



# Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός II

Δίκτυα διανομής αέρα  
(αερισμού ή κλιματισμού)

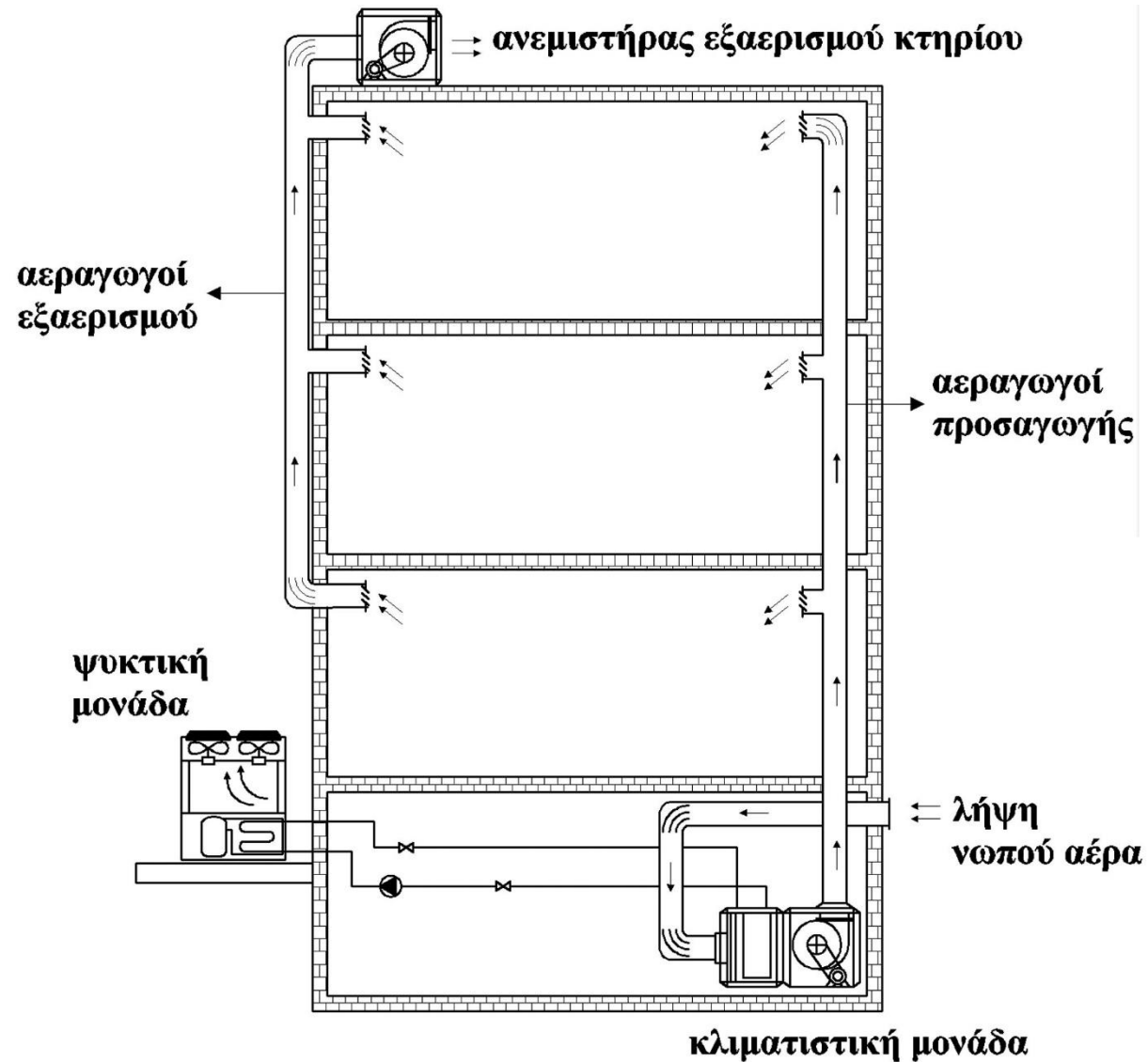
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης

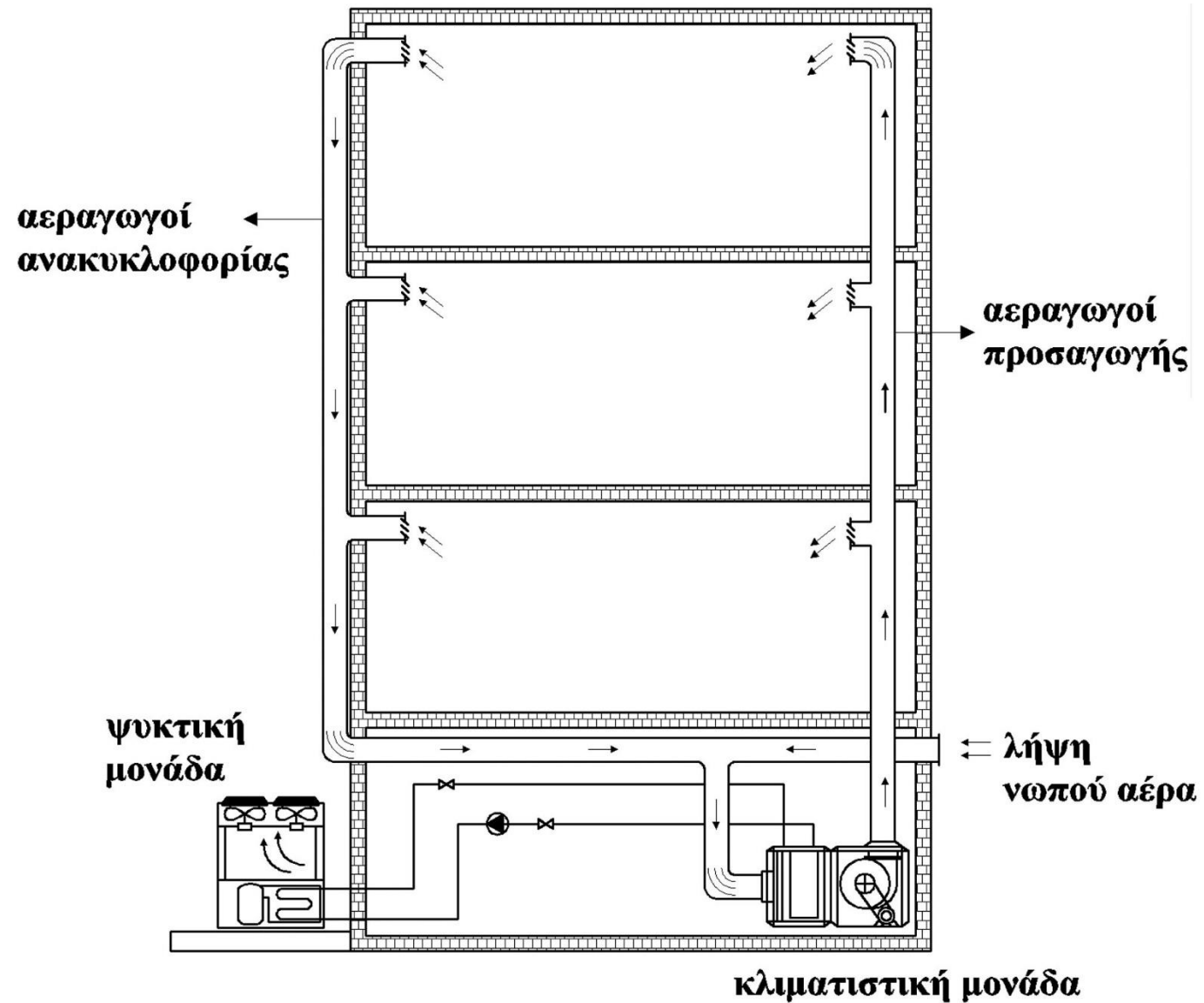
# Μέρη δικτύου διανομής αέρα

- Ένα δίκτυο διανομής αέρα εγκατάστασης αερισμού ή κλιματισμού συνήθως περιλαμβάνει:
  - αεραγωγούς
  - φίλτρα αέρα
  - στόμια εισαγωγής και εξαγωγής του αέρα στους χώρους
  - ανεμιστήρες.

# Δίκτυο διανομής αέρα



# Δίκτυο διανομής αέρα





# Κατασκευαστικά στοιχεία αεραγωγών

- Συνήθως κατασκευάζονται από γαλβανισμένη λαμαρίνα, τα κομμάτια της οποίας συνδέονται μεταξύ τους με αναδίπλωση.
- Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αγωγοί από τσιμέντο ή πλαστικό.
- Η διατομή των αεραγωγών είναι συνήθως ορθογωνική, λόγω καλύτερης προσαρμογής στη γεωμετρία του χώρου.
- Σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγάλη ροή αέρα, χρησιμοποιούνται αεραγωγοί κυκλικής διατομής, καθώς παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες.

# Πιέσεις σε αεραγωγούς

- Κατά την κίνηση του αέρα σε αεραγωγό ασκούνται δύο πιέσεις:
  - Η στατική πίεση, που οφείλεται στην πίεση που ασκεί η μάζα του αέρα στα τοιχώματα του αεραγωγού και είναι ανεξάρτητη από την κίνηση του αέρα.
  - Η δυναμική πίεση που οφείλεται στην κίνηση του αέρα.
  - Το άθροισμα των πιέσεων αυτών δίνει την ολική πίεση:  
 $P_{ολ.} = P_{στ.} + P_{δυν.}$

# Πιέσεις σε αεραγωγούς

- Δυναμική πίεση:

Η δυναμική πίεση δίνεται από τη σχέση ( $\rho$  η πυκνότητα του αέρα):

$$P_{\text{δυν.}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2$$

Αν δεν υπάρχουν απώλειες στη ροή, η συνολική ενέργεια παραμένει σταθερή, ως απόρροια της αρχής Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + h_1 + \frac{u_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\gamma} + h_2 + \frac{u_2^2}{2 \cdot g} \Rightarrow$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_2^2 \Leftrightarrow$$

$$P_{\text{στ.1}} + P_{\text{δυν.1}} = P_{\text{στ.2}} + P_{\text{δυν.2}}$$



# Πιέσεις σε αεραγωγούς

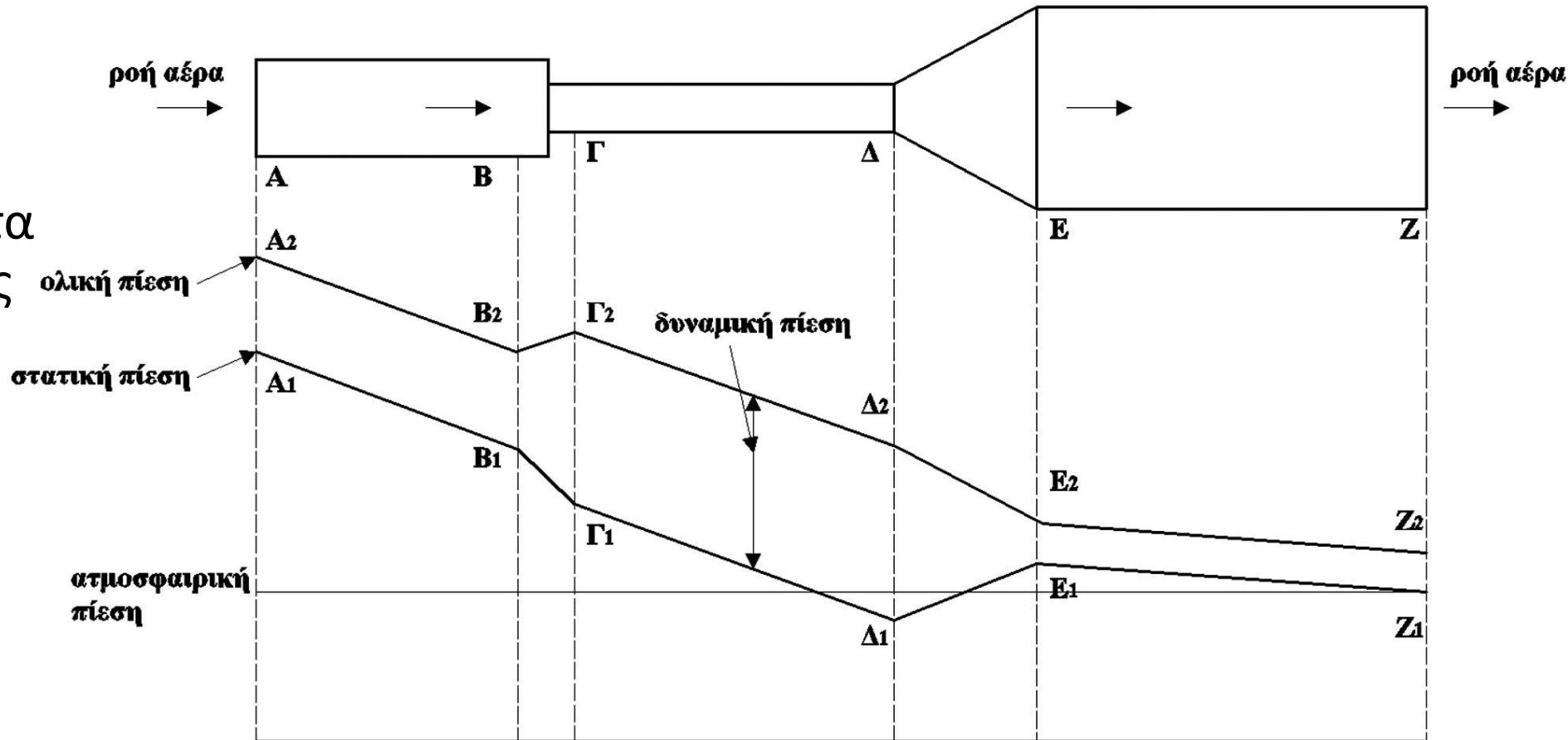
- Σε πραγματικές συνθήκες, οι απώλειες τριβής οδηγούν σε πτώση της συνολικής, στατικής και δυναμικής πίεσης κατά τη ροή αέρα εντός αεραγωγών.
- Η στατική πίεση του αέρα κατά τη ροή του σε αεραγωγό μειώνεται με την ταχύτητα της ροής του αέρα. Αντίθετα, η δυναμική πίεση του αέρα αυξάνεται με το τετράγωνο της ταχύτητας του αέρα



# Πιέσεις σε αεραγωγούς

Κατά τη διαδρομή του αέρα από τη διατομή εισόδου A έως τη διατομή εξόδου Z παρατηρούνται τα εξής:

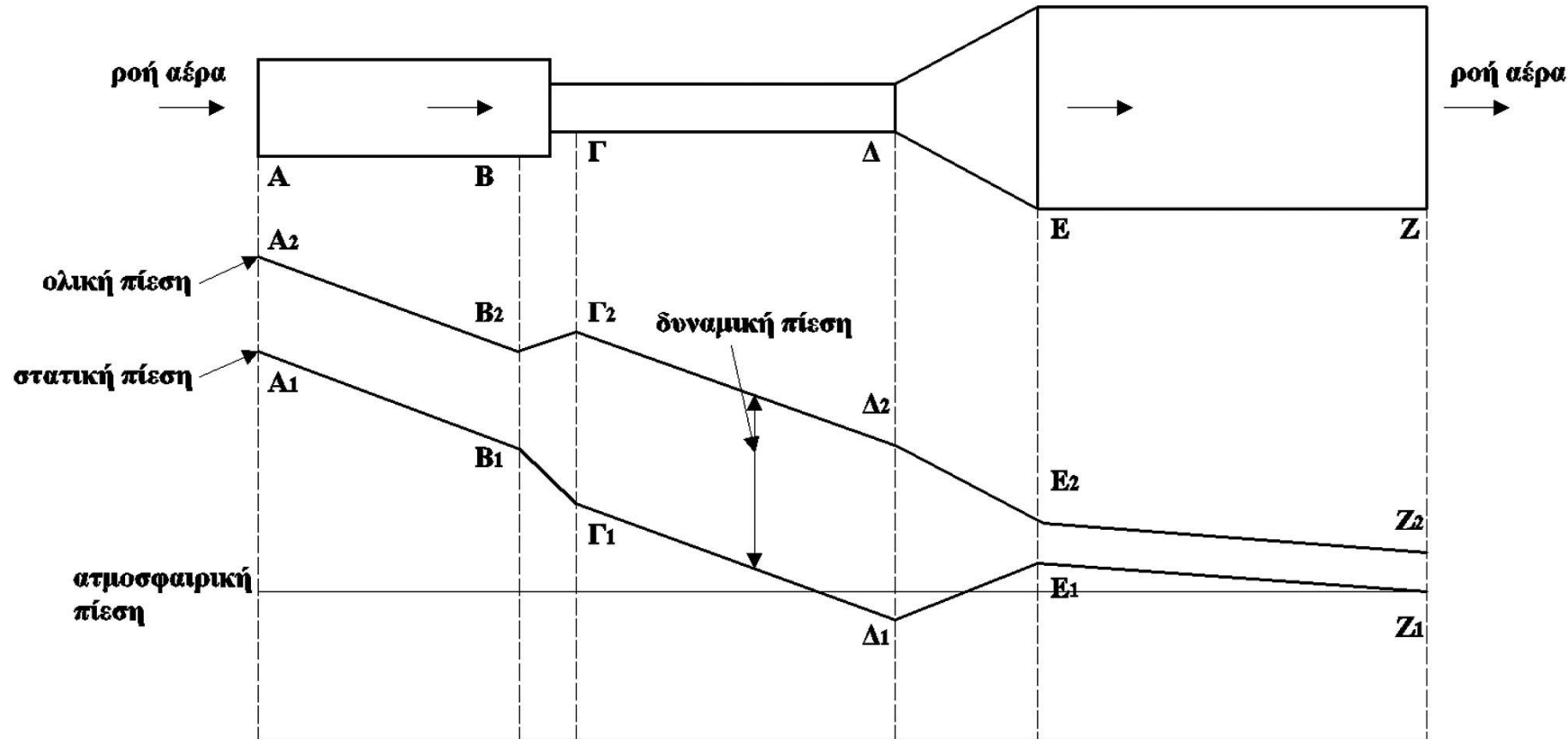
- Η ολική πίεση του αέρα βαίνει φθίνουσα κατά τη διαδρομή του αέρα εντός του αεραγωγού
- Εμφανίζονται σημαντικές τοπικές απώλειες πίεσης στα σημεία αλλαγής της διατομής του αεραγωγού



# Πιέσεις σε αεραγωγούς

Κατά τη διαδρομή του αέρα από τη διατομή εισόδου A έως τη διατομή εξόδου Z παρατηρούνται τα εξής:

- Η πτώση πίεσης στο σημείο Δ μπορεί να είναι τόσο μεγάλη, που να πέσει κάτω από την ατμοσφαιρική
- Η δυναμική πίεση αυξάνει στους αεραγωγούς μικρής διατομής.



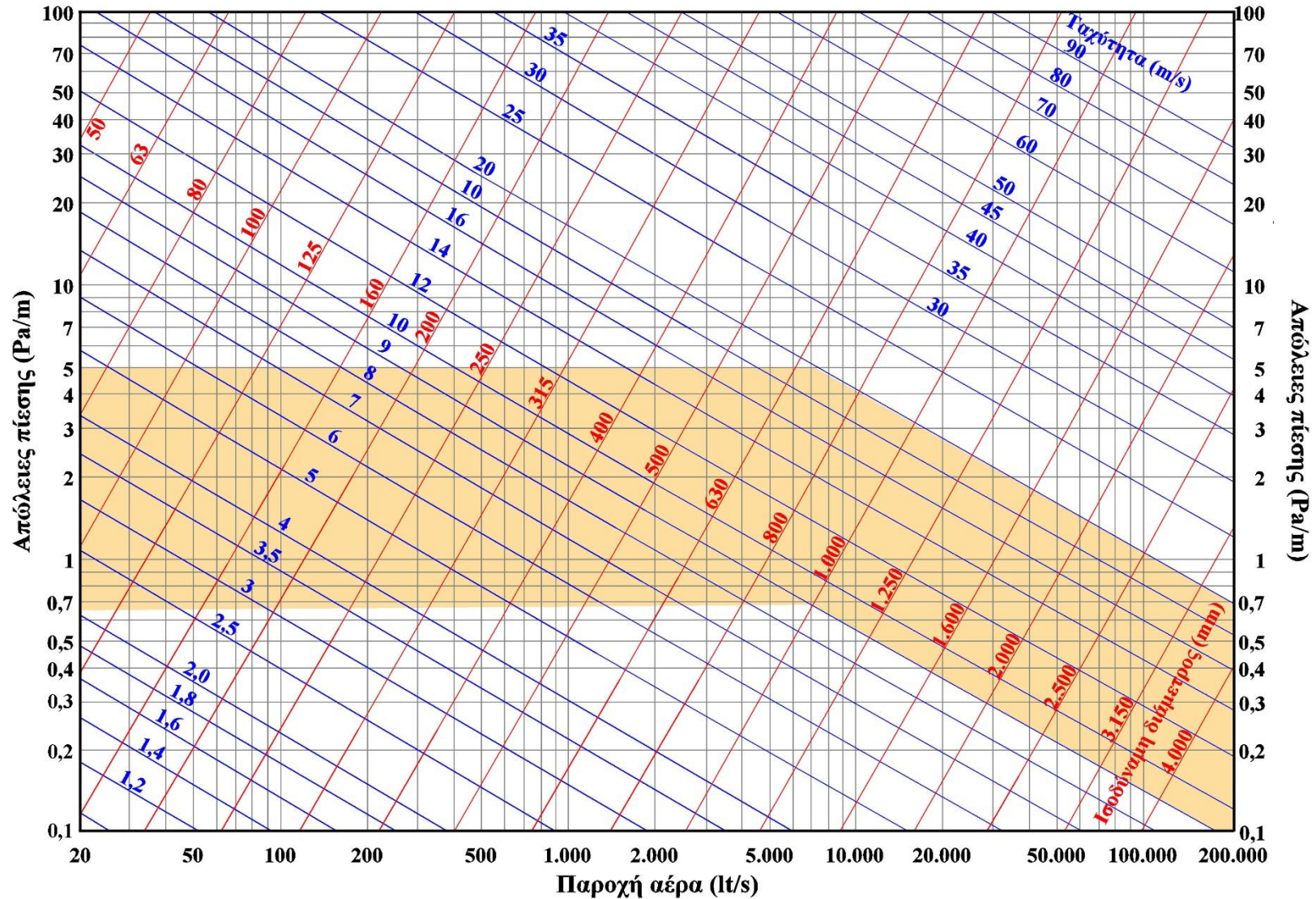
# Ταχύτητα, παροχή μάζας και όγκου

- Κατά τα γνωστά, ισχύουν οι σχέσεις:
  - Παροχή μάζας και όγκου:  
 $\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}$
  - Παροχή όγκου και ταχύτητα αέρα (A η εγκάρσια διατομή του αγωγού):  
 $u = \frac{\dot{V}}{A}$

# Αντιστάσεις τριβής σε αεραγωγούς

- Υπολογισμός αντιστάσεων τριβής σε ευθύγραμμα τμήματα αεραγωγών:
  - Λόγω τριβής του αέρα με τα τοιχώματα των αεραγωγών, προκαλείται πτώση της στατικής πίεσης εντός αυτών. Η πτώση αυτή δίνεται από διαγράμματα τα οποία ισχύουν για πρότυπο αέρα και για αεραγωγό κυκλικής διατομής από γαλβανισμένη λαμαρίνα με περίπου 40 συνδέσεις ανά 30 m μήκος αγωγού.
  - Πρότυπος αέρας:  
είναι ο αέρας που σε κανονική πίεση (1 atm) έχει πυκνότητα  $1,2 \text{ kg/m}^3$  σε θερμοκρασία ξηρής σφαίρας  $22^\circ\text{C}$  ( $70^\circ\text{F}$ ) όταν είναι ξηρός, ή σε θερμοκρασία ξηρής σφαίρας  $18^\circ\text{C}$  ( $65^\circ\text{F}$ ) και σχετικής υγρασίας 30% όταν είναι υγρός.

# Διαγράμματα πτώσης πίεσης σε ευθύγραμμους αγωγούς



# Μετατροπές μονάδων

## Ταχύτητα

- $1 \text{ m/s} = 196,85 \text{ ft/min}$

## Παροχή όγκου

- $1 \text{ m}^3/\text{s} = 3.600 \text{ m}^3/\text{h} = 1.000 \text{ dm}^3(\text{liter})/\text{s} = 35,32 \text{ ft}^3/\text{s} = 2.118,9 \text{ ft}^3/\text{min} = 13.200 \text{ imp. gal (UK)/min} = 15.852 \text{ gal (US)/min}$

## Πίεση

- $1 \text{ mm H}_2\text{O} = 9,81 \text{ Pa} = 9,807 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^2 = 0,0987 \cdot 10^{-3} \text{ bar} = 1 \text{ kp/m}^2 = 0.09678 \cdot 10^{-3} \text{ atm} = 1.422 \cdot 10^{-3} \text{ psi (lbf/in}^2)$

# Χρήση διαγραμμάτων

- Άξονες διαγραμμάτων:
  - Στους άξονες των διαγραμμάτων αυτών έχουν απεικονηθεί η πτώση πίεσης ροής στον αγωγό λόγω συνεκτικότητας και η παροχή του αέρα.
- Διαγώνιες γραμμές:
  - Επίσης, με λοξές (διαγώνιες) γραμμές έχουν απεικονηθεί η διάμετρος του κυκλικού αεραγωγού και η ταχύτητα αέρα.
  - Αν είναι γνωστά δύο από τα ανωτέρω μεγέθη, εντοπίζεται το σημείο λειτουργίας στο διάγραμμα και έπειτα υπολογίζονται τα άλλα δύο μεγέθη.



# Ισοδύναμη διάμετρος αγωγού ορθογωνικής διατομής

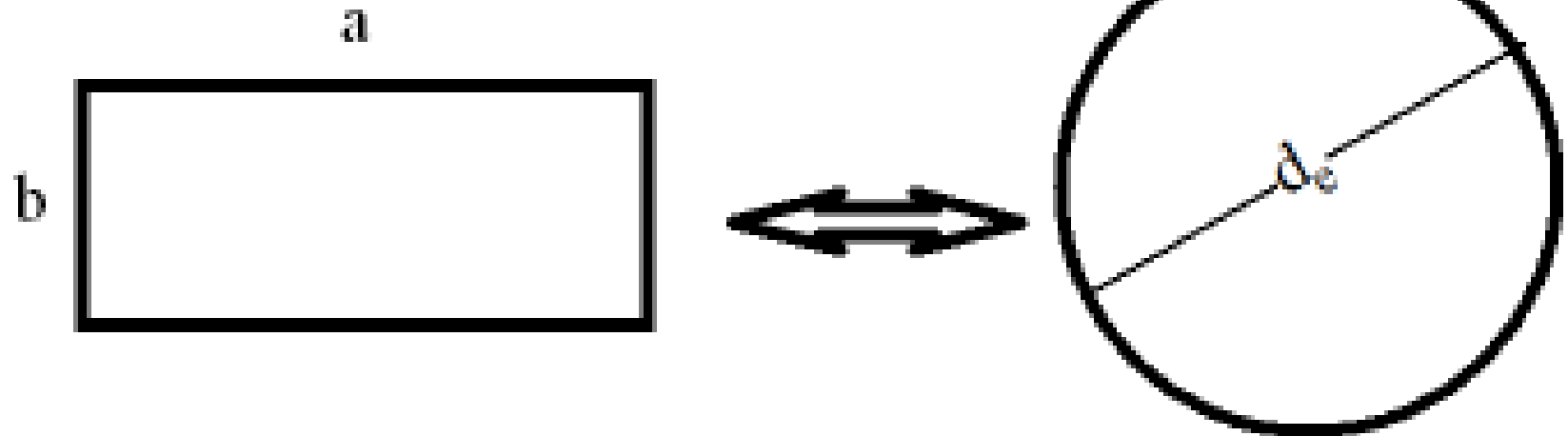
- Ισοδύναμη διάμετρος αγωγού ορθογωνικής διατομής:
  - Σε περίπτωση που ο αεραγωγός είναι ορθογωνικής διατομής η χρήση των ανωτέρω διαγραμμάτων είναι δυνατή μέσω του υπολογισμού της ισοδύναμης διαμέτρου.
  - Η ισοδύναμη διάμετρος αγωγού ορθογωνικής διατομής είναι η διάμετρος αγωγού κυκλικής διατομής που δίνει την ίδια ειδική πτώση πίεσης ανά τρέχον  $m$  μήκος με τον αγωγό ορθογωνικής διατομής.



# Ισοδύναμη διάμετρος αγωγού ορθογωνικής διατομής

- Ισοδύναμη διάμετρος αγωγού ορθογωνικής διατομής:
  - Ο υπολογισμός αυτός γίνεται μέσω σχετικών πινάκων ή από τη σχέση (οι διαστάσεις των μηκών είναι σε mm ή σε in):

$$d_e = 1,30 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}}$$



# Ισοδύναμη διάμετρος αγωγού ορθογωνικής διατομής

Πίνακας ισοδύναμης διαμέτρου ορθογωνικής διατομής:

Ισοδύναμη διάμετρος ορθογωνικής διατομής (mm)															
	Πλευρά b (mm)														
Πλευρά a (mm)	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000
100	109	133	252	168	183	207	227								
150	133	164	189	210	229	261	287	310							
200	152	189	219	244	266	305	337	365							
250	168	210	246	273	299	343	381	414	470						
300	183	229	266	299	328	378	420	457	520	574					
400	207	260	305	343	378	437	488	531	609	674	731				
500	227	287	337	381	420	488	547	598	687	762	827	886			
600		310	365	414	457	531	598	656	755	840	914	980	1.041		
800			414	470	520	609	687	755	875	976	1.066	1.146	1.219	1.286	
1.000				517	574	674	762	840	976	1.093	1.196	1.289	1.373	1.451	1.523
1.200					620	731	827	914	1.066	1.196	1.312	1.416	1.511	1.598	1.680
1.400						781	886	980	1.146	1.289	1.416	1.530	1.635	1.732	1.822
1.600							939	1.041	1.219	1.373	1.511	1.635	1.749	1.854	1.952
1.800								1.096	1.286	1.451	1.598	1.732	1.854	1.968	2.073
2.000										1.523	1.680	1.822	1.952	2.073	2.186

# Ισοδύναμη διάμετρος αγωγού ελλειπτικής διατομής

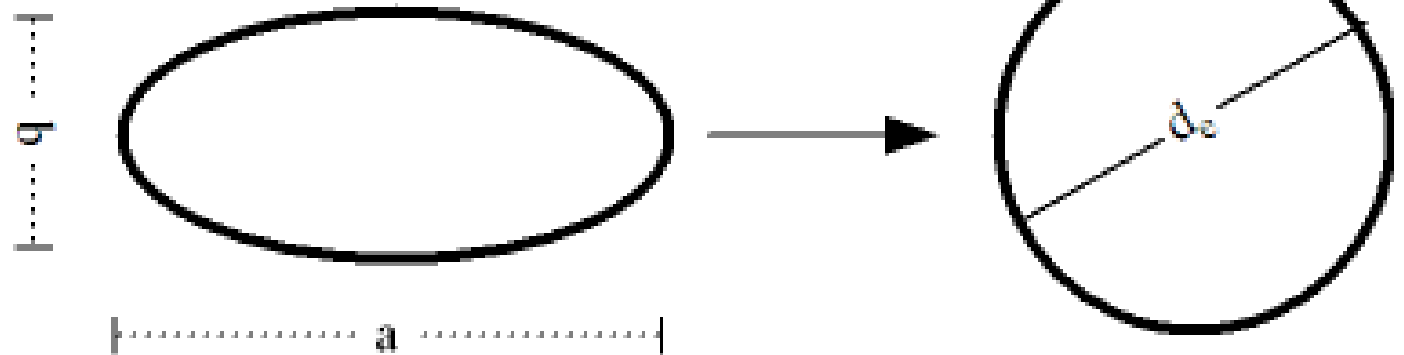
– Δίνεται από τη σχέση:

$$d_e = 1,55 \cdot \frac{A^{0,625}}{\Pi^{0,20}}$$

όπου  $A$  η εγκάρσια διατομή της έλλειψης και  $\Pi$  η περίμετρός της.

$$A = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{4}$$

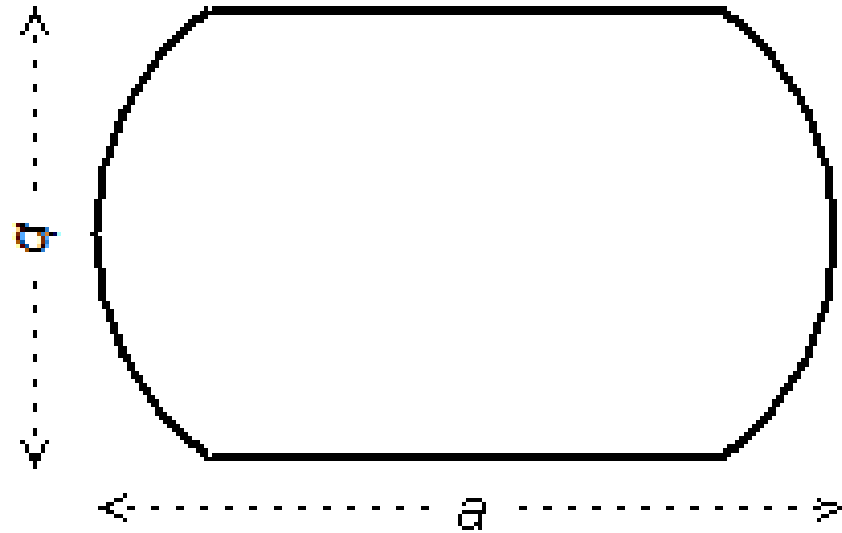
$$\Pi \cong 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(a/2)^2 + (b/2)^2}{2}}$$



# Ισοδύναμη διάμετρος οβάλ αγωγού

– Δίνεται από τη σχέση:

$$d_e = 1,55 \cdot \frac{\left(\frac{\pi \cdot b^2}{4} + a \cdot b - b^2\right)^{0,625}}{(\pi \cdot b + 2 \cdot a - 2 \cdot b)^{0,25}}$$



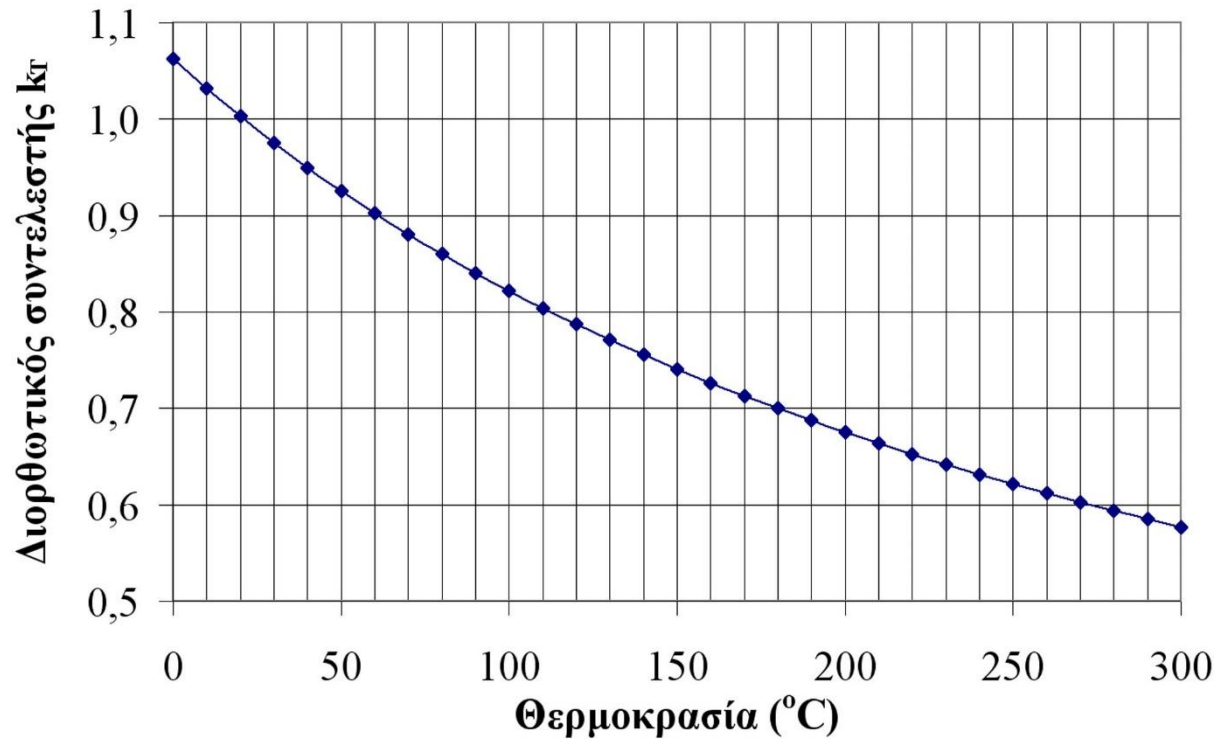


# Διορθώσεις στις τιμές των διαγραμμάτων

- Τα προαναφερόμενα διαγράμματα πτώσης πίεσης ισχύουν για πρότυπο αέρα, για αγωγούς από γαλβανισμένη λαμαρίνα και για θερμοκρασία αέρα περίπου 21°C (70°F).
- Στην περίπτωση που κάποια από τις ανωτέρω προϋποθέσεις δεν πληρείται, θα πρέπει οι τιμές των ανωτέρω διαγραμμάτων να διορθωθούν με ένα διορθωτικό συντελεστή που προκύπτει από διαγράμματα.

# Διορθώσεις στις τιμές των διαγραμμάτων

- Λόγω θερμοκρασίας
  - $\Delta p = k_t \cdot \Delta p_{NTP}$
  - Όπου  $\Delta p_{NTP}$  η πτώση πίεσης σε κανονικές συνθήκες



$$k_T = \left( \frac{294}{273+T} \right)^{0,825}$$

T η θερμοκρασία  
του αέρα σε °C

# Διορθώσεις στις τιμές των διαγραμμάτων

- Λόγω τραχύτητας

$$\Delta p = k_r \cdot \Delta p_{NTP}$$

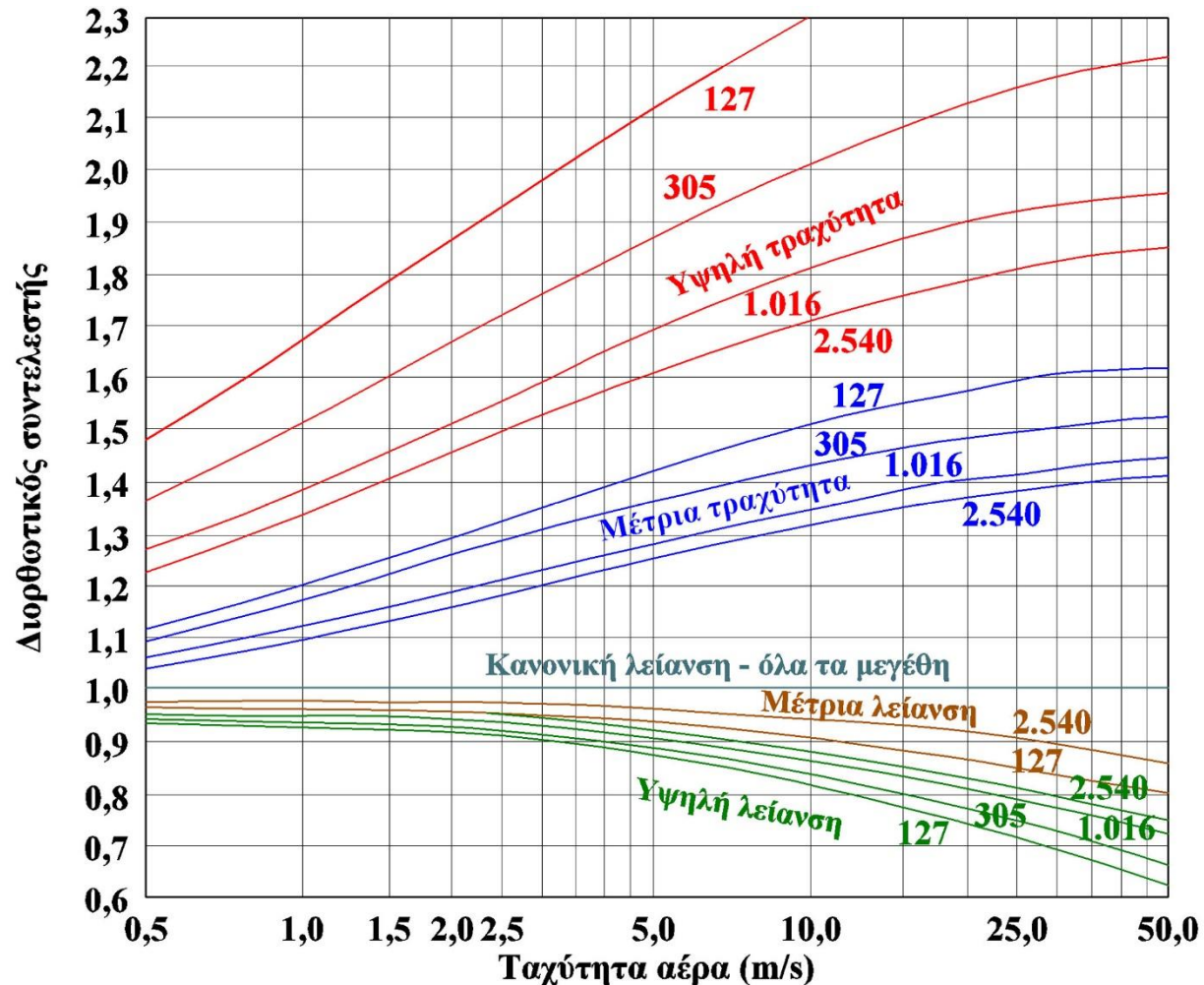
Όπου  $\Delta p_{NTP}$  η πτώση πίεσης σε κανονικές συνθήκες.

Ο διορθωτικός συντελεστής δίνεται από διάγραμμα, συναρτήσει των ακόλουθων κατηγοριών τραχύτητας:

- μέγιστη λείανση (very smooth)
- μέση λείανση (medium smooth)
- κανονική λείανση γαλβανισμένης λαμαρίνας (average pipe)
- μέτρια τραχύτητα (medium pipe)
- μεγάλη τραχύτητα, αεραγωγοί από τσιμέντο (very rough pipes)

# Διορθώσεις στις τιμές των διαγραμμάτων

- Διάγραμμα διορθωτικού συντελεστή λόγω τραχύτητας







# Παράδειγμα υπολογισμού πτώσης πίεσης σε αεραγωγό

Να υπολογιστούν:

- a. Η πτώση πίεσης σε αεραγωγό από γαλβανισμένη λαμαρίνα, ορθογωνικής διατομής, διαστάσεων 900 x 300 mm και μήκους 45 m για παροχή πρότυπου αέρα 1,50 m<sup>3</sup>/s.
- b. Όπως στην προηγούμενη περίπτωση, αλλά για αγωγό με μέτρια τραχύτητα.
- c. Όπως στη δεύτερη περίπτωση αλλά για θερμοκρασία αέρα 90 °C.

# Παράδειγμα υπολογισμού πτώσης πίεσης σε αεραγωγό

α. Από πίνακα υπολογισμού ισοδύναμης διαμέτρου αγωγού ορθογωνικής διατομής ή χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$d_e = 1,30 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}} \Rightarrow d_e = 1,30 \cdot \frac{(900 \cdot 300)^{0,625}}{(900+300)^{0,25}} \Leftrightarrow d_e = 548 \text{ mm}$$

βρίσκουμε:  $d_e = 548 \text{ mm}$ .

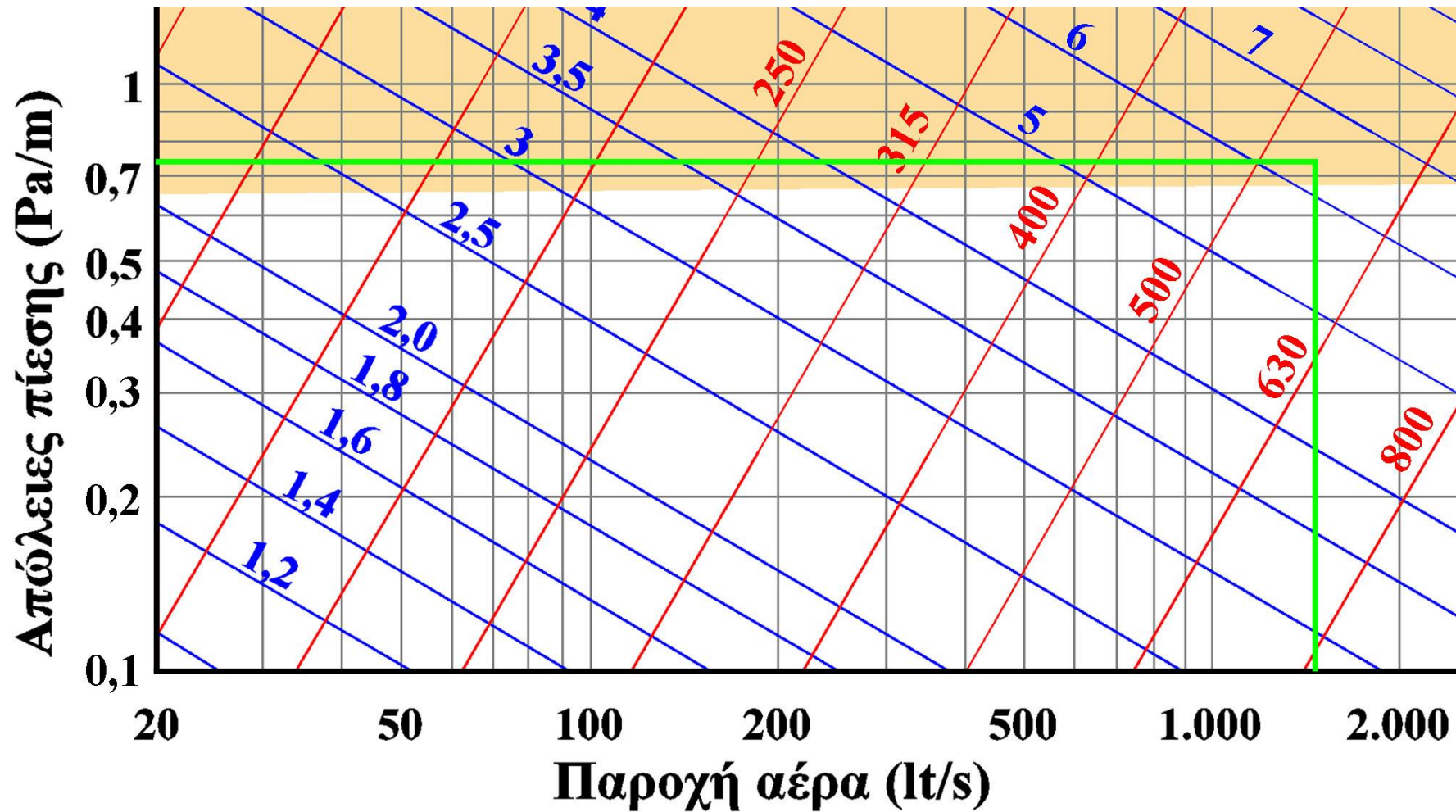
Με την ισοδύναμη διάμετρο αγωγού και την παροχή αέρα, πάμε στο διάγραμμα πτώσης πίεσης και υπολογίζουμε:

$\Delta p_{\text{NTC}} = 0,73 \text{ Pa/m}$  αγωγού.

Άρα για 45m αγωγού η συνολική πτώση πίεσης θα είναι:

$\Delta p_{\text{NTC}} = 32,85 \text{ Pa}$

# Παράδειγμα υπολογισμού πτώσης πίεσης σε αεραγωγό





# Παράδειγμα υπολογισμού πτώσης πίεσης σε αεραγωγό

b. Από το προηγούμενο σχήμα επίσης διαβάζουμε ταχύτητα αέρα 6,3m/sec.

Για αυτή την ταχύτητα, ισοδύναμη διάμετρο 548mm και μέτρια τραχύτητα αγωγού, από το σχήμα με τις τραχύτητες προκύπτει διορθωτικός συντελεστής:  $k_r=1,35$ .

Συνεπώς, η πτώση πίεσης υπολογίζεται:

$$\Delta p_R = k_R \cdot \Delta p_{NTP} \Rightarrow \Delta p_R = 1,35 \cdot 32,85 \text{ Pa} \Leftrightarrow \Delta p_R = 44,35 \text{ Pa}$$

c. Από το διάγραμμα διόρθωσης θερμοκρασίας, για  $T=90^\circ\text{C}$ , προκύπτει διορθωτικός συντελεστής  $k_t=0,84$ . Συνεπώς, η πτώση πίεσης υπολογίζεται:

$$\Delta p_T = k_T \cdot \Delta p_R \Rightarrow \Delta p_T = 0,84 \cdot 44,35 \text{ Pa} \Leftrightarrow \Delta p_T = 37,25 \text{ Pa}$$

# Πτώση πίεσης σε εξαρτήματα αεραγωγών

- Οι απώλειες δυναμικής πίεσης σε εξαρτήματα, οι λεγόμενες «τοπικές απώλειες πίεσης», υπολογίζονται μέσω αδιάστατων συντελεστών.
- Ο συντελεστής απωλειών ροής  $C$  εκφράζει το λόγο της απώλειας δυναμικής πίεσης  $\Delta p_j$  σε ένα εξάρτημα αεραγωγού, προς την αρχικά διαθέσιμη δυναμική πίεση  $p_u$  στην είσοδο της ροής αέρα στο εξάρτημα:  
$$C = \frac{\Delta p_j}{\rho \cdot \frac{u^2}{2}} = \frac{\Delta p_j}{p_u}$$
- Για όλα τα εξαρτήματα, εκτός από τις διασταυρώσεις, η πτώση δυναμικής πίεσης δύναται να υπολογιστεί από τη σχέση:  
$$\Delta p_j = C_o \cdot p_{u,o}$$

# Πτώση πίεσης σε εξαρτήματα αεραγωγών

- Στην περίπτωση διακλαδώσεων εισάγονται δύο συντελεστές απωλειών δυναμικής πίεσης, ένας συντελεστής  $C_{c,s}$  που αφορά στο βασικό κλάδο του δικτύου (straight section) και ένας ακόμα συντελεστής  $C_{c,b}$  που αφορά στον κλάδο που εισάγεται με τη διακλάδωση (branch section).

- Η πτώση δυναμικής πίεσης στα δύο τμήματα του δικτύου υπολογίζεται από τις σχέσεις:

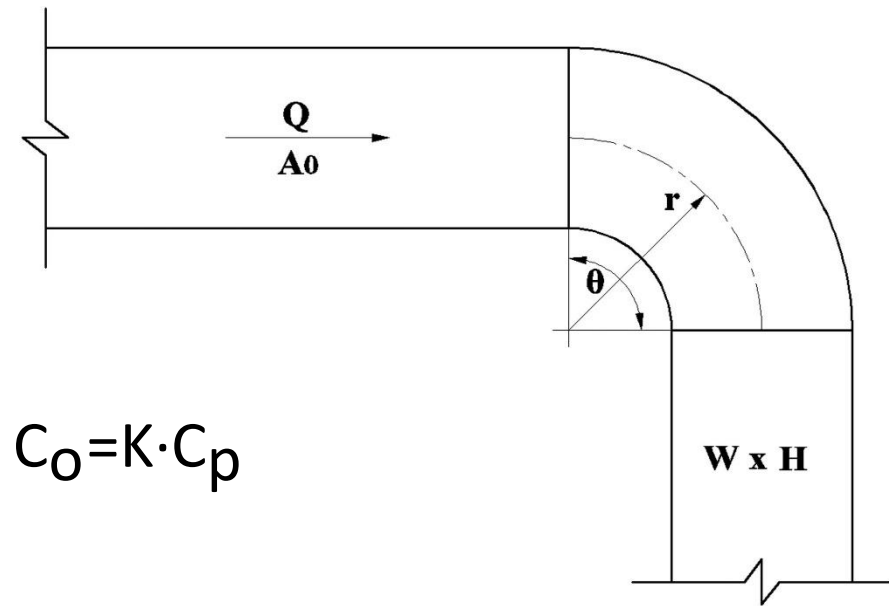
$$\Delta p_s = C_{c,s} \cdot p_{u,c}$$

$$\Delta p_b = C_{c,b} \cdot p_{u,c}$$

όπου  $p_{u,c}$  είναι η διαθέσιμη δυναμική πίεση στην είσοδο της διασταύρωσης, ως προς την οποία ορίζονται και οι δύο συντελεστές δυναμικών απωλειών πίεσης.

# Ενδεικτικά εξαρτήματα αεραγωγών ορθογωνικής διατομής

Καμπύλη, ομαλή ακτίνα καμπυλότητας, χωρίς οδηγητικά πτερύγια  
(κωδικός εξαρτήματος ASHRAE: CR3-1)

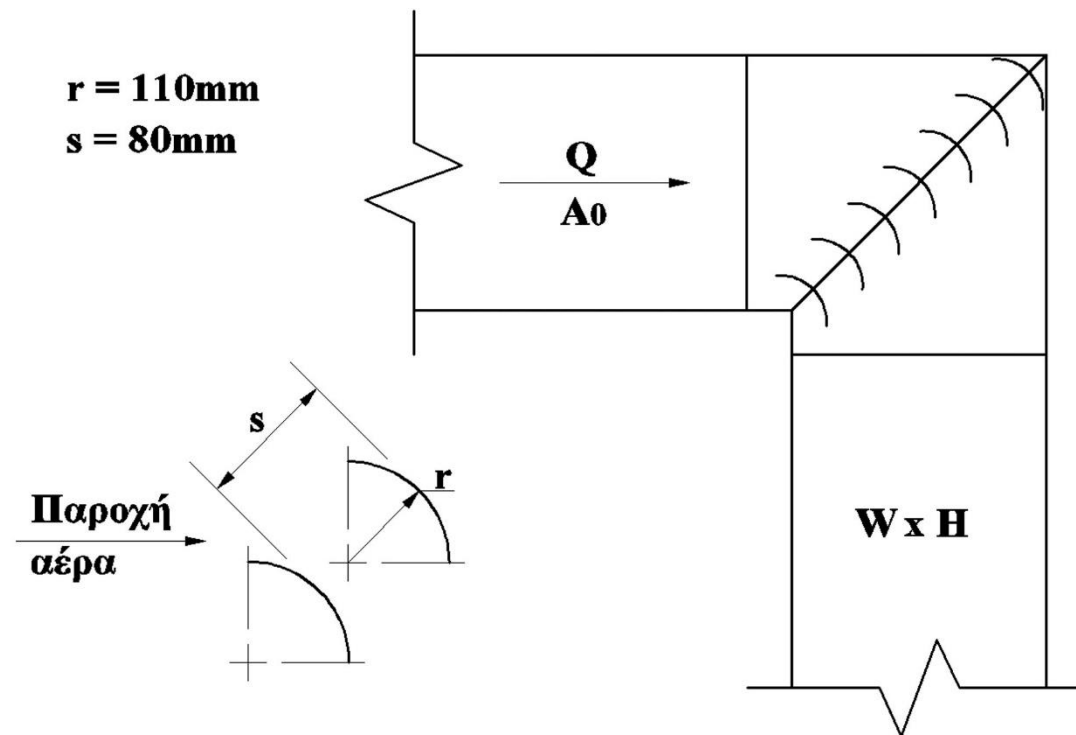


r/W	Τιμές $C_p$										
	H/W										
0,25	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00
0,50	1,53	1,38	1,29	1,18	1,06	1,00	1,00	1,06	1,12	1,16	1,18
0,75	0,57	0,52	0,48	0,44	0,40	0,39	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44
1,00	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,21
1,50	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
2,00	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15
Συντελεστής γωνίας K											
$\theta$	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0,00	0,31	0,45	0,60	0,78	0,90	1,00	1,13	1,20	1,28	1,40

# Ενδεικτικά εξαρτήματα αεραγωγών ορθογωνικής διατομής

Γωνία  $90^\circ$ , απότομη αλλαγή διεύθυνσης, με απλά-μονά οδηγητικά πτερύγια, απόστασης  $80\text{ mm}$  (κωδικός εξαρτήματος ASHRAE: CR3-12)

$$C_o = 0,33$$

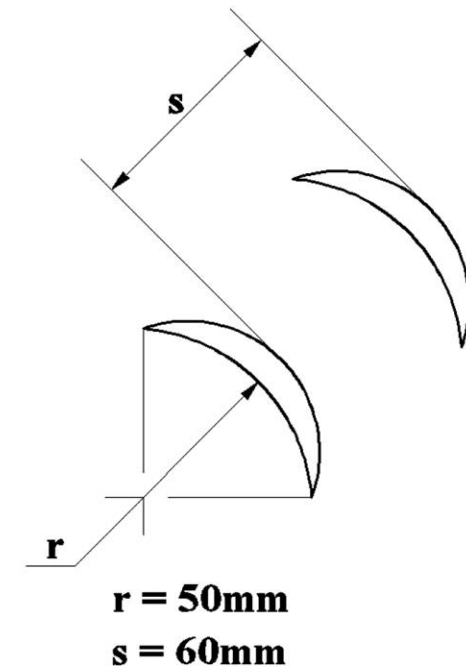
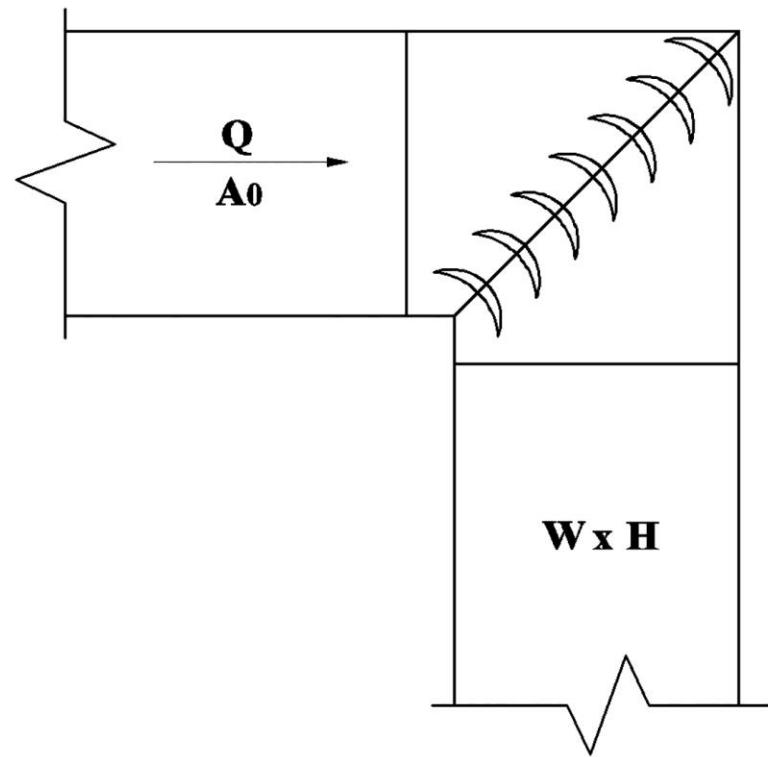




# Ενδεικτικά εξαρτήματα αεραγωγών ορθογωνικής διατομής

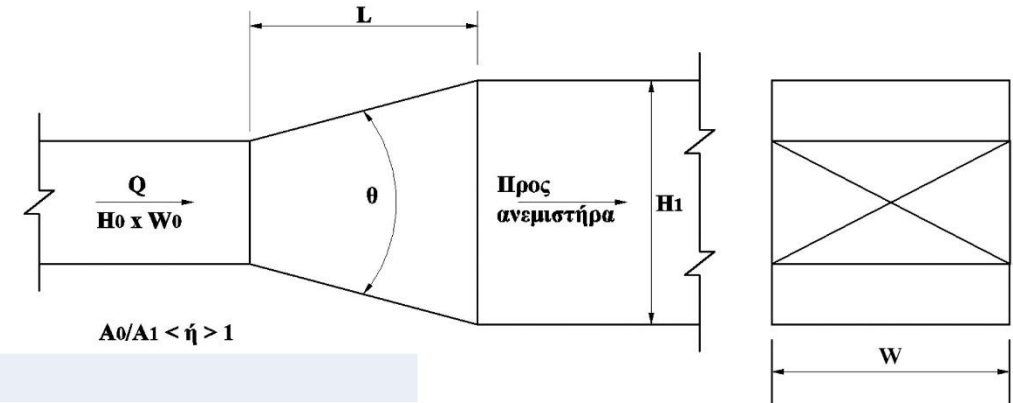
Γωνία  $90^\circ$ , απότομη αλλαγή διεύθυνσης, με οδηγητικά πτερύγια διπλού πάχους, απόστασης  $60\text{mm}$  (κωδικός εξαρτήματος ASHRAE: CR3-15)

$$C_o = 0,25$$



# Ενδεικτικά εξαρτήματα αεραγωγών ορθογωνικής διατομής

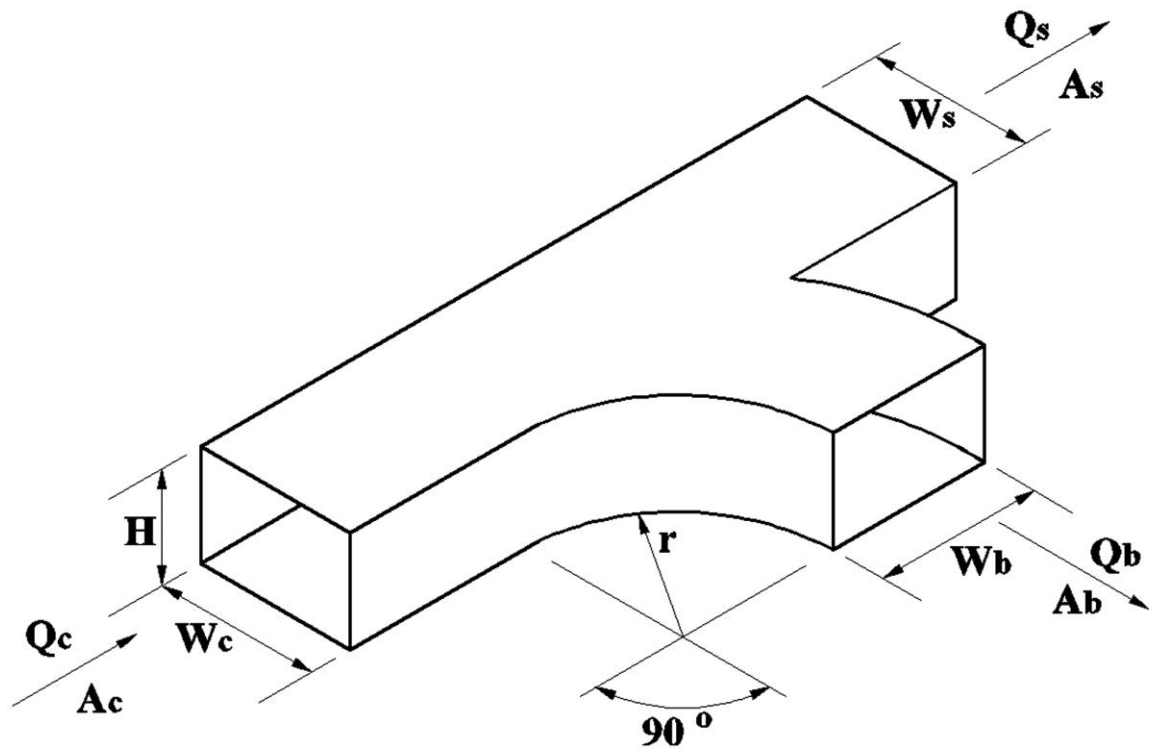
Συμμετρική διαστολή ή συστολή από ορθογωνική σε ορθογωνική διατομή  
(κωδικός εξαρτήματος ASHRAE: ER4-1)



$A_0/A_1$	Τιμές $C_o$											
	$\theta$											
	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0,06	0,44	0,27	0,25	0,27	0,36	0,56	0,71	0,86	0,99	0,99	0,98	0,98
0,10	0,31	0,27	0,23	0,25	0,34	0,53	0,69	0,83	0,94	0,94	0,92	0,91
0,17	0,34	0,28	0,21	0,23	0,30	0,48	0,65	0,76	0,83	0,83	0,82	0,80
0,25	0,26	0,29	0,17	0,19	0,25	0,42	0,60	0,68	0,70	0,70	0,68	0,66
0,50	0,16	0,24	0,14	0,13	0,15	0,24	0,35	0,37	0,38	0,37	0,36	0,35
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	0,30	0,38	0,25	0,17	0,17	0,17	0,23	0,29	0,49	0,66	0,81	0,88
4,00	1,66	1,25	0,77	0,70	0,70	0,70	0,90	1,09	2,84	4,36	5,69	6,57
6,00	4,05	3,14	1,76	1,58	1,58	1,58	2,12	2,66	6,71	10,11	13,13	15,20
10,00	12,01	9,39	5,33	5,00	5,00	5,00	6,45	7,93	19,10	28,60	36,79	42,79

# Ενδεικτικά εξαρτήματα αεραγωγών ορθογωνικής διατομής

Ομαλή διακλάδωση 90°, με  $A_s + A_b \geq A_c$  (κωδικός εξαρτήματος ASHRAE: SR5-1)

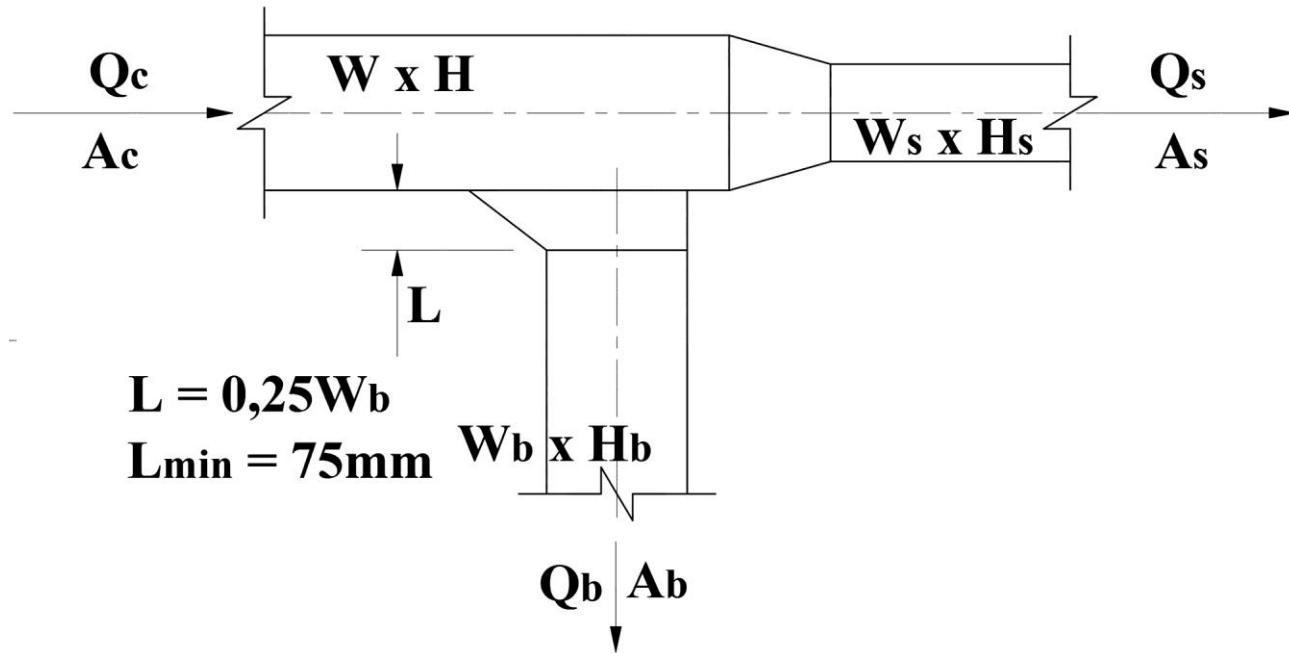


$A_s + A_b \geq A_c$   
 $r / W_b = 1,0$

		Τιμές $C_b$									
		$Q_b/Q_c$									
$A_s/A_c$	$A_b/A_c$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
0,50	0,25	2,25	0,48	0,25	0,18	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	
	0,50	11,00	2,38	1,06	0,64	0,52	0,47	0,47	0,47	0,48	
0,75	1,00	60,00	13,00	4,78	2,06	0,96	0,47	0,31	0,27	0,26	
	0,25	2,19	0,55	0,35	0,31	0,33	0,35	0,36	0,37	0,39	
1,00	0,50	13,00	2,50	0,89	0,47	0,34	0,31	0,32	0,36	0,43	
	1,00	70,00	15,00	5,67	2,63	1,36	0,78	0,53	0,41	0,36	
		Τιμές $C_s$									
		$Q_s/Q_c$									
$A_s/A_c$	$A_b/A_c$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
0,50	0,25	8,65	1,12	0,21	0,05	0,06	0,10	0,15	0,19	0,24	
	0,50	7,50	0,98	0,19	0,06	0,06	0,10	0,14	0,18	0,22	
0,75	1,00	5,21	0,68	0,15	0,06	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	
	0,25	19,62	3,25	0,86	0,23	0,05	0,02	0,00	0,00	0,05	
1,00	0,50	20,62	3,24	0,76	0,14	-0,03	-0,07	-0,05	-0,01	0,03	
	1,00	17,01	2,55	0,55	0,07	-0,05	-0,05	-0,02	0,02	0,06	
1,00	0,25	46,00	9,50	3,22	1,31	0,52	0,14	-0,02	-0,05	-0,01	
	0,50	35,34	6,49	1,98	0,69	0,22	0,00	-0,04	-0,05	-0,05	
	1,00	38,95	7,10	2,15	0,74	0,23	0,03	-0,04	-0,05	-0,04	

# Ενδεικτικά εξαρτήματα αεραγωγών ορθογωνικής διατομής

Διακλάδωση 90°, με «παπουτσάκι» εξόδου κλίσης 45°  
(κωδικός εξαρτήματος ASHRAE: SR5-13)



$A_b/A_c$	Τιμές $C_b$								
	$Q_b/Q_c$								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	0,32	0,33	0,32	0,34	0,32	0,37	0,38	0,39	0,40
0,2	0,31	0,32	0,41	0,34	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35
0,3	1,86	1,65	0,73	0,47	0,37	0,34	0,32	0,32	0,32
0,4	3,56	3,10	1,28	0,73	0,51	0,41	0,36	0,34	0,32
0,5	5,74	4,93	2,07	1,12	0,73	0,54	0,44	0,38	0,35
0,6	8,48	7,24	3,10	1,65	1,03	0,73	0,56	0,47	0,41
0,7	11,75	10,00	4,32	3,31	1,42	0,98	0,73	0,58	0,49
0,8	15,57	13,22	5,74	3,10	1,90	1,28	0,94	0,73	0,60
0,9	19,92	16,90	7,38	4,02	2,46	1,65	1,19	0,91	0,73

$A_s/A_c$	Τιμές $C_s$								
	$Q_s/Q_c$								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,2	0,98	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,3	3,48	0,31	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,4	7,55	0,98	0,18	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
0,5	13,18	2,03	0,49	0,13	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00
0,6	20,38	3,48	0,98	0,31	0,10	0,04	0,02	0,01	0,00
0,7	29,15	5,32	1,64	0,60	0,23	0,09	0,04	0,02	0,01
0,8	39,48	7,55	2,47	0,98	0,42	0,18	0,08	0,04	0,02
0,9	51,37	10,17	3,48	1,46	0,67	0,31	0,15	0,07	0,04

# Υπολογισμός – διαστασιολόγηση αγωγών

Ο υπολογισμός και η μελέτη αεραγωγών αποσκοπούν:

- στην αρχική επιλογή της κατάλληλης διατομής των κεντρικών αεραγωγών, κυκλικής ή ορθογωνικής, ανάλογα με την παροχή του αέρα, το μέγεθος της εγκατάστασης και τον τύπο του κλιματιζόμενου χώρου,
- στη σχεδίαση της εγκατάστασης του δικτύου προσαγωγής, ανακυκλοφορίας κλιματισμένου αέρα ή/και λήψης νωπού αέρα ή/και απαγωγής αέρα, λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς κατασκευαστικούς, χωροτακτικούς και αισθητικούς,
- στον υπολογισμό των κατάλληλων διαστάσεων της διατομής των αεραγωγών, ώστε να επιτυγχάνεται ομαλή ροή με αποδεκτή-λογική αύξηση των απωλειών πίεσης,
- στον υπολογισμό της συνολικής πτώσης πίεσης για τη δυσμενέστερη διαδρομή της ροής του αέρα από τον ανεμιστήρα έως το σημείο του δικτύου που συνεπάγεται τη μεγαλύτερη πτώση πίεσης, με σκοπό την επιλογή ανεμιστήρα επαρκούς ισχύος και κατάλληλων χαρακτηριστικών παροχής – στατικής πίεσης (μανομετρικού).

# Υπολογισμός – διαστασιολόγηση αγωγών

Κατά τον υπολογισμό και τη μελέτη αεραγωγών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Οι αεραγωγοί ορθογωνικής διατομής είναι απλούστεροι στην εγκατάσταση και προσαρμόζονται καλύτερα στο διατιθέμενο χώρο.
- Οι αεραγωγοί κυκλικής διατομής χρησιμοποιούνται κυρίως σε δίκτυα μεγάλων πιέσεων και ταχυτήτων, γιατί παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες τριβής και μεγαλύτερη στεγανότητα λόγω ευκολίας στην κατασκευή.
- Οι αεραγωγοί θα πρέπει, κατά το δυνατόν, να είναι ευθύγραμμοι και να αποφεύγονται οι απότομες αλλαγές στη διεύθυνσή τους, καθώς και οι στενώσεις και διευρύνσεις, ιδιαίτερα οι πρώτες οι οποίες δημιουργούν αύξηση της ταχύτητας της ροής και πρόκληση θορύβου.
- Οι αεραγωγοί ορθογωνικής διατομής δεν πρέπει να έχουν μεγάλη διαφορά στις διαστάσεις των πλευρών της διατομής τους. Λόγοι πλευρών της τάξης 8/1 είναι απαράδεκτοι, ενώ, αντίθετα, λόγοι από 1/1 μέχρι 3/1 είναι αποδεκτοί.

# Υπολογισμός – διαστασιολόγηση αγωγών

- Σε καμπύλες αγωγών καλό είναι να ισχύει  $R/W = 1,5$ , όπου  $R$  η ακτίνα καμπυλότητας των αγωγών και  $W$  το πλάτος της διατομής, δηλαδή η διάσταση του αεραγωγού που «σχηματίζει» το τόξο  $90^\circ$ .
- Σε καμπύλες αεραγωγών, για την ίδια τιμή του  $R/W$ , όσο ο λόγος  $H/W$  αυξάνεται ( $H$  το ύψος της διατομής), τόσο μειώνονται και οι απώλειες τριβής.
- Για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και τη μείωση του λειτουργικού κόστους κλιματισμού, οι αγωγοί θα πρέπει να μονώνονται. Με τη μόνωση αεραγωγών οι απώλειες θερμότητας μπορούν να περιοριστούν ως και 90%. Θα πρέπει, σαφώς, να βρεθεί η βέλτιστη λύση, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος μόνωσης και τη συνεπαγόμενη μείωση των θερμικών απωλειών.
- Η εσωτερική επιφάνεια αεραγωγών θα πρέπει να είναι λεία για τον περιορισμό της πτώσης πίεσης.
- Όσο αυξάνει η ταχύτητα ροής εντός των αεραγωγών, τόσο αυξάνεται και ο προκαλούμενος θόρυβος. Τούτο αντιμετωπίζεται με αύξηση της διατομής των αεραγωγών ή/και με επιλογή μικρότερης ταχύτητας ροής.

# Μέθοδος σταθερής ταχύτητας αέρα

Κατά τη μέθοδο αυτή επιλέγεται μία σταθερή ταχύτητα ροής αέρα εντός των αεραγωγών, ίδια για όλους τους κλάδους του δικτύου αεραγωγών.

Με βάση την ταχύτητα αυτή και την παροχή όγκου του αέρα που διέρχεται σε κάθε τμήμα του αεραγωγού, από το διάγραμμα υπολογισμού πτώσης πίεσης υπολογίζεται η πτώση πίεσης σε κάθε τμήμα του αεραγωγού και η ισοδύναμη διάμετρος.

Από την ισοδύναμη διάμετρο υπολογίζονται τελικά οι διαστάσεις της διατομής τους αεραγωγού.

Γνωρίζοντας την παροχή όγκου  $\dot{V}$  σε κάθε τμήμα του αγωγού και την ταχύτητα της ροής  $u$ , η ισοδύναμη διάμετρος  $D_{ισ.}$  για κάθε τμήμα του δικτύου μπορεί εναλλακτικά να υπολογιστεί από την ακόλουθη γνωστή σχέση:

$$\dot{V} = u \cdot \frac{\pi \cdot D_{ισ.}^2}{4} \Leftrightarrow D_{ισ.} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot u}}$$



# Μέθοδος σταθερής ταχύτητας αέρα

Εξαίρεση στην σταθερή ταχύτητα του δικτύου μπορεί να γίνει μόνο για τον κεντρικό αγωγό ή τους κεντρικούς αγωγούς του δικτύου, όπου η ταχύτητα ροής μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την ενιαία ταχύτητα που ισχύει για το υπόλοιπο δίκτυο.

Για την κατάλληλη επιλογή των ταχυτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν πίνακες στους οποίους περιέχονται προτεινόμενες και μέγιστες ταχύτητες σε συνηθισμένα δίκτυα αεραγωγών.

Εφαρμογή	Κύριοι κλάδοι			Δευτερεύοντες κλάδοι		
	Έξοδος ανεμιστήρα	Προσαγωγή	Επιστροφή	Προσαγωγή	Επιστροφή	Εισαγωγή νωπού αέρα
Κατοικίες	8,5	5	4	3	3	3
Δωμάτια ξενοδοχείων – νοσοκομείων	11	7,5	6,5	6	5,5	4,5
Ιδιωτικά γραφεία – βιβλιοθήκες	11	8	7	7	6	6
Θέατρα – αμφιθέατρα	11	7,5	5,5	5	4	4
Κτήρια γραφείων – τράπεζες – εστιατόρια – καταστήματα	13	9	9	8	7	6
Βιομηχανικός αερισμός	15	12	9	10	7,5	8



# Μέθοδος σταθερής ταχύτητας αέρα

Οι παροχές του αέρα σε κάθε κλάδο του δικτύου αεραγωγών είναι γνωστές με βάση το ψυκτικό φορτίο του εκάστοτε χώρου και τις θερμοκρασίες προσαγωγής και επιστροφής του αέρα σε και από αυτόν.

Το σύνολο των παροχών στους επιμέρους κλάδους διανομής δίνει τη συνολική παροχή του αέρα στον κεντρικό κλάδο προσαγωγής.

Η παροχή του αέρα στο δίκτυο αναρρόφησης νωπού αέρα από το περιβάλλον καθορίζεται από τις ανάγκες ανανέωσης του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους.

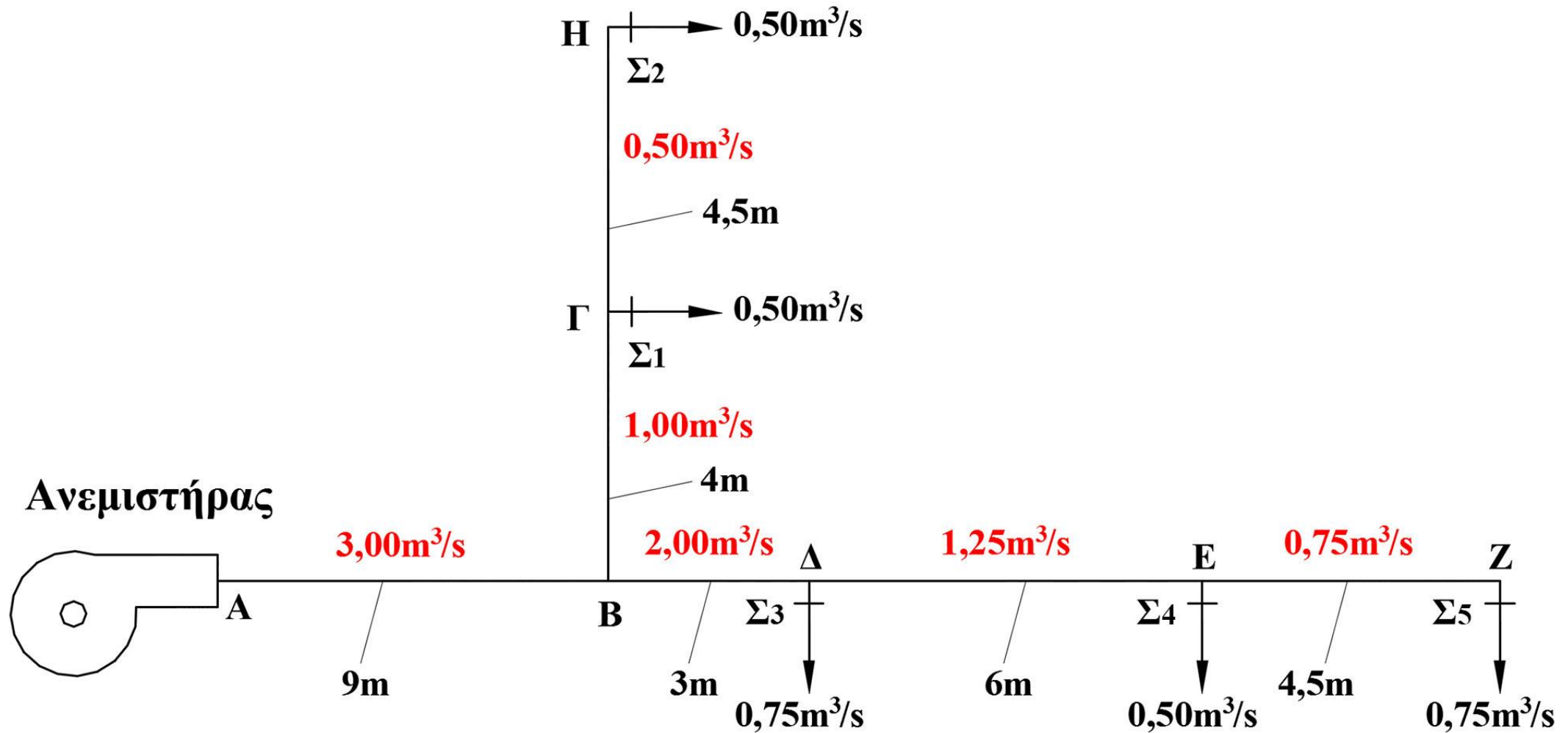
Η παροχή στο δίκτυο ανακυκλοφορίας του αέρα προκύπτει από τη διαφορά της συνολικής παροχής προσαγωγής μείον την παροχή νωπού αέρα.



# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Να υπολογιστούν οι διατομές των αεραγωγών και η συνολική πτώση πίεσης στους κλάδους του δικτύου αεραγωγών της βιομηχανικής εγκατάστασης του σχήματος με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας ροής αέρα.
- Δίδονται από φυλλάδια κατασκευαστών (οι διαστάσεις σε mm):
  - διαστάσεις στομίου εξόδου από ανεμιστήρα 450 x 450
  - διαστάσεις στομίων  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_4$ : 500 x 350, με πτώση πίεσης 20 Pa
  - διαστάσεις στομίων  $\Sigma_3, \Sigma_5$ : 750 x 350, με πτώση πίεσης 25 Pa.

# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας



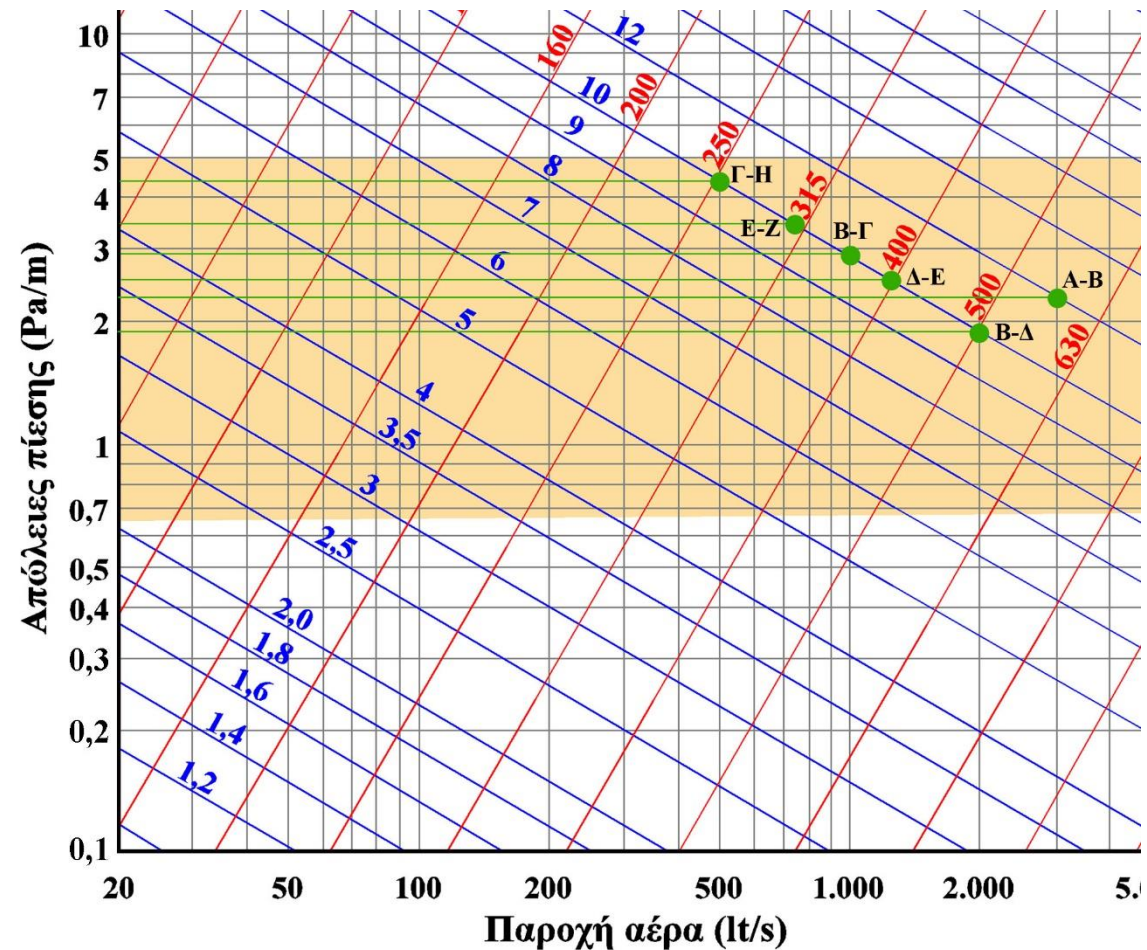


# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Σύμφωνα με τη μέθοδο σταθερής ταχύτητας ροής, θα πρέπει να επιλεγούν σταθερές ταχύτητες ροής για τους κλαδικούς αεραγωγούς και τον κεντρικό αεραγωγό.
- Συνεπώς, από τον πίνακα για βιομηχανικό δίκτυο αεραγωγών, επιλέγεται ταχύτητα σε κλαδικό αγωγό 10 m/s και για τον κεντρικό αγωγό 12 m/s.
- Ξεκινώντας από τα ακραία τμήματα του δικτύου αεραγωγών, υπολογίζονται οι παροχές σε κάθε τμήμα του δικτύου.
- Για παράδειγμα, η παροχή του αέρα στο τμήμα EZ ισούται με την παροχή εξόδου από το στόμιο προσαγωγής Z, δηλαδή είναι  $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Η παροχή του αέρα στο τμήμα ΔΕ θα πρέπει να καλύπτει τις παροχές εξόδου στα στόμια προσαγωγής E και Z, δηλαδή είναι ίση με  $0,50 + 0,75 = 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Με την ίδια λογική υπολογίζονται οι παροχές εξόδου στα επιμέρους τμήματα του δικτύου αεραγωγών.

# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Πλέον σε κάθε τμήμα του δικτύου είναι γνωστά η παροχή του αέρα και η ταχύτητα ροής.
- Συνεπώς, με τα δύο αυτά μεγέθη γνωστά, μπορεί, με χρήση του διαγράμματος ειδικής πτώσης πίεσης να διαβάσουμε τα υπόλοιπα μεγέθη, δηλαδή την ειδική πτώση πίεσης και την ισοδύναμη διάμετρο σε κάθε επιμέρους τμήμα του δικτύου.





# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Γνωρίζοντας την παροχή όγκου  $\dot{V}$  σε κάθε τμήμα του αγωγού και την ταχύτητα της ροής  $u$ , η ισοδύναμη διάμετρος  $D_{ισ.}$  για κάθε τμήμα του δικτύου μπορεί εναλλακτικά να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$\dot{V} = u \cdot \frac{\pi \cdot D_{ισ.}^2}{4} \Leftrightarrow D_{ισ.} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot u}}$$



# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

Τμήμα αεραγωγού	Ταχύτητα (m/sec)	Παροχή (m <sup>3</sup> /sec)	Πτώση πίεσης (Pa/m αγωγού)	Ισοδύναμη διάμετρος μέσω διαγράμματος (mm)	Ισοδύναμη διάμετρος μέσω αναλυτικής σχέσης (mm)
A-B	12	3	2,3	565	564
B-Γ	10	1	2,85	360	357
Γ-Η	10	0,5	4,4	252	252
B-Δ	10	2	1,9	505	505
Δ-E	10	1,25	2,55	400	399
E-Z	10	0,75	3,4	310	309





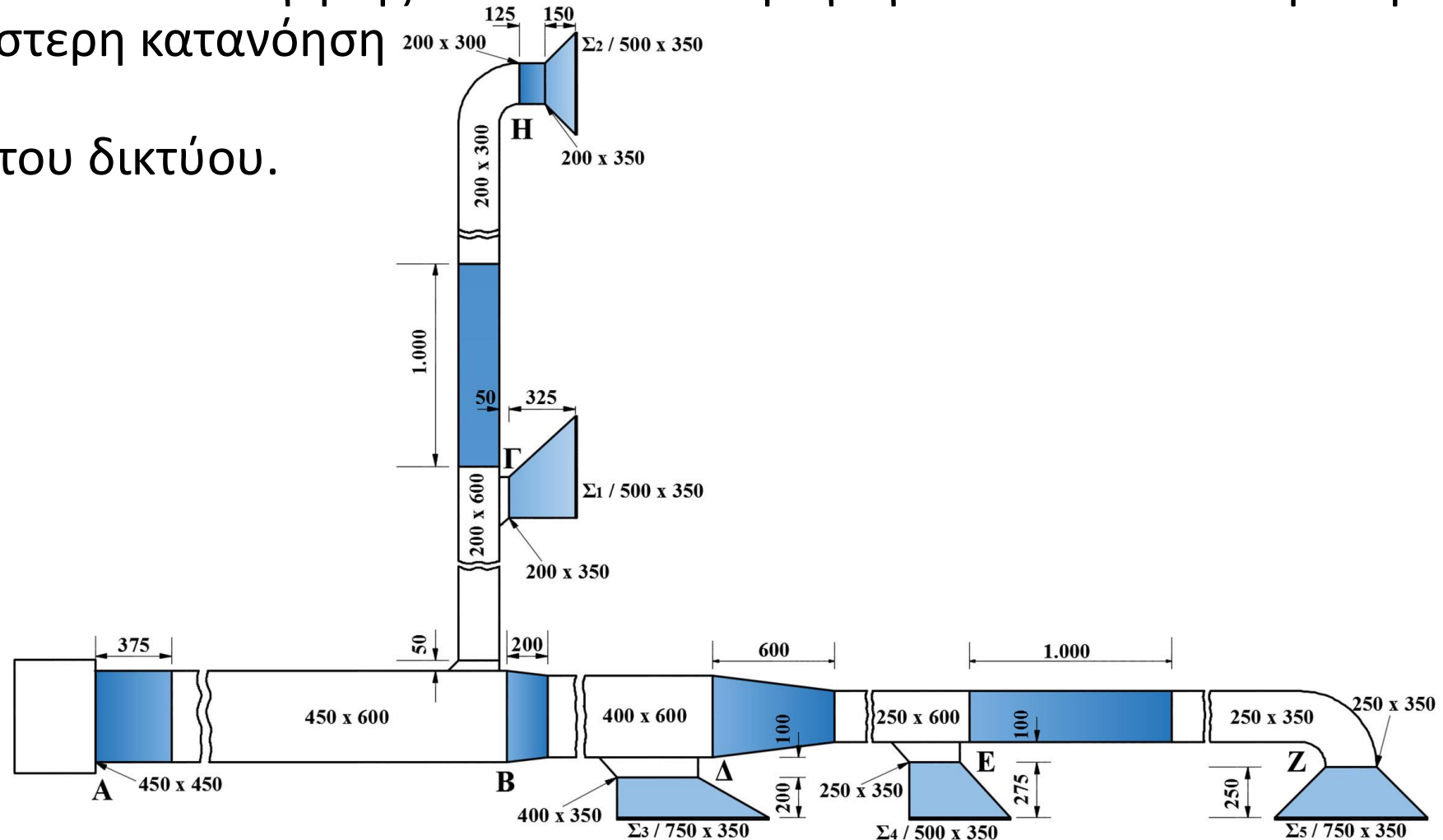
# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Με βάση την ισοδύναμη διάμετρο σε κάθε τμήμα του δικτύου, στη συνέχεια από τον πίνακα ισοδύναμης διαμέτρου επιλέγουμε τις διαστάσεις της ορθογωνικής διατομής των τμημάτων.
- Σε περιπτώσεις στις οποίες αλλάζει η διατομή μεταξύ δύο διαδοχικών τμημάτων, καλό είναι να επιδιώκεται, για κατασκευαστικούς λόγους, η μία από τις δύο διαστάσεις να παραμένει κοινή ανάμεσα στα διαδοχικά τμήματα.
- Ξεκινώντας από τον κεντρικό αγωγό, με τη μεγαλύτερη παροχή, επιλέγεται η πρώτη ορθογωνική διατομή με λόγο πλευρών  $W/H$  όσο δυνατόν κοντύτερα στη μονάδα, η οποία αντιστοιχεί σε ισοδύναμη διάμετρο διατομής μεγαλύτερη ή ίση από την ισοδύναμη διάμετρο που έχει επιλεγεί (ή υπολογιστεί).
- Στη συνέχεια για τα υπόλοιπα τμήματα του δικτύου διατηρείται η μία από τις δύο διαστάσεις σταθερή και επιλέγεται η άλλη διάσταση, πάντα με στόχο η ισοδύναμη διάμετρος να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την ισοδύναμη διάμετρο του αντίστοιχου τμήματος.



# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Με την ολοκλήρωση της διαστασιολόγησης του δικτύου αεραγωγών είναι πλέον εφικτή και σκόπιμη, προς πληρέστερη κατανόηση του παραδείγματος, η σχεδίαση της κάτοψης του δικτύου.





# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Για τον υπολογισμό της πτώσης πίεσης στα επιμέρους τμήματα των αεραγωγών απαιτούνται το μήκος κάθε ευθύγραμμου τμήματος και το πλήθος και το είδος των εξαρτημάτων που περιλαμβάνονται στο δίκτυο.
- Από την κάτοψη της εγκατάστασης είναι δυνατός ο εντοπισμός των εξαρτημάτων του δικτύου:
  - διαστολή διατομής από  $H_1 = 450 \text{ mm}$  σε  $H_2 = 600 \text{ mm}$ , μήκους  $375 \text{ mm}$ , στο σημείο Α, τύπου SR4-1
  - διακλάδωση με συστολή, τύπου SR5-13, στο σημείο Β
  - διακλάδωση με συστολή, τύπου SR5-13, στο σημείο Γ
  - διαστολή διατομής από  $W_1 = 200 \text{ mm}$  σε  $W_2 = 500 \text{ mm}$ , μήκους  $325 \text{ mm}$ , στο σημείο Γ, τύπου SR4-1 (\*)
  - καμπύλη  $90^\circ$  χωρίς αλλαγή διατομής στο σημείο Η, με ομαλή ακτίνα καμπυλότητας, τύπου CR3-1



# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- συμμετρική διαστολή διατομής από  $H_1 = 300\text{mm}$  σε  $H_2 = 350\text{mm}$ , μήκους  $125\text{mm}$ , στο σημείο Η, τύπου SR4-1
- διαστολή διατομής από  $W_1 = 200\text{mm}$  σε  $W_2 = 500\text{mm}$ , μήκους  $150\text{mm}$ , στο σημείο Η, τύπου SR4-1
- διακλάδωση με συστολή, τύπου SR5-13, στο σημείο Δ
- διαστολή διατομής από  $W_1 = 400\text{mm}$  σε  $W_2 = 750\text{mm}$ , μήκους  $200\text{mm}$ , στο σημείο Δ, τύπου SR4-1 (\*)
- διακλάδωση με συστολή, τύπου SR5-13. στο σημείο Ε
- διαστολή διατομής από  $W_1 = 250\text{mm}$  σε  $W_2 = 500\text{mm}$ , μήκους  $275\text{mm}$ , στο σημείο Ε, τύπου SR4-1 (\*)
- καμπύλη  $90^\circ$  χωρίς αλλαγή διατομής στο σημείο Ζ, με ομαλή ακτίνα καμπυλότητας, τύπου CR3-1
- διαστολή διατομής από  $W_1 = 250\text{mm}$  σε  $W_2 = 750\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Ζ, τύπου SR4-1



# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- τα στόμια  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \Sigma_4, \Sigma_5$  προσαγωγής αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο.

(\*) Παρατήρηση: Συνήθως, οι διακλαδώσεις προς στόμια που τοποθετούνται πολύ κοντά στον αεραγωγό δεν ανήκουν (δεν περιλαμβάνονται) στη δυσμενέστερη διαδρομή του δικτύου, και έτσι δεν υπάρχει λόγος να υπολογιστούν.

# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Τα μήκη  $L$  για τις συστολές – διαστολές του δικτύου αεραγωγών υπολογίζονται από τις εξής σχέσεις:
  - για διαστολή από  $W_1$  (ή  $H_1$ ) σε  $W_2$  (ή  $H_2$ ):  
$$L=(W_2-W_1)\cdot 2,5 \text{ ή } L=(H_2-H_1)\cdot 2,5$$
  - για συστολή από  $W_1$  (ή  $H_1$ ) σε  $W_2$  (ή  $H_2$ ):  
$$L=(W_1-W_2)\cdot 4 \text{ ή } L=(H_1-H_2)\cdot 4$$
- Οι ανωτέρω σχέσεις ισχύουν γενικά με τους εξής περιορισμούς:
  - αν σε διαστολές ή συστολές προκύπτουν μήκη μεγαλύτερα των 1.000 mm, τότε, για κατασκευαστικούς λόγους, το μήκος των εξαρτημάτων αυτών περιορίζεται στα 1.000 mm
  - οι ανωτέρω σχέσεις πιθανόν να μην εφαρμόζονται στις διαστολές για τοποθέτηση στομίων, στις οποίες το μήκος καθορίζεται από το διαθέσιμο χώρο για την εγκατάσταση του στομίου.

# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

Η διαδικασία υπολογισμού της πτώσης πίεσης στο δίκτυο αεραγωγών έχει ως εξής:

- Σε κάθε τμήμα δικτύου καταγράφεται το συνολικό μήκος του ευθύγραμμου μέρους του τμήματος δικτύου.
- Υπολογίζεται η ισοδύναμη διάμετρος των στομιών του δικτύου, με βάση τη σχέση:

$$d_e = 1,30 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}}$$

όπου  $a$  και  $b$  οι διαστάσεις του εκάστοτε στομίου.

- Υπολογίζεται η ταχύτητα της ροής του αέρα στα στόμια του δικτύου με βάση τη σχέση:

$$u = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d_e^2}$$



# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Υπολογίζεται η διαθέσιμη δυναμική πίεση σε κάθε τμήμα του δικτύου, από τη σχέση:

$$P_{\text{δυν.}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2$$

όπου  $u$  η ταχύτητα ροή του αέρα, η οποία έχει επιλεγεί στον πίνακα για τα ευθύγραμμα τμήματα του δικτύου και έχει υπολογιστεί ανωτέρω για τα στόμια.

- Η πτώση πίεσης σε κάθε ευθύγραμμο τμήμα του δικτύου υπολογίζεται από το γινόμενο της ειδικής πτώσης πίεσης και του συνολικού μήκους του κάθε ευθύγραμμου τμήματος.
- Υπολογίζονται οι συντελεστές πτώσης πίεσης για όλα τα εξαρτήματα του δικτύου (διακλαδώσεις, συστολές – διαστολές, καμπύλες), με βάση τους πίνακες της ASHRAE.
- Για κάθε τμήμα του δικτύου αθροίζονται οι συντελεστές πτώσης πίεσης από όλα τα εξαρτήματα που περιέχονται σε αυτό.



# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

- Για όλα τα τμήματα του δικτύου υπολογίζεται η συνολική πτώση πίεσης στα εξαρτήματα, από τη σχέση:  
$$\Delta p_j = C_{tot} \cdot \rho_{u,o}$$

όπου  $\rho_{u,o}$  η αρχικά διαθέσιμη δυναμική πίεση και  $C_{tot}$  ο συνολικός αθροιστικός συντελεστής απωλειών πίεσης όλων των εξαρτημάτων του τμήματος.
- Υπολογίζεται η συνολική πτώση πίεσης σε κάθε τμήμα του δικτύου, ως το άθροισμα:
  - της πτώσης πίεσης στο ευθύγραμμο μέρος του τμήματος
  - της πτώσης πίεσης στα εξαρτήματα που περιέχονται σε αυτό
  - της πτώσης πίεσης στο στόμιο στο οποίο ενδεχομένως καταλήγει το τμήμα.
- Αθροίζοντας τις πτώσεις πίεσης για όλα τα τμήματα δικτύου που απαρτίζουν την κάθε ολοκληρωμένη εναλλακτική διαδρομή της ροής του αέρα από τον ανεμιστήρα έως τα πλέον απομακρυσμένα στόμια προσαγωγής, υπολογίζεται η συνολική πτώση πίεσης στις εναλλακτικές διαδρομές.

# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

Διακλάδωση στο Β		Διακλάδωση στο Γ		Διακλάδωση στο Δ		Διακλάδωση στο Ε	
$W_c \times H_c$	450 x 600	$W_c \times H_c$	200 x 600	$W_c \times H_c$	400 x 600	$W_c \times H_c$	250 x 600
$W_s \times H_s$	400 x 600	$W_s \times H_s$	200 x 300	$W_s \times H_s$	250 x 600	$W_s \times H_s$	250 x 350
$W_b \times H_b$	200 x 600	$W_b \times H_b$	200 x 350	$W_b \times H_b$	400 x 350	$W_b \times H_b$	250 x 350
$A_c$ (m <sup>2</sup> )	0,27	$A_c$ (m <sup>2</sup> )	0,12	$A_c$ (m <sup>2</sup> )	0,24	$A_c$ (m <sup>2</sup> )	0,15
$A_s$ (m <sup>2</sup> )	0,24	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	0,06	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	0,15	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	0,09
$A_b$ (m <sup>2</sup> )	0,12	$A_b$ (m <sup>2</sup> )	0,07	$A_b$ (m <sup>2</sup> )	0,14	$A_b$ (m <sup>2</sup> )	0,09
$A_b / A_c$	0,44	$A_b / A_c$	0,58	$A_b / A_c$	0,58	$A_b / A_c$	0,58
$A_s / A_c$	0,89	$A_s / A_c$	0,50	$A_s / A_c$	0,63	$A_s / A_c$	0,58
$Q_c$ (lt/s)	3.000	$Q_c$ (lt/s)	1.000	$Q_c$ (lt/s)	2.000	$Q_c$ (lt/s)	1.250
$Q_s$ (lt/s)	2.000	$Q_s$ (lt/s)	500	$Q_s$ (lt/s)	1.250	$Q_s$ (lt/s)	750
$Q_b$ (lt/s)	1.000	$Q_b$ (lt/s)	500	$Q_b$ (lt/s)	750	$Q_b$ (lt/s)	500
$Q_b / Q_c$	0,33	$Q_b / Q_c$	0,50	$Q_b / Q_c$	0,38	$Q_b / Q_c$	0,40
$Q_s / Q_c$	0,67	$Q_s / Q_c$	0,50	$Q_s / Q_c$	0,63	$Q_s / Q_c$	0,60
$C_b$	1,38	$C_b$	0,97	$C_b$	1,81	$C_b$	1,54
$C_s$	0,19	$C_s$	0,04	$C_s$	0,05	$C_s$	0,03

# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

Διαστολή στο Α		Διαστολή στο Γ		Διαστολή στο Η		Διαστολή στο Η	
$W_1 \times H_1$	450 x 450	$W_1 \times H_1$	200 x 350	$W_1 \times H_1$	200 x 300	$W_1 \times H_1$	200 x 350
$W_0 \times H_0$	450 x 600	$W_0 \times H_0$	500 x 350	$W_0 \times H_0$	200 x 350	$W_0 \times H_0$	500 x 350
$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,27	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,18	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,07	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,18
$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,20	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,07	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,06	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,07
$A_0 / A_1$	1,33	$A_0 / A_1$	2,50	$A_0 / A_1$	1,17	$A_0 / A_1$	2,50
Μήκος (mm)	375	Μήκος (mm)	325	Μήκος (mm)	125	Μήκος (mm)	150
$\tan(\theta/2)$	0,20	$\tan(\theta/2)$	0,46	$\tan(\theta/2)$	0,20	$\tan(\theta/2)$	1,00
$\theta$ (°)	22,62	$\theta$ (°)	49,55	$\theta$ (°)	22,62	$\theta$ (°)	90,00
$C_o$	0,23	$C_o$	3,57	$C_o$	0,12	$C_o$	3,94

Καμπύλη στο Η		Καμπύλη στο Ζ	
W x H	200 x 300	W x H	250 x 350
H/W	1,5	H/W	1,4
$\theta$ (°)	90,00	$\theta$ (°)	90,00
r/W	1,50	r/W	1,50
$C_o$	0,15	$C_o$	0,15

# Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας

Τμήμα αγωγού	Εξαρτήματα	Συντελεστής απωλειών εξαρτήματος	Άθροισμα συντελεστών απωλειών τμήματος
AB	<ul style="list-style-type: none"> <li>Διαστολή στο A</li> </ul>	$C_0 = 0,23$	0,23
BΓ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο B</li> </ul>	$C_b = 1,38$	1,38
ΓΣ <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο Γ</li> <li>Διαστολή στο Γ</li> <li>Κεντρικός αγωγός διακλάδωσης στο Γ</li> </ul>	$C_b = 0,97$ $C_0 = 3,57$ $C_s = 0,04$	4,54
ΓΗ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Διαστολή στο Η</li> <li>Καμπύλη στο Η</li> </ul>	$C_0 = 0,12$ $C_0 = 0,15$	0,31
ΗΣ <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Διαστολή στο Η</li> </ul>	$C_0 = 3,94$	3,94
ΒΔ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κεντρικός αγωγός διακλάδωσης στο Β</li> </ul>	$C_s = 0,19$	0,19
ΔΣ <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο Δ</li> <li>Διαστολή στο Δ</li> </ul>	$C_b = 1,81$ $C_0 = 1,33$	3,14
ΔΕ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κεντρικός αγωγός διακλάδωσης στο Δ</li> </ul>	$C_s = 0,05$	0,05
ΕΣ <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο Ε</li> <li>Διαστολή στο Ε</li> </ul>	$C_b = 1,54$ $C_0 = 1,42$	2,96
ΕΖ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κεντρικός αγωγός διακλάδωσης στο Ε</li> <li>Καμπύλη στο Ζ</li> </ul>	$C_s = 0,03$ $C_0 = 0,15$	0,18
ΖΣ <sub>5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Διαστολή στο Ζ</li> </ul>	$C_0 = 6,36$	6,36



# Μέθοδος σταθερής πτώσης πίεσης

- Κατά τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται η ειδική πτώση πίεσης στον κεντρικό αγωγό, με βάση τη συνολική παροχή προσαγωγής του αέρα και την επιλεγόμενη ταχύτητα ροής.
- Στη συνέχεια, διατηρώντας αυτή την ειδική πτώση πίεσης σταθερή σε όλα τα τμήματα του δικτύου προσαγωγής (ή επιστροφής) και γνωρίζοντας τις παροχές προσαγωγής (ή επιστροφής) σε καθένα από αυτά, από το διάγραμμα πτώσης πίεσης υπολογίζεται η ισοδύναμη διάμετρος και η ταχύτητα ροής.
- Από την ισοδύναμη διάμετρο υπολογίζονται τελικά οι διαστάσεις της διατομής τους αεραγωγού.
- Ο υπολογισμός της συνολικής πτώσης πίεσης σε κάθε τμήμα του δικτύου και στις εναλλακτικές διαδρομές του αέρα από τον ανεμιστήρα έως τα πλέον απομακρυσμένα στόμια προσαγωγής ακολουθεί την ίδια διαδικασία με αυτή που παρουσιάστηκε μέθοδο σταθερής ταχύτητας.



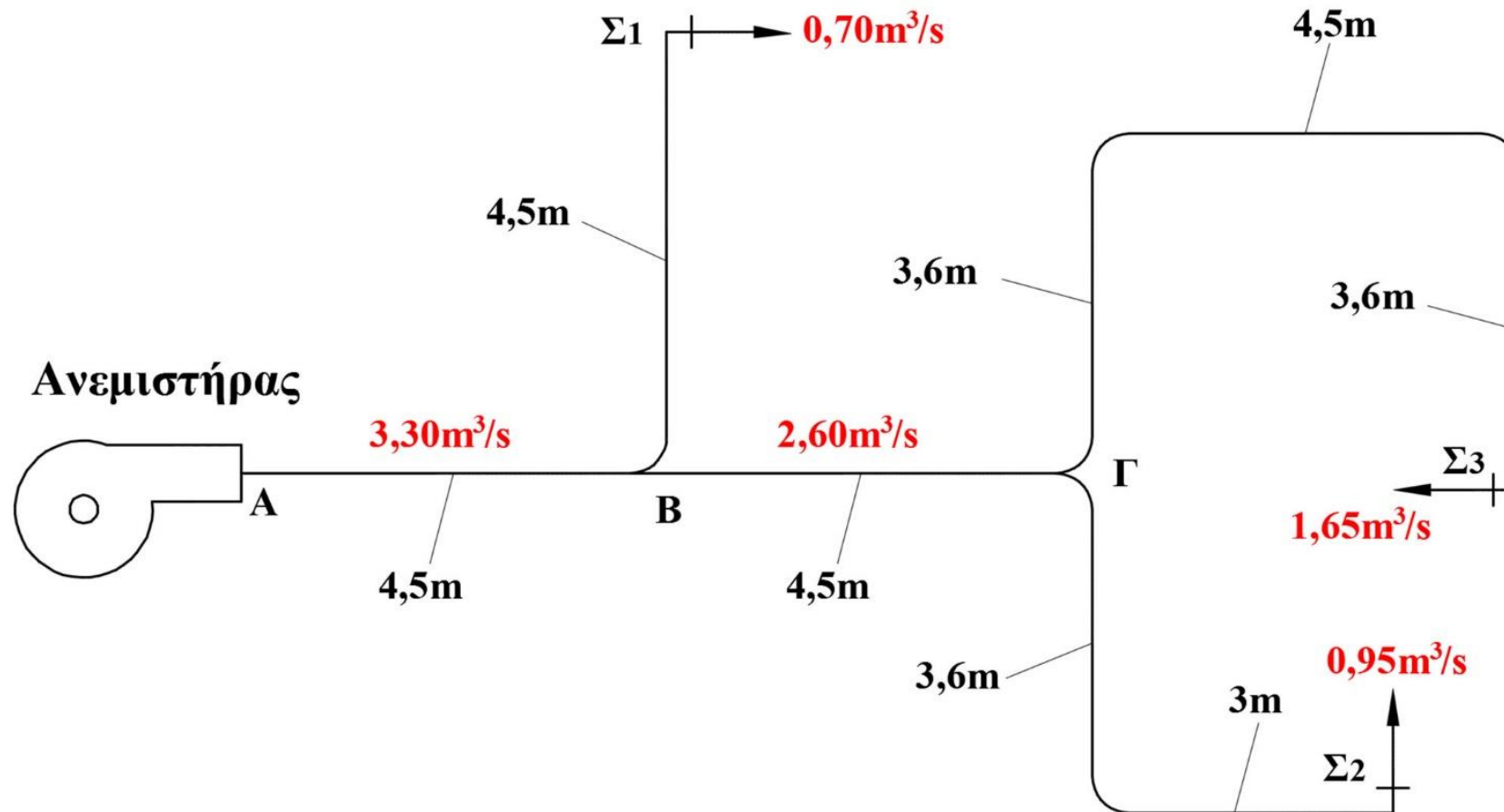
# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Να υπολογιστούν οι αεραγωγοί και ο ανεμιστήρας στην εγκατάσταση αεραγωγών του σχήματος, με τη μέθοδο σταθερών απωλειών πίεσης. Δίνονται:

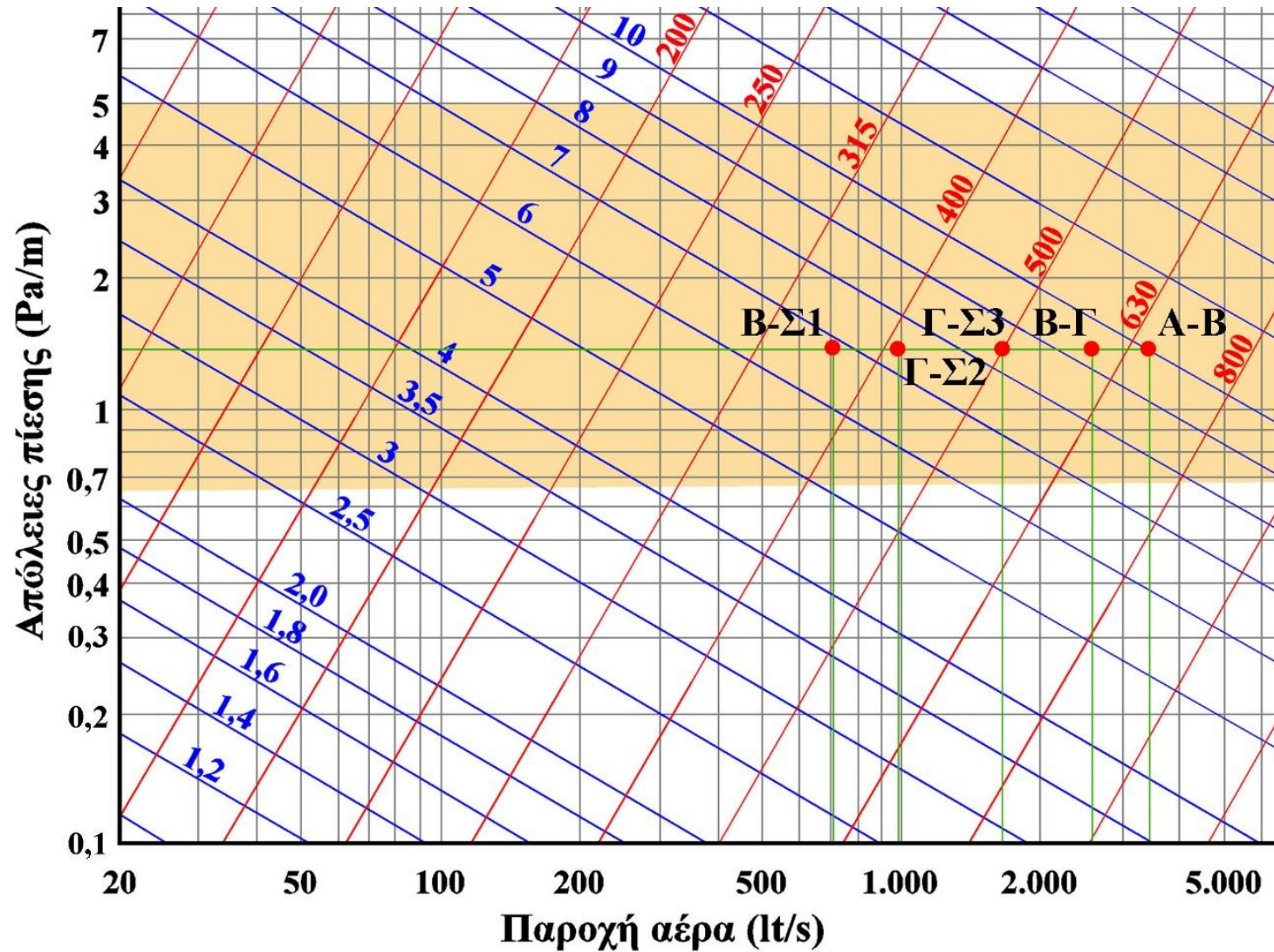
- ταχύτητα αέρα στην έξοδο του ανεμιστήρα: 16 m/s,
- ταχύτητα αέρα στον κεντρικό αγωγό AB: 10 m/s
- απώλεια πίεσης στα στόμια εξόδου: 30 Pa,
- στα καμπύλα τμήματα του δικτύου ο λόγος  $R/W=1,5$ ,
- οι διαστάσεις των στομιών προσαγωγής:  $\Sigma_1$ : 400 x 600,  $\Sigma_2$ : 700 x 500,  $\Sigma_3$ : 800 x 700,
- το ύψος των αεραγωγών να μην υπερβαίνει τα 600 mm.



# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης



# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

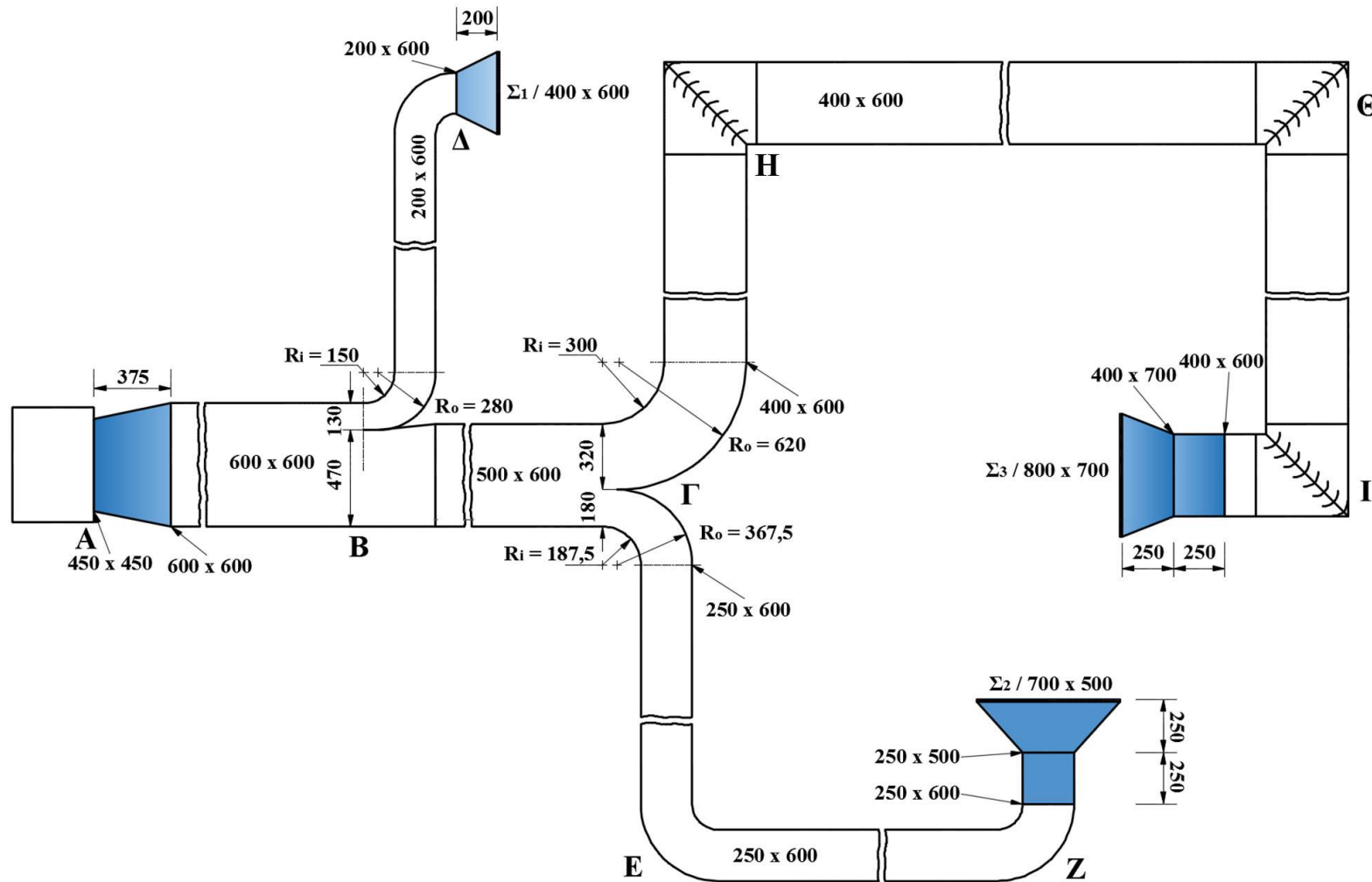


# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Τμήμα αεραγωγού	Ταχύτητα (m/sec)	Παροχή (m <sup>3</sup> /sec)	Πτώση πίεσης (Pa/m αγωγού)	Ισοδύναμη διάμετρος μέσω διαγράμματος (mm)	Ισοδύναμη διάμετρος μέσω αναλυτικής σχέσης (mm)
A-B	10,00	3,30	1,4	660	648
B-Σ <sub>1</sub>	6,85	0,70	1,4	360	360
B-Γ	9,45	2,60	1,4	600	592
Γ-Σ <sub>2</sub>	7,50	0,95	1,4	410	404
Γ-Σ <sub>3</sub>	8,20	1,65	1,4	500	498



# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης



# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Με γνωστή την ταχύτητα εξόδου από τον ανεμιστήρα, προσδιορίζουμε προσεγγιστικά τις διαστάσεις του στομίου εξόδου, θεωρώντας το τετραγωνικής διατομής (όπως περίπου συμβαίνει σε συνήθεις φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες):

$$\dot{V} = S \cdot u \Leftrightarrow S = \frac{\dot{V}}{u} \Rightarrow a^2 = \frac{3,3 \text{ m}^3/\text{s}}{16 \text{ m/s}} = 0,206 \text{ m}^2 \Rightarrow a^2 = 450 \times 450 \text{ mm}$$

# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Με βάση την κάτοψη του δικτύου, τα εξαρτήματα που περιλαμβάνονται στο συγκεκριμένο δίκτυο είναι τα εξής:

- διπλή διαστολή διατομής από  $H_1 = 450\text{mm}$  σε  $H_2 = 600\text{mm}$  και από  $W_1 = 450\text{mm}$  σε  $W_2 = 600\text{mm}$ , μήκους  $375\text{mm}$ , στο σημείο Α, τύπου SR7-17
- ομαλή διακλάδωση  $90^\circ$ , τύπου SR5-1, στο σημείο Β
- καμπύλη  $90^\circ$  χωρίς αλλαγή διατομής στο σημείο Δ, με ομαλή ακτίνα καμπυλότητας, τύπου CR3-1
- διαστολή διατομής από  $W_1 = 200\text{mm}$  σε  $W_2 = 400\text{mm}$ , μήκους  $200\text{mm}$ , στο σημείο Δ, τύπου SR4-1
- ομαλή διακλάδωση  $90^\circ$ , τύπου SR5-1, στο σημείο Γ
- καμπύλες  $90^\circ$  χωρίς αλλαγή διατομής στα σημεία Ε και Ζ, με ομαλή ακτίνα καμπυλότητας, τύπου CR3-1
- συστολή διατομής από  $H_1 = 600\text{mm}$  σε  $H_2 = 500\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Ζ, τύπου SR4-1

# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

- διαστολή διατομής από  $W_1 = 250\text{mm}$  σε  $W_2 = 700\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Z, τύπου SR4-1
- γωνία  $90^\circ$ , απότομη αλλαγή διεύθυνσης, με απλά-μονά οδηγητικά πτερύγια, απόστασης  $80\text{mm}$  στα σημεία Θ, Ι και Κ, τύπου CR3-12
- διαστολή διατομής από  $H_1 = 600\text{mm}$  σε  $H_2 = 700\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Ι, τύπου SR4-1
- διαστολή διατομής από  $W_1 = 400\text{mm}$  σε  $W_2 = 800\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Ι, τύπου SR4-1
- τα στόμια  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$  προσαγωγής αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο.



# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

- Στις διακλαδώσεις στα σημεία Β και Γ η αρχική διάσταση  $W$  διαμοιράζεται αρχικά αναλογικά σε διαστάσεις  $W_a$  και  $W_b$  με βάση το λόγο των παροχών που μοιράζονται στα δύο τμήματα του δικτύου που προκύπτουν μετά τη διακλάδωση.
- Στη συνέχεια τα μήκη  $W_a$  και  $W_b$  προσαρμόζονται είτε μέσω διασταλμένης καμπύλης, είτε μέσω διαστολής σε ευθύγραμμο τμήμα, ώστε τελικά να προκύψουν οι απαιτούμενες διαστάσεις στα δύο νέα τμήματα του δικτύου μετά τη διακλάδωση.
- Για παράδειγμα, στη διακλάδωση Γ, η αρχική παροχή των  $2,60 \text{ m}^3/\text{s}$  διαμοιράζεται σε παροχή των  $1,65 \text{ m}^3/\text{s}$ , που αντιστοιχεί σε ποσοστό 63% ως προς την αρχική παροχή, και σε παροχή  $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ , που αντιστοιχεί σε ποσοστό 27% ως προς την αρχική παροχή.
- Συνεπώς, η αρχική διατομή των  $500 \text{ mm}$  στη διακλάδωση Γ θα μοιραστεί σε  $0,63 \times 500 \text{ mm} \approx 320 \text{ mm}$  και  $0,27 \times 500 \approx 180 \text{ mm}$ .

# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Η εσωτερική και εξωτερική ακτίνα καμπυλότητας  $R_i$  και  $R_o$  αντίστοιχα στις ομαλές διακλαδώσεις στα σημεία Β και Γ υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$R_i = 0,75 \cdot W_2$$

$$R_o = W_a + 0,75 \cdot W_2$$

όπου:

$W_2$  : το τελικό πλάτος του τμήματος του δικτύου στο οποίο οδηγεί το μέρος της διακλάδωσης μετά την καμπύλη

$W_a$  : το μήκος από την αρχική διατομή το οποίο επιμερίζεται στη διακλάδωση με την καμπύλη.

Για παράδειγμα, στην καμπύλη της διακλάδωσης Β, είναι  $W_2 = 200$  mm και  $W_a = 130$  mm. Με βάση τις τιμές αυτές και τις ανωτέρω σχέσεις υπολογίζονται  $R_i = 150$  mm και  $R_o = 280$  mm.

# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Η διαδικασία υπολογισμού της πτώσης πίεσης στο δίκτυο αεραγωγών είναι η ίδια που εφαρμόστηκε και στη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης.

Διακλάδωση στο Β		Διακλάδωση στο Γ	
$W_c \times H_c$	600 x 600	$W_c \times H_c$	500 x 600
$W_s \times H_s$	500 x 600	$W_s \times H_s$	400 x 600
$W_b \times H_b$	200 x 600	$W_b \times H_b$	250 x 600
$A_c$ (m <sup>2</sup> )	0,36	$A_c$ (m <sup>2</sup> )	0,30
$A_s$ (m <sup>2</sup> )	0,30	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	0,24
$A_b$ (m <sup>2</sup> )	0,12	$A_b$ (m <sup>2</sup> )	0,15
$A_b / A_c$	0,33	$A_b / A_c$	0,50
$A_s / A_c$	0,83	$A_s / A_c$	0,80
$Q_c$ (lt/s)	3.300	$Q_c$ (lt/s)	2.600
$Q_s$ (lt/s)	2.600	$Q_s$ (lt/s)	1.650
$Q_b$ (lt/s)	700	$Q_b$ (lt/s)	950
$Q_b / Q_c$	0,21	$Q_b / Q_c$	0,37
$Q_s / Q_c$	0,79	$Q_s / Q_c$	0,63
$C_b$	0,47	$C_b$	0,63
$C_s$	5,57	$C_s$	0,46

# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Διαστολή στο Δ (τύπος SR4-1)		Συστολή στο Z (τύπος SR4-1)		Διαστολή στο Z (τύπος SR4-1)	
$W_1 \times H_1$	200 x 600	$W_1 \times H_1$	250 x 600	$W_1 \times H_1$	250 x 500
$W_0 \times H_0$	400 x 600	$W_0 \times H_0$	250 x 500	$W_0 \times H_0$	700 x 500
$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,24	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,13	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,35
$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,12	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,15	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,13
$A_0 / A_1$	2,00	$A_0 / A_1$	0,83	$A_0 / A_1$	2,80
Μήκος (mm)	200	Μήκος (mm)	250	Μήκος (mm)	250
$\tan(\theta/2)$	0,50	$\tan(\theta/2)$	0,20	$\tan(\theta/2)$	0,90
$\theta$	53,13	$\theta$	22,62	$\theta$	83,97
$C_o$	1,44	$C_o$	0,01	$C_o$	5,36

# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Διαστολή στο Ι (τύπος SR4-1)		Διαστολή στο Ι (τύπος SR4-1)		Διαστολή στο Α (τύπος SR7-17)	
$W_1 \times H_1$	400 x 600	$W_1 \times H_1$	400 x 700	$W_1 \times H_1$	450 x 450
$W_0 \times H_0$	400 x 700	$W_0 \times H_0$	800 x 700	$W_0 \times H_0$	600 x 600
$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,28	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,56	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	0,36
$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,24	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,28	$A_1$ (m <sup>2</sup> )	0,20
$A_0/A_1$	1,17	$A_0/A_1$	2,00	$A_0/A_1$	1,78
Μήκος (mm)	250	Μήκος (mm)	250	Μήκος (mm)	375
$\tan(\theta/2)$	0,20	$\tan(\theta/2)$	0,80	$\tan(\theta/2)$	0,20
$\theta$	22,62	$\theta$	77,32	$\theta$	22,62
$C_o$	0,12	$C_o$	1,50	$C_o$	1,30

Καμπύλη στο Δ (τύπος CR3-1)		Καμπύλη στο Ε (τύπος CR3-1)		Καμπύλη στο Ζ (τύπος CR3-1)	
$W \times H$	200 x 600	$W \times H$	250 x 600	$W \times H$	250 x 600
$H/W$	3	$H/W$	2,4	$H/W$	2,4
$\theta$ (°)	90,00	$\theta$ (°)	90,00	$\theta$ (°)	90,00
$r/W$	1,50	$r/W$	1,50	$r/W$	1,50
$C_o$	0,14	$C_o$	0,14	$C_o$	0,14

Καμπύλες στα σημεία Η, Θ, Ι (τύπος εξαρτήματος CR3-11)

$$C_o = 0,33$$

# Παράδειγμα υπολογισμού με τη μέθοδο σταθερής πτώσης πίεσης

Τμήμα αγωγού	Εξαρτήματα	Συντελεστής απωλειών εξαρτήματος	Άθροισμα συντελεστών απωλειών τμήματος
AB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διπλή διαστολή στο A</li> </ul>	$C_0 = 1,30$	1,30
BΔ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο B</li> <li>• Καμπύλη στο Δ</li> </ul>	$C_b = 0,47$ $C_0 = 0,14$	0,61
ΔΣ <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαστολή στο Δ</li> </ul>	$C_0 = 1,44$	1,44
BΓ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κεντρικός αγωγός διακλάδωσης στο B</li> <li>• Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο Γ</li> </ul>	$C_s = 5,57$ $C_b = 0,63$	5,57
ΓΖ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καμπύλη στο E</li> <li>• Καμπύλη στο Z</li> </ul>	$C_0 = 0,14$ $C_0 = 0,14$	0,91
ΖΣ <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συστολή στο Z</li> <li>• Διαστολή στο Z</li> </ul>	$C_0 = 0,01$ $C_0 = 5,36$	5,37
ΓΙ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο Γ</li> <li>• Γωνίες στα σημεία Η, Θ, Ι</li> </ul>	$C_b = 0,46$ $3 \times C_0 = 0,33$	1,45
ΙΣ <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαστολή στο Ι</li> <li>• Διαστολή στο Ι</li> </ul>	$C_0 = 0,12$ $C_0 = 1,50$	1,62





Ευχαριστώ θερμά για την προσοχή σας

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο  
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης