

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

**« ΑΝΑΛΥΣΗ , ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΕΡΑ-ΑΕΡΑ »**



ΚΟΥΣΤΑΣ ΧΑΡΙΛΑΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ 41811

ΖΑΦΕΙΡΙΟΥ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ 42255

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΝΑΖΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

Πειραιάς , Ιανουάριος 2016

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη.....	6
Πρόλογος.....	7
Λέξεις κλειδιά	8
Κεφάλαιο 1 ^ο . Γενική σχεδίαση συστήματος Αεραγωγών.....	11
1.1 Ταχύτητα.....	11
1.2 Πίεση.....	11
1.3 Εξίσωση Bernoulli.....	12
1.4 Μεταβολή της πίεσης κατά τη ροή σε αεραγωγούς.....	13
1.5 Οι εξισώσεις των Darcy-Weisbach και του Colebrook	14
1.6 Απώλειες τριβής σε αγωγούς ορθογωνικής διατομής.....	15
1.7 Δυναμικές απώλειες	16
Κεφάλαιο 2 ^ο . Υλικά κατασκευής.....	18
2.1 Εύκαμπτοι αεραγωγοί.....	18
Κεφάλαιο 3 ^ο . Αρχιτεκτονική σχεδίαση και αεραγωγοί	18
Κεφάλαιο 4 ^ο . Παράγοντες που επιδρούν στη σχεδίαση των αεραγωγών.....	18
4.1 Θερμικό κέρδος ή Απώλεια.....	20
4.2 Λόγος πλευρών.....	21
4.3 Συντελεστής τριβής	21
4.4 Κατηγορίες συνδετικών στοιχείων.....	21
4.5 Μεταβολές διατομής.....	23

4.6 Αυξήσεις και στενώσεις διατομής αεραγωγών.....	24
4.7 Δυσκολία όδευσης	24
4.8 Καμπύλες και γωνίες	25
4.8.1 Υπολογισμός Καμπύλης.....	26
4.9 Υπολογισμός Συστολών – Διαστολών	27
4.10 Διακλαδώσεις.....	30
4.10.1 Διακλαδώσεις ορθογωνικής διατομής.....	31
4.10.2 Διακλαδώσεις κυκλικής διατομής.....	33
4.11 Διαφράγματα.....	34
4.12 Στόμια.....	35
4.12.1 Στόμια τοίχου.....	36
4.12.2 Στόμια οροφής.....	37
4.12.3 Στόμια απαγωγής αέρα.....	38
4.13 Μονώσεις Αεραγωγών.....	39
Κεφάλαιο 5 ^ο . Στήριξη Αεραγωγών.....	40
Κεφάλαιο 6 ^ο . Επιθεώρηση Αεραγωγών.....	41
Κεφάλαιο 7 ^ο . Ρύθμιση.....	41
7.1 Απαιτούμενα όργανα.....	41
7.2 Μέτρηση Παροχής αέρα Στομιών.....	41
7.3 Μέτρηση Παροχής αέρα Αεραγωγών.....	42
Κεφάλαιο 8 ^ο . Μέθοδοι υπολογισμού αεραγωγών.....	43
8.1 Μέθοδος σταθερής πτώσης πίεσης.....	43
8.2 Μέθοδος ανάκτησης της στατικής πίεσης.....	43
8.3 Μέθοδος σταθερής ταχύτητας.....	43
Κεφάλαιο 9 ^ο . Τρόποι υπολογισμού αεραγωγών.....	44
9.1 Τρόπος υπολογισμού σταθερής πτώσης πίεσης.....	44

9.2 Τρόπος υπολογισμού με ίσες ταχύτητες	47
9.3 Τρόπος υπολογισμού με ανάκτηση στατικής πίεσης.....	49
Κεφάλαιο 10°. Τελικό ζύγισμα δικτύου αεραγωγών.....	49
Κεφάλαιο 11°. Υπολογιστικό παράδειγμα	51
11.1 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών.....	52
11.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	53
11.3 Υπολογισμός με μεθοδολογία ίσων ταχυτήτων.....	54
11.4 Υπολογισμός με μεθοδολογία ίσων πιέσεων.....	58
11.5 Υπολογισμός με μεθοδολογία της ανάκτησης της στατικής πίεσης	62
Κεφάλαιο 12°. Συμπεράσματα.....	66
12.1 Οικονομικά στοιχεία	67
Κεφάλαιο 13°. Εικόνες.....	70
Κεφάλαιο 14°. Διαγράμματα.....	71
Κεφάλαιο 15°. Πίνακες	71
16°. Βιβλιογραφία.....	73

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή κ. Νάζο Αντώνιο για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας. Επίσης θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε για την πολύτιμη βοήθεια του , για την επίλυση διαφόρων θεμάτων.

Θα θέλαμε να απευθύνουμε τις ευχαριστίες μας στους γονείς μας , οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μας με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωσή μας.

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η επιλογή αεραγωγών συστημάτων κλιματισμού αέρα-αέρα. Στην συνέχεια δίνονται λεπτομέρειες και στοιχεία σχετικά με την αρχική κατασκευή των αεραγωγών, την επιλογή των πρώτων υλών, την διαδικασία στήριξης και μόνωσής τους καθώς και όλα τα απαιτούμενα όργανα και οι διαδικασίες που ακολουθούνται για την επιθεώρηση και την σωστή λειτουργία των αεραγωγών. Ακόμα δίνονται όλοι οι υπολογιστικοί μέθοδοι για την επιλογή του μεγέθους των τελικών αεραγωγών εφαρμογής. Τέλος δίνεται ένα παράδειγμα το οποίο υπολογίζεται με τις τρεις μεθόδους υπολογισμού και σχολιάζονται τα αποτελέσματα και οι διαφορές τους.

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των υποχρεώσεων των φοιτητών του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά που διανύουν το όγδοο και τελευταίο εξάμηνο του προπτυχιακού κύκλου σπουδών τους , για την απόκτηση του διπλώματός τους. Ο τίτλος της εργασίας είναι ‘Ανάλυση, σχεδιασμός και επιλογή αεραγωγών συστημάτων κλιματισμού αέρα- αέρα. Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη των τρόπων κατασκευής των αεραγωγών κλιματισμού και η μελέτη των ενεργειακών μεθοδολογιών που ακολουθούνται για την επιλογή του μεγέθους τους και το μέγεθος των περαιτέρω απαραίτητων εξαρτημάτων. Η διπλωματική εργασία καθοδηγήθηκε και ολοκληρώθηκε υπό την παρακολούθηση του επιβλέποντα Καθηγητή κ. Νάζο Αντώνιο.

Κούστας Χαρίλαος Κων/νος

Ζαφειρίου Χριστόδουλος

Πειραιάς 2016

Λέξεις κλειδιά

Αεραγωγοί , πρώτες ύλες , στήριξη , επιθεώρηση , υπολογιστικές μέθοδοι.

ABSTRACT

In this degrees work we present the design and the choice of the air ducts. In the following ,details and information are given about the basic desing of the air ducts ,the choice of the raw materials, the support processe , the insolation , the required instruments and also all the procedures which are followed for the best inspectetion and the operation of the air ducts. Furthermore all the computational methods for the size of the air ducts .Finally an example is given in three different ways of calculation and the results are compared and commented

KEY WORDS

Air ducts, raw materials, support system, inspection, calculation method

Ο λειτουργικός σκοπός ενός συστήματος αεραγωγών είναι η μεταφορά αέρα από τη συσκευή προσαγωγής αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο. Για την πραγματοποίηση αυτού του σκοπού, κατά ένα πρακτικό τρόπο το σύστημα πρέπει να σχεδιαστεί μέσα στα προδιαγραφόμενα όρια του διατεθιμένου χώρου των απωλειών τριβής, ταχύτητας, στάθμης θορύβου, των απωλειών θερμότητας και των θερμικών κερδών.

1.ΓΕΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ

Τα συστήματα αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής ταξινομούνται ανάλογα με την ταχύτητα και την πίεση του αέρα, που ρέει μέσα στους αεραγωγούς.

1.1 Ταχύτητα

Υπάρχουν δύο κατηγορίες συστημάτων μεταφοράς αέρα, που χρησιμοποιούνται σε κλιματιστικές εφαρμογές. Το σύστημα χαμηλής ταχύτητας (ή συμβατικό σύστημα) και το σύστημα υψηλής ταχύτητας. Τα συστήματα ταξινομούνται σύμφωνα με την παρακάτω κατηγοριοποίηση:

1. Χαμηλής ταχύτητας για ταχύτητες αέρα μέχρι 10 m/s
2. Αεραγωγοί υψηλής ταχύτητας για ταχύτητες αέρα μεγαλύτερες από 10 m/s και μικρότερες από 40 m/s

1.2 Πίεση

Τα συστήματα διανομής αέρα υποδιαιρούνται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την πίεση χαμηλής, μέσης και υψηλής πίεσης. Οι κατηγορίες αυτές έχουν ως εξής:

1. Αεραγωγοί χαμηλής πίεσης, για στατική πίεση μέχρι 500 Pa
2. Αεραγωγοί μέσης πίεσης, για στατική πίεση μεγαλύτερη από 500 Pa και μέχρι 2500 Pa
3. Αεραγωγοί υψηλής πίεσης, για στατική πίεση πάνω από 2500 Pa

1.3 Εξίσωση Bernoulli

Επειδή κατά την διακίνηση του αέρα σε αεραγωγούς, οι μεταβολές πίεσεως είναι μικρές, είναι δυνατή η χρήση εξισώσεων ασυμπίεστου ρευστού. Η εξίσωση Bernoulli γράφεται:

$$\frac{V^2}{2} + \frac{P}{\rho} + gz = \text{σταθερό} \quad , \quad \frac{Nm}{Kg}$$

ή μεταξύ δύο διατομών αεραγωγού 1 και 2 :

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + p_1 + \gamma z_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + p_2 + \gamma z_2 + \Delta p_t$$

Όπου:

V: μέση ταχύτητα του αέρα στη θεωρούμενη διατομή, m/s

ρ : σταθερή πυκνότητα αέρα, kg/m³

P: στατική πίεση αέρα στη θεωρούμενη διατομή, N/m² ή Pa

g: επιτάχυνση βαρύτητας, m/s²

γ : ρg = ειδικό βάρος αέρα N/m³

z: στάθμη από το επίπεδο αναφοράς, m

Δp_t : ολική απώλεια πίεσεως μεταξύ δύο διατομών

Η παραπάνω εξίσωση γράφεται :

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + (P_{z_1} + P_1) + \gamma z_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + (P_{z_2} + P_2) + \gamma z_2 + \Delta p_t$$

Όπου :

P_{z_1}, P_{z_2} = ατμοσφαιρική πίεση σε στάθμη z_1 και z_2 , αναφερόμενη στις διατομές 1 και 2 αντίστοιχα

P_1, P_2 = στατική υπερπίεση (ή υποπίεση) στις διατομές 1 και 2 αντίστοιχα

Θεωρώντας ότι το ειδικό βάρος του ατμοσφαιρικού αέρα είναι σταθερό προκύπτει ότι :

$$P_{z_1} - P_{z_2} = \gamma (z_2 - z_1)$$

Ο συνδυασμός των παραπάνω δίνει :

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + p_2 + \Delta p_t$$

Όταν η πυκνότητα του αέρα στην ατμόσφαιρα , ρ_α , είναι διαφορετική της πυκνότητας , ρ , του αέρα στον μέσα αγωγό και κατά την ροή μεταβάλλεται η στάθμη , η εξίσωση Bernoulli γράφεται :

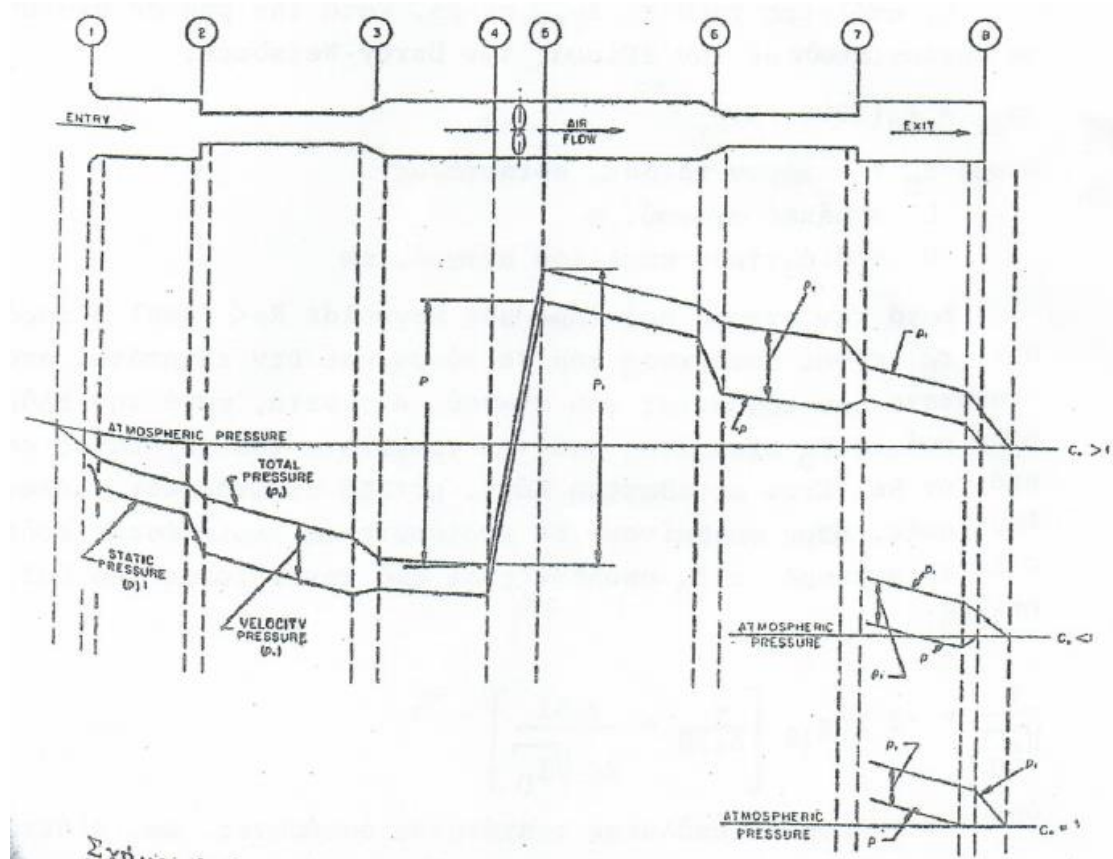
$$\Delta p_t = \left(\frac{\rho V_1^2}{2} + p_1 \right) - \left(\frac{\rho V_2^2}{2} + p_2 \right) + g (\rho_\alpha - \rho)(z_2 - z_1)$$

Από την παραπάνω εξίσωση φαίνεται ότι ο όρος $g (\rho_\alpha - \rho)(z_2 - z_1)$ έχει ευμενή ή δυσμενή επίδραση στη ροή , ανάλογα με το πρόσημό του. Η επίδραση του όρου είναι σημαντική όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού αέρα και αέρα μέσα στον αγωγό. Όταν η ροή είναι οριζόντια ($z_1=z_2$) ή η πυκνότητα του ρευστού είναι μέσα στον αγωγό είναι ίση με την πυκνότητα του εξωτερικού αέρα , τότε η τιμή $g (\rho_\alpha - \rho)(z_2 - z_1)$ είναι ίση με το μηδέν.

Οι όροι ύψος και πίεση συχνά χρησιμοποιούνται εναλλακτικά αλλά η σημασία τους είναι διαφορετική. Ο όρος ύψος αναφέρεται σε ύψος στήλης ρευστού και μετράται με μονάδες μήκους (m) , ενώ η πίεση είναι η κάθετη δύναμη στην μονάδα επιφάνειας ($N/m^2 = Pa$)

1.4 Μεταβολή της πίεσης κατά τη ροή σε αεραγωγούς

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολή της ολικής και στατικής πίεσης σε σύστημα αεραγωγών αποτελούμενο από ανεμιστήρα με κλάδους προσαγωγής και επιστροφής :



Στα τμήματα σταθερής διατομής οι απώλειες ολικής και στατικής πίεσης είναι ίσες. Στα αποκλίνοντα τμήματα 3 και 7, η δυναμική πίεση ελαττώνεται ενώ η στατική πίεση μπορεί να αυξηθεί (ανάκτηση στατικής πίεσης). Στα συγκλίνοντα τμήματα 2 και 6, η δυναμική πίεση αυξάνεται ενώ η ολική και η στατική πίεση μειώνονται.

Οι απώλειες πίεσης κατά την ροή σε αγωγούς οφείλονται στον μη αναστρέψιμο μετασχηματισμό της μηχανικής ενέργειας σε θερμότητα. Οι απώλειες διακρίνονται σε απώλειες τριβής και σε δυναμικές απώλειες.

1.5 Οι εξισώσεις των Darcy-Weisbach και του Colebrook

Οι απώλειες τριβής, $\Delta\rho_{fr}$ σε Pa, κατά την ροή σε αγωγούς μπορούν να υπολογισθούν με την εξίσωση των Darcy-Weisbach:

$$\Delta\rho_{fr} = f_D(1000L/D)\rho_v$$

Όπου :

f_D = παράγοντας τριβής, αδιάστατος

L = μήκος αγωγού, m

D = διάμετρος κυκλικού αγωγού, mm

Κατά την στρωτή ροή η παράγοντας τριβής f_D είναι συνάρτηση του Re μόνο και δεν εξαρτάται από την τραχύτητα του τοιχώματος του αγωγού. Αντίθετα, κατά την

πλήρως τυρβώδη ροή , ο f_D εξαρτάται από την τραχύτητα του τοιχώματος και όχι από τον Re . Στην μεταβατική ζώνη , μεταξύ στρωτής και πλήρως τυρβώδης ροής , όπου συμβαίνουν οι περισσότερες περιπτώσεις ροής αέρος στον κλιματισμό , ο f_D υπολογίζεται από την εξίσωση Colebrook , δηλαδή :

$$\frac{1}{\sqrt{f_D}} = -2 \log_{10} \left[\frac{\varepsilon}{3,7 D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f_D}} \right]$$

Όπου:

ε = παράγοντας απόλυτης τραχύτητας τοιχώματος ,mm

Re = αριθμός Reynolds , αδιάστατος

μ = ιξώδες του ρευστού

1.6 Απώλειες τριβής σε αγωγούς ορθογωνικής διατομής

Αγωγοί διαφόρων σχημάτων διατομής παρουσιάζουν τις ίδιες απώλειες τριβής για ίση μήκη αγωγών και ίσες μέσες ταχύτητες ρευστού εάν οι αγωγοί έχουν την ίδια υδραυλική διάμετρο. Η υδραυλική διάμετρος , D_h σε mm , ορίζεται από την σχέση :

$$D_h = 4A/P$$

Όπου :

A = εμβαδό διατομής , mm^2

P = περίμετρος διατομής mm

Αγωγοί ορθογωνικής και κυκλικής διατομής με ίσα μήκη και παροχές ρευστού παρουσιάζουν ίσες απώλειες τριβής εάν μεταξύ διαμέτρου της κυκλικής διατομής , De , και των πλευρών a και b ορθογωνικής διατομής ισχύει η σχέση :

$$De = 1.3 \frac{(ab)^{0,625}}{(a+b)^{0,250}}$$

Η παραπάνω ισοδύναμη διάμετρος , De , αγωγού ορθογωνικής διατομής χρησιμοποιείται στο διάγραμμα τριβής ή σε συνδυασμό με τις εξισώσεις των Darcy-Weisbach και Colebrook για τον υπολογισμό της πτώσης πίεσης κατά την ροή σε αγωγούς ορθογωνικής διατομής.

1.7 Δυναμικές απώλειες

Οι δυναμικές απώλειες είναι αποτέλεσμα διαταραχής της ροής καλούμενης από εξαρτήματα αεραγωγών, τα οποία μεταβάλλουν την κατεύθυνση της ροής ή και την διατομή. Παράδειγμα τέτοιων εξαρτημάτων είναι τα στόμια, οι γωνίες, οι καμπύλες και οι διακλαδώσεις.

Οι δυναμικές απώλειες συμβαίνουν σε όλο το μήκος των εξαρτημάτων αεραγωγών, συγχρόνως με τις απώλειες τριβής. Όμως, για απλοποίηση των υπολογισμών, οι δυναμικές απώλειες θεωρούνται εφ' ενός συγκεντρωμένες σε μία διατομή του εξαρτήματος και αφ' ετέρου διαχωρίζονται από τις απώλειες τριβής. Γενικώς, οι απώλειες τριβής των εξαρτημάτων λαμβάνονται υπ' όψιν μαζί με τις απώλειες τριβής των αγωγών επί του άξονος από το κέντρο κάθε εξαρτήματος μέχρι το κέντρο του επόμενου. Ξεχωριστά υπολογίζονται οι απώλειες τριβής μόνο για εξαρτήματα σχετικά μεγάλου μήκους.

Συντελεστής τοπικών απωλειών, C , αναφερόμενος σε μία διατομή εξαρτήματος είναι ο λόγος της απώλειας ολικής πίεσης στο εξάρτημα προς την δυναμική πίεση στην διατομή αναφοράς, δηλαδή :

$$C = \frac{\Delta p_t}{p_v} = \frac{\Delta p_t}{\frac{\rho V^2}{2}}$$

Ο υπολογισμός της πτώσης ολικής πίεσης Δp_t κάθε εξαρτήματος, πλην των διακλαδώσεων και συναντήσεων, υπολογίζεται από την σχέση :

$$\Delta p_t = C_0 p_{v,0} = C_0 \frac{\rho V_0^2}{2}$$

Όπου :

C_0 = συντελεστής τοπικών απωλειών του εξαρτήματος αναφερόμενος στην διατομή ο, Αδιάστατος αριθμός

$p_{v,0}$ = δυναμική πίεση, kg/m^3

ρ = πυκνότητα, kg/m^3

V_0 = ταχύτητα στην διατομή ο, m/s

Για συναντήσεις ή διακλαδώσεις αγωγών , η απώλεια ολικής πίεσης στο κύριο τμήμα υπολογίζεται από την σχέση :

$$\Delta p_t = C_{c,s} P_{v,c} = C_{c,s} \frac{\rho V_c^2}{2}$$

Ενώ στο κλάδο υπολογίζεται από την σχέση :

$$\Delta p_t = C_{c,b} P_{v,c} = C_{c,b} \frac{\rho V_c^2}{2}$$

Όπου

V_c = ταχύτητα στην κοινή διατομή c

$C_{c,s}$ = συντελεστής τοπικών απωλειών για την κύρια ροή

$C_{c,b}$ = συντελεστής τοπικών απωλειών για την δευτερεύουσα ροή

2. Υλικά κατασκευής

Μπορούμε ακόμα να κατηγοριοποιήσουμε τους αεραγωγούς ανάλογα με τα υλικά κατασκευής τους:

1. Μεταλλικά ελάσματα (γαλβανισμένη ή μαύρη ή ανοξείδωτη λαμαρίνα)
2. Αμιαντοσιμέντο
3. Πλαστικοί σωλήνες
4. Εύκαμπτοι αεραγωγοί
5. Διάφορα άλλα δομικά υλικά



1. Αεραγωγός από λαμαρίνα



2. Αεραγωγός από αμιαντοσιμέντο



3. Αεραγωγός από πλαστικό



4. Εύκαμπτος αεραγωγός

Στις περισσότερες εφαρμογές , η κατασκευή των αεραγωγών γίνεται από φύλλα γαλβανισμένης λαμαρίνας που διαμορφώνονται κατάλληλα , σε αεραγωγούς ορθογωνικής , τετράγωνης ή κυκλικής διατομής. Σημαντικές εφαρμογές τα τελευταία χρόνια , ιδίως όταν πρόκειται για αεραγωγούς υψηλής πίεσης, παρουσιάζουν και οι μεταλλικοί ή πλαστικοί εύκαμπτοι αεραγωγοί κυκλικής διατομής. Γενικά οι απαιτήσεις για το υλικό κατασκευής των αεραγωγών είναι οι χαμηλές απώλειες τριβής , ο εύκολος καθαρισμός , η μεγάλη διάρκεια ζωής , η αντίσταση στη φωτιά

και την διάβρωση και η δυνατότητα γρήγορης και οικονομικής κατασκευής και τοποθέτησης.

2.1 Εύκαμπτοι αεραγωγοί

Σε σχετικά μικρές διαμέτρους, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για τη σύνδεση συσκευών με το δίκτυο των σταθερών αεραγωγών οι εύκαμπτοι αεραγωγοί. Διακρίνονται σε μεταλλικούς ελαστικούς, συνθετικούς, σωλήνες από συρμάτινο σπιδράλ και υφασμάτινοι.

3. Αρχιτεκτονική σχεδίαση και αεραγωγοί

Συχνά , η σχεδίαση των αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής , και σε μερικές περιπτώσεις , και η κατηγορία του συστήματος τους προσδιορίζονται από τον διατεθειμένο χώρο για τους αγωγούς και την εμφάνισή τους. Μερικές εφαρμογές απαιτούν εκτεθειμένους αεραγωγούς , οι οποίοι προσδένονται στην οροφή , όπως σε υφιστάμενο κατάστημα με τμήματα διάφορων εμπορευμάτων ή υφιστάμενο κτίριο γραφείων. Για εφαρμογή τέτοιου τύπου είναι ιδανικοί οι αεροδυναμικοί αεραγωγοί ορθογωνικής διατομής. Οι αγωγοί αυτοί κατασκευάζονται ,ώστε να δίνουν την εμφάνιση δοκού στην οροφή κι έχουν λεία εξωτερική επιφάνεια με τις ενώσεις τους , που έχουν κατασκευαστεί στο εσωτερικό τους. Οι αεραγωγοί αυτοί σχεδιάζονται με ένα ελάχιστο αριθμό μειώσεων στο μέγεθος της διατομής τους , ώστε να διατηρείται η εμφάνιση της συνεχούς δοκού.

4. Παράγοντες που επιδρούν στη σχεδίαση των αεραγωγών

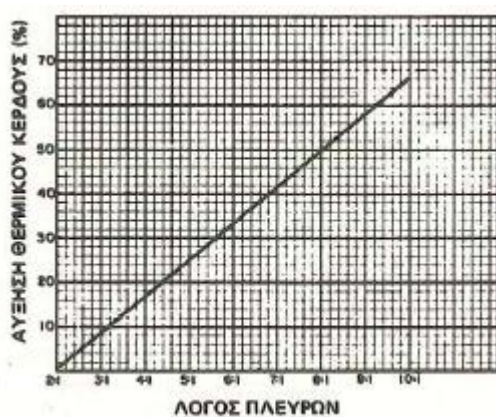
Πρέπει να εξετάζεται η ισορροπία μεταξύ αρχικού κόστους και κόστους λειτουργίας σε σχέση με τον διατεθειμένο χώρο για τους αεραγωγούς , για να προσδιοριστεί το καλύτερο σύστημα διανομής αέρα . Κάθε εφαρμογή είναι διαφορετική και πρέπει να αναλυθεί ξεχωριστά. Μόνο γενικές αρχές και κανόνες μπορούν να δοθούν στο μηχανικό για την εκλογή του κατάλληλου συστήματος . Οι παρακάτω παράγοντες επιδρούν άμεσα στο αρχικό κόστος και στο κόστος λειτουργίας:

1. Θερμικό κέρδος ή απώλεια από τον αεραγωγό.
2. Λόγος πλευρών του αγωγού
3. Συντελεστής τριβής των αεραγωγών
4. Είδος των εξαρτημάτων σύνδεσης των αεραγωγών.

4.1 Θερμικό κέρδος ή Απώλεια

Τα θερμικά κέρδη ή οι απώλειες στο σύστημα αεραγωγών προσαγωγής και επιστροφής μπορεί να είναι υπολογίσιμες. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο όταν ο αεραγωγός περνάει από ένα μη κλιματιζόμενο χώρο , αλλά και σε μεγάλες διαδρομές αεραγωγών μέσα στους κλιματιζόμενους χώρους. Η μεταφορά θερμότητας λαμβάνει χώρα από τον κλιματιζόμενο χώρο στον αέρα του αεραγωγού κατά την ψύξη και από τον αέρα του αγωγού στο κλιματιζόμενο χώρο κατά την θέρμανση

Μια μεταβολή πρέπει να γίνει στο θερμικό κέρδος του αεραγωγού για το τμήμα που βρίσκεται στον μη κλιματιζόμενο χώρο , κατά τον υπολογισμό του φορτίου κλιματισμού . Η μεταβολή αυτή στο θερμικό κέρδος του αεραγωγού αυξάνει την ψυκτική ικανότητα του αέρα . Η αύξηση αυτή , πάλι, έχει ως αποτέλεσμα μια μεγαλύτερη παροχή αέρα ή μια χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα προσαγωγής ή και τα δύο.



Διάγραμμα 1 : θερμικό κέρδος συναρτήσει λόγου πλευρών

Για την αντίθεση της επίδρασης του φαινομένου της συναλλαγής θερμότητας μέσα από τη επιφάνεια των αεραγωγών , απαιτείται μερικές φορές ανακατανομή των παροχών στα στόμια εξαγωγής του αέρα προσαγωγής κατά την αρχική μελέτη του συστήματος των αεραγωγών.

Οι παρακάτω γενικές οδηγίες δίνονται για να βοηθήσουν στην κατανόηση των διαφόρων παραγόντων , που επηρεάζουν τη μελέτη των αεραγωγών :

1. Μεγαλύτερος λόγος πλευρών αεραγωγού οδηγεί σε μεγαλύτερα θερμικά κέρδη από ότι αεραγωγός με μικρό λόγο πλευρών , όταν οι δύο αεραγωγοί μεταφέρουν την ίδια ποσότητα αέρα.
2. Αεραγωγοί μικρών παροχών με μικρή ταχύτητα αέρα παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα θερμικά κέρδη.
3. Τοποθέτηση μόνωσης στους αεραγωγούς μειώνει τα θερμικά τους κέρδη.

Για αυτό το λόγο , αποτελεί καλή πρακτική να σχεδιάζουμε το σύστημα αεραγωγών για μικρούς λόγους πλευρών και υψηλότερες ταχύτητες για την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών των αεραγωγών. Αν ο αγωγός πρόκειται να περάσει από ένα μη κλιματιζόμενο χώρο , θα πρέπει να μονωθεί.

4.2 Λόγος πλευρών

Ο λόγος πλευρών είναι ο λόγος της μεγάλης πλευράς προς την μικρή πλευρά της διατομής ενός αεραγωγού. Ο λόγος αυτός είναι ένας σπουδαίος παράγοντας , που λαμβάνεται υπόψη στην προμελέτη. Αυξάνοντας το λόγο πλευρών , αυξάνει και το κόστος εγκατάστασης και το κόστος λειτουργίας του συστήματος.

Το κόστος εγκατάστασης εξαρτάται από την ποσότητα του υλικού που χρησιμοποιήθηκε και την ανάγκη ύπαρξης πείρας στην κατασκευή των αεραγωγών. Η κατηγορία κατασκευής των αεραγωγών ποικίλλει από 1 έως 6 και εξαρτάται από τη μεγαλύτερη πλευρά του αγωγού και την ημιπερίμετρό του. Ο παρακάτω πίνακας διευκρινίζει την κατηγορία του κάθε αεραγωγού:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΓΩΓΟΥ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΛΕΥΡΑ (cm)	ΗΜΙΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ (cm)
1	15 - 44	25 - 58
2	30 - 60	61 - 116
3	66 - 101	81 - 116
4	60 - 223	122 - 239
5	121 - 228	244 - 447
6	223 - 365	244 - 604

Πίνακας 1: κατηγορίες κατασκευής

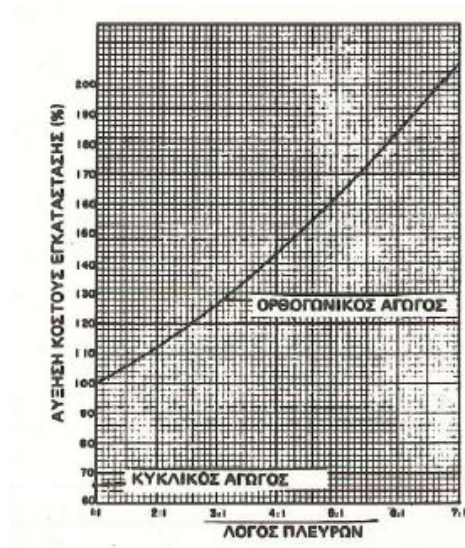
Η κατηγορία του αγωγού είναι μία αριθμητική απεικόνιση του σχετικού αρχικού κόστους των αεραγωγών. Όσο μεγαλύτερη είναι η κατηγορία , τόσο ακριβότεροι είναι οι αγωγοί. Αν η κατηγορία αυξάνει , αλλά η επιφάνεια του αγωγού και η ικανότητα παραμένουν σταθερές , τα παρακάτω μεγέθη μπορεί να αυξηθούν :

1. Ημιπερίμετρος και επιφάνεια αγωγού.
2. Βάρος υλικού
3. Μονάδες του μετάλλου
4. Ποσό της απαιτούμενης μόνωσης

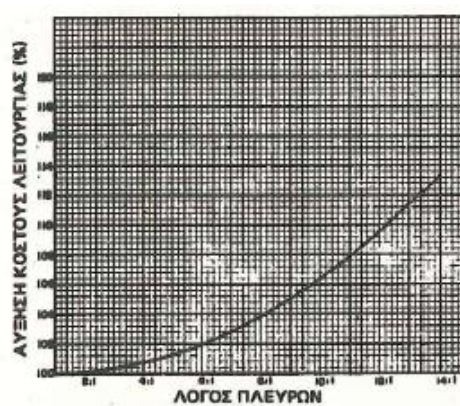
Συνεπώς , για μεγαλύτερη οικονομία , το σύστημα των αεραγωγών θα σχεδιαστεί για τη μικρότερη κατηγορία αεραγωγών στο μικρότερο δυνατό λόγο πλευρών.

4.3 Συντελεστής τριβής

Το κόστος λειτουργίας ενός συστήματος διανομής αέρα μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά, όταν τα μεγέθη των ορθογώνιων αγωγών δεν προσδιορίζονται από τον πίνακα των ισοδύναμων αγωγών κυκλικής διατομής. Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται για να πάρουμε τα μεγέθη ορθογώνιου αγωγού, ο οποίος έχει τον ίδιο συντελεστή τριβής και την ίδια ικανότητα με τον ισοδύναμό του κυκλικό αγωγό.








Διάγραμμα 2: κόστος εγκατάστασης συναρτήσει λόγου πλευρών



Διάγραμμα 3: κόστος λειτουργίας συναρτήσει λόγου πλευρών

4.4 Κατηγορίες συνδετικών στοιχείων

Γενικά, τα εξαρτήματα σύνδεσης αεραγωγών μπορούν να υποδιαιρεθούν στις κατηγορίες A και B όπως φαίνεται στον πίνακα 2. Για να έχουμε πιο χαμηλό κόστος, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε συνδέσμους της κατηγορίας A, αφού ο χρόνος κατασκευής συνδέσμου της κατηγορίας B είναι περίπου 2,5 φορές παραπάνω από τον αντίστοιχο σύνδεσμο της κατηγορίας A.

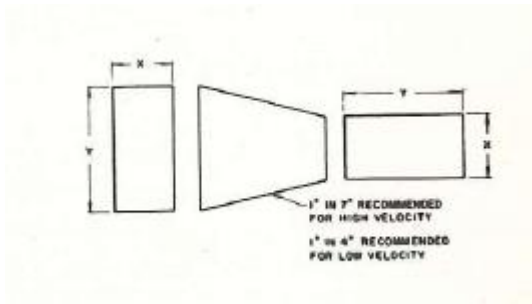
Α-ΧΩΡΙΣ ΟΔΗΓΗΤΙΚΑ ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΡΟΗΣ	
Σύνδεσμος με σταθερές διαστάσεις εγκάρσιας τομής.	
Σύνδεσμος με μεταβλητή ακτίνα καμπυλότητας και σταθερό πλάτος.	
Σύνδεσμος με ευθείες πλευρές και ραφές	
Β-ΜΕ ΟΔΗΓΗΤΙΚΑ ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΡΟΗΣ	
Σύνδεσμος σταθερής ακτίνας καμπυλότητας και μεταβλητού πλάτους.	
Σύνδεσμος μεταβλητής ακτίνας καμπυλότητας και μεταβλητού πλάτους.	

Πίνακας 2: κατηγορίες συνδέσμων αεραγωγών

Υπάρχουν μερικά στοιχεία στη σχεδίαση των αγωγών που πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν εκλέξουμε τα μεγέθη του συστήματος των αεραγωγών. Στα στοιχεία αυτά συμπεριλαμβάνονται μεταβολές διατομής αγωγών , καμπύλες και γωνίες , σύνδεσμοι αεραγωγών , διακλαδώσεις ,η συμπύκνωση υδρατμού στους αεραγωγούς και ο έλεγχος παροχών του αέρα.

4.5 Μεταβολές διατομής

Μεταβολές διατομής αεραγωγών χρησιμοποιούνται για την αλλαγή του σχήματος αγωγού ή για την αύξηση ή την μείωση της επιφάνειας του αγωγού. Όταν αλλάζει το σχήμα ορθογωνικού αγωγού , αλλά παραμένει ίδια η διατομή του συνιστάται κλίση 25,4 mm ανά 177,8 mm για πλευρές του τμήματος που αλλάζει σχήμα. Αν δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί αυτή η κλίση , μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερη , χωρίς όμως να υπερβούμε τη μέγιστη που είναι 25,4 mm ανά 101,6 mm



Εικόνα 5: μεταβολή διατομής αγωγού

Συχνά, οι αγωγοί πρέπει να μειωθούν σε μέγεθος για να αποφύγουμε διάφορα εμπόδια που παρεμβάλλονται στη διαδρομή τους. Θεωρείται καλό να μην ελαττωθεί η αρχική διατομή περισσότερο από 20%. Η συνιστώμενη κλίση της μεταβολής της διατομής είναι 25,4 mm ανά 177,8 mm για την περίπτωση της μείωσης της διατομής του αγωγού. Όπου είναι αδύνατο να επιτευχθεί η κλίση αυτή, μπορεί να την αυξήσουμε μέχρι και 25,4 mm ανά 101,6 mm. Όταν η επιφάνεια του αγωγού αυξάνει η κλίση της μεταβολής της δεν θα ξεπερνάει την 25,4 mm ανά 177,8 mm.

Σε μερικά συστήματα διανομής αέρα, είναι δυνατό να τοποθετηθεί μέσα στους αεραγωγούς εξοπλισμός, όπως στοιχεία θέρμανσης. Κανονικά, ο εξοπλισμός είναι μεγαλύτερος από τον αεραγωγό και, συνεπώς, πρέπει να αυξηθεί η επιφάνεια του αεραγωγού.

4.6 Αυξήσεις και στενώσεις διατομής αεραγωγών

Οι καθιερωμένες μέθοδοι υπολογισμού αεραγωγών συχνά υπαγορεύουν μία μείωση της διατομής του αγωγού μετά από κάθε ακροφύσιο και κλάδο διακλάδωσης. Αν και μπορεί να γίνει κατά ελάχιστο μείωση 50,8 mm, συνίσταται οπωσδήποτε να διατηρηθεί το αρχικό μέγεθος του αγωγού. Διότι, όταν ο αγωγός διατηρεί το μέγεθός του σε διαδρομή μερικών ακροφυσίων, μπορεί να έχουμε οικονομία κόστους εγκατάστασης μέχρι 25%.

Στην περίπτωση που διατηρείται το μέγεθος των αγωγών, θα έχουμε αγωγούς των ίδιων διαστάσεων, στους οποίους φυσικά θα έχουμε σαν αύξηση της διατομής τη στένωση που κανονικά έπρεπε να γίνει, και η οποία αύξηση θα είναι 50,8 mm, κατά προτίμηση στη μία διάσταση μόνο.

4.7 Δυσκολία όδευσης

Η τοποθέτηση σωλήνων, ηλεκτρικών αγωγών, δοκών και άλλων στοιχείων μέσα στον αγωγό πρέπει πάντα να αποφεύγεται, και ειδικά σε γωνίες και ταυ. Κανενός είδους εμπόδιο δεν πρέπει να υπάρχει μέσα σε αεραγωγούς. Τα εμπόδια

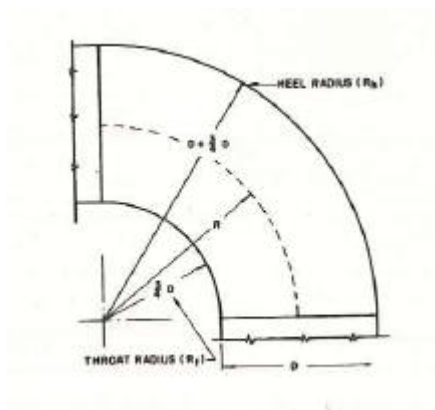
προκαλούν πτώση πίεσης, που θα μπορούσε να γίνουν πηγές θορύβου μέσα στο ρεύμα του αέρα.

4.8 Καμπύλες και γωνίες

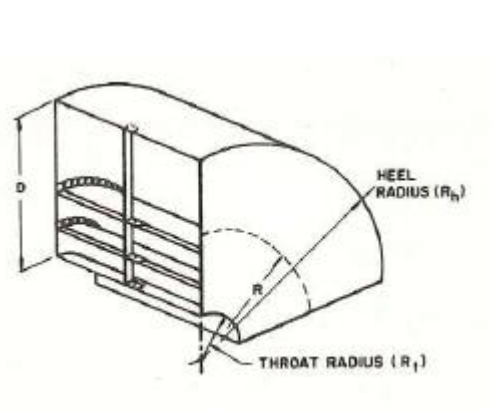
Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από καμπύλες και γωνίες για συστήματα αγωγών κυκλικής και ορθογωνικής διατομής. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις πιο συνηθισμένες.

Αγωγός ορθογωνικής διατομής	Αγωγός κυκλικής διατομής
1. Κανονική καμπύλη	4. Λεία καμπύλη
2. Απότομη καμπύλη με καθοδηγητικά πτερύγια	5. Γωνία τριών τεμαχίων
3. Ορθή γωνία με καθοδηγητικά πτερύγια	6. Γωνία πέντε τεμαχίων

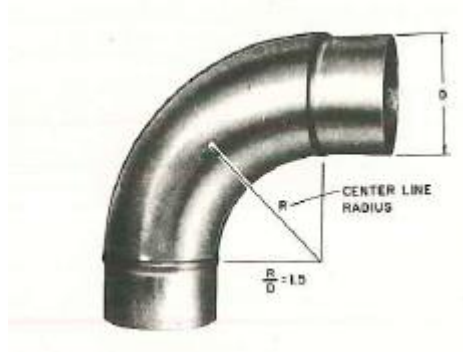
Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν σχηματικά τα παραπάνω εξαρτήματα.



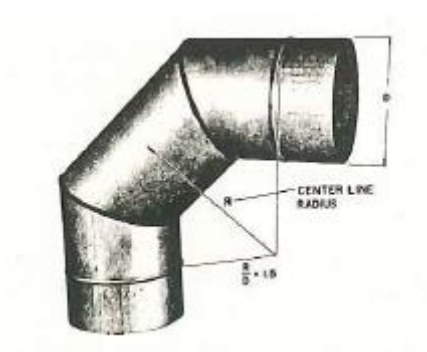
Εικόνα 6: καμπύλη ορθογωνικής διατομής



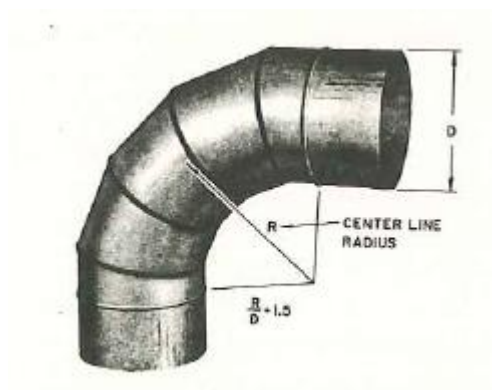
Εικόνα 7: απότομη καμπύλη με καθοδηγητικά πτερύγια



Εικόνα 8: λεία καμπύλη 90°



Εικόνα 9: γωνία 3 τεμαχίων 90°



Εικόνα 10: γωνία 5 τεμαχίων 90°

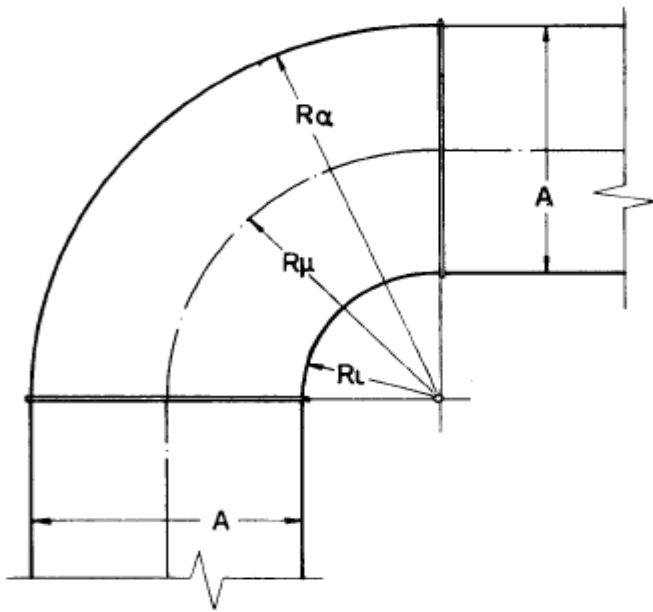
4.8.1 Υπολογισμός Καμπύλης

Χρησιμοποιούνται για αλλαγή κατεύθυνσης του αεραγωγού και κατασκευάζονται όπως την εικόνα 11. Αν A είναι η διάσταση του αεραγωγού, R_a , R_i η εξωτερική και η εσωτερική ακτίνα καμπυλότητας αντίστοιχα τότε η μέση ακτίνα καμπυλότητας είναι :

$$R_{\mu} = (R_a + R_i)/2$$

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη μέση ακτίνα καμπυλότητας είναι :

$$R_{\mu}(\min) = A$$



$$R_{\mu} = 0,5 \times (R_{\alpha} + R_l)$$

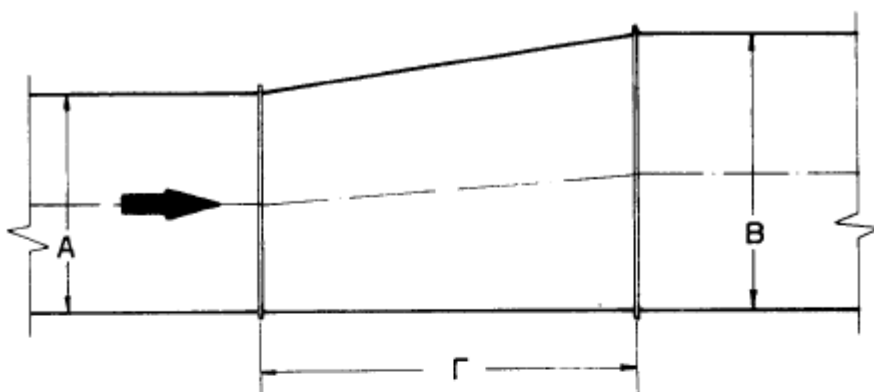
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΑΚΤΙΝΑ: $R_{\mu} = A$

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

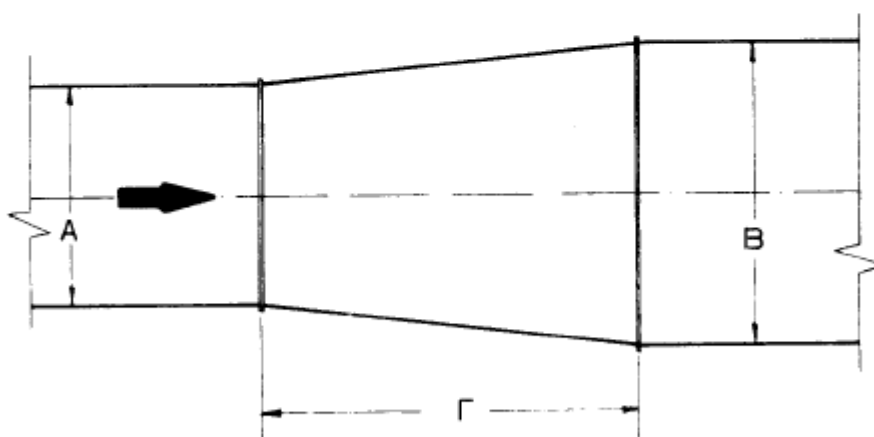
Εικόνα 11: κατασκευή καμπύλης

4.9 Υπολογισμός Συστολών – Διαστολών

Οι συστολές και οι διαστολές χρησιμοποιούνται για την αλλαγή της διατομής του αεραγωγού. Η κατασκευή τους φαίνονται στις εικόνες 12 και 13. Ο συνδυασμός μιας συστολής (ή διαστολής) με μια καμπύλη μπορεί να αντικατασταθεί με μια συστολική καμπύλη που κατασκευάζεται όπως φαίνεται στην εικόνα 14.



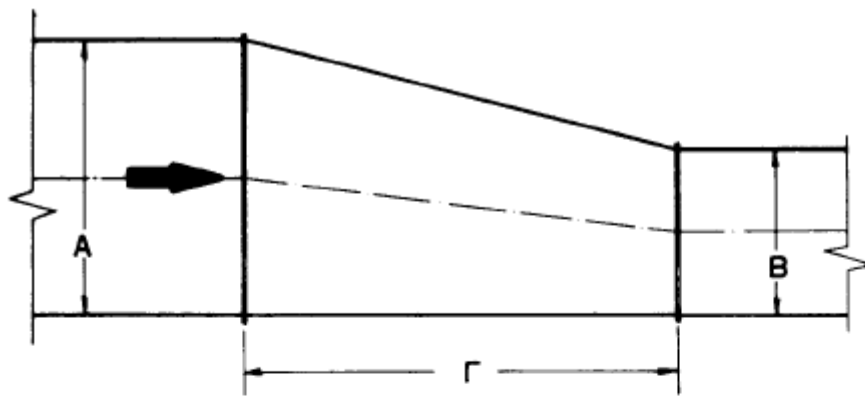
ΜΟΝΟΠΛΕΥΡΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ: $\Gamma = (B - A) \times 7$



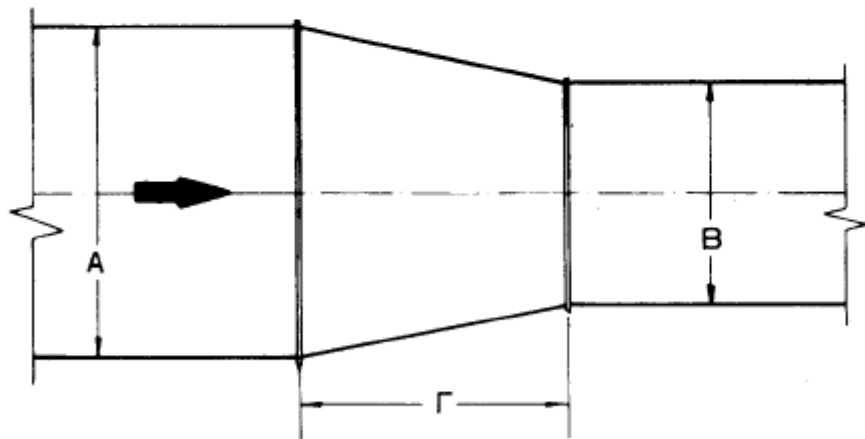
ΔΙΠΛΕΥΡΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ: $\Gamma = (B - A) \times 4$

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Εικόνα 12: κατασκευή διαστολής



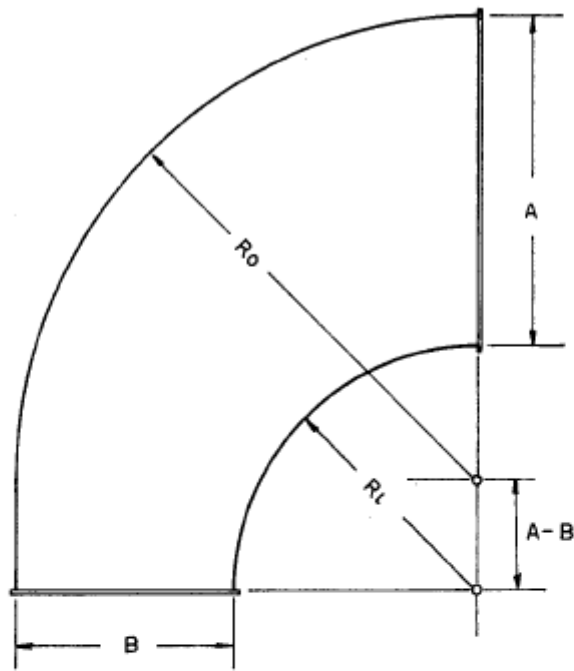
ΜΟΝΟΠΛΕΥΡΗ ΣΥΣΤΟΛΗ: $\Gamma = (A - B) \times 4$



ΔΙΠΛΕΥΡΗ ΣΥΣΤΟΛΗ: $\Gamma = (A - B) \times 2,5$

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΤΟΛΗΣ

Εικόνα 13: κατασκευή συστολής



$$R_o = B + \frac{3}{4} A$$

$$R_L = \frac{3}{4} A$$

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΣΤΟΛΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

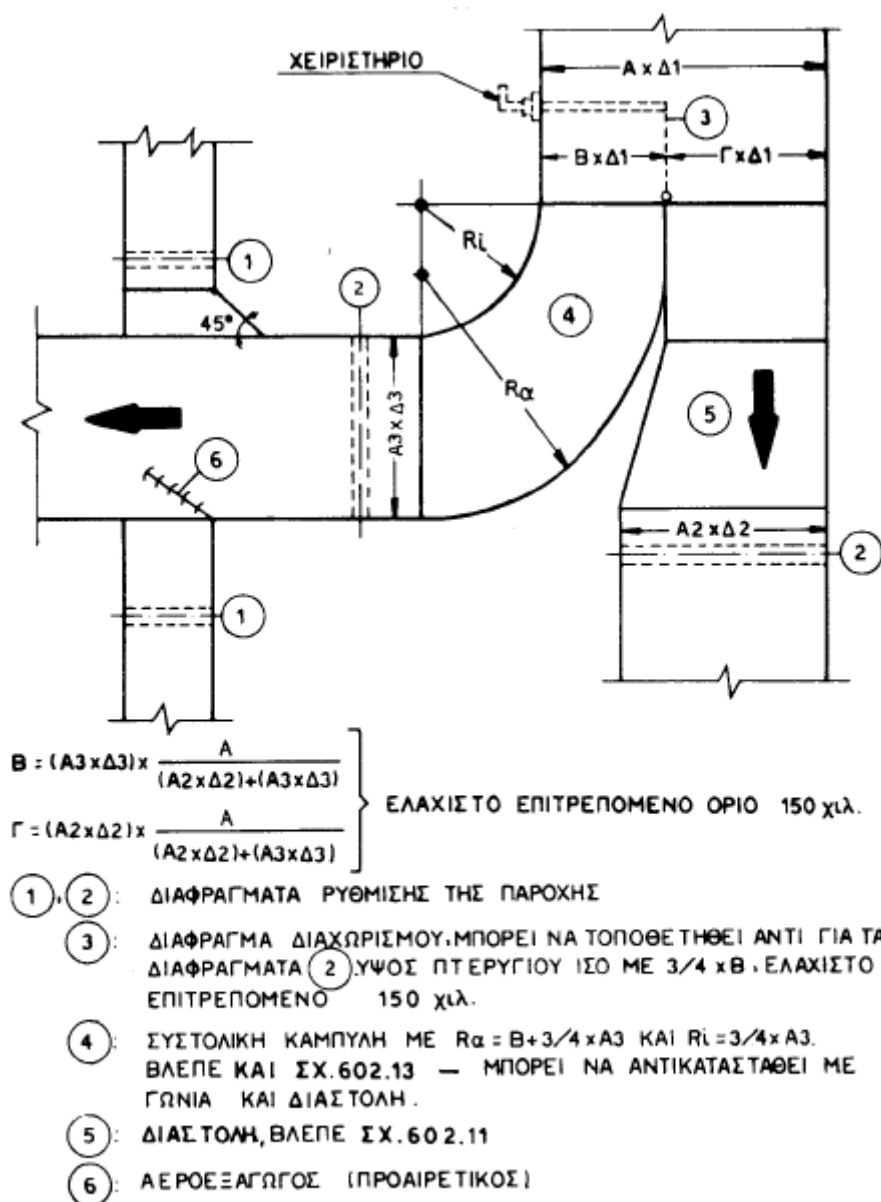
Εικόνα 14: κατασκευή συστολικής καμπύλης

4.10 Διακλαδώσεις

Υπάρχουν μερικοί τύποι διακλαδώσεων που χρησιμοποιούνται πολύ σε συστήματα αγωγών ορθογωνικής και κυκλικής διατομής. Οι συστάσεις που δόθηκαν για τις καμπύλες και τις γωνίες ορθογωνικής διατομής έχουν εφαρμογή και στις διακλαδώσεις.

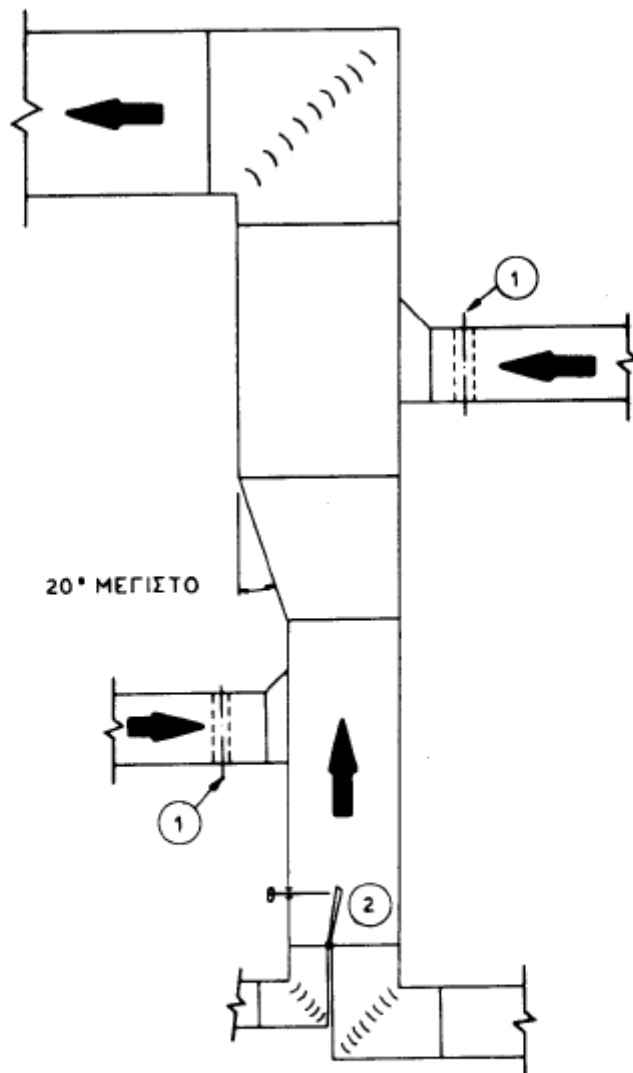
4.10.1 Διακλαδώσεις ορθογωνικής διατομής

Στις εικόνες 15, 16 και 17 δίνονται οι τυπικές μορφές κατασκευής διακλαδώσεων ορθογωνικής διατομής. Σε ειδικές περιπτώσεις και για κατασκευαστικούς λόγους ο μελετητής μπορεί να επιλέξει διαφορετική μορφή διακλάδωσης διατηρώντας όμως τους κανόνες για τις καμπύλες ή γωνίες και τις συστολές ή διαστολές των αεραγωγών.



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΩΝ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ

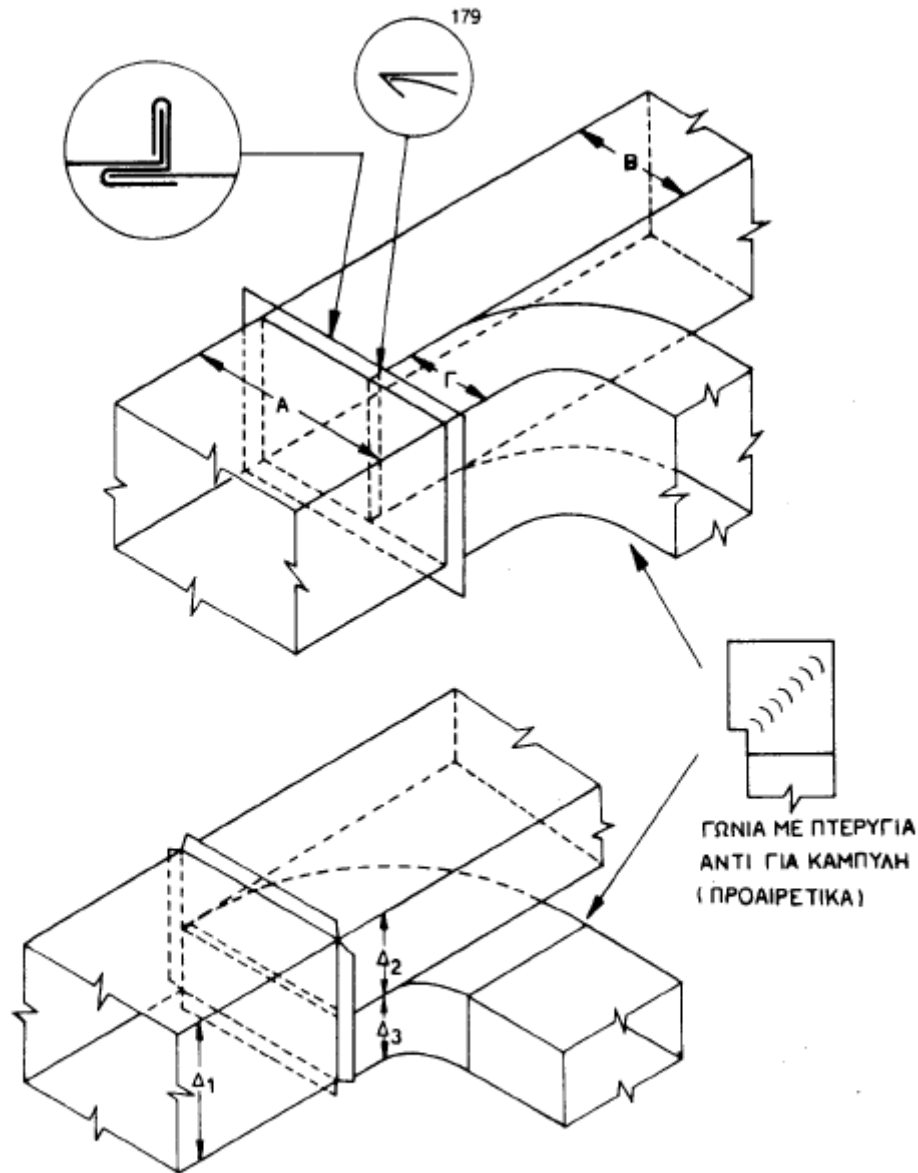
Εικόνα 15: διακλαδώσεις αεραγωγών προσαγωγής



- ① : ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ
- ② : ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ (ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΟ)

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΩΝ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ

Εικόνα 16: διακλαδώσεις αεραγωγών επιστροφής



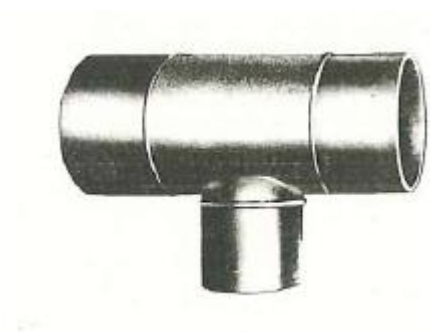
ΟΙ ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ Α, Β ΚΑΙ Γ ΔΙΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΣΧ. 602.14
ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ Δ_2 ΚΑΙ Δ_3 100 χιλ.

ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ

Εικόνα 17: διακλαδώσεις (παντελόνι)

4.10.2 Διακλαδώσεις κυκλικής διατομής

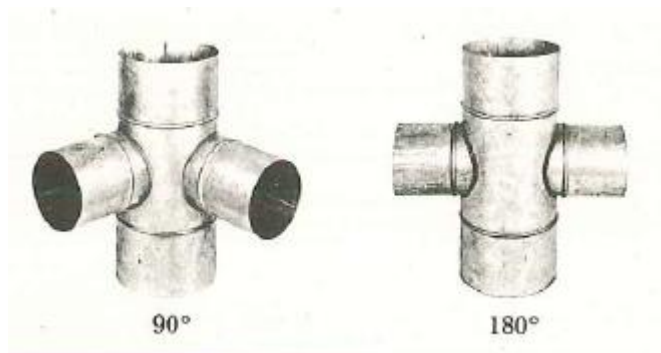
Υπάρχουν δύο κατηγορίες διακλαδώσεων για συστήματα κυκλικής διατομής αγωγών : Το ταν 90 μοιρών και το κωνικό ταν 90 μοιρών Το κωνικό ταν χρησιμοποιείται για ταχύτητες αέρα κλάδου που ξεπερνούν τα 4000 fpm ή όταν απαιτείται πτώση πίεσης μικρότερη της απευθείας διακλάδωσης. Διασταυρώσεις με διακλαδώσεις τοποθετημένες σε 180 , 135 και 90 μοίρες μεταξύ τους φαίνονται στην εικόνα 20.



Εικόνα 18: ταυ 90°



Εικόνα 19:Κωνικό ταυ 90°



Εικόνα 20: διασταυρώσεις

4.11 Διαφράγματα

Τα διαφράγματα χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση της παροχής του αέρα στους αεραγωγούς. Οι βασικοί τύποι είναι δύο :

- Διαφράγματα διαχωρισμού

Αποτελούνται από ένα πτερύγιο του οποίου η θέση ρυθμίζεται με την βοήθεια ενός στελέχους. Το πτερύγιο ρυθμίζει την αναλογία των παροχών στο σημείο διαχωρισμού του αέρα. Τα διαφράγματα διαχωρισμού (split dampers) ρυθμίζουν τον διαχωρισμό του αέρα σε δύο ρεύματα.

- Διαφράγματα όγκου

Τοποθετούνται σε ολόκληρη την διατομή του αεραγωγού για την ρύθμιση της παροχής του αέρα.

Σε έναν αεραγωγό με μέγιστη διάσταση μέχρι 250 mm , τα διαφράγματα όγκου μπορούν να είναι ενός πτερυγίου . Σε αεραγωγό μεγαλύτερων διαστάσεων τα

διαφράγματα όγκου κατασκευάζονται πολύφυλλα με πτερύγια τα οποία , ανά δύο, κινούνται αντίθετα.

Κατά την τοποθέτηση των διαφραγμάτων πρέπει :

1. Να δίνετε προσοχή στη σωστή τοποθέτηση και σύσφιξη ώστε τα πτερύγια να μην πάλλονται και δημιουργούν θορύβους.
2. Να σημειώνεται στον μηχανισμό χειρισμού η ένδειξη ανοιχτό-κλειστό , για την εύκολη ρύθμιση του διαφράγματος.

Τα διαφράγματα κατηγοριοποιούνται σε δύο ακόμα κατηγορίες :

- Τα ρυθμιστικά και
- Τα διαφράγματα πυρασφάλειας

Τα ρυθμιστικά διαφράγματα μπορούν να κατασκευασθούν από μεταλλικά ελάσματα ή από πλαστικό και χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ροής του αέρα μέσα στους αεραγωγούς. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται με κατάλληλη μεταβολή της πτώσης πίεσης του διαφράγματος.

Τα διαφράγματα πυρασφάλειας χρησιμοποιούνται για να εμποδίζουν την εξάπλωση της πυρκαγιάς μέσα από τους ίδιους τους αεραγωγούς. Τα διαφράγματα πυρασφάλειας κατασκευάζονται από χαλύβδινα ελάσματα πάχους 1,6mm και σταθεροποιούνται στην ανοικτή θέση με ένα εύτηκτο σύνδεσμο που ενεργοποιείται σε θερμοκρασία περίπου 70 C. Όταν υπάρξει η θερμοκρασία αυτή ο σύνδεσμος ελευθερώνει το έλασμα και διάφραγμα έρχεται στην κλειστή θέση.



Εικόνα 21:Ρυθμιστικό διάφραγμα



Εικόνα 22: Διάφραγμα πυρασφάλειας

4.12 Στόμια

Τα στόμια χρησιμοποιούνται για την διανομή του αέρα μέσα σε κάθε κλιματιζόμενο χώρο. Κατασκευάζονται από χάλυβα αλουμινίου ή κατάλληλο πλαστικό. Η κατάταξη των στομίων γίνεται συνήθως σύμφωνα με τον τρόπο τοποθέτησής τους . Διακρίνουμε έτσι τις παρακάτω κατηγορίες :

- Στόμια τοίχου
- Στόμια οροφής
- Στόμια δαπέδου

Τα στόμια επίσης μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με την χρήση τους (στόμια προσαγωγής- απαγωγής) ή ανάλογα με την απόδοσή τους και τις συνθήκες ροής που επιτυγχάνουν σε ένα χώρο. Στην τελευταία αυτή περίπτωση διακρίνουμε τις παρακάτω 4 ομάδες στομίων:

1. Στόμια που τοποθετούνται στην οροφή ή κοντά στην οροφή και διανέμουν τον αέρα οριζόντια
2. Στόμια που τοποθετούνται στο δάπεδο ή κοντά στο δάπεδο και διανέμουν τον αέρα κατακόρυφα με ή χωρίς διασπορά του κύριου ρεύματος του αέρα.
3. Στόμια που τοποθετούνται στο δάπεδο ή κοντά στο δάπεδο και διανέμουν τον αέρα οριζόντια.
4. Στόμια που τοποθετούνται στην οροφή ή κοντά στην οροφή και διανέμουν τον αέρα κατακόρυφα.

Η επιλογή των στομίων γίνεται με βάση την :

1. παρεχόμενη ποσότητα αέρα (απαιτούμενη παροχή)
2. το βεληνεκές
3. την κατακόρυφη ειδική πτώση του αέρα
4. τη στάθμη του προκαλούμενου θορύβου

Τα στόμια προσαγωγής αέρα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες :

- Τα στόμια τοίχου
- Τα στόμια οροφής

4.12.1 Στόμια τοίχου

Τα στόμια τοίχου έχουν συνήθως ορθογωνική ή τετραγωνική διατομή και τοποθετούνται σε κατάλληλες αποστάσεις, ανάλογα με το μέγεθος και τη μορφή του κλιματιζόμενου χώρου. Τα πτερύγια συνήθως κατασκευάζονται από προφίλ αλουμινίου και τοποθετούνται σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους. Περιστρέφονται γύρω από τον άξονα στήριξης (κατακόρυφο ή οριζόντιο) και μπορούν να λάβουν κάθε δυνατή κλίση. Μια αρκετά διαδεδομένη σειρά στομίων τοίχου, είναι τα 'γραμμικής' μορφής τα οποία έχουν κατακόρυφη διάσταση πολύ μικρή σε σχέση με το μήκος τους, το οποίο μπορεί να φτάσει αρκετά μέτρα.



Εικόνα 23:Στόμιο τοίχου 1



Εικόνα 24:Στόμιο τοίχου 2

4.12.2 Στόμια οροφής

Τα στόμια οροφής είναι συνήθως κυκλικής διατομής αλλά και τετραγωνικής ή ορθογωνικής. Τα κυκλικά στόμια οροφής αποτελούνται από σειρά πτερυγίων μορφής κώνου, διαφορετικών διαμέτρων, τα οποία συναρμολογούνται μεταξύ τους ώστε να αποτελούν ενιαίο σύνολο. Η διάταξη αυτή έχει σαν στόχο να παραλαμβάνεται ο αέρας από επάνω και να κατανέμεται προς τα κάτω ομοιόμορφα προς όλες τις διασυνδέσεις οριζόντια ή υπό κλίση έως και κατακόρυφα. Τα στόμια οροφής χρησιμοποιούνται κυρίως σε χώρους μεγάλων διαστάσεων, στους οποίους η τοποθέτηση στομίων τοίχου είναι πιθανόν να μην εξασφαλίζει ομοιόμορφη διανομή. Συχνά όμως τα στόμια οροφής επιβάλλονται από λόγους αρχιτεκτονικής ή αισθητικής των χώρων ή γιατί συνδυάζονται με τα φωτιστικά σώματα. Η ονομασία τους 'στόμια οροφής', δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι έχουν τοποθετηθεί στην οροφή. Συχνά τα δίκτυα αεραγωγών (σε χώρους σημαντικού ύψους) οδεύουν πολύ χαμηλότερα από την οροφή (στηριγμένα σε κατακόρυφα δομικά στοιχεία ή ειδικά κρεμαστά συστήματα).



Εικόνα 25: Στόμιο οροφής 1



Εικόνα 26: Στόμιο οροφής 2

4.12.3 Στόμια απαγωγής αέρα

Τα στόμια παραλαβής του 'μη καθαρού' αέρα των χώρων, μοιάζουν σε γενικές γραμμές με τα στόμια τοίχου για την προσαγωγή του αέρα, αλλά είναι συνήθως απλούστερης κατασκευής. Χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον στόμια με μια σειρά οριζόντια ή σπανιότερα κατακόρυφα πτερύγια, με ή χωρίς διάφραγμα από φύλλα αλουμινίου, τα οποία όταν υπάρχουν κινούνται αντίθετα, ανά δύο.



Εικόνα 27: Στόμιο απαγωγής 1



Εικόνα 28: Στόμιο απαγωγής 2

Κατά την εγκατάσταση των στομίων πρέπει:

1. Να τοποθετούνται έτσι ώστε τα σημεία χειρισμού να είναι προσιτά
2. Να δίνεται προσοχή για μην καταστρέφεται η εξωτερική εμφάνισή τους
3. Η σύνδεσή τους με τον αεραγωγό να είναι στεγανή

Να ελέγχεται η ροή του αέρα από τον αεραγωγό προς το στόμιο και να προβλέπεται το κατάλληλο μέσο ρύθμισης

4.13 Μονώσεις Αεραγωγών

Οι μονώσεις των αεραγωγών κατασκευάζονται για να ελαττώσουν τις θερμικές απώλειες και για να μην δημιουργούνται συμπυκνώματα στην εξωτερική επιφάνεια των αεραγωγών. Για τον σκοπό αυτό πρέπει :

- Η μόνωση να είναι συνεχής χωρίς διακοπές
- Η μόνωση να έχει εξωτερικό μανδύα (π.χ., αλουμινοφύλλο) του οποίου η στεγανότητα να είναι απόλυτη.
- Σε εξωτερικούς αγωγούς η μόνωση να επικαλύπτεται με υλικό που αντέχει στα νερά και τις καιρικές συνθήκες.
- Εφόσον οι αεραγωγοί τοποθετούνται σε υπαίθριο χώρο να στεγανοποιούνται οι αρμοί για να μην εισχωρεί υγρασία στο μονωτικό υλικό.
- Να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη συγκόλληση και στερέωση της μόνωσης στα τοιχώματα του αεραγωγού για να μην ξεκολλά με την ροή του αέρα.
- Εφόσον χρησιμοποιείται υαλοβάμβακας πρέπει η εσωτερική επιφάνεια του έρχεται σε επαφή με τον αέρα να καλύπτεται με κατάλληλο προστατευτικό υλικό ώστε να μην παρασύρονται ίνες υαλοβάμβακα που είναι επικίνδυνες για την υγεία.



Εικόνα 29: Μόνωση αεραγωγών 1

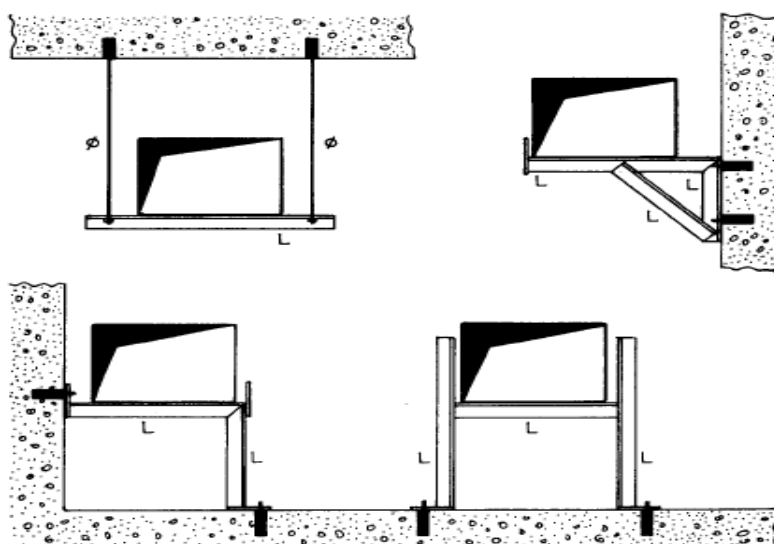


Εικόνα 30: Μόνωση αεραγωγών 2

5. Στήριξη αεραγωγών

Η στήριξη των αεραγωγών γίνεται από τα οικοδομικά στοιχεία και πρέπει να εξασφαλίζει απόλυτη στερεότητα και ακαμψία. Τα στηρίγματα μπορούν να κατασκευασθούν από γαλβανισμένη λαμαρίνα αναδιπλωμένη (συρτάρι) ή μορφοσίδηρο. Τα στηρίγματα από μορφοσίδηρο πρέπει πριν από την τοποθέτηση να βάφονται με δύο στρώσεις γραφιτούχου αντισκωριακού μίνιου.

Στην εικόνα 31 δίνονται τα είδη και οι μέγιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις μεταξύ των στηριγμάτων , για αεραγωγούς με μεγάλη διάσταση διατομής, μέχρι 1500mm. Για μεγαλύτερους αεραγωγούς απαιτούνται ικριώματα στήριξης που πρέπει να υπολογίζονται ιδιαίτερα από τον μελετητή.



ΜΕΓΑΛΗ ΔΙΑΣΤ. ΑΕΡΑΓΩΓ.	ΕΩΣ 500	510... 1000	1010...1500
L	30x30x3	40x40x4	50x50x5
∅	6	8	10

ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ

Εικόνα 31 : Στήριξη αεραγωγών

6. Επιθεώρηση αεραγωγών

Μετά την κατασκευή των δικτύων και πριν από την γενική δοκιμή της εγκατάστασης πρέπει να γίνεται η επιθεώρηση των αεραγωγών για ελεγχθούν και να αποκατασταθούν :

- Η καλή λειτουργία όλων των διαφραγμάτων και διατάξεων ρύθμισης της παροχής και ροής του αέρα
- Οι πιθανές διαρροές αέρα.
- Η σωστή τοποθέτηση των στομιών , μονάδων ανεμιστήρων και λοιπών συσκευών
- Η σωστή στήριξη των αεραγωγών προς αποφυγή κραδασμών
- Η σωστή λειτουργία των αρχιτεκτονικών στοιχείων που συνδυάζονται με τους αεραγωγούς(ψευδοροφές).

Επίσης πριν από την τελική δοκιμή , οι αεραγωγοί πρέπει να καθαρίζονται από σκόνες που έχουν συγκεντρωθεί , κατά την κατασκευή, στο εσωτερικό τους. Για τον σκοπό αυτό ανοίγονται όλα τα διαφράγματα και μπαίνουν σε λειτουργία όλοι οι

ανεμιστήρες της εγκατάστασης για τουλάχιστον 30 λεπτά. Η περίοδος καθαρισμού αυξάνεται εφόσον από τα στόμια εξακολουθεί να βγαίνει σκόνη.

Μετά την ολοκλήρωση του καθορισμού των αεραγωγών πρέπει να καθαρίζονται , με επιμέλεια, τα στόμια προσαγωγής και να τοποθετούνται τα διαφράγματα σε θέση πρώτης ρύθμισης.

Η τελική θέση ρύθμισης των διαφραγμάτων θα γίνεται κατά την τελική δοκιμή των αεραγωγών.

7. Ρύθμιση

Με τον όρο αυτό εννοείται η πραγματοποίηση όλων των μετρήσεων και εργασιών που απαιτούνται για να επιτευχθεί η επιθυμητή παροχή σε ένα δίκτυο αεραγωγών ή σε μια τερματική συσκευή

7.1 Απαιτούμενα όργανα

Για την διαδικασία ελέγχου και ρύθμισης των δικτύων αεραγωγών μιας εγκατάστασης κλιματισμού απαιτούνται τα παρακάτω όργανα:

1. Τρία κατάλληλα μανόμετρα με υποδιαίρεσεις 0,1 Pa
2. Σωλήνες pitot
3. Όργανο μετρήσεως στροφών (tachometer)
4. Αμπερόμετρο και βολτόμετρο τύπου λαβίδας
5. Ανεμόμετρο με πτερύγιο εκτροπής (deflecting vane anemometer)
6. Ανεμόμετρο με πτερωτή (rotating vane anemometer)
7. Ανεμόμετρο θερμικού τύπου(thermal type hot wire anemometer)
8. Κατάλληλα θερμόμετρα για μέτρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου ή αεραγωγού.

7.2 Μέτρηση παροχής αέρα στομίων

Συνήθως οι διάφοροι κατασκευαστές δίνουν για κάθε τύπο στομίου την ισοδύναμη επιφάνεια του (A_k) που αν πολλαπλασιαστεί με την ταχύτητα (V_k) του αέρα, όπως αυτή προκύπτει από τις μετρήσεις με κατάλληλο ανεμόμετρο με πτερύγιο εκτροπής , ορίζει την παροχή του στομίου. Επίσης χαρακτηριστικό στοιχείο ενός στομίου είναι ο λεγόμενος συντελεστής (K) του στομίου.

Η ισοδύναμη επιφάνεια ενός στομίου (A_k) και συντελεστής (K) του στομίου δεν ανταποκρίνονται σε καμία φυσική διάσταση του στομίου αλλά αποτελούν αυθαίρετους συντελεστές που σχετίζονται άμεσα με τον τύπο του ανεμομέτρου που έγιναν οι μετρήσεις. Το ίδιο στόμιο με άλλο τύπου ανεμόμετρο θα έχει διαφορετική ισοδύναμη επιφάνεια (A_k) ή συντελεστή (K). Ακόμα περισσότερο , η ακρίβεια των

παραπάνω μετρήσεων εξαρτάται επίσης σημαντικά από την σωστή τοποθέτηση του ακροφύσιου του ανεμόμετρου μπροστά στο στόμιο.

Η μέθοδος αυτή δεν μπορεί , επομένως, να εφαρμόζεται παρά μόνο εάν είναι γνωστά ή δίνονται από τον κατασκευαστή του στομίου :

1. Η ισοδύναμη επιφάνεια (A_k) ή ο συντελεστής (K) του στομίου και ο τύπος του ανεμομέτρου στον οποίο αναφέρονται τα μεγέθη αυτά
2. Ο αριθμός και οι θέσεις των σημείων μέτρησης της ταχύτητας (V_k) του αέρα
3. Ο ακριβής τρόπος τοποθέτησης του ακροφύσιου του ανεμομέτρου.

Πάντως ακόμα και στις περιπτώσεις που δίνονται από τον κατασκευαστή των στομίων όλα τα παραπάνω στοιχεία , συνίσταται να γίνεται έλεγχος και επιβεβαίωση των στοιχείων αυτών.

7.3 Μέτρηση παροχής αέρα αεραγωγών

Οι πιο πολλές μέθοδοι ρύθμισης των δικτύων των αεραγωγών δίνουν μεγαλύτερη σπουδαιότητα στην μέτρηση των παροχών μέσα στους αεραγωγούς παρά στα στόμια. Οι μετρήσεις των παροχών μέσα στους αεραγωγούς, θεωρούνται γενικά πιο αξιόπιστες , από τις μετρήσεις των παροχών στα στόμια , μια και οι τελευταίες βασίζονται σε δεδομένα κατασκευαστών. Στην περίπτωση ,λοιπόν, που μετρούνται οι παροχές μέσα σε αεραγωγούς , οι μετρήσεις των παροχών των στομίων χρησιμοποιούνται μόνο για την ισοκατανομή του αέρα σε ένα χώρο ή σε μία ζώνη κλιματισμού.

Η συνιστώμενη μέθοδος για την μέτρηση της παροχής του αέρα μέσα στους αεραγωγούς είναι αυτή που γίνεται με την χρησιμοποίηση του σωλήνα pitot. Για την σωστή εφαρμογή της μεθόδου αυτής θα πρέπει να έχουν προβλεφθεί κατάλληλα σημεία ελέγχου που να εξασφαλίζουν πριν από αυτά ύπαρξη ευθύγραμμης ροής του αέρα σε μήκος τουλάχιστον ίσο με 7,5 φορές την ισοδύναμη διάμετρο του αεραγωγού

Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός της παροχής ενός ανεμιστήρα από την απορροφούμενη ισχύ του ηλεκτροκινητήρα του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ενδεικτικά γιατί σε πολλούς τύπους ανεμιστήρων δεν υπάρχει αναλογική σχέση μεταξύ παροχής και απορροφούμενης ισχύος.

8. Μέθοδοι υπολογισμού αεραγωγών

Οι υπολογισμοί του μεγέθους των αεραγωγών, σε συνδυασμό με την πτώση πίεσης και την αποφυγή δημιουργίας εστιών θορύβου, γίνεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους :

1. Μέθοδος σταθερής πτώσης πίεσης
2. Μέθοδος σταθερής ταχύτητας
3. Μέθοδος ανάκτησης της στατικής πίεσης

8.1 Μέθοδος σταθερής πτώσης πίεσης

Η μέθοδος με σταθερή πτώση πίεσης, χρησιμοποιείται τόσο σε δίκτυα προσαγωγής, όσο και απαγωγής. Είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος και δίδει πολύ καλά αποτελέσματα σε κάπως συμμετρικά δίκτυα αεραγωγών ή δίκτυα των οποίων οι κλάδοι έχουν ίσο ή περίπου ίσο μήκος. Όταν υπάρχουν διαφορές στο μήκος, προβλέπονται κατάλληλα διαφράγματα ρυθμίσεων της ροής των κλάδων, οπότε και πάλι προκύπτουν ικανοποιητικά αποτελέσματα με τη μέθοδο σταθερής πτώσεως πίεσης.

8.2 Μέθοδος ανάκτησης της στατικής πίεσης

Η μέθοδος υπολογισμού του δικτύου αεραγωγών με ανάκτηση της στατικής πίεσης χρησιμοποιείται σε μεγάλα και δύσκολα δίκτυα. Δηλαδή δίκτυα εκτεταμένα και ασύμμετρα, δίκτυα αεραγωγών υψηλής ταχύτητας και κλάδους με σημαντικά διαφορετικό μήκος

8.3 Μέθοδος σταθερής ταχύτητας

Η μέθοδος της σταθερής ταχύτητας χρησιμοποιείται:

1. Σε απλά δίκτυα χωρίς διακλαδώσεις
2. Σε δίκτυα απαγωγής στα οποία απαιτείται μια σταθερή ταχύτητα ροής, προς αποφυγή κατακρήνη σκόνης ή άλλων αιωρούμενων σωματιδίων
3. Σε μικρά τμήματα εκτεταμένων δικτύων, σε συνδυασμό με μια από τις άλλες μεθόδους

9. Τρόποι υπολογισμού αεραγωγών

9.1 Τρόπος υπολογισμού σταθερής πτώσης πίεσης

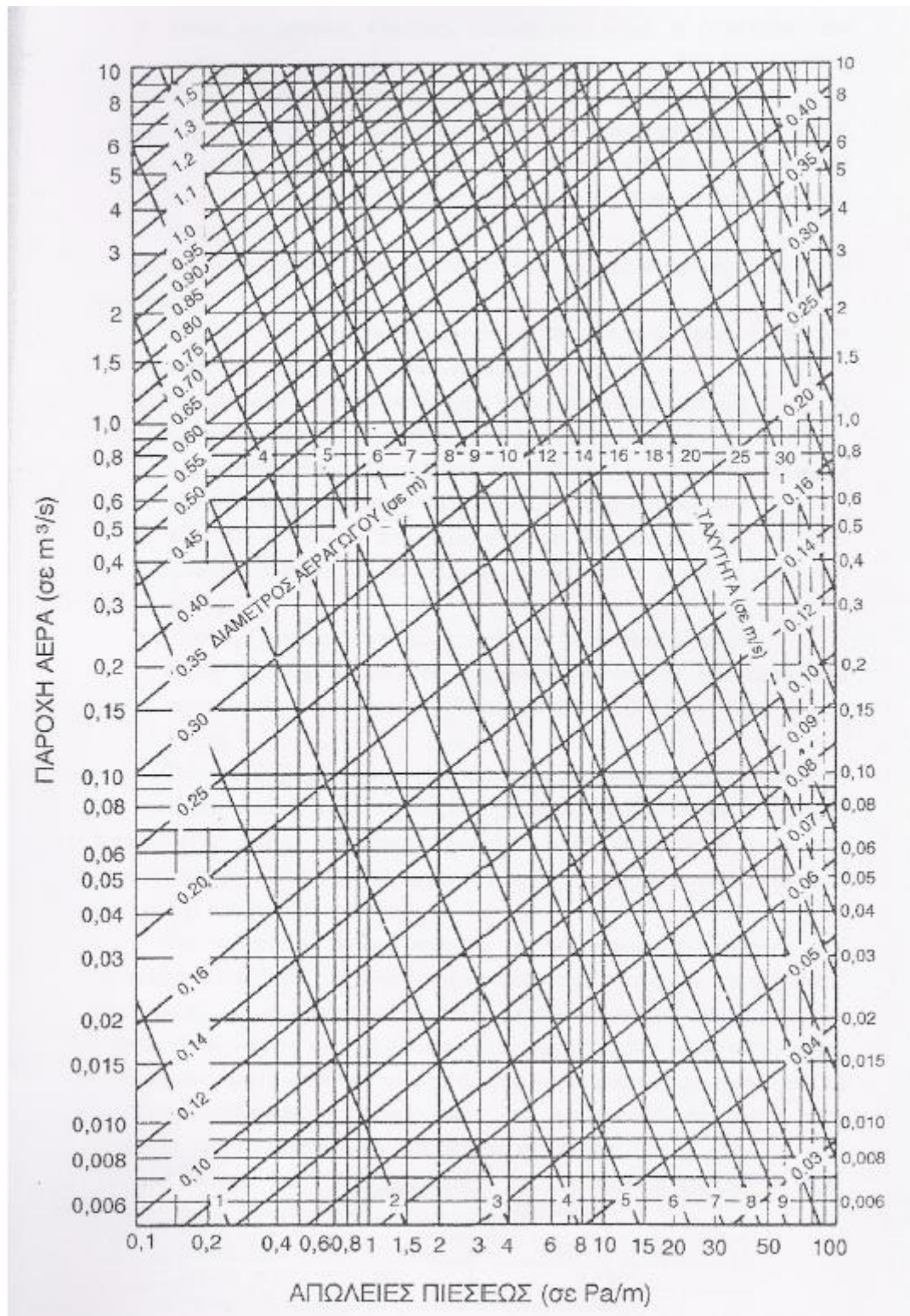
Στην μέθοδο ίσης πτώσης πίεσης, οι αεραγωγοί διαστασιολογούνται για σταθερή πτώση πίεσης ανά μέτρο μήκους. Η μέθοδος συνίσταται στα παρακάτω βήματα:

1. Υπολογίζεται η επιθυμητή παροχή αέρα, από το ψυκτικό φορτίο του συστήματος ή βάση εναλλαγών αέρα.
2. Επιλέγεται η ταχύτητα στην αρχή του δικτύου αεραγωγών, ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο θορύβου.

Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες αεραγωγών χαμηλής ταχύτητας (m/sec)				
	Κύριοι κλάδοι		Δευτερεύοντες κλάδοι	
	Προσαγωγή	Επιστροφή	Προσαγωγή	Επιστροφή
Κατοικίες	5	4	3	3
Κλίνες Ξενοδοχείων	7,5	6,5	6	5,5
Κλίνες νοσοκομείων	7,5	6,5	6	5,5
Γραφεία	8	7	7	6
Βιβλιοθήκες	8	7	7	6
Θέατρα	7,5	5,5	5	4
Αμφιθέατρα	7,5	5,5	5	4
Τράπεζες	9	9	8	7
Εστιατόρια	9	9	8	7
Καταστήματα	9	9	8	7
Βιομηχανικός εξαερισμός	12	9	10	7,5

Πίνακας 3: Επιτρεπόμενες ταχύτητες αεραγωγών

3. Με δεδομένη την επιθυμητή παροχή του δικτύου και την ταχύτητα, από το διάγραμμα απωλειών τριβής – παροχής βρίσκεται η τιμή των απωλειών τριβής που θα διατηρηθεί σε όλο το σύστημα
4. Από το ίδιο διάγραμμα, και κινούμενοι πάνω στην ευθεία σταθερών απωλειών τριβής (πτώσης πίεσης), βρίσκεται η διάμετρος του ισοδύναμου κυκλικού αεραγωγού, για κάθε τμήμα του δικτύου και σύμφωνα με τις παροχές αυτού. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ταχύτητα στους αεραγωγούς μικραίνει συνεχώς κατά τη διεύθυνση της ροής.



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα απωλειών τριβής – παροχής

5. Στους υπόλοιπους κλάδους, επαναυπολογίζονται οι διαστάσεις των αεραγωγών, ώστε όλοι οι κλάδοι να έχουν την ίδια ολική πτώση πίεσης. Ο επαναυπολογισμός αυτός οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας στους διάφορους κλάδους, και αύξηση της τιμής των απωλειών τριβής σε αυτούς. Προσοχή

- πρέπει να δοθεί κατά το στάδιο αυτό ώστε κάθε κλάδος να παρουσιάζει πτώση της ταχύτητας κατά τη διεύθυνση της ροής.
6. Από τις διαμέτρους των ισοδύναμων κυκλικών, υπολογίζονται οι αντίστοιχες διαστάσεις αεραγωγών ορθογωνικής διατομής.
 7. Υπολογίζεται η ολική πτώση πίεσης στο δυσμενέστερο κλάδο.

Συχνά οι μελετητές χρησιμοποιούν την παρακάτω απλούστευση της μεθόδου:

1. Υπολογίζεται η επιθυμητή παροχή αέρα, από το ψυκτικό φορτίο του συστήματος ή βάση εναλλαγών αέρα
2. Επιλέγεται η ταχύτητα στην αρχή του δικτύου αεραγωγών, ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο θορύβου.
3. Με δεδομένη την επιθυμητή παροχή του δικτύου και την ταχύτητα, με μία απλή διαίρεση προκύπτει η διατομή του αρχικού κλάδου.
4. Ανάλογα με το ποσοστό παροχής του κάθε κλάδου σε σχέση με τον αρχικό, βρίσκονται οι διατομές όλων των κλάδων.
5. Υπολογίζεται η ολική πτώση πίεσης στο δυσμενέστερο κλάδο.
6. Στους υπόλοιπους κλάδους, επαναυπολογίζονται οι διαστάσεις των αεραγωγών, ώστε όλοι οι κλάδοι να έχουν την ίδια ολική πτώση πίεσης.

Στην πράξη, στα περισσότερα δίκτυα αεραγωγών, το τελευταίο βήμα δεν πραγματοποιείται κατά τον σχεδιασμό, αλλά προβλέπονται ρυθμιστικά διαφράγματα στους διάφορους κλάδους. Αυτά ρυθμίζονται μετά την τροφοδοσία του δικτύου με αέρα για την επίτευξη του βέλτιστου ζυγίσματος (balancing) του δικτύου.

Το τελευταίο βήμα σκοπεύει στον σχεδιασμό δικτύων που 'αυτοεξισορροπούνται'. Η έννοια της αυτοεξισορρόπησης δεν σημαίνει πως, στην πράξη, όλοι οι κλάδοι του δικτύου θα έχουν ίση πτώση πίεσης, κάτι που φυσικά συμβαίνει σε όλα τα δίκτυα όπως και να έχουν διαστασιολογηθεί. Αυτοεξισορρόπηση σημαίνει πως το δίκτυο θα δουλέψει στην πράξη με τις συνθήκες σχεδιασμού (ταχύτητα που έχει υπολογισθεί σε όλους τους κλάδους), χωρίς να χρειασθούν ρυθμιστικές επεμβάσεις.

Από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86[1] προτείνονται οι παρακάτω τιμές πτώσεις πίεσης (απωλειών τριβής):

Δίκτυα Χαμηλής Ταχύτητας	0,65-0,8 Pa/m
Δίκτυα Υψηλής Ταχύτητας	8 Pa/m

Πίνακας 4: επιτρεπόμενες τιμές πτώσης πίεσης

9.2 Τρόπος υπολογισμού με ανάκτηση στατικής πίεσης

Η μέθοδος περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Υπολογίζεται η επιθυμητή παροχή αέρα, από το ψυκτικό φορτίο του συστήματος ή βάση εναλλαγών αέρα.
2. Επιλέγεται η ταχύτητα στην αρχή του δικτύου αεραγωγών, ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο θορύβου.
3. Με δεδομένη την επιθυμητή παροχή του δικτύου και την ταχύτητα, με μία απλή διαίρεση προκύπτει η διατομή του αρχικού κλάδου.
4. Εκτός των τερματικών κλάδων του δικτύου, όλοι οι υπόλοιποι κλάδοι υπολογίζονται με επαναληπτικό τρόπο. Το κριτήριο που χρησιμοποιείται είναι πως, για κάθε διακλάδωση σε περισσότερους κλάδους, το σημείο της διακλάδωσης έχει την ίδια στατική πίεση. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται είναι:

Για πτώση πίεσης

$$\Delta p = 0.03f \frac{L}{d^{1.22}} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.82}$$

όπου:

f : ο συντελεστής τριβής

L: το ισοδύναμο μήκος του αεραγωγού σε in

d: η διάμετρος του αγωγού σε in

V: η ταχύτητα του αέρα σε fpm

Η ανάκτηση της πίεσης στη διερεύνηση είναι :

$$\Delta p = R \frac{V_1^2 - V_2^2}{4005^2}$$

όπου :

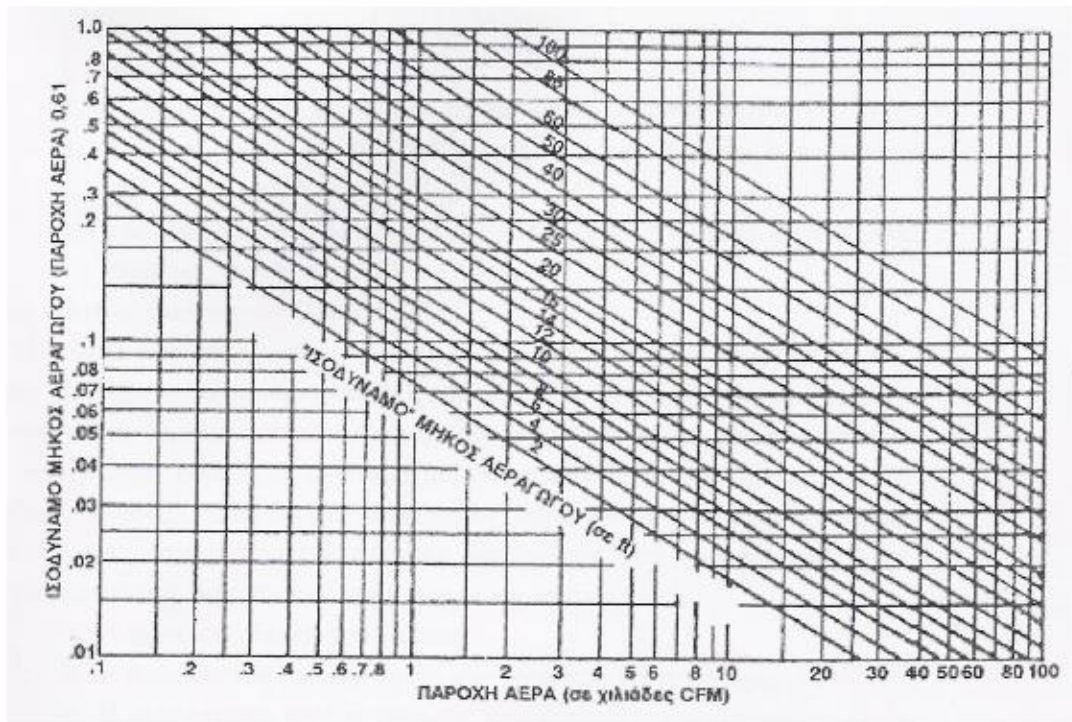
R: ο βαθμός ανάκτησης του ακροφυσίου

Και $V_2 = V$

Ο τύπος της Δp για δεδομένη παροχή αέρα είναι :

$$\Delta p = 3.9 * 10^{-9} \frac{L * V^{2,43}}{Q^{0,61}}$$

Ο λόγος $\frac{L}{Q}$ και γνωστή παροχή αέρα σε χιλιάδες cfm και γνωστό ισοδύναμο μήκος σε ft βρίσκεται από το παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 5: Παροχής αέρα – ισοδύναμου μήκους αεραγωγού.

5. Οι τερματικοί κλάδοι υπολογίζονται πάλι από τις παραπάνω εξισώσεις, έτσι ώστε να προκύπτει η απαιτούμενη στατική πίεση σε αυτούς. Με τον όρο απαιτούμενη στατική πίεση τερματικού κλάδου εννοείται η πίεση που επιτυγχάνει την παροχή και βεληνεκές σχεδιασμού για το δεδομένο στόμιο που επιλέγεται στον κλάδο. Η στατική πίεση ακριβώς έξω από ένα στόμιο προσαγωγής ή επιστροφής λαμβάνεται ίση με μηδέν για τις συνήθεις εφαρμογές.

6. Υπολογίζεται η ολική πτώση πίεσης στο δυσμενέστερο κλάδο.

Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη την πραγματική συμπεριφορά του δικτύου με αποτέλεσμα να είναι πιο ακριβής και να καταλήγει σε πιο καλά ισορροπημένα δίκτυα.

Σε σύγκριση με την μέθοδο ίσης πτώσης πίεσης, καταλήγει σε μεγαλύτερα δίκτυα αεραγωγών καθώς οδηγεί σε ταχύτερες αυξομειώσεις της ταχύτητας κατά μήκος των διαφορετικών διαδρομών κλάδων.

9.3 Τρόπος υπολογισμού με ίσες ταχύτητες

Η μέθοδος χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις αεραγωγών συστημάτων απεικόνισης και γενικά μεταφοράς σωματιδίων μέσω του αέρα. Η διατήρηση της ταχύτητας σε αυτά τα δίκτυα είναι απαραίτητη για την αποφυγή κατακρήνησης των σωματιδίων εντός των δικτύων. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τα παρακάτω βήματα:

1. Επιλέγεται η τιμή της ταχύτητας του αέρα για όλο το δίκτυο.
2. Υπολογίζεται η διατομή κάθε τμήματος του δικτύου έτσι ώστε η ταχύτητα να παραμείνει σταθερή.
3. Υπολογίζεται για τα συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ταχύτητα, η πτώση πίεσης του δικτύου.

10. Ζύγισμα δικτύου αεραγωγών

Η κατασκευή δικτύου αεραγωγών, δεν εγγυάται την λειτουργία του δικτύου στις συνθήκες που έχει υπολογίσει ο μελετητής. Οι λόγοι γι' αυτό, με δεδομένο πως δεν έχουν γίνει κακοτεχνίες σε λεπτομέρειες στην κατασκευή, είναι πως ακόμα και το πιο μικρό δίκτυο αεραγωγών είναι ένα σύστημα με πάρα πολλές παραμέτρους που το επηρεάζουν. Επίσης, κάθε δίκτυο αεραγωγών εμφανίζει συμπεριφορά χαοτική,

δηλαδή σε κάθε εκκίνηση του υπάρχουν παράγοντες που μεταβάλλονται και αλλάζουν από λίγο τη συμπεριφορά του. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

- Η τάση του ηλεκτρικού δικτύου
- Η ανεμόπτωση στα εξωτερικά στόμια νωπού και απόρριψης
- Η ανεμόπτωση σαν παράγοντας που επηρεάζει την στεγανότητα του κτιρίου
- Η μεταβαλλόμενη πτώση πίεσης κατά μήκος των φίλτρων

Η αρχική ρύθμιση του δικτύου περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

- ✓ Πριν τη ρύθμιση, η θέση όλων των διαφραγμάτων στομίων και αεραγωγών πρέπει να είναι η τελείως ανοικτή.
- ✓ Μετράται η διαφορά πίεσης μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης των ανεμιστήρων. Με την βοήθεια των χαρακτηριστικών καμπυλών των ανεμιστήρων, βρίσκονται οι παροχές αέρα
- ✓ Μετράται η παροχή των στομίων με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

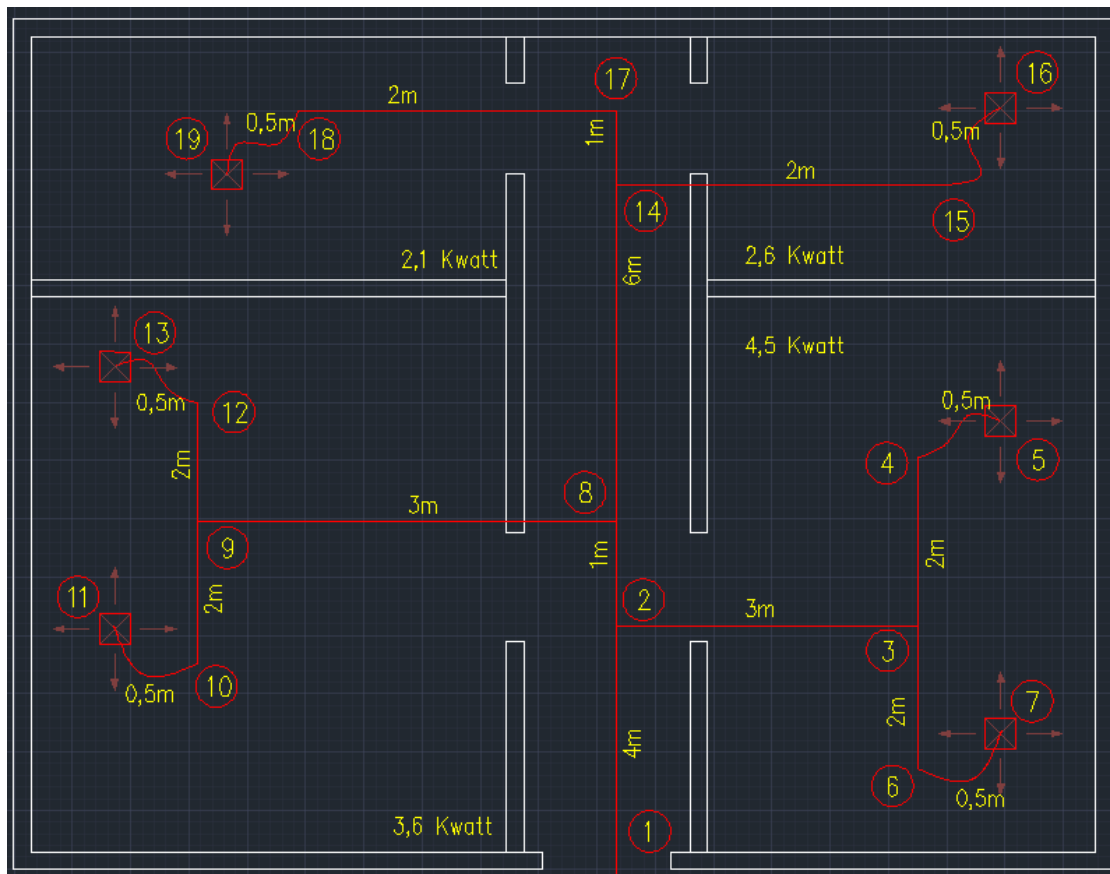
1. Με χρήση ανεμόμετρου μέτρησης της ταχύτητας στην έξοδο του στομίου. Η διανομή της ταχύτητας στην έξοδο δεν είναι ομοιόμορφη, οπότε η μέτρηση πρέπει να γίνει πάνω σε διάφορα σημεία, τα οποία ορίζονται από πλέγμα στην επιφάνεια του στομίου. Οι μετρήσεις κατόπιν ανάγονται σε μία μέση ταχύτητα. Το γινόμενο της μέσης ταχύτητας επί τη διατομή του στομίου δίνει την παροχή του.
2. Με χρήση διαφορικού μανόμετρου που μετρά την πτώση πίεσης κατά μήκος του στομίου. Από το διάγραμμα του στομίου προκύπτει η παροχή του.
3. Με χρήση διατάξεων μέτρησης της παροχής στον ανεξάρτητο κλάδο τροφοδοσίας του κάθε στομίου. Οι διατάξεις αυτές μετρούν διαφορά πίεσης Δp κατά μήκος τους και την ανάγουν σε παροχή Q καθώς στον υπολογισμό συμπεριλαμβάνουν τον γνωστό συντελεστή αντίστασης τους K , από τον τύπο:

$$\Delta p = K \cdot Q^2$$

- ✓ Μέσω διαφραγμάτων αεραγωγών γίνονται οι ρυθμίσεις των κλάδων.
- ✓ Μέσω διαφραγμάτων στομίων γίνονται οι τερματικές μικρορυθμίσεις.
- ✓ Οι διαδικασίες επαναλαμβάνονται καθώς η ρύθμιση στομίων έχει όχι μόνο σαν αποτέλεσμα την απορρύθμιση άλλων στομίων, αλλά και την αλλαγή της αντίστασης όλου του δικτύου, με συνέπεια την λειτουργία του ανεμιστήρα σε άλλο σημείο της χαρακτηριστικής του και αλλαγή της παροχής.

11. Υπολογιστικό παράδειγμα

Για την καλύτερη κατανόηση των τριών μεθοδολογιών αεραγωγών, θα επιλυθεί μια απλή εφαρμογή με τους τρεις παραπάνω τρόπους και θα σχολιαστούν οι διαφορές και τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν. Για την καλύτερη υλοποίηση του παραδείγματος, έχουμε σχεδιάσει ένα τυπικό διαμέρισμα σε AutoCAD 2013 και οι υπολογιστικοί πίνακες προκύπτουν από το λογισμικό 4M αεραγωγοί.



Εικόνα 32: Τυπικό διαμέρισμα

11.1 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών

Οι υπολογισμοί βασίζονται στις ακόλουθες μεθοδολογίες:

- Ίσων ταχυτήτων
- Ίσων πιέσεων
- Ανάκτησης της στατικής πίεσης

Ο υπολογισμός της παροχής του αέρα στον αεραγωγό υπολογίζεται εναλλακτικά :

- Είτε με βάση την προσεγγιστική σχέση :

$$P = \frac{Q_f}{0.29 \cdot \Delta t}$$

Όπου:

P: παροχή αέρα σε (m³/h)

Q_f: αισθητό φορτίο χώρου (Kcal/h ή Kbtu/h)

Δt : διαφορά θερμοκρασίας αέρα προσαγωγής με αέρα επιστροφής

- Είτε με αναλυτικούς ψυχομετρικούς υπολογισμούς , από τους οποίους προκύπτει το P με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια

Οι απώλειες τριβών του δικτύου οφείλονται :

- Στις απώλειες τριβών λόγω εξαρτημάτων

$$Z = (\rho \cdot \zeta \cdot W) / 2 \quad \text{σε } N/m^2$$

Όπου

λ: συντελεστής τριβής

ρ: Πυκνότητα του αέρα (kg/m³)

d: Διατομή του αγωγού (m²)

w: ταχύτητα του αέρα (m/s)

- Στις απώλειες τριβών του υλικού των αεραγωγών

$$\Delta\rho = (\lambda * I * \rho * w^2) / 2d$$

Η ισοδύναμη διάμετρος κυκλικού αγωγού d προκύπτει από την σχέση :

$$D = 1.3 * \frac{(a*b)^{0.625}}{(a+b)^{0.25}}$$

Όπου a, b οι διαστάσεις του ορθογώνιου αγωγού

Ο θόρυβος των στομιών υπολογίζεται από την προσεγγιστική σχέση Hubert:

$$L = 10 + 10/gF + 30/gζ + 60 /gu \text{ σε dB}$$

Όπου

F : επιφάνεια του στομίου (m²)

Z : Συντελεστής αντίστασης

u : ταχύτητα αέρα (m/s)

11.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του δικτύου παρουσιάζονται σε πίνακα , οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα παρακάτω μεγέθη :

- Τμήμα δικτύου
- Μήκος αγωγού (m)
- Παροχή αέρα (m³/h)
- Είδος αγωγού
- Πλάτος αγωγού (mm)
- Ύψος αγωγού (mm)
- Ταχύτητα αέρα (m/s)
- Τριβή ανά m (mmΥΣ)
- Αντίσταση Σζ εξαρτημάτων

- Τριβή εξαρτημάτων (mmΣΥ)
- Τριβή αγωγού (mmΣΥ)
- Ολική τριβή (mmΣΥ)

Στον πίνακα υπολογισμού των στομίων εμφανίζονται σε στήλες τα παρακάτω μεγέθη:

- Τμήμα δικτύου
- Κλιματιζόμενος χώρος
- Φορτίο χώρου (Kcal/h ή Kbtu/h)
- Παροχή αέρα (m³/h)
- Είδος στομίου
- Πλάτος στομίου (mm)
- Ύψος στομίου (mm)
- Θόρυβος στομίου (dB)
- Βεληνεκές

11.3 Υπολογισμός με μεθοδολογία ίσων ταχυτήτων

Θερμοκρασία Αέρα προσαγωγής	16
Επιθυμητή θερμοκρασία Χώρων	25
Υλικό αεραγωγών	Λαμαρίνα
Συντελεστής τραχύτητας Αεραγωγών (μm)	150
Υλικό δευτερευόντων αεραγωγών	Εύκαμπτος
Συντελεστής τραχύτητας δευτερευόντων αεραγωγών (μm)	4600
Σύστημα μονάδων	Kwatt
Τρόπος υπολογισμού	Ίσες Ταχύτητες

Πίνακας 5: ίσες ταχύτητες

Υπολογισμός Δικτύου αεραγωγών

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Αγωγού (m)	Παροχή Αέρα (m ³ /h)	Τύπος Αεραγωγού	Είδος Αεραγωγού	Πλάτος Αεραγ. (mm)	Ύψος Αεραγ. (mm)	Ταχ. Αέρα (m/s)	Τριβή ανά m (mmΥ/m)	Σζ Εξαρτημάτων	ζ Στομίου	Τριβές Εξαρτ. (mmΥΣ)	Τριβές Αγωγών (mmΥΣ)	Ολική Τριβή (mmΥΣ)
1.2	4	4227	K	ΟΡΘ.	900.0	250.0	6.12	0.08				0.33	0.33
2.3	3	1486	K	ΟΡΘ.	300.0	250.0	5.88	0.14	1.40		2.96	0.42	3.39
3.4	2	743.2	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	5.96	0.22	1.40		3.04	0.45	3.49
4.5	0.5	743.2	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	5.96	0.22	0.60	6.29	1.69	0.11	1.80
3.6	2	743.2	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	5.96	0.22				0.45	0.45
6.7	0.5	743.2	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	5.96	0.22	0.60	6.29	1.69	0.11	1.80
2.8	1	2741	K	ΟΡΘ.	550.0	250.0	6.13	0.11				0.11	0.11
8.9	3	1189	K	ΟΡΘ.	250.0	250.0	5.63	0.15	1.40		2.72	0.44	3.15
9.10	2	594.5	K	ΟΡΘ.	100.0	250.0	7.40	0.44	1.40		4.69	0.89	5.58
10.11	0.5	594.5	K	ΟΡΘ.	100.0	250.0	7.40	0.44	0.60	6.29	2.52	0.22	2.74
9.12	2	594.5	K	ΟΡΘ.	100.0	250.0	7.40	0.44				0.89	0.89
12.13	0.5	594.5	K	ΟΡΘ.	100.0	250.0	7.40	0.44	0.60	6.29	2.52	0.22	2.74
8.14	6	1552	K	ΟΡΘ.	300.0	250.0	6.14	0.15				0.92	0.92
14.15	2	858.8	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	6.89	0.30	1.40		4.07	0.59	4.66
15.16	0.5	858.8	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	6.89	0.30	0.60	6.29	2.02	0.15	2.17
14.17	1	693.6	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	5.56	0.20				0.20	0.20
17.18	2	693.6	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	5.56	0.20	0.60		1.14	0.39	1.53
18.19	0.5	693.6	K	ΟΡΘ.	150.0	250.0	5.56	0.20	0.60	6.29	1.47	0.10	1.57

Πίνακας 6: δίκτυο ίσων ταχυτήτων

Υπολογισμός στομίων Αεραγωγών

Τμήμα Δικτύου	Κλιματ. Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Παροχή Αέρα (m ³ /h)	Τύπος Στομίου	Μήκος Στομίου (mm)	Πλάτος Στομίου (mm)	Θόρυβος Στομίου (dB)	Βεληνεκές Α Στομίου (m)	Βεληνεκές Β Στομίου (m)
1.2			4227						
2.3			1486						
3.4			743.2						
4.5		2.25	743.2	K 104 A Φ	455.0	455.0	27.05	3.74	
3.6			743.2						
6.7		2.25	743.2	K 104 A Φ	455.0	455.0	27.05	3.74	
2.8			2741						
8.9			1189						
9.10			594.5						
10.11		1.8	594.5	K 104 A Φ	380.0	380.0	29.05	3.58	
9.12			594.5						
12.13		1.8	594.5	K 104 A Φ	380.0	380.0	29.05	3.58	
8.14			1552						
14.15			858.8						
15.16		2.6	858.8	K 104 A Φ	530.0	530.0	24.19	3.71	
14.17			693.6						
17.18			693.6						
18.19		2.1	693.6	K 104 A Φ	455.0	455.0	25.25	3.49	

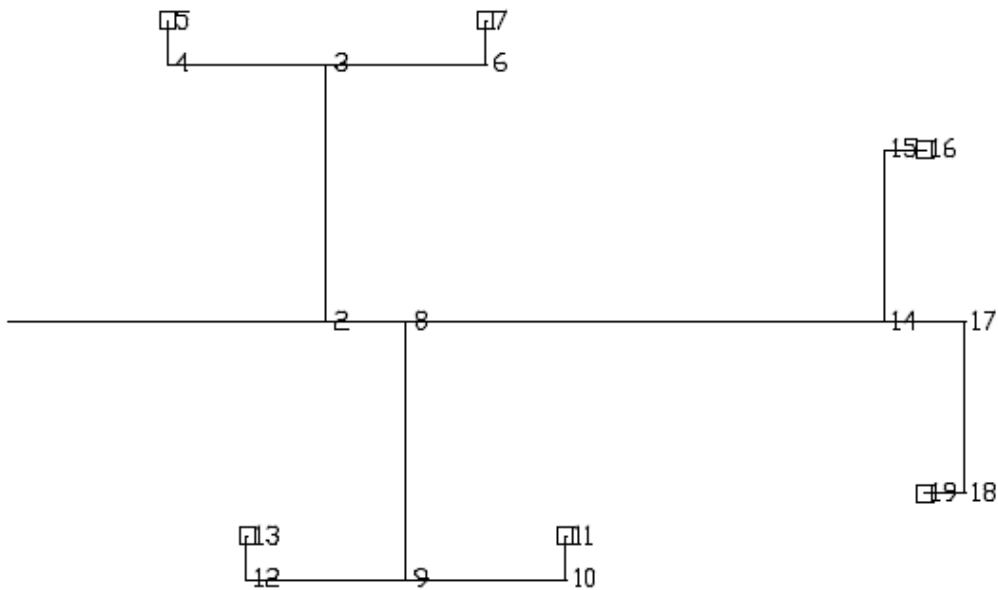
Πίνακας 7: Υπολογισμός Στομίων

Τμήμα Δικτύου	Α/Α Επιπέδου	Α/Α Χώρου	Ονομασία Χώρου	Τύπος Στομίου	Μήκος Στομίου (mm)	Πλάτος Στομίου (mm)
4.5				K 104 A Φ	455.0	455.0
6.7				K 104 A Φ	455.0	455.0
10.11				K 104 A Φ	380.0	380.0
12.13				K 104 A Φ	380.0	380.0
15.16				K 104 A Φ	530.0	530.0
18.19				K 104 A Φ	455.0	455.0

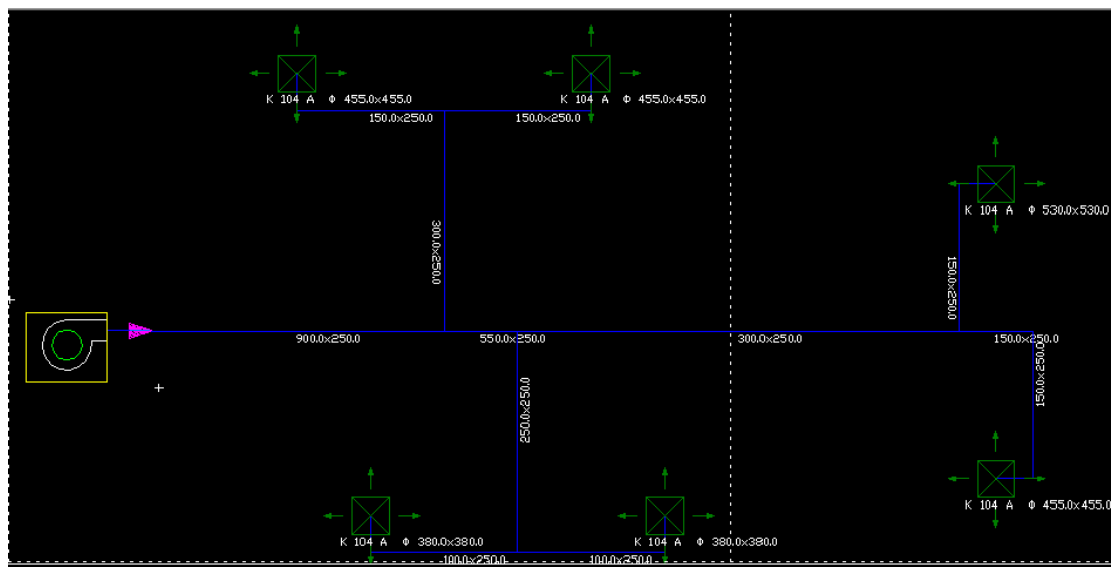
Πίνακας 8: Επιλεγμένα στόμια

Ανεμιστήρας	1
Παροχή αέρα (m ³ /h)	4227
Δυσμενέστερος κλάδος (mmΥΣ)	1...11
Τριβές δικτύου (mmΥΣ)	11.91
Πραγματική Στατική πίεση (mmΥΣ)	11.91
Συντελεστής Πυκνότητας αέρα	1
Πρότυπη Στατική Πίεση	11.91

Πίνακας 9: αποτελέσματα ίσων ταχυτήτων



Εικόνα 33: Σκαρίφημα δικτύου



Εικόνα 34: Κατακόρυφο Διάγραμμα ίσων ταχυτήτων

A/A	Περιγραφή	Τ.Μον. €.	Ποσοτ.	Εκπτ. %	ΦΠΑ %	Σ.Τιμή €.
0		0	0	0	0	0
0	ΥΛΙΚΑ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Λαμαρίνα 0.60	27.4	32.76	0	0	897.62
0	Λαμαρίνα 0.80	27.4	2.08	0	0	56.99
0	Λαμαρίνα 1.00	27.4	11.96	0	0	327.7
0		0	0	0	0	0
0	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Καμπύλη 90 μοιρών	0	7	0	0	0
0	Διακλάδωση T	0	5	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	ΣΤΟΜΙΑ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	K 104 A Φ 455.0 x 455.0	60	3	0	0	180
0	K 104 A Φ 380.0 x 380.0	50	2	0	0	100
0	K 104 A Φ 530.0 x 530.0	70	1	0	0	70
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Άλλα Υλικά	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Ανεμιστήρας	0	1	0	0	0
						1632.31

Πίνακας 10: Προμέτρηση – Κοστολόγηση ίσων ταχυτήτων

Είδος Υλικού	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Βάρος
Λαμαρίνα	8537.1	252.93
ΣΤΟΜΙΑ	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
K 104 A Φ 455.0 x 455.0	8542.1.23	3.00
K 104 A Φ 380.0 x 380.0	8542.1.18	2.00
K 104 A Φ 530.0 x 530.0	8542.1.25	1.00
Άλλα Υλικά	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
Ανεμιστήρας		1.00

Πίνακας 11: Προμέτρηση Α.Τ.Η.Ε.

11.4 Υπολογισμός με μεθοδολογία ίσων πιέσεων

Θερμοκρασία Αέρα προσαγωγής	16
Επιθυμητή θερμοκρασία Χώρων	25
Υλικό αεραγωγών	Λαμαρίνα
Συντελεστής τραχύτητας Αεραγωγών (μm)	150
Υλικό δευτερευόντων αεραγωγών	Εύκαμπτος
Συντελεστής τραχύτητας δευτερευόντων αεραγωγών (μm)	4600
Σύστημα μονάδων	Kwatt
Τρόπος υπολογισμού	Ίσες πιέσεις

Πίνακας 12: ίσες πιέσεις

Υπολογισμός Δικτύου αεραγωγών

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Αγωγού (m)	Παροχή Αέρα (m ³ /h)	Τύπος Αεραγωγού	Είδος Αεραγωγού	Πλάτος Αεραγ. (mm)	Ύψος Αεραγ. (mm)	Ταχ. Αέρα (m/s)	Τριβή ανά m (mmΥ/m)	Σξ Εξαρτημάτων	ζ Στομίου	Τριβές Εξαρτ. (mmΥΣ)	Τριβές Αγωγών (mmΥΣ)	Ολική Τριβή (mmΥΣ)
1.2	4	4227	K	ΟΡΘ.	900.0	250.0	6.00	0.08				0.31	0.31
2.3	3	1486	K	ΟΡΘ.	400.0	250.0	4.74	0.08	1.40		1.93	0.25	2.17
3.4	2	743.2	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	4.00	0.08	1.40		1.37	0.17	1.54
4.5	0.5	743.2	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	4.00	0.08	0.60	6.29	0.97	0.04	1.01
3.6	2	743.2	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	4.00	0.08				0.17	0.17
6.7	0.5	743.2	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	4.00	0.08	0.60	6.29	0.97	0.04	1.01
2.8	1	2741	K	ΟΡΘ.	600.0	250.0	5.52	0.08				0.08	0.08
8.9	3	1189	K	ΟΡΘ.	300.0	250.0	4.49	0.08	1.40		1.73	0.25	1.98
9.10	2	594.5	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	3.78	0.08	1.40		1.22	0.17	1.39
10.11	0.5	594.5	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	3.78	0.08	0.60	6.29	1.03	0.04	1.07
9.12	2	594.5	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	3.78	0.08				0.17	0.17
12.13	0.5	594.5	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	3.78	0.08	0.60	6.29	1.03	0.04	1.07
8.14	6	1552	K	ΟΡΘ.	400.0	250.0	4.80	0.08				0.50	0.50
14.15	2	858.8	K	ΟΡΘ.	250.0	250.0	4.15	0.08	1.40		1.48	0.17	1.64
15.16	0.5	858.8	K	ΟΡΘ.	250.0	250.0	4.15	0.08	0.60	6.29	0.91	0.04	0.95
14.17	1	693.6	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	3.94	0.08				0.08	0.08
17.18	2	693.6	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	3.94	0.08	0.60		0.57	0.17	0.74
18.19	0.5	693.6	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	3.94	0.08	0.60	6.29	0.90	0.04	0.95

Πίνακας 13 : δίκτυο ίσων πιέσεων

Υπολογισμός στομίων Αεραγωγών

Τμήμα Δικτύου	Κλιματ. Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Παροχή Αέρα (m ³ /h)	Τύπος Στομίου	Μήκος Στομίου (mm)	Πλάτος Στομίου (mm)	Θόρυβος Στομίου (dB)	Βεληνεκές Α Στομίου (m)	Βεληνεκές Β Στομίου (m)
1.2			4227						
2.3			1486						
3.4			743.2						
4.5		2.25	743.2	K 104 A Φ	455.0	455.0	27.05	3.74	
3.6			743.2						
6.7		2.25	743.2	K 104 A Φ	455.0	455.0	27.05	3.74	
2.8			2741						
8.9			1189						
9.10			594.5						
10.11		1.8	594.5	K 104 A Φ	380.0	380.0	29.05	3.58	
9.12			594.5						
12.13		1.8	594.5	K 104 A Φ	380.0	380.0	29.05	3.58	
8.14			1552						
14.15			858.8						
15.16		2.6	858.8	K 104 A Φ	530.0	530.0	24.19	3.71	
14.17			693.6						
17.18			693.6						
18.19		2.1	693.6	K 104 A Φ	455.0	455.0	25.25	3.49	

Πίνακας 14 : Υπολογισμός Στομίων

Τμήμα Δικτύου	A/A Επιπέδου	A/A Χώρου	Ονομασία Χώρου	Τύπος Στομίου	Μήκος Στομίου (mm)	Πλάτος Στομίου (mm)
4.5				K 104 A Φ	455.0	455.0
6.7				K 104 A Φ	455.0	455.0
10.11				K 104 A Φ	380.0	380.0
12.13				K 104 A Φ	380.0	380.0
15.16				K 104 A Φ	530.0	530.0
18.19				K 104 A Φ	455.0	455.0

Πίνακας 15: Επιλεγμένα στόμια

Ανεμιστήρας	1
Παροχή αέρα (m ³ /h)	4227
Δυσμενέστερος κλάδος (mmΥΣ)	1...5
Τριβές δικτύου (mmΥΣ)	5.03
Πραγματική Στατική πίεση (mmΥΣ)	5.03
Συντελεστής Πυκνότητας αέρα	1
Πρότυπη Στατική Πίεση	5.03

Πίνακας 16: αποτελέσματα ίσων πιέσεων

A/A	Περιγραφή	Τ.Μον. €.	Ποσοτ.	Εκπτ. %	ΦΠΑ %	Σ.Τιμή €.
0		0	0	0	0	0
0	ΥΛΙΚΑ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Λαμαρίνα 0.60	26.5	38.545	0	0	1021.44
0	Λαμαρίνα 0.80	26.55	2.21	0	0	58.68
0	Λαμαρίνα 1.00	26.55	11.96	0	0	317.54
0		0	0	0	0	0
0	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Καμπύλη 90 μοιρών	0	7	0	0	0
0	Διακλάδωση T	0	5	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	ΣΤΟΜΙΑ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	K 104 A Φ 455.0 x 455.0	60	3	0	0	180
0	K 104 A Φ 380.0 x 380.0	50	2	0	0	100
0	K 104 A Φ 530.0 x 530.0	70	1	0	0	70
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Άλλα Υλικά	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Ανεμιστήρας	0	1	0	0	0
						1747.66

Πίνακας 17: Προμέτρηση – Κοστολόγηση ίσων πιέσεων

Είδος Υλικού	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Βάρος
Λαμαρίνα	8537.1	280.10
ΣΤΟΜΙΑ	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
K 104 A Φ 455.0 x 455.0	8542.1.23	3.00
K 104 A Φ 380.0 x 380.0	8542.1.18	2.00
K 104 A Φ 530.0 x 530.0	8542.1.25	1.00
Άλλα Υλικά	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
Ανεμιστήρας		1.00

Πίνακας 18: Προμέτρηση Α.Τ.Η.Ε.

11.5 Υπολογισμός με μεθοδολογία της ανάκτησης της στατικής πίεσης

Θερμοκρασία Αέρα προσαγωγής	16
Επιθυμητή θερμοκρασία Χώρων	25
Υλικό αεραγωγών	Λαμαρίνα
Συντελεστής τραχύτητας Αεραγωγών (μm)	150
Υλικό δευτερευόντων αεραγωγών	Εύκαμπτος
Συντελεστής τραχύτητας δευτερευόντων αεραγωγών (μm)	4600
Σύστημα μονάδων	Kwatt
Τρόπος υπολογισμού	Ανάκτηση στατικής πίεσης

Πίνακας 19: Ανάκτηση στατικής πίεσης

Υπολογισμός Δικτύου αεραγωγών

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Αγωγού (m)	Παροχή Αέρα (m ³ /h)	Τύπος Αεραγωγού	Είδος Αεραγωγού	Πλάτος Αεραγ. (mm)	Ύψος Αεραγ. (mm)	Ταχυτ. Αέρα (m/s)	Τριβή ανά m (mmY/m)	ΣΣ Εξαρτημάτων	ζ Στομίου	Τριβές Εξαρτ. (mmYΣ)	Τριβές Αγωγών (mmYΣ)	Ολική Τριβή (mmYΣ)
1.2	4	4227	K	ΟΡΘ.	900.0	250.0	6.12	0.08				0.33	0.33
2.3	3	1486	K	ΟΡΘ.	500.0	250.0	3.67	0.04	1.40		1.15	0.13	
3.4	2	743.2	K	ΟΡΘ.	400.0	250.0	2.20	0.02	1.40		0.41	0.04	
4.5	0.5	743.2	K	ΟΡΘ.	450.0	250.0	1.98	0.01	0.60	6.29	0.53	0.01	0.48
3.6	2	743.2	K	ΟΡΘ.	250.0	250.0	3.28	0.05				0.10	
6.7	0.5	743.2	K	ΟΡΘ.	550.0	250.0	1.64	0.01	0.60	6.29	0.48	0.00	
2.8	1	2741	K	ΟΡΘ.	600.0	250.0	5.51	0.08				0.08	
8.9	3	1189	K	ΟΡΘ.	450.0	250.0	3.31	0.04	1.40		0.94	0.12	
9.10	2	594.5	K	ΟΡΘ.	350.0	250.0	1.99	0.02	1.40		0.34	0.03	
10.11	0.5	594.5	K	ΟΡΘ.	400.0	250.0	1.79	0.01	0.60	6.29	0.62	0.01	0.59
9.12	2	594.5	K	ΟΡΘ.	250.0	250.0	2.94	0.04				0.09	
12.13	0.5	594.5	K	ΟΡΘ.	250.0	250.0	2.65	0.03	0.60	6.29	0.76	0.02	0.69
8.14	6	1552	K	ΟΡΘ.	400.0	250.0	4.68	0.08				0.47	
14.15	2	858.8	K	ΟΡΘ.	350.0	250.0	2.81	0.03	1.40		0.68	0.06	
15.16	0.5	858.8	K	ΟΡΘ.	800.0	250.0	1.41	0.01	0.60	6.29	0.35	0.00	
14.17	1	693.6	K	ΟΡΘ.	200.0	250.0	4.21	0.10				0.10	
17.18	2	693.6	K	ΟΡΘ.	250.0	250.0	3.16	0.05	0.60		0.37	0.10	
18.19	0.5	693.6	K	ΟΡΘ.	550.0	250.0	1.58	0.01	0.60	6.29	0.43	0.00	

Πίνακας 20 : δίκτυο Ανάκτησης στατικής πίεσης

Υπολογισμός στομίων Αεραγωγών

Τμήμα Δικτύου	Κλιματ. Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Παροχή Αέρα (m ³ /h)	Τύπος Στομίου	Μήκος Στομίου (mm)	Πλάτος Στομίου (mm)	Θόρυβος Στομίου (dB)	Βεληνεκές Α Στομίου (m)	Βεληνεκές Β Στομίου (m)
1.2			4227						
2.3			1486						
3.4			743.2						
4.5		2.25	743.2	K 104 A Φ	455.0	455.0	27.05	3.74	
3.6			743.2						
6.7		2.25	743.2	K 104 A Φ	455.0	455.0	27.05	3.74	
2.8			2741						
8.9			1189						
9.10			594.5						
10.11		1.8	594.5	K 104 A Φ	380.0	380.0	29.05	3.58	
9.12			594.5						
12.13		1.8	594.5	K 104 A Φ	380.0	380.0	29.05	3.58	
8.14			1552						
14.15			858.8						
15.16		2.6	858.8	K 104 A Φ	530.0	530.0	24.19	3.71	
14.17			693.6						
17.18			693.6						
18.19		2.1	693.6	K 104 A Φ	455.0	455.0	25.25	3.49	

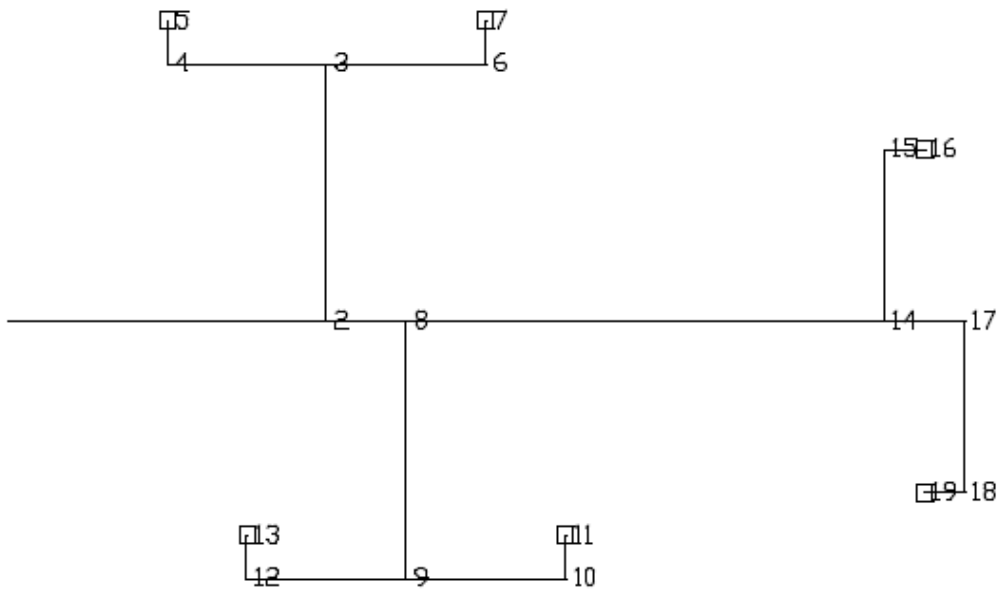
Πίνακας 21: Υπολογισμός Στομίων

Τμήμα Δικτύου	Α/Α Επιπέδου	Α/Α Χώρου	Ονομασία Χώρου	Τύπος Στομίου	Μήκος Στομίου (mm)	Πλάτος Στομίου (mm)
4.5				K 104 A Φ	455.0	455.0
6.7				K 104 A Φ	455.0	455.0
10.11				K 104 A Φ	380.0	380.0
12.13				K 104 A Φ	380.0	380.0
15.16				K 104 A Φ	530.0	530.0
18.19				K 104 A Φ	455.0	455.0

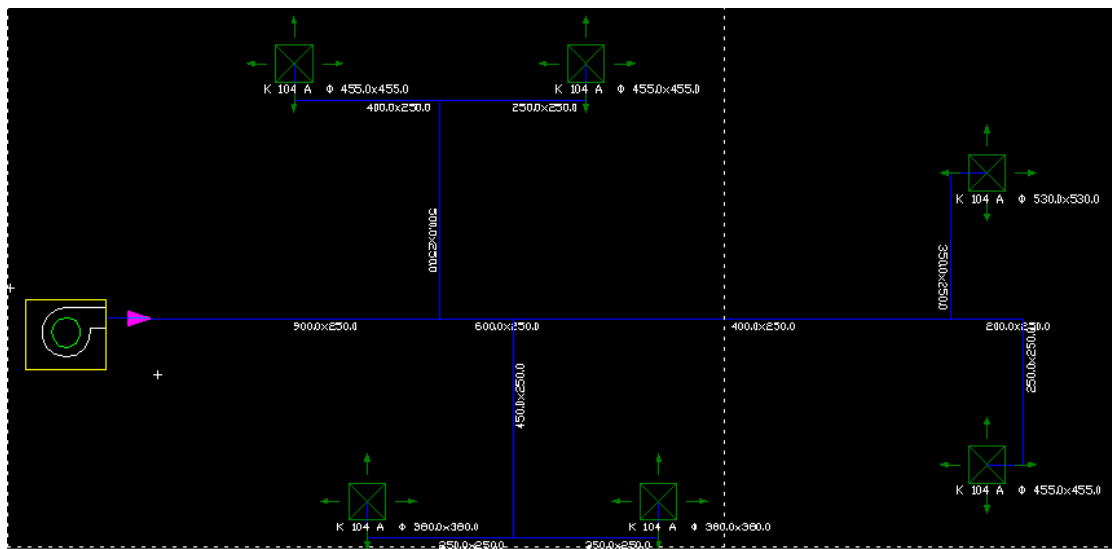
Πίνακας 22: Επιλεγμένα στόμια

Ανεμιστήρας	1
Παροχή αέρα (m ³ /h)	4227
Δυσμενέστερος κλάδος (mmΥΣ)	1...13
Τριβές δικτύου (mmΥΣ)	1.02
Πραγματική Στατική πίεση (mmΥΣ)	1.02
Συντελεστής Πυκνότητας αέρα	1
Πρότυπη Στατική Πίεση	1.02

Πίνακας 23: αποτελέσματα Ανάκτησης στατικής πίεσης



Εικόνα 37: Σκαρίφημα δικτύου



Εικόνα 38: Κατακόρυφο Διάγραμμα Ανάκτησης στατικής πίεσης

A/A	Περιγραφή	Τ.Μον. €.	Ποσοτ.	Εκπτ. %	ΦΠΑ %	Σ.Τιμή €.
0		0	0	0	0	0
0	ΥΛΙΚΑ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Λαμαρίνα 0.60	28.05	30.225	0	0	847.81
0	Λαμαρίνα 0.80	28.05	17.875	0	0	501.39
0	Λαμαρίνα 1.00	28.05	11.96	0	0	335.48
0		0	0	0	0	0
0	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Καμπύλη 90 μοιρών	0	7	0	0	0
0	Διακλάδωση T	0	5	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	ΣΤΟΜΙΑ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	K 104 A Φ 455.0 x 455.0	60	3	0	0	180
0	K 104 A Φ 380.0 x 380.0	50	2	0	0	100
0	K 104 A Φ 530.0 x 530.0	70	1	0	0	70
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Άλλα Υλικά	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Ανεμιστήρας	0	1	0	0	0
						2034.68

Πίνακας 24: Προμέτρηση – κοστολόγηση Ανάκτησης στατικής πίεσης

Είδος Υλικού	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Βάρος
Λαμαρίνα	8537.1	337.40
ΣΤΟΜΙΑ	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
K 104 A Φ 455.0 x 455.0	8542.1.23	3.00
K 104 A Φ 380.0 x 380.0	8542.1.18	2.00
K 104 A Φ 530.0 x 530.0	8542.1.25	1.00
Άλλα Υλικά	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
Ανεμιστήρας		1.00

Πίνακας 25: Προμέτρηση Α.Τ.Η.Ε.

12. Συμπεράσματα

Στις παραπάνω τρεις μεθοδολογίες υπολογισμού των αεραγωγών, παρατηρώντας κάποιος τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν, θα παρατηρήσει διαφορές στις διαστάσεις των αεραγωγών και στην τιμή της στατικής πίεσης.

Ο μελετητής κάθε φορά καλείται να επιλέξει μια μεθοδολογία επίλυσης ανάλογα με την σημαντικότητα και την δυσκολία της εφαρμογής.

Σχετικά με την μεθοδολογία των ίσων ταχυτήτων, οι μελετητές δεν την επιλέγουν γιατί απαιτεί αρκετή σχεδιαστική εμπειρία και γνώση των αεραγωγών. Κατά την διαδικασία μέτρησης του αέρα των αεραγωγών ο μελετητής θα καλεστεί να χρησιμοποιήσει διαφράγματα τύπου δικλείδας τα οποία δεν μπορεί να τα προκοστολογήσει. Αν και σαν μεθοδολογία έχει το χαμηλότερο κόστος, όπως θα δούμε στην συνέχεια, οι μελετητές δεν την επιλέγουν λόγω της δυσκολίας και της πολυπλοκότητας που εμφανίζει.

Στην συνέχεια θα συγκρίνουμε την μέθοδο των ίσων πιέσεων και την μέθοδο της ανάκτησης της στατικής πίεσης. Οι δύο αυτές μέθοδοι δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στον χρόνο ή στην δυσκολία υλοποίησής τους. Αυτό που κάνει τον μελετητή να ξεχωρίσει την μια από την άλλη είναι η διαφορά στο πλάτος των αεραγωγών. Μεγαλύτερος πλάτος αεραγωγών σημαίνει περισσότερη πρώτη ύλη και μεγαλύτερο βάρος κατασκευής. Οι μελετητές συνηθίζουν να επιλέγουν την μέθοδο των ίσων πιέσεων διότι τα πλάτη είναι συνέχεια πιο μικρά από τα αντίστοιχα της ανάκτησης της στατικής πίεσης. Από μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί η μεθοδολογία των ίσων πιέσεων δίνει 10-15% μικρότερα συνολικά πλάτη από ότι η αντίστοιχη της ανάκτησης της στατικής πίεσης. Ακόμα μεγαλύτερος βάρος κατασκευής σημαίνει περισσότερα υλικά στήριξης τα οποία αυξάνουν και αυτά το κόστος κατασκευής αντίστοιχα.

12.1 Οικονομικά στοιχεία

Από τους παραπάνω πίνακες , κοστολόγηση – προμέτρηση και προμέτρηση Α.Τ.Η.Ε. , και για τις τρεις μεθοδολογίες προκύπτουν τα παρακάτω στοιχεία:

Οικονομικός Πίνακας ίσων ταχυτήτων

Πάχος	Ποσότητα(m ²)	Τιμή κιλού(kg/ m ²)	Τιμή Πώλησης(€/kg)	€
0.6	32.76	5.48	5	946,76
0.8	2.08	5.48	5	56,99
1.0	11.96	5.48	5	327,7
Σύνολο €			-	1331,45

Πίνακας 26: Κόστος ίσων ταχυτήτων

$$\text{Τιμή κιλού(kg/ m}^2\text{)} = \Sigma_{\text{kg ATHE}} / \Sigma_{\text{ποσότητας}}$$

$$\text{Στόμια : } 3 * 60 = 180 \text{ €}$$

$$2 * 50 = 100 \text{ €}$$

$$1 * 70 = 70 \text{ €}$$

Σύνολο στομίων : 350 €

Τελικό Σύνολο : 1681,45 €

Οικονομικός Πίνακας ίσων πιέσεων

Πάχος	Ποσότητα(m ²)	Τιμή κιλού(kg/ m ²)	Τιμή Πώλησης(€/kg)	€
0.6	38,55	5.31	5	1023.50
0.8	2.21	5.31	5	58.67
1.0	11.96	5.31	5	317.53
Σύνολο €			-	1399.7

Πίνακας 27: Κόστος ίσων πιέσεων

$$\text{Τιμή κιλού(kg/ m}^2\text{)} = \Sigma_{\text{kg ATHE}} / \Sigma_{\text{ποσότητα}}$$

$$\text{Στόμια : } 3 * 60 = 180 \text{ €}$$

$$2 * 50 = 100 \text{ €}$$

$$1 * 70 = 70 \text{ €}$$

Σύνολο στομίων : 350 €

Τελικό Σύνολο : 1749.7 €

Οικονομικός Πίνακας Ανάκτησης Στατικής πίεσης

Πάχος	Ποσότητα(m ²)	Τιμή κιλού(kg/ m ²)	Τιμή Πώλησης(€/kg)	€
0.6	30.23	5.61	5	847.95
0.8	17.88	5.61	5	501.53
1.0	11.96	5.61	5	335.47
Σύνολο €			-	1684.95

Πίνακας 28: Κόστος ανάκτησης της στατικής πίεσης

$$\text{Τιμή κιλού(kg/ m}^2\text{)} = \Sigma_{\text{kg ATHE}} / \Sigma_{\text{ποσότητα}}$$

$$\text{Στόμια : } 3 * 60 = 180 \text{ €}$$

$$2 * 50 = 100 \text{ €}$$

$$1 * 70 = 70 \text{ €}$$

Σύνολο στομίων : 350 €

Τελικό Σύνολο : 2034.95 €

Συγκεντρωτικός Πίνακας

Μεθοδολογία	Ίσες ταχύτητες	Ίσες Πιέσεις	Ανάκτ. Στατικ. Πίε.
Συνολικό Κόστος	1681,45 €	1749.7 €	2034.95 €

Πίνακας 29: Τελικά οικονομικά στοιχεία

Στο κόστος των ίσων ταχυτήτων πρέπει να προστεθούν το κόστος αγοράς των διαφραγμάτων τύπου δικλείδας. Όπως αναφέραμε ήδη η μεθοδολογία των ίσων ταχυτήτων δεν επιλέγεται λόγω της πολυπλοκότητάς της και του μεγάλου χρόνου υλοποίησής της.

Από τις δύο επόμενες μεθοδολογίες θα επιλέξουμε σαφώς την μεθοδολογία των ίσων πιέσεων αφού έχουμε 285.25 € λιγότερο αρχικό κόστος.

13. Εικόνες

Εικόνα 1: Αεραγωγός από λαμαρίνα

Εικόνα 2: Αεραγωγός από αμιαντοσιμέντο

Εικόνα 3: Αεραγωγός από πλαστικό

Εικόνα 4: Εύκαμπτος αεραγωγός

Εικόνα 5: μεταβολή διατομής αγωγού

Εικόνα 6: καμπύλη ορθογωνικής διατομής

Εικόνα 7: απότομη καμπύλη με καθοδηγητικά πτερύγια

Εικόνα 8: : λεία καμπύλη 90°

Εικόνα 9: γωνία 3 τεμαχίων 90°

Εικόνα 10: γωνία 5 τεμαχίων 90°

Εικόνα 11: κατασκευή καμπύλης

Εικόνα 12: κατασκευή διαστολής

Εικόνα 13: κατασκευή συστολής

Εικόνα 14: κατασκευή συστολικής καμπύλης

Εικόνα 15: διακλαδώσεις αεραγωγών προσαγωγής

Εικόνα 16: διακλαδώσεις αεραγωγών επιστροφής

Εικόνα 17: διακλαδώσεις (παντελόνη)

Εικόνα 18: ταυ 90°

Εικόνα 19: Κωνικό ταυ 90°

Εικόνα 20: διασταυρώσεις

Εικόνα 21: Ρυθμιστικό διάφραγμα

Εικόνα 22: Διάφραγμα πυρασφάλειας

Εικόνα 23: Στόμιο τοίχου 1

Εικόνα 24: Στόμιο τοίχου 2

Εικόνα 25: Στόμιο οροφής 1

Εικόνα 26: Στόμιο οροφής 2

Εικόνα 27: Στόμιο απαγωγής 1

Εικόνα 28: Στόμιο απαγωγής 2

Εικόνα 29: Μόνωση αεραγωγών

Εικόνα 30: Μόνωση αεραγωγών

Εικόνα 31: Στήριξη αεραγωγών

Εικόνα 32: Τυπικό διαμέρισμα

Εικόνα 33: Σκαρίφημα δικτύου

Εικόνα 34: Κατακόρυφο διάγραμμα ίσων ταχυτήτων

Εικόνα 35: Σκαρίφημα δικτύου

Εικόνα 36: Κατακόρυφο διάγραμμα ίσων πιέσεων

Εικόνα 37: Σκαρίφημα δικτύου

Εικόνα 38: Κατακόρυφο διάγραμμα ανάκτησης της στατικής πίεσης

14. Διαγράμματα

Διάγραμμα 1: θερμικό κέρδος συναρτήσει λόγου πλευρών

Διάγραμμα 2: κόστος εγκατάστασης συναρτήσει λόγου πλευρών

Διάγραμμα 3: κόστος λειτουργίας συναρτήσει λόγου πλευρών

Διάγραμμα 4: Διάγραμμα απωλειών τριβής – παροχής

Διάγραμμα 5: Παροχής αέρα – ισοδύναμου μήκους αεραγωγού

15. Πίνακες

Πίνακας 1: κατηγορίες κατασκευής

Πίνακας 2: κατηγορίες συνδέσμων αεραγωγών

Πίνακας 3: : Επιτρεπόμενες ταχύτητες αεραγωγών

Πίνακας 4: επιτρεπόμενες τιμές πτώσης πίεσης

Πίνακας 5: ίσες ταχύτητες

- Πίνακας 6: Δίκτυο ίσων ταχυτήτων
- Πίνακας 7: Υπολογισμός Στομίων
- Πίνακας 8: Επιλεγμένα στόμια
- Πίνακας 9: Αποτελέσματα ίσων ταχυτήτων
- Πίνακας 10: Προμέτρηση – Κοστολόγηση ίσων ταχυτήτων
- Πίνακας 11: Προμέτρηση Α.Τ.Η.Ε.
- Πίνακας 12: Ίσες πιέσεις
- Πίνακας 13: Δίκτυο ίσων πιέσεων
- Πίνακας 14: Υπολογισμός στομίων
- Πίνακας 15: Επιλεγμένα στόμια
- Πίνακας 16: Αποτελέσματα ίσων πιέσεων
- Πίνακας 17: Προμέτρηση – Κοστολόγηση ίσων πιέσεων
- Πίνακας 18: Προμέτρηση Α.Τ.Η.Ε.
- Πίνακας 19: Ανάκτηση Στατικής πίεσης
- Πίνακας 20: Δίκτυο Ανάκτησης Στατικής πίεσης
- Πίνακας 21: Υπολογισμός Στομίων
- Πίνακας 22: Επιλεγμένα Στόμια
- Πίνακας 23: Αποτελέσματα Ανάκτηση Στατικής πίεσης
- Πίνακας 24: Προμέτρηση – Κοστολόγηση
- Πίνακας 25: Προμέτρηση Α.Τ.Η.Ε.
- Πίνακας 26: Κόστος ίσων ταχυτήτων
- Πίνακας 27: Κόστος ίσων πιέσεων
- Πίνακας 28: Κόστος Ανάκτηση Στατικής πίεσης
- Πίνακας 29: Τελικά οικονομικά στοιχεία

Βιβλιογραφία

Βιβλία :

1. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2423/86 'Εγκαταστάσεις σε κτίρια: Κλιματισμός κτιριακών χώρων', Συντάκτες: Χ. Αγκαζίρ-Σινάνης, Α. Δαλαβάγκας, Λ. Κρυσταλλίδης, Α. Λυγεράκης, Κ. Παπαρηγάκης, Θ. Παπαδάκης (1987)
2. Β.Η Σελλούντος 'Θέρμανση – Κλιματισμός' , Α' Τόμος, Εκδόσεις 'ΤεΚδοτική' 'ΣΕΛΚΑ-4Μ' ΕΠΕ, Γ' Έκδοση (2002)
3. Β.Η Σελλούντος 'Θέρμανση – Κλιματισμός' , Β' Τόμος, Εκδόσεις 'ΤεΚδοτική' 'ΣΕΛΚΑ-4Μ' ΕΠΕ, Γ' Έκδοση (2002)
4. Μελέτες Κλιματισμού, Εκδόσεις 'ΤεΚδοτική' 'ΣΕΛΚΑ-4Μ' ΕΠΕ
5. Αερισμός και Κλιματισμός' , Κ.Χ Λέφα , Εκδόσεις Φοίβος (1992)
6. Σπ. Ν. Χαλκιάς, 'Θέρμανση – Ψύξη – Αερισμός', Έκδοση Ο.Ε.Δ.Β. (1983)
7. Δημ. Ιωαννίδης 'Κλιματισμός', Έκδοση Ευγενιδείου Ιδρύματος (1981)
8. Αντ. Ασημακοπουλος, 'Κλιματισμός' (1980)
9. Σ. Λέγγας, Ν.Παρίκος 'Θέρμανση, Αερισμός, Κλιματισμός'
10. 'AEROGRAMMI- Στόμια Κλιματισμού' , Κατάλογος τεχνικών Προδιαγραφών
11. Ε.Καφές, 'Μηχανήματα Εξαερισμού και εξαρτήματα', τεχνικός κατάλογος
12. Εγχειρίδιο κλιματισμού (Carrier) Νίκος Ζηκίδης, Διπλ. Μηχανολόγος Ε.Μ.Π
13. Σημειώσεις Αντωνόπουλου Κλιματισμός Α μέρος, Πολυτεχνείο

Διαδίκτυο :

1. <http://www.tee.gr>
2. <http://www.ducthellas.gr/>
3. <http://www.kaffe.gr/>
4. <http://www.climaduct.gr/>
5. <http://www.michanikos.gr/>
6. <http://www.airgrilles.gr/el/>

7. <http://www.aerogrammi.gr/>