	0,3	0,3	0	0						
 γωνιά	NW	10 v. 15	20	25	32	40	50						
	$\zeta$	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0						
 διακλάδωση	κλάδος				διέλευση								
	$w_2/w$	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	$w_d/w$	0,5	1,0			
 διακλάδωση	$\zeta_a$	7,0	4,0	1,5	0,8	0,6	0,5	$\zeta_d$	0,5	0			
	$w_2/w$	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	$w_d/w$	0,5	1,0			
 διακλάδωση	$\zeta_a$	12,0	7,0	3,5	2,5	2,0	1,0	$\zeta_d$	0,5	0			
	 συμβολή	κλάδος $\zeta_a$				διέλευση $\zeta_d$							
$d_2/d$		$V_2/V$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$V_d/V$	$d_d/d$	0,6	0,8	1,0	
			0,3	0,3	0,8								
			0,4	-1	0,8	1,0	0,8		< 1	0,3	0,3		
			0,5	-3	0,3	0,8	0,8						
			0,7		-0,5	0,5	1,0	1,0	1	0,5	0,3	0	
 συμβολή	κλάδος $\zeta_a$				διέλευση $\zeta_d$								
	$w_2/w$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	$w_d/w$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
 διακλάδωση	$\zeta_a$	-1	0,5	1	1,3	1,5	$\zeta_d$	1,5	1,3	1,1	0,8	0,5	0
	$w_2/w$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,3	1,0	0,8	0,5		
 συμβολή $\zeta_a$	$d_2/d$	$V_2/V$	0,3			0,5			0,7				
			0,5			5,0			1,3				
 συμβολή $\zeta_a$			0,7			6,5			2,0				
			0,8			9,0			3,0				
			1,0			15,0			5,0				



# Συντελεστές τοπικών απωλειών ζ- κατά Recknagel- Sprenger (2/2)

Εικ.13: Πίνακας 5: Τιμές ζ αντιστάσεων ειδικών τεμαχίων

Συντελεστής τοπικών απωλειών ζ ανάλογα με ονομαστική διάμετρο DN	10 15	20 25	32 40	50 >50
Σύρτης με στένωση	1.0	0.5	0.3	0.3
Σύρτης χωρίς στένωση	0.4	0.3	0.2	0.2
Βαλβίδα με ορθή έδρα	10.0	7.0	5.0	4.0
Βαλβίδα με πλάγια έδρα	3.5	3.0	2.5	2.0
Βαλβίδα γωνιακή	4.0	2.0	2.0	1.5
Βαλβίδα διέλευσης θερμ. σώματος	8.5	6.0	5.0	4.0
Βαλβίδα γωνιακή θερμ. σώματος	4.0	2.0	2.0	-
Βαλβίδα αντεπιστροφής	5.0	4.0	4.0	3.5
Συντελεστής τοπικών απωλειών ζ	ζ			
Κρουνός ευθύγραμμος	0.2			
Κρουνός γωνιακός	2.0			
Τεμάχιο παράκαμψης	0.5			
Διαστολικό τύπου λύρας	1.5			
Θερμαντικό σώμα	2.5			
Λέβητας min.	2.0			
Λέβητας max.	3.0			
Συλλέκτης - έξοδος	0.5			
Συλλέκτης - είσοδος	1.0			



# Παράδειγμα 2ο (1/7)

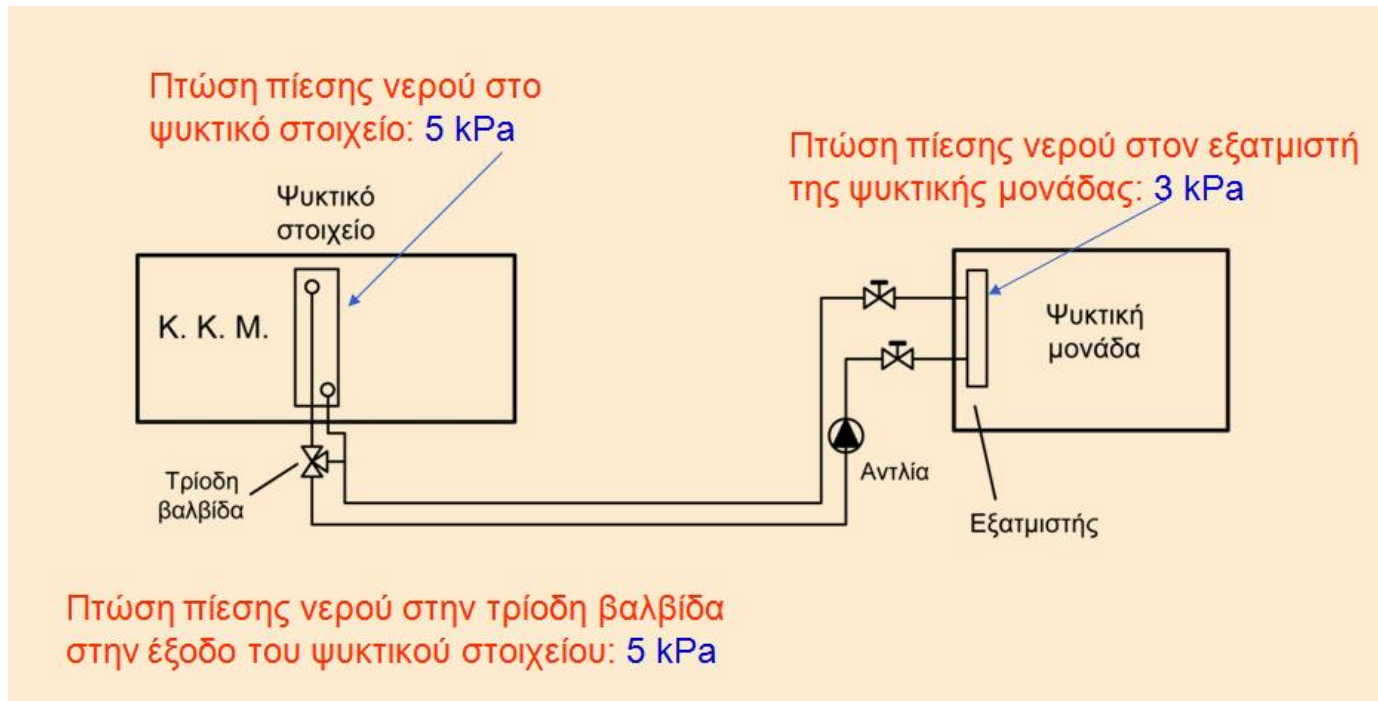
- Ψυκτική μονάδα τροφοδοτεί ψυκτικό στοιχείο σε ΚΚΜ με νερό θερμοκρασίας  $7^{\circ}\text{C}$ . Η ψυκτική ισχύς του ψυκτικού στοιχείου είναι  $60000\text{ W}$  και η θερμοκρασία επιστροφής του νερού στην ψυκτική μονάδα  $12^{\circ}\text{C}$ .
- Να βρεθεί η κατάλληλη διάμετρος του χαλυβδοσωλήνα που τροφοδοτεί το ψυκτικό στοιχείο και τα χαρακτηριστικά της αντλίας νερού (παροχή, μανομετρικό ύψος) στο κύκλωμα ΚΚΜ-ψυκτικό στοιχείο. Μήκος σωλήνωσης  $l = 15\text{ m}$ .





# Παράδειγμα 2ο (2/7)

Εικ.14: Στο κύκλωμα υπάρχουν 4 γωνίες 90° κανονικές και 1 διακλάδωση (κοχλιωτές συνδέσεις). Επίσης 2 βαλβίδες έδρας και μία βαλβίδα αντεπιστροφής (φλαντζωτές συνδέσεις).



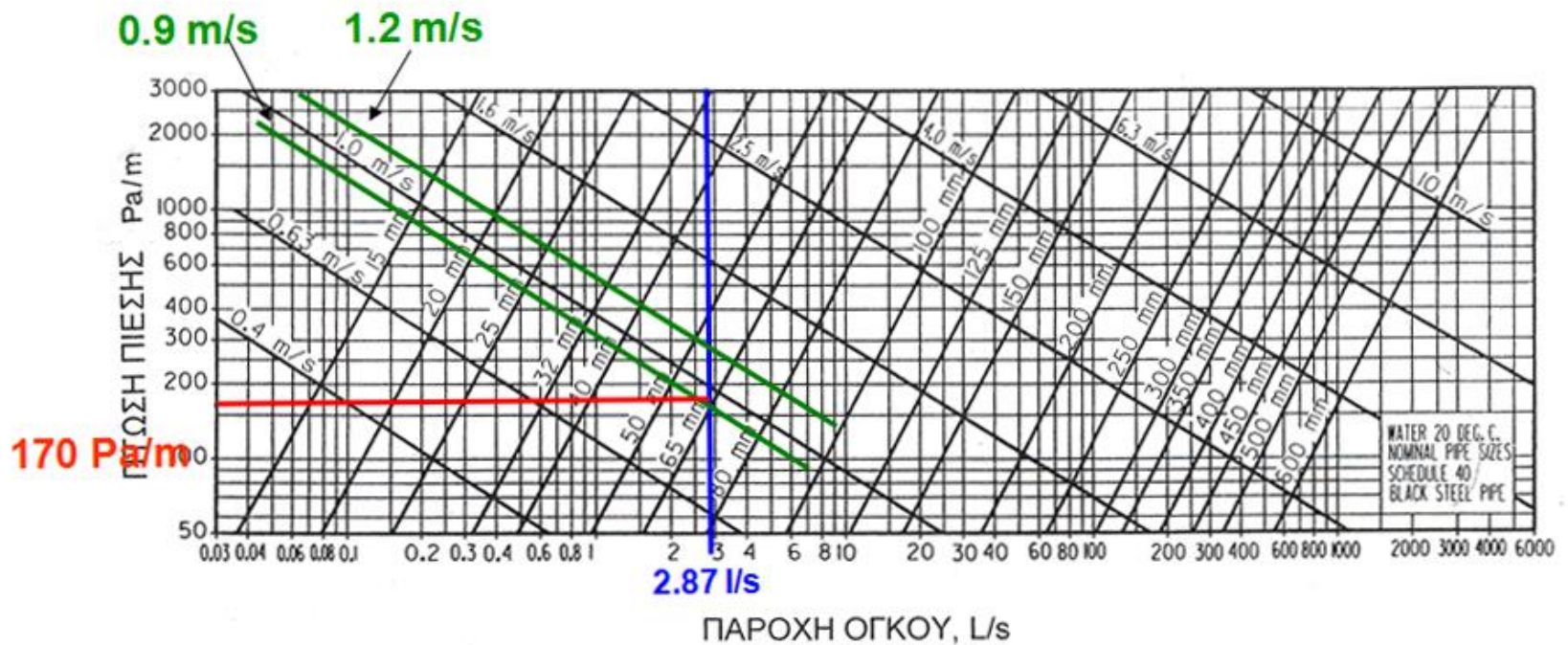
## Παράδειγμα 2ο (3/7)

- Λύση: Η παροχή του νερού στο ψυκτικό στοιχείο είναι:
- $$\dot{m}_{wc} = \frac{60}{4.18 \cdot (12-7)} = 2.87[L/s] = 10.33[m^3/h]$$
- Από το διάγραμμα της εικόνας 1, για παροχή 2.87 L/s και για εύρος πτώσης πίεσης 100 Pa/m έως 400 Pa/m, προκύπτει σωλήνας διαμέτρου 65 mm με ταχύτητα 0.9 m/s και πτώση πίεσης 170 Pa/m.



# Παράδειγμα 2ο (4/7)

Εικ.15: Επιλογή διαμέτρων σωλήνων



# Παράδειγμα 2ο (5/7)

- Υπολογίζεται η πτώση της στατικής πίεσης στα ευθύγραμμα τμήματα.
- $\Delta p_1 = l \cdot R = 15 \times 170 = 2550 \text{ [Pa]} = 2.55 \text{ [kPa]}$
- Υπολογίζεται η πτώση της στατικής πίεσης λόγω τοπικών αντιστάσεων (πίνακες 2 και 3)
- $Z = \sum \zeta \frac{\rho \cdot w^2}{2} = (4 \cdot 0.85 + 0.90 + 2 \cdot 8 + 2) \cdot 1000 \cdot (0.9)^2 / 2 = 9031.5 \text{ [Pa]} = 9 \text{ [kPa]}$



# Παράδειγμα 2ο (6/7)

- Η συνολική πτώση πίεσης είναι:
- $\Delta p =$  (πτώση πίεσης στα ευθύγραμμα τμήματα + πτώση πίεσης στις τοπικές αντιστάσεις + πτώση πίεσης στο ψυκτικό στοιχείο + πτώση πίεσης στην τρίοδη βαλβίδα + πτώση πίεσης στον εξατμιστή της ψυκτικής μονάδας)
- $\Delta p = l \cdot R + Z = 2.55 + 9 + 5 + 5 + 3 = 24.55 \text{ [kPa]}$



# Παράδειγμα 2ο (7/7)

- Επομένως:
- Παροχή αντλίας =  $10.33 \text{ [m}^3/\text{h]}$
- Μανομετρικό ύψος αντλίας =  $24.55 \text{ [kPa]}$
- Όταν το δίκτυο σωληνώσεων αποτελείται από περισσότερους του ενός κλάδους και η στατική πτώση πίεσης σε κάθε κλάδο είναι διαφορετική, τότε για την επιλογή της αντλίας λαμβάνεται υπόψη η στατική πτώση πίεσης του δυσμενέστερου κλάδου (μεγαλύτερη τιμή).
- Σε κάθε κλάδο τοποθετείται ρυθμιστική βαλβίδα και το δίκτυο εξισορροπείται δημιουργώντας πρόσθετες αντιστάσεις στις ρυθμιστικές βαλβίδες (ρύθμιση παροχής και πτώσης πίεσης).



# Δίκτυα νερού με σώματα Fan-coils

Εικ.16: Τεχνικά χαρακτηριστικά σωμάτων ανεμιστήρα στοιχείου (Fan-coil units)

Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών								
Μέγεθος		02	03	04	06	08	10	
Ονομαστική παροχή αέρα m <sup>3</sup> /h (στοιχείο 3R)	Υψηλή ταχύτητα	378	536	772	1.074	1.317	1.650	
	Μεσαία ταχύτητα	311	424	663	916	1.086	1.330	
	Χαμηλή ταχύτητα	252	347	560	772	902	1.080	
Ψυκτική απόδοση w (ΥΨΗΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ)	3R	Αισθητή	1.640	2.433	3.492	4.482	5.499	6.892
		Ολική	2.190	3.365	4.879	5.985	7.420	9.382
		Παροχή νερού l/h	376	577	838	1.028	1.273	1.610
		Δρ νερού kra	6	15	35	8	13	21
Θερμαντική απόδοση w (ΥΨΗΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ)	3R	Απόδοση	4.948	7.178	10.246	13.425	16.542	20.521
		Παροχή νερού l/h	289	419	599	784	966	1.199
		Δρ νερού kra	3,1	7,1	15,6	3,8	6,1	10,0
Στάθμη θορύβου NC (Μέσος χώρος κατά ASHRAE)		Υψηλή ταχύτητα	31	32	32	36	33	34
		Μεσαία ταχύτητα	26	26	25	30	28	30
		Χαμηλή ταχύτητα	23	23	22	27	23	24

Οι αποδόσεις ισχύουν για τις ακόλουθες συνθήκες:

	ΨΥΞΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ
ΘΕΡΜ/ΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΕΡΑ	27°C DB - 19,5°C WB	20°C DB
ΘΕΡΜ/ΣΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΝΕΡΟΥ	7°C	90°C
ΘΕΡΜ/ΣΙΑ ΕΞΟΔΟΥ ΝΕΡΟΥ	12°C	70°C

Οι αποδόσεις στις άλλες δύο ταχύτητες πολλαπλασιάζονται με τους συντελεστές του παρακάτω πίνακα.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ
ΜΕΣΑΙΑ	0,83
ΧΑΜΗΛΗ	0,72



# Δίκτυα νερού με σώματα Fan-coils

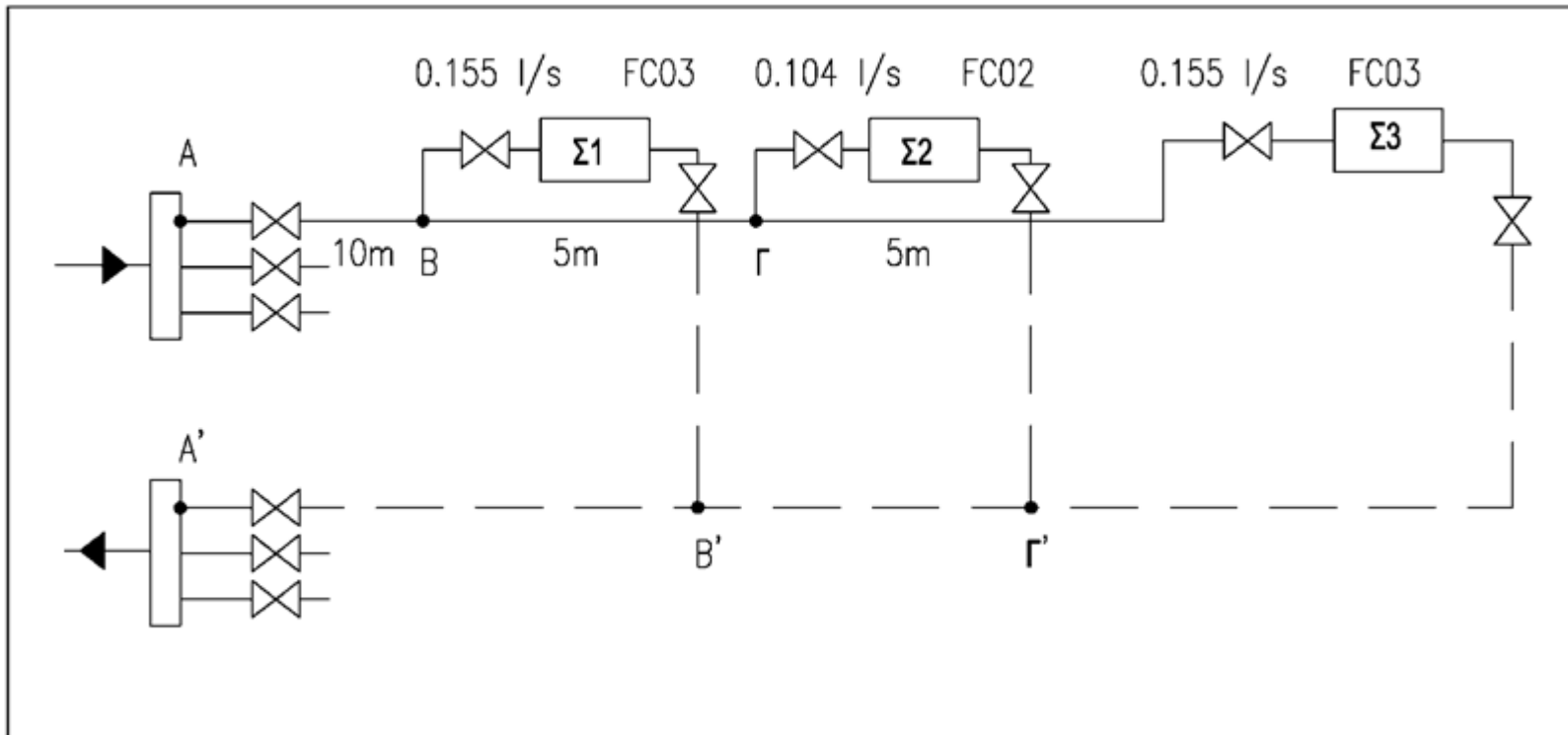
- Ο παραπάνω πίνακας είναι ενδεικτικός και μιας συγκεκριμένης εταιρείας. Άλλες εταιρείες μπορεί να παρέχουν σώματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά.
- Σε κάθε περίπτωση η επιλογή γίνεται συνήθως με βάση το αισθητό και λανθάνον ψυκτικό φορτίο (με προτίμηση να καλύπτεται πάντα το αισθητό ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία του αέρα του χώρου). Το θερμικό φορτίο συνήθως υπερκαλύπτεται λόγω των μεγάλων αποδόσεων σε θέρμανση.
- Επίσης η επιλογή γίνεται συνήθως με βάση τη μεσαία ταχύτητα του αέρα και με παροχή του νερού για ψύξη.
- Σε περίπτωση που η θερμοκρασίες προσαγωγής/επιστροφής του νερού για θέρμανση είναι διαφορετικές από  $90/70^{\circ}\text{C}$  (π.χ.  $60/45^{\circ}\text{C}$ ), οι θερμαντικές αποδόσεις μειώνονται.





# Διαστασιολόγηση δικτύου νερού με σώματα Fan-coils (1/7)

Εικ.17: Σχεδιάγραμμα δικτύου σωληνώσεων-Fan coils



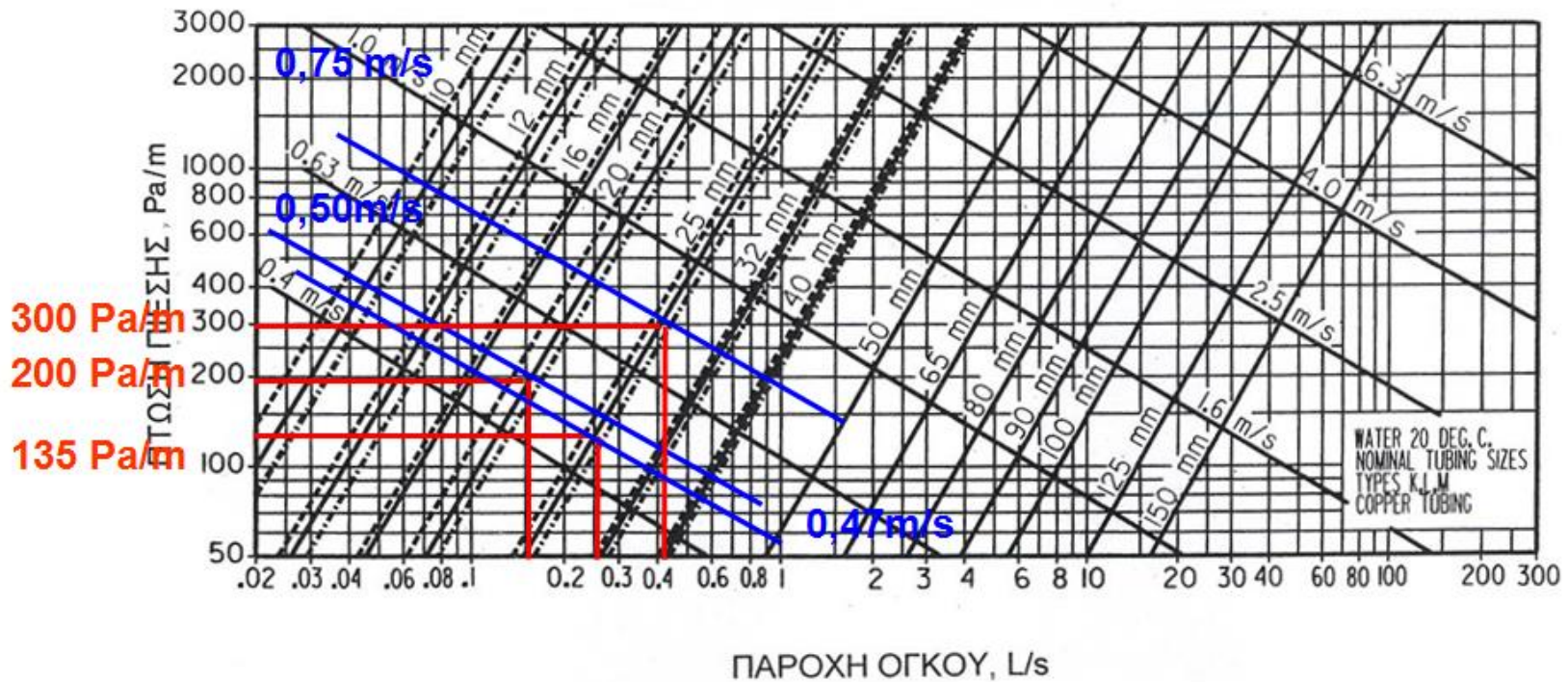
# Διαστασιολόγηση δικτύου νερού με σώματα Fan-coils (2/7)

- Τύπος σωλήνα: Χαλκοσωλήνα
- Διαστασιολόγηση σωλήνων (διάγραμμα πτώσης πίεσης σε χαλκοσωλήνες): Μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα νερού για  $d \leq 50[mm] \rightarrow w = 1.2[m/s]$  και εύρος πτώσης πίεσης  $100[Pa/m]$  έως  $400[Pa/m]$
- Τμήμα (Γ- Σ3):  
 $d = DN20, R_{\Gamma-\Sigma_3} = 200[Pa/m], w_{\Gamma-\Sigma_3} = 0.5[m/s]$   
με παροχή ίση με  $0.155[l/s]$



# Διαστασιολόγηση δικτύου νερού με σώματα Fan-coils (3/7)

Εικ.18: Επιλογή διαμέτρου σωλήνων



# Διαστασιολόγηση δικτύου νερού με σώματα Fan-coils (4/7)

- Υπολογισμός πτώσης πίεσης
- Συνολική:  $\Delta P_{\text{tot}} = 2 \cdot (\Delta P_{\Gamma-\Sigma 3} + \Delta P_{\text{B}-\Gamma} + \Delta P_{\text{A}-\text{B}}) + \Delta P_{\Sigma 3}$
- Πτώση πίεσης στο Fan-coil FC03:  $\Delta P_{\Sigma 3} = 15[\text{kPa}]$  (Από κατάλογο κατασκευαστή)
- Πτώση πίεσης στο τμήμα (Γ-Σ3)
- Τοπικές αντιστάσεις:
- Γωνιακή βαλβίδα DN20:  $J = 6,10$
- Γωνία 90 εξομαλυμένη DN20:  $J = 2 \cdot 0,92 = 1,84$
- Οπότε,  $\Sigma J_{\Gamma-\Sigma 3} = 7,94$
- $\Delta P_{\Gamma-\Sigma 3} = R_{\Gamma-\Sigma 3} \cdot L_{\Gamma-\Sigma 3} + \frac{1}{2} \cdot \Sigma J_{\Gamma-\Sigma 3} \cdot \rho \cdot W_{\Gamma-\Sigma 3}^2 = 200 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 7,94 \cdot 1000 \cdot 0,5^2 = 1992,5[\text{Pa}] = 2[\text{kPa}]$



# Διαστασιολόγηση δικτύου νερού με σώματα Fan-coils (5/7)

- Πτώση πίεσης στο τμήμα (Β-Γ)
- Τοπικές αντιστάσεις:
- Διακλάδωση- κύριος αγωγός:  $J = 0.90 \rightarrow \Sigma J_{B-\Gamma} = 0,90$
- $\Delta P_{B-\Gamma} = R_{B-\Gamma} \cdot L_{B-\Gamma} + \frac{1}{2} \cdot \Sigma J_{B-\Gamma} \cdot \rho \cdot W_{B-\Gamma}^2 = 135 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 0.90 \cdot 1000 \cdot 0.47^2 = 774.4[\text{Pa}] = 0.77[\text{kPa}]$



# Διαστασιολόγηση δικτύου νερού με σώματα Fan-coils (6/7)

- Πτώση πίεσης στο τμήμα (A-B)
- Τοπικές αντιστάσεις:
- Διακλάδωση- κύριος αγωγός:  $J = 0.90$
- Βαλβίδα έδρας DN25:  $J = 9.00$
- Οπότε,  $\Sigma J_{B-\Gamma} = 9.90$
- $$\Delta P_{A-B} = R_{A-B} \cdot L_{A-B} + \frac{1}{2} \cdot \Sigma J_{A-B} \cdot \rho \cdot W_{A-B}^2 =$$
$$300 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 9.90 \cdot 1000 \cdot 0.75^2 = 5784.4[\text{Pa}] =$$
$$5.79[\text{kPa}]$$



# Διαστασιολόγηση δικτύου νερού με σώματα Fan-coils (7/7)

- Συνολική:  $\Delta P_{\text{tot}} = 2 \cdot (\Delta P_{\Gamma-\Sigma 3} + \Delta P_{\text{B}-\Gamma} + \Delta P_{\text{A}-\text{B}}) + \Delta P_{\Sigma 3}$   
Δηλαδή, προσαγωγή + επιστροφή + fan-coil
- $\Delta P_{\text{tot}} = 2 \cdot (2 + 0.77 + 5.79) + 15 = 32.12 [\text{kPa}]$



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Εικόνα 1: Σχεδιάστηκε από τον διδάσκοντα
- Εικόνες 2, 3, 4: Buderus Handbuch fuer Heizungstechnik, Beuth Verlag GmbH, 1994
- Εικόνες 5, 6, 7: ASHRAE Handbook 1985 Fundamentals, ASHRAE Atlanta, USA  
Εικόνα 8: Σχεδιάστηκε από τον διδάσκοντα
- Εικόνες 9, 10: ASHRAE Handbook 1997 Fundamentals, ASHRAE Atlanta, USA
- Εικόνα 11, 14, 15, 17, 18 : Σχεδιάστηκε από τον διδάσκοντα
- Εικόνες 12, 13: Recknagel-Sprenger, Θέρμανση και Κλιματισμός, Εκδ. Γκιούρδας, Αθήνα 1978
- Εικόνα 16: Τεχνικό φυλλάδιο της εταιρείας Interklima ABEE, α.α. 0315-0102-GC







# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Χριστόφορος Μωραΐτης  
Θεσσαλονίκη, 20/09/2014

