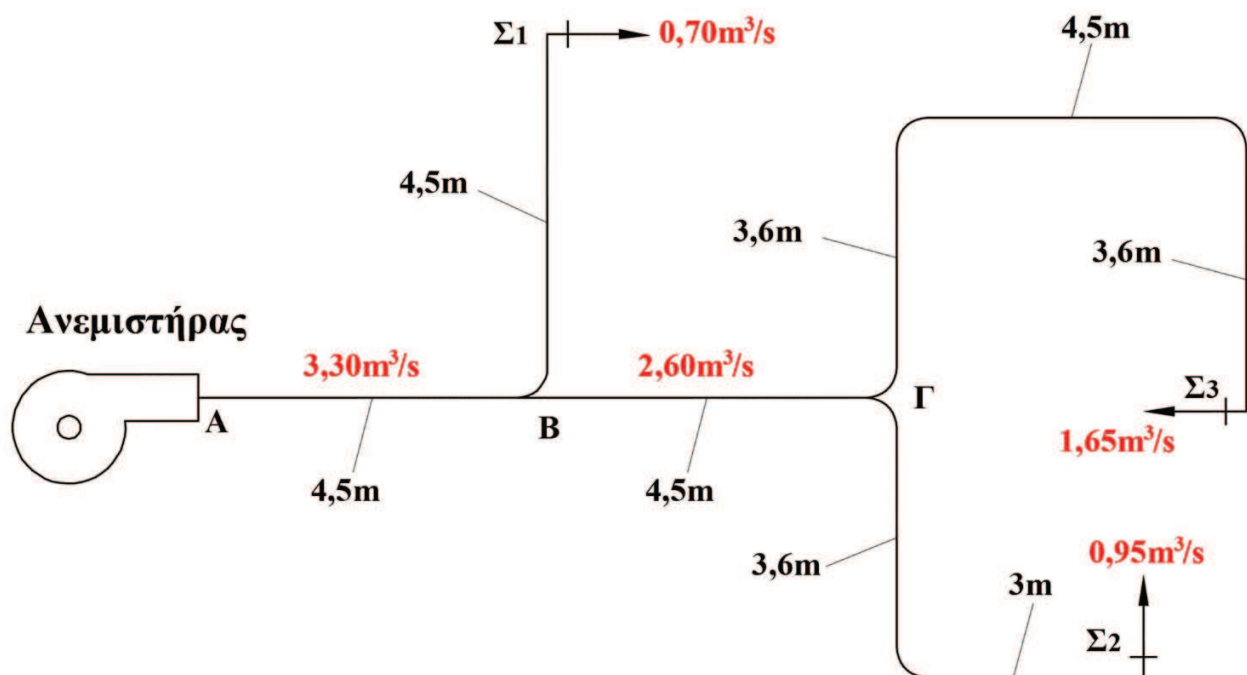


### Παράδειγμα 8.9

#### Διαστασιολόγηση και υπολογισμός δικτύου αεραγωγών με τη μέθοδο της 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: 16m/s,
- ταχύτητα αέρα στον κεντρικό αγωγό AB: 10m/s
- απώλεια πίεσης στα στόμια εξόδου: 30Pa,
- 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.



Σχήμα 8.49: Δίκτυο αεραγωγών παραδείγματος.

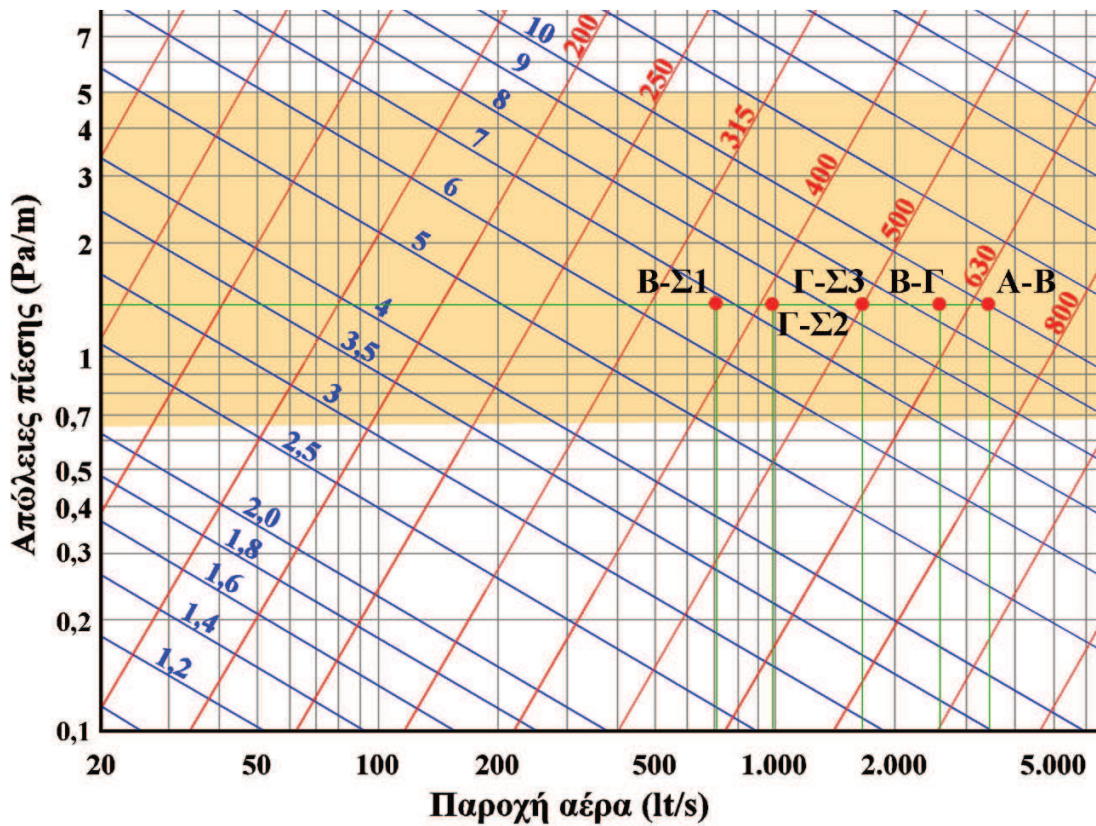
#### Λύση:

Με βάση της παροχές στα στόμια εξόδου που δίνονται στο διάγραμμα του δικτύου αεραγωγών υπολογίζεται η συνολική παροχή στην έξοδο του ανεμιστήρα  $3,30\text{m}^3/\text{s}$ , καθώς και η παροχή στο τμήμα B-Γ  $2,6\text{m}^3/\text{s}$ .

Από το διάγραμμα υπολογισμού ειδικής πτώσης πίεσης του σχήματος 8.39, για την παροχή που υπολογίστηκε στην έξοδο του ανεμιστήρα και για ταχύτητα αέρα στο ίδιο σημείο του δικτύου 10m/s, υπολογίζεται η ειδική πτώση πίεσης στο τμήμα AB του δικτύου:  $1,40\text{Pa}/\text{m}$  αγωγού.

Η ειδική πτώση πίεσης, που υπολογίστηκε παραπάνω, διατηρείται σταθερή σε όλα τα τμήματα του δικτύου των αεραγωγών. Συνεπώς, γνωρίζοντας για κάθε τμήμα του δικτύου την παροχή αέρα και την ειδική πτώση πίεσης, είναι δυνατός ο υπολογισμός της ταχύτητας της ροής του αέρα για κάθε τμήμα του δικτύου από το διάγραμμα του σχήματος 8.39 και της ισοδύναμης διαμέτρου από το ίδιο διάγραμμα ή από τη σχέση 8.54. Η γραφική επίλυση του προβλήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 8.50. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών

παρουσιάζονται στον πίνακα 8.10. Παρατηρείται και πάλι η απόκλιση στον υπολογισμό της ισοδύναμης διαμέτρου με τη γραφική μέθοδο και την αναλυτική σχέση.



Σχήμα 8.50: Υπολογισμός ισοδύναμης διαμέτρου και ταχύτητας ροής για σταθερή ειδική πτώση πίεσης.

Πίνακας 8.10: Υπολογισμός παροχής, ταχύτητας ροής και ισοδύναμης διαμέτρου στα επιμέρους τμήματα του δικτύου αεραγωγών του παραδείγματος.

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

Στη συνέχεια, με βάση την ισοδύναμη διάμετρο σε κάθε τμήμα του δικτύου, από τον πίνακα 8.3 επιλέγουμε τις διαστάσεις της ορθογωνικής διατομής των τμημάτων. Έχοντας υπόψη τον περιορισμό της εκφώνησης, διατηρούμε το ύψος σταθερό και ίσο με 600mm. Στον πίνακα 8.11 παρουσιάζεται η επιλογή των διαστάσεων ορθογωνικών διατομών με βάση τις ισοδύναμες διαμέτρους, που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 8.10. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο Παράδειγμα.

Παρατήρηση: Στο τμήμα ΓΣ<sub>3</sub> θα μπορούσε να επιλεγεί πλάτος 350mm, αφού η διατομή 350 x 600 αντιστοιχεί σε ισοδύναμη διάμετρο 496mm, δηλαδή μόλις 2mm μικρότερη από την απαιτούμενη 498mm. Στην προκειμένη περίπτωση όμως είναι προτιμότερο να αφήσουμε το περιθώριο του πλάτους των 400mm, διότι το τμήμα αυτό είναι απομακρυσμένο από τον ανεμιστήρα και, συνεπώς, θα είναι σε δυσμενή διαδρομή του αέρα από την άποψη της συνολικής πτώσης πίεσης.

Με τον υπολογισμό των διαστάσεων των διατομών των τμημάτων του δικτύου αεραγωγών ολοκληρώνεται η διαστασιολόγησή τους. Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός της συνολικής πτώσης πίεσης στις εναλλακτικές διαδρομές της ροής αέρα και ο εντοπισμός της δυσμενέστερης από αυτές, αναφορικά με τις απώλειες πίεσης.





4. διαστολή διατομής από  $W_1 = 200\text{mm}$  σε  $W_2 = 400\text{mm}$ , μήκους  $200\text{mm}$ , στο σημείο Δ, τύπου SR4-1
5. ομαλή διακλάδωση  $90^\circ$ , τύπου SR5-1, στο σημείο Γ
6. καμπύλες  $90^\circ$  χωρίς αλλαγή διατομής στα σημεία Ε και Ζ, με ομαλή ακτίνα καμπυλότητας, τύπου CR3-1
7. συστολή διατομής από  $H_1 = 600\text{mm}$  σε  $H_2 = 500\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Ζ, τύπου SR4-1
8. διαστολή διατομής από  $W_1 = 250\text{mm}$  σε  $W_2 = 700\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Ζ, τύπου SR4-1
9. γωνία  $90^\circ$ , απότομη αλλαγή διεύθυνσης, με απλά-μονά οδηγητικά πτερύγια, απόστασης  $80\text{mm}$  στα σημεία Θ, Ι και Κ, τύπου CR3-12
10. διαστολή διατομής από  $H_1 = 600\text{mm}$  σε  $H_2 = 700\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Ι, τύπου SR4-1
11. διαστολή διατομής από  $W_1 = 400\text{mm}$  σε  $W_2 = 800\text{mm}$ , μήκους  $250\text{mm}$ , στο σημείο Ι, τύπου SR4-1
12. τα στόμια  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$  προσαγωγής αέρα στο κλιματιζόμενο χώρο.

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  $0,27 \times 500 \approx 180\text{mm}$ .

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  $W_2 = 200\text{mm}$  και  $W_a = 130\text{mm}$ . Με βάση τις τιμές αυτές και τις ανωτέρω σχέσεις υπολογίζονται  $R_i = 150\text{mm}$  και  $R_o = 280\text{mm}$ .

Η διαδικασία υπολογισμού της πτώσης πίεσης στο δίκτυο αεραγωγών είναι η ίδια που εφαρμόστηκε και στο προηγούμενο παράδειγμα. Αναλυτικά:

1. Σε κάθε τμήμα δικτύου καταγράφεται το συνολικό μήκος του ευθύγραμμου μέρους του τμήματος δικτύου.
2. 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.

3. Υπολογίζεται η ταχύτητα της ροής του αέρα στα στόμια του δικτύου με βάση τη σχέση:  $u = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d_e^2}$ .
4. 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 ροής του αέρα, η οποία έχει επιλεγεί στον πίνακα 8.10 για τα ευθύγραμμο τμήματα του δικτύου και έχει υπολογιστεί ανωτέρω για τα στόμια.
5. Η πτώση πίεσης σε κάθε ευθύγραμμο τμήμα του δικτύου υπολογίζεται από το γινόμενο της ειδικής πτώσης πίεσης, η οποία έχει παρουσιαστεί στον πίνακα 8.10, και του συνολικού μήκους του κάθε ευθύγραμμου τμήματος.
6. Υπολογίζονται οι συντελεστές πτώσης πίεσης για όλα τα εξαρτήματα του δικτύου (διακλαδώσεις, συστολές – διαστολές, καμπύλες), με βάση τους πίνακες της ASHRAE. Στους πίνακες 8.12 παρουσιάζονται οι παράμετροι υπολογισμού και οι τελικές τιμές των συντελεστών αυτών για κάθε εξάρτημα.
7. Για κάθε τμήμα του δικτύου αθροίζονται οι συντελεστές πτώσης πίεσης από όλα τα εξαρτήματα που περιέχονται σε αυτό. Στον πίνακα 8.13 περιγράφονται τα εξαρτήματα που περιέχονται σε κάθε τμήμα του δικτύου και υπολογίζονται οι συνολικοί συντελεστές τοπικών απωλειών.
8. Για όλα τα τμήματα του δικτύου υπολογίζεται η συνολική πτώση πίεσης στα εξαρτήματα, από τη σχέση  $\Delta p_j = C_{\text{tot}} \cdot p_{v,o}$ , όπου  $p_{v,o}$  η αρχικά διαθέσιμη δυναμική πίεση και  $C_{\text{tot}}$  ο συνολικός αθροιστικός συντελεστής απωλειών πίεσης όλων των εξαρτημάτων του τμήματος.
9. 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.
10. 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. Στο συγκεκριμένο δίκτυο υπάρχουν τρεις τέτοιες, η A-B-Δ-Σ<sub>1</sub>, η A-B-Γ-Z-Σ<sub>2</sub> και η A-B-Γ-I-Σ<sub>3</sub>. Για τον υπολογισμό της συνολικής πτώσης πίεσης σε κάθε μία από αυτές θα πρέπει να προστεθούν οι επιμέρους πτώσεις πίεσης στα τμήματα από τα οποία απαρτίζεται η κάθε διαδρομή. Η δυσμενέστερη διαδρομή είναι αυτή που θα εμφανίσει τη μεγαλύτερη συνολική πτώση πίεσης.

Τα αποτελέσματα από την εκτέλεση των ανωτέρω βημάτων συνοψίζονται στον πίνακα 8.14. Από τον πίνακα 8.14 παρατηρείται ότι η διαδρομή A-B-Γ-I-Σ<sub>3</sub> παρουσιάζει υψηλότερες απώλειες πίεσης, συνεπώς είναι η δυσμενέστερη διαδρομή. Η πτώση πίεσης σε αυτή τη διαδρομή θα καθορίσει το απαιτούμενο μανομετρικό του ανεμιστήρα του δικτύου.

**Πίνακας 8.12α:** Συντελεστές απώλειας πίεσης στις διακλάδωσεις του δικτύου (τύπος εξαρτήματος SR5-1).

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
<b><math>C_b</math></b>	<b>0,47</b>	<b><math>C_b</math></b>	<b>0,63</b>
<b><math>C_s</math></b>	<b>5,57</b>	<b><math>C_s</math></b>	<b>0,46</b>

**Πίνακας 8.12β:** Συντελεστές απώλειας πίεσης στις διαστολές – συστολές του δικτύου.

Διαστολή στο Δ (τύπος SR4-1)		Συστολή στο Ζ (τύπος SR4-1)		Διαστολή στο Ζ (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
<b><math>C_o</math></b>	<b>1,44</b>	<b><math>C_o</math></b>	<b>0,01</b>	<b><math>C_o</math></b>	<b>5,36</b>



**Πίνακας 8.12β:** Συντελεστές απώλειας πίεσης στις διαστολές – συστολές του δικτύου.

Διαστολή στο I (τύπος SR4-1)		Διαστολή στο I (τύπος SR4-1)		Διαστολή στο A (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
$C_o$	<b>0,12</b>	$C_o$	<b>1,50</b>	$C_o$	<b>1,30</b>

**Πίνακας 8.12γ:** Συντελεστές απώλειας πίεσης στις καμπύλες του δικτύου.

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
$C_o$	<b>0,14</b>	$C_o$	<b>0,14</b>	$C_o$	<b>0,14</b>
Καμπύλες στα σημεία Η, Θ, Ι (τύπος εξαρτήματος CR3-11)					
$C_o = 0,33$					

**Πίνακας 8.13:** Πίνακας εξαρτημάτων ανά τμήμα δικτύου αεραγωγών.

Τμήμα αγωγού	Εξαρτήματα	Συντελεστής απωλειών εξαρτήματος	Άθροισμα συντελεστών απωλειών τμήματος
ΑΒ	• Διπλή διαστολή στο Α	$C_o = 1,30$	1,30
ΒΔ	• Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο Β • Καμπύλη στο Δ	$C_b = 0,47$ $C_o = 0,14$	0,61
ΔΣ <sub>1</sub>	• Διαστολή στο Δ	$C_o = 1,44$	1,44
ΒΓ	• Κεντρικός αγωγός διακλάδωσης στο Β	$C_s = 5,57$	5,57
ΓΖ	• Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο Γ • Καμπύλη στο Ε • Καμπύλη στο Ζ	$C_b = 0,63$ $C_o = 0,14$ $C_o = 0,14$	0,91
ΖΣ <sub>2</sub>	• Συστολή στο Ζ • Διαστολή στο Ζ	$C_o = 0,01$ $C_o = 5,36$	5,37
ΓΙ	• Κλαδικός αγωγός διακλάδωσης στο Γ • Γωνίες στα σημεία Η, Θ, Ι	$C_b = 0,46$ $3 \times C_o = 0,33$	1,45
ΙΣ <sub>3</sub>	• Διαστολή στο Ι • Διαστολή στο Ι	$C_o = 0,12$ $C_o = 1,50$	1,62

