



# ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

## Ενότητα 12: Έλεγχος του θορύβου στις εγκαταστάσεις κλιματισμού

Κωνσταντίνος Παπακώστας  
Μηχανολόγων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





# Συστήματα κλιματισμού

Έλεγχος του θορύβου στις εγκαταστάσεις  
κλιματισμού

# Χαρακτηριστικά ήχου 1/6

- Ο ήχος ή ο θόρυβος είναι το προϊόν κυμάτων συμπίεσης ή αραιώσης που διαχέονται στον αέρα, στα δομικά στοιχεία του κτιρίου ή και στις σωληνώσεις των εγκαταστάσεων αλλά και στα υγρά που βρίσκονται στο εσωτερικό τους.
- Όταν φτάνουν στο αυτί αυτά τα κύματα κάνουν τη μεμβράνη του τυμπάνου να πάλλεται και με τον τρόπο αυτό δημιουργούν την αίσθηση του ήχου.
- Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι περίπου 340 m/s, στο νερό 1370 m/s, στο ξύλο 3550 m/s και στο χάλυβα 4880 m/s.



# Χαρακτηριστικά ήχου 2/6

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι τα ακόλουθα:

## 1. Συχνότητα

- Η συχνότητα των κυμάτων συμπίεσης και αραιώσης είναι βασικό χαρακτηριστικό του θορύβου. Η μονάδα μέτρησης συχνότητας είναι το Hz. 1 Hz αντιστοιχεί με ένα παλμό το δευτερόλεπτο, 80 Hz με 80 παλμούς το δευτερόλεπτο κλπ.
- Οι χαμηλές συχνότητες εκτείνονται από 20 Hz έως 200 Hz. Οι μεσαίες συχνότητες εκτείνονται από 220 Hz έως 1000 Hz ενώ οι υψηλές συχνότητες φθάνουν και υπερβαίνουν τα 8000 Hz.



# Χαρακτηριστικά ήχου 3/6

- Το ανθρώπινο αυτί είναι σε θέση να συλλάβει ένα πεδίο συχνοτήτων που κυμαίνεται από 20 Hz έως 20000 Hz, αλλά με διαφορετική ευαισθησία.
- Στις συνήθεις καταστάσεις περιβάλλοντος και εγκατάστασης μέχρι τώρα γινόταν αναφορά σε μια πιο περιορισμένη κλίμακα συχνοτήτων: από 63 έως 8000 Hz. Πρόσφατα διαπιστώθηκε η σημασία για την άνεση των συχνοτήτων της πιο χαμηλής ζώνης, έως τα 16 Hz.



# Χαρακτηριστικά ήχου 4/6

- Σε αυτές τις συχνότητες δημιουργείται βοή στους αγωγούς των εγκαταστάσεων που είναι ιδιαίτερα ενοχλητική στο αυτί και δύσκολο να εξαλειφθεί.
- Η ακουστική κλίμακα υποδιαιρείται σε καθορισμένες ζώνες συχνοτήτων, που ονομάζονται «ζώνες οκτάβας» με ορισμένες τιμές κέντρου-ζώνης.
- 16 Hz, 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz.
- Η υποδιαίρεση σε ζώνες συχνότητας οκτάβας είναι απαραίτητη για να αντιπροσωπεύσει το «ακουστικό φάσμα του ήχου».





# Χαρακτηριστικά ήχου 5/6

## 2. Ένταση

- Ο ήχος παρουσιάζει μια πολύ ευρεία κλίμακα έντασης: από το θρόισμα του αέρα με χαμηλή ταχύτητα στη έξοδο από ένα στόμιο αερισμού μέχρι τη βοή ενός αεροπλάνου που απογειώνεται.
- Εκφρασμένα σε μία γραμμική μονάδα μεγέθους, για παράδειγμα το Watt, αυτά τα δύο μεγέθη θα αντιστοιχούσαν σε  $0.000000000001 \text{ W}$  και  $10000 \text{ W}$ . Πρόκειται για μία καθόλου πρακτική μονάδα μέτρησης που έκανε αναγκαία την προσφυγή σε μία μονάδα λογαριθμικού τύπου – το decibel (dB).



# Χαρακτηριστικά ήχου 6/6

- Το decibel (dB) έχει το πλεονέκτημα να συμπιέζει σε αριθμούς 2 ή 3 μόνο ψηφίων όλο το πεδίο μεταβολής του ήχου.
- Οι τιμές σε dB αντιπροσωπεύουν την ονομαζόμενη «ακουστική στάθμη» του ήχου ή θορύβου.
- Απογείωση αεριωθουμένου: 160 dB
- Ισχυρή φωνή: 90 dB
- Ηλεκτρική σκούπα: 70 dB
- Φωνή σε επίπεδο συζήτησης: 60-70 dB
- Ψιθύρισμα σε 1.5m: 30 dB
- Έξοδος αέρα από στόμιο  $0.1 \text{ m}^2$  με  $1 \text{ m/s}$ : 20 dB



# Στάθμη ακουστικής ισχύος 1/2

- Η ενέργεια που παράγεται με μορφή θορύβου στη μονάδα του χρόνου από ένα μηχάνημα αποτελεί τη στάθμη ακουστικής ισχύος. Αυτή εκφράζεται σε dB και συμβολίζεται ως  $L_w$ .
- Για παράδειγμα μια ψυκτική μονάδα, ένας λέβητας ή κάποια άλλη συσκευή, μετατρέπουν σε ήχο ή θόρυβο ένα μέρος της ενέργειας με την οποία τροφοδοτούνται.



# Στάθμη ακουστικής ισχύος 2/2

- Η στάθμη ακουστικής ισχύος μπορεί να αποτελέσει, μερικές φορές, δεδομένο αναφοράς των μηχανημάτων και μετριέται από τους κατασκευαστές με ειδικά συστήματα ανάλυσης.
- Η ακουστική ισχύς δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα. Εκδηλώνεται από μία ακουστική πίεση που γίνεται αντιληπτή από το αυτί.



# Στάθμη ακουστικής πίεσης 1/2

- Αυτό που το αυτί αισθάνεται πραγματικά είναι η στάθμη ακουστικής πίεσης. Αυτή εκφράζεται επίσης σε dB και συμβολίζεται ως  $L_p$ . Η στάθμη ακουστικής πίεσης μπορεί να μετρηθεί άμεσα με το φωνόμετρο.
- Η μέτρηση επηρεάζεται από πολλούς εξωτερικούς παράγοντες: από την απόσταση ανάμεσα στην πηγή και το όργανο, την παρουσία ή την απουσία αντανακλαστικών επιφανειών κοντά στη πηγή, από την παρουσία εμποδίων κατά μήκος της διαδρομής κλπ.



# Στάθμη ακουστικής πίεσης 2/2

- Ουσιαστικά η στάθμη ηχητικής ισχύος  $L_w$  είναι ένα σταθερό δεδομένο, που δεν μεταβάλλεται ανάλογα με την απόσταση ή τη θέση του μηχανήματος.
- Η στάθμη ηχητικής πίεσης  $L_p$  αντίθετα υφίσταται μεταβολή ανάλογα με τις συνθήκες που γίνεται η μέτρηση.
- Σε ανοιχτό χώρο η στάθμη ηχητικής πίεσης μειώνεται κατά 6 dB για κάθε διπλασιασμό της απόστασης. Σε κλειστούς χώρος η μείωση είναι από 3 έως 4 dB.



# Το dB(A) 1/3

- Η στάθμη ακουστικής πίεσης που εκφράζεται σε dB δεν είναι πολύ ενδεικτική γιατί το ανθρώπινο αυτί έχει διαφορετική ευαισθησία στις διάφορες συχνότητες.
- Είναι πράγματι λιγότερο ευαίσθητο στις χαμηλές συχνότητες, έως 200 Hz περίπου, ενώ έχει την ίδια ευαισθησία από τα 200 έως τα 2000 Hz.
- Στα 4000 Hz είναι πολύ ευαίσθητο για να χάσει εκ νέου την ευαισθησία του στις υψηλότερες συχνότητες.



# Το dB(A) 2/3

- Για να ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά του ήχου, η στάθμη ηχητικής πίεσης που μετριέται με το φωνόμετρο σταθμίζεται σύμφωνα με μια ορισμένη καμπύλη που ακολουθεί την ευαισθησία του αυτιού, την επονομαζόμενη καμπύλη «A».
- Η στάθμη της ακουστικής πίεσης που προκύπτει λέγεται «σε κλίμακα A» και συμβολίζεται  $L_{pA}$ . Η τιμή της εκφράζεται σε dB(A).





# To dB(A) 3/3

- Το dB(A) έχει ευρεία χρήση στην πράξη και χρησιμοποιείται στους ακουστικούς υπολογισμούς και στις προδιαγραφές της ακουστικής στάθμης στο περιβάλλον.
- Για τα χαρακτηριστικά του ανθρώπινου αυτιού μια αύξηση 6 dB(A) αντιστοιχεί σε διπλασιασμό της ακουστικής αίσθησης.



# Ανάλυση ήχου 1/3

(Noise Rating, ισόφωνες καμπύλες ISO)

- Η τιμή dB(A), που χρησιμοποιείται σήμερα ευρύτατα για τη μέτρηση του ήχου, παρουσιάζει ένα σοβαρό μειονέκτημα.
- Δεν προσφέρει την κατανομή του ήχου στις διάφορες συχνότητες. Πρόκειται επομένως για ένα ακατέργαστο δεδομένο, που είναι δεν κατάλληλο για ακουστικές αναλύσεις.



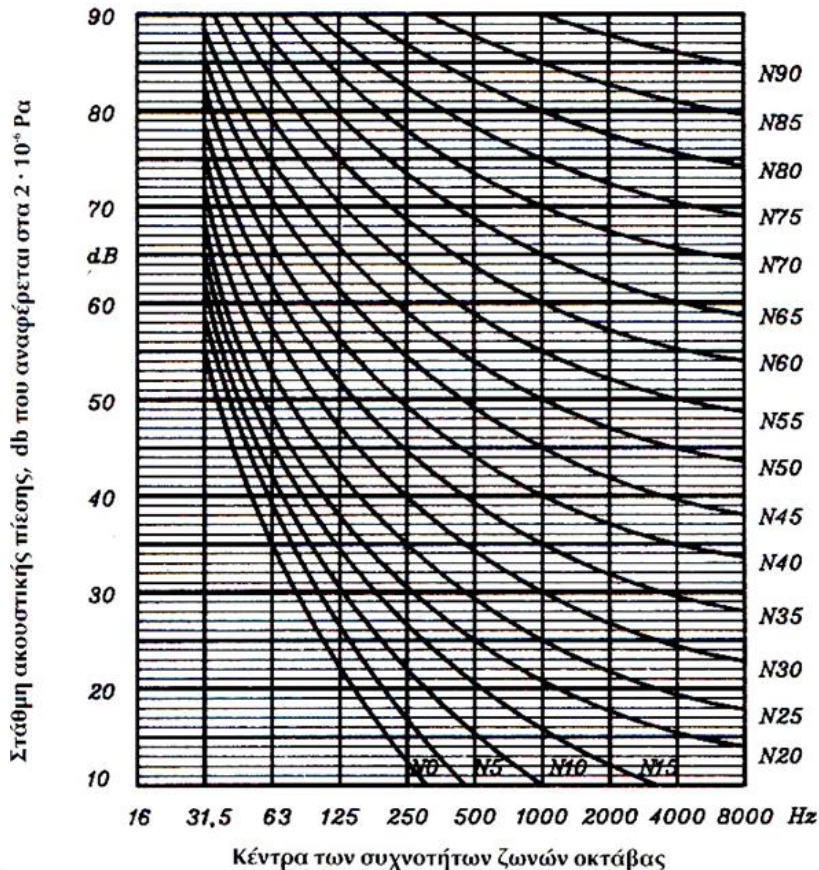
# Ανάλυση ήχου 2/3

- Για να ξεπεραστεί αυτός ο περιορισμός, ο ISO (International Standard Organisation) επεξεργάστηκε μια σειρά από ισόφωνες καμπύλες, ίδιας δηλαδή ακουστικής αίσθησης για το ανθρώπινο αυτί, που ονομάζονται Noise Rating.
- Αυτές οι καμπύλες αναφέρονται σε συνεχή ήχο ευρείας συχνότητας που δεν είναι παλμικός.
- Οι καμπύλες διακρίνονται από ένα αριθμό NR που αντιστοιχεί στη στάθμη της ακουστικής πίεσης σε dB, που προέρχεται από κάθε καμπύλη στη συχνότητα των 1000 Hz.



# Ανάλυση ήχου 3/3

Εικ.1: Καμπύλες NR



- Στον άξονα των τετμημένων τοποθετούνται οι συχνότητες διαιρεμένες σε οκτάβες ενώ στον άξονα των τεταγμένων οι τιμές  $L_p$  σε dB.
- Ισχύει κατά προσέγγιση:
- $NR = dB(A) - 5 \text{ dB}$



# Παραγωγή θορύβου από μηχανήματα κλιματισμού 1/3

## 1. Λέβητες

- Η παραγωγή θορύβου και κραδασμών οφείλεται κυρίως στη διαδικασία της καύσης στο σύστημα καυστήρας – λέβητας – καπνοδόχος.

## 2. Ψυκτικές μονάδες συμπίεσης

- Η παραγωγή θορύβου και κραδασμών οφείλεται στους συμπιεστές και στις αερόψυκτες μονάδες και στους ανεμιστήρες



# Παραγωγή θορύβου από μηχανήματα κλιματισμού 2/3

## 3. Πύργοι ψύξης

- Η παραγωγή θορύβου οφείλεται στους ανεμιστήρες και στον καταιονισμό του νερού.

## 4. Κεντρικές κλιματιστικές μονάδες

- Η παραγωγή θορύβου οφείλεται στους ανεμιστήρες και στην έμμεση μετάδοση στα τοιχώματα των μονάδων.



# Παραγωγή θορύβου από μηχανήματα κλιματισμού 3/3

## 5. Αντλίες

- Η παραγωγή θορύβου οφείλεται στην πτερωτή.

## 6. Fan – coils

- Η παραγωγή θορύβου οφείλεται στον ανεμιστήρα.

## 7. Εξαρτήματα (βαλβίδες, διαφράγματα αέρα)

- Τα εξαρτήματα δεν παράγουν θόρυβο αλλά μπορούν να προκαλέσουν εξαιτίας της δράσης τους στα ρευστά (στραγγαλισμός).



# Χαρακτηριστικές στάθμες ακουστικής πίεσης μηχανημάτων για εγκαταστάσεις κλιματισμού

Εικ.2: Τιμές στάθμης ακουστικής πίεσης μετρημένες σε αποστάσεις που κυμαίνονται από 0.9 έως 1.5m

Μηχάνημα	Στάθμη ακουστικής πίεσης, dB(A)*
αερόθερμα	25-45
καυστήρες πετρελαίου μεσαίας-μεγάλης ισχύος (παροχή πετρελαίου 45-300 kg/h)	80-94
παλινδρομικές ψυκτικές μονάδες με ημιερμητικούς και ανοιχτούς συμπιεστές (120000-600000 frig/h)	75-90
εξατμιστικοί πύργοι	60-80
αντλίες	60-80





# Χαρακτηριστικό πεδίο συχνοτήτων των μηχανημάτων κλιματισμού

Εικ.3: Εύρος συχνοτήτων σε διάφορα μηχανήματα κλιματισμού

Μηχάνημα	Πεδίο συχνοτήτων, Hz
ανεμιστήρες και αντλίες	50-500
τερματικά κιβώτια	100-1500
παλινδρομικές και φυγοκεντρικές ψυκτικές μονάδες	250-2000
αεροφράκτες	350-2500
στόμια αερισμού	800-6000



# Τυπικές καμπύλες ηχητικής πίεσης σε ανεμιστήρες και ψυκτικές μονάδες

Εικ.4: Ανεμιστήρες

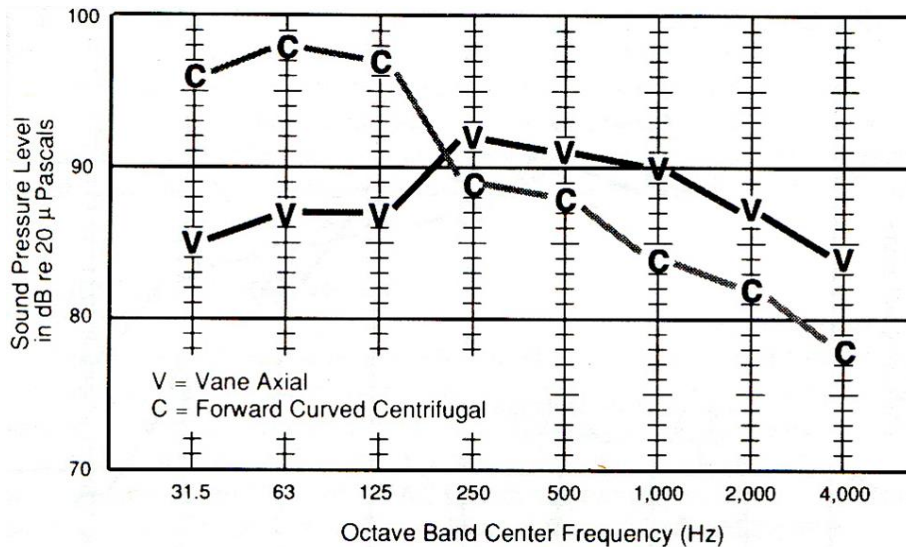


Figure A-8 Typical octave band sound pressure spectra near 20-kw fans

Εικ.5: Ψυκτικές μονάδες

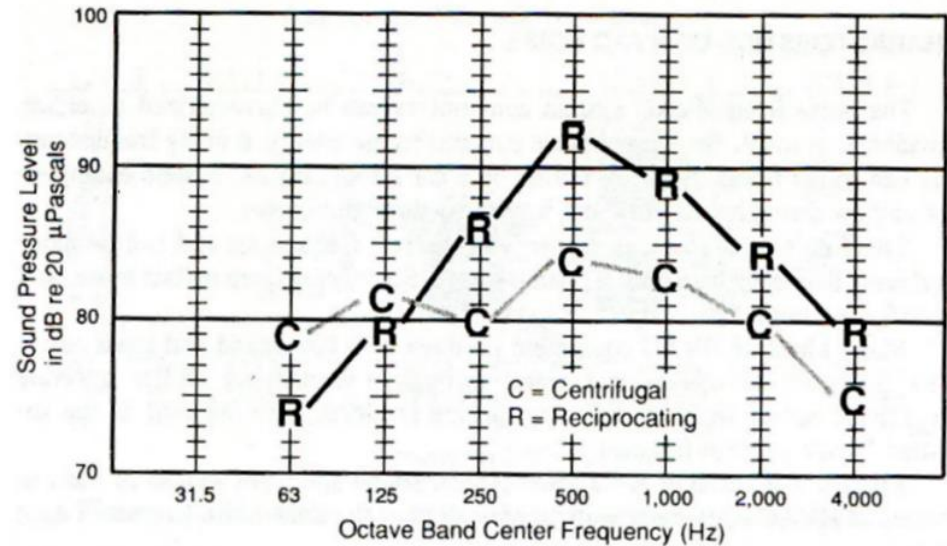
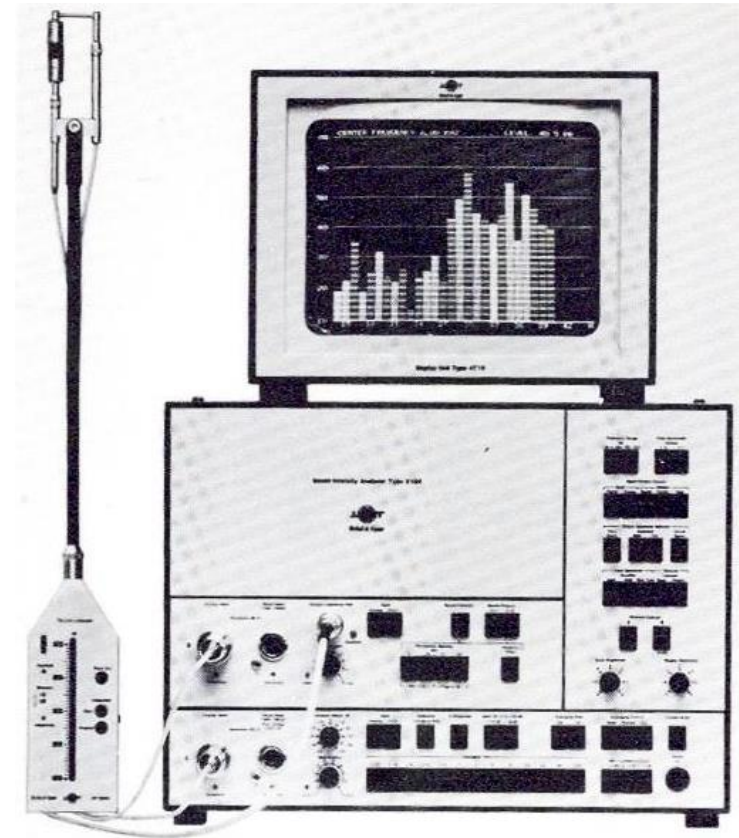
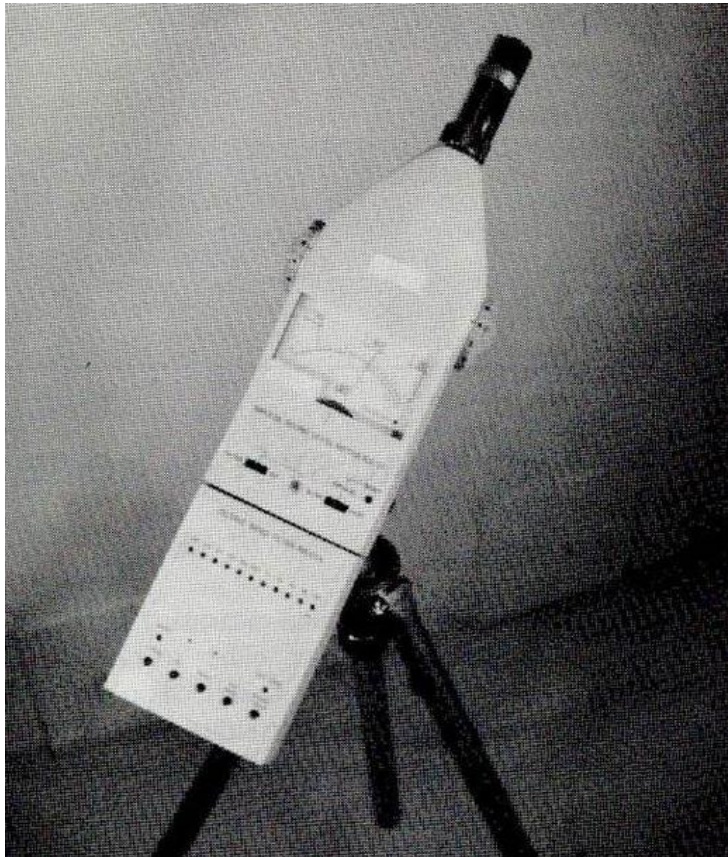


Figure A-9 Typical octave band sound pressure spectra near 1000-kw chillers



# Όργανα μέτρησης ηχητικής πίεσης

Εικ.6: Όργανα μέτρησης στάθμης ηχητικής πίεσης



# Επιτρεπόμενες τιμές στάθμης θορύβου

Εικ.7: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές NR σε διάφορους χώρους

ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΤΙΜΗ NR
Αίθουσες συναυλιών, όπερας, στούντιο ηχογραφήσεων, θέατρα (>500 θεατών)	20
Θέατρα (<500 θεατών), στούντιο τηλεόρασης, αίθουσες διαλέξεων (>50 ατόμων)	25
Γραφεία ιδιωτικά, αίθουσες συσκέψεων και διαλέξεων (20-50 ατόμων), αίθουσες πολλαπλών χρήσεων, βιβλιοθήκες, δωμάτια ξενοδοχείων, χειρουργεία, κινηματογράφοι, θάλαμοι ασθενών, μεγάλες αίθουσες δικαστηρίων	30
Κοινόχρηστοι χώροι ξενοδοχείων-νοσοκομείων, μικρές αίθουσες συσκέψεων και διαλέξεων (<20 ατόμων), σχολικές αίθουσες, μικρές αίθουσες δικαστηρίων, μουσεία, μικρά εστιατόρια	35
Αίθουσες σχεδίασης, εργαστήρια, αίθουσες υποδοχής ξενοδοχείων, ταχυδρομεία, μεγάλα εστιατόρια, μπάρ, πολυκαταστήματα και καταστήματα	40
Μαγειρεία νοσοκομείων, ξενοδοχείων κλπ., πλυντήρια, αίθουσες υπολογιστών, λογιστήρια, καφετέριες-καντίνες, σουπερμάρκετ, κολυμβητήρια	45
NR>50 θεωρείται πολύ θορυβώδης χώρος και δικαιολογείται μόνο σε χώρους παραγωγής	



# Ο έλεγχος του θορύβου στις εγκαταστάσεις κλιματισμού 1/5

- Ο θόρυβος είναι κάθε ανεπιθύμητος ήχος που ενοχλεί τα άτομα που κατοικούν ή εργάζονται σε ένα κτίριο.
- Πηγές θορύβου μπορούν να υπάρχουν τόσο στο εξωτερικό όσο και στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου.
- Ο μηχανολογικός εξοπλισμός και ιδιαίτερα τα συστήματα κλιματισμού-αερισμού είναι μία από τις πηγές θορύβου στα κτίρια. Οι εγκαταστάσεις κλιματισμού-αερισμού περιλαμβάνουν αρκετές συσκευές, οι οποίες παράγουν θόρυβο και δημιουργούν κραδασμούς, που σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό μεταδίδονται στους εσωτερικούς χώρους και μπορούν να επηρεάζουν αρνητικά την άνεση των ανθρώπων.



# Ο έλεγχος του θορύβου στις εγκαταστάσεις κλιματισμού 2/5

- Οι μηχανικοί που μελετούν τα συστήματα κλιματισμού-αερισμού, συνήθως επικεντρώνονται στην επίτευξη εσωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης (θερμοκρασία, υγρασία, κίνηση αέρα) και στην εξασφάλιση ανεκτής ποιότητας εσωτερικού αέρα στους χώρους του κτιρίου, ενώ τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργήσουν τα συστήματα από πλευράς θορύβου συνήθως δεν αντιμετωπίζονται.



# Ο έλεγχος του θορύβου στις εγκαταστάσεις κλιματισμού 3/5

- Η επιλογή του εξοπλισμού και ο σχεδιασμός της εγκατάστασης πρέπει λοιπόν να γίνεται:
  - α) με βάση την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων του κτιρίου και την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης και της ποιότητας του εσωτερικού αέρα
  - β) λαμβάνοντας υπόψη και τη δημιουργία αποδεκτής στάθμης θορύβου και κραδασμών στους κατοικημένους χώρους του κτιρίου



# Ο έλεγχος του θορύβου στις εγκαταστάσεις κλιματισμού 4/5

- Στις περισσότερες περιπτώσεις, η αντιμετώπιση των συστημάτων από πλευράς θορύβου περιορίζεται:
  - A) στην προσθήκη ηχοαποσβεστήρων στα δίκτυα των αεραγωγών,
  - B) στην τοποθέτηση υλικών επικάλυψης στην εσωτερική ή εξωτερική πλευρά των αεραγωγών και των ειδικών τεμαχίων τους, και
  - Γ) στην τοποθέτηση αντικραδασμικών διατάξεων στις βάσεις των μηχανημάτων ή στις αναρτήσεις των σωλήνων και των αεραγωγών.
- Οι διατάξεις αυτές μπορούν να ελαττώσουν τον θόρυβο και τους κραδασμούς σε μια εγκατάσταση κλιματισμού-αερισμού, αλλά αν δεν ενσωματωθούν σωστά μπορούν να ελαττώσουν την απόδοση του συστήματος ή ακόμη και να δημιουργήσουν επιπλέον προβλήματα.





# Ο έλεγχος του θορύβου στις εγκαταστάσεις κλιματισμού 5/5

Επομένως:

- Ο σχεδιασμός για τον έλεγχο του θορύβου και των κραδασμών πρέπει να αρχίζει από τα πρώτα στάδια της αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης του κτιρίου και της μελέτης της εγκατάστασης κλιματισμού.
- Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν, το κόστος για την εφαρμογή ορισμένων μέτρων (π.χ. η τοποθέτηση ηχοαποσβεστήρων ή υλικών επικάλυψης αεραγωγών) να ελαχιστοποιηθεί.



# Πηγές θορύβου 1/2

Οι πηγές θορύβου που έχουν σχέση με το σύστημα κλιματισμού-αερισμού είναι:

- i) Τα μηχανήματα της κεντρικής εγκατάστασης, δηλαδή οι ψυκτικές μονάδες, οι λέβητες, οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, οι ανεμιστήρες, οι αντλίες, οι πύργοι ψύξης κλπ.
- Τα μηχανήματα αυτά μπορεί να είναι εγκατεστημένα είτε μέσα στο κτίριο, είτε εκτός του κτιρίου (π.χ. οι πύργοι ψύξης, οι ανεμιστήρες, οι ψυκτικές μονάδες) και αποτελούν τις κυριότερες πηγές θορύβου και κραδασμών στις εγκαταστάσεις κλιματισμού-αερισμού.



# Πηγές θορύβου 2/2

ii) Τα δίκτυα διανομής, δηλαδή οι αεραγωγοί, οι σωληνώσεις και τα εξαρτήματά τους (βαλβίδες, διαφράγματα κλπ). Θόρυβος και κραδασμοί από τα δίκτυα διανομής μπορεί να παράγονται:

- Λόγω υψηλής ταχύτητας του αέρα στους αεραγωγούς και στα διαφράγματα ή λόγω διαρροών
- Λόγω μεγάλης ταχύτητας ροής στις σωληνώσεις και στα εξαρτήματά τους
- Λόγω ταλάντωσης των τοιχωμάτων των αεραγωγών και των σωληνώσεων νερού
- Λόγω τυρβώδους ροής στην έξοδο των ανεμιστήρων και στα εξαρτήματα αλλαγής κατεύθυνσης-διατομής



# Μετάδοση θορύβου 1/6

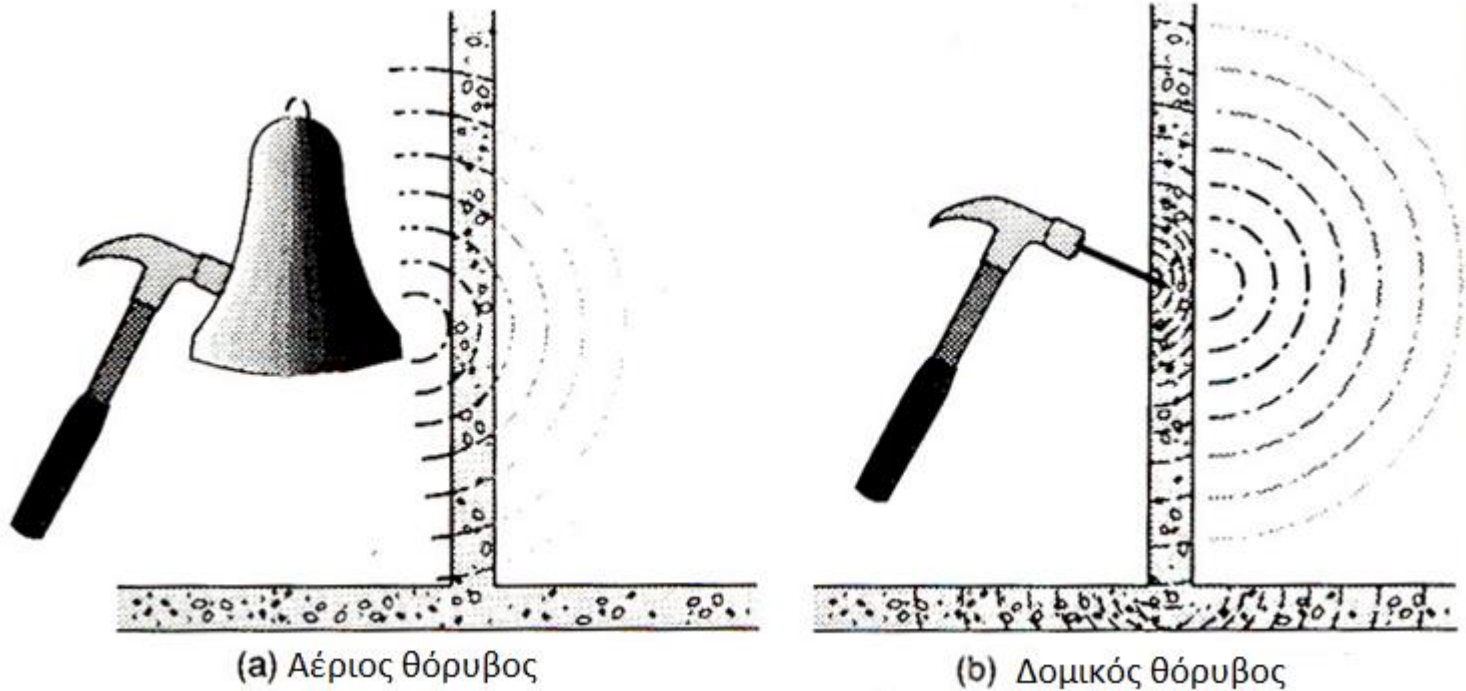
iii) Οι συσκευές μέσα στους κλιματιζόμενους χώρους, δηλαδή τα Fan-coils, οι τερματικές μονάδες διανομής αέρα, οι αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, οι εξαεριστήρες, τα στόμια κλπ

- Οι θόρυβοι που παράγονται από τα μηχανήματα και τις συσκευές μεταδίδονται:
  - είτε μέσω του αέρα (αέριος ή αερόφερτος θόρυβος),
  - είτε μέσω της στερεάς κατασκευής του κτιρίου με τη μορφή κραδασμών (δομικός θόρυβος).
  - Ο αέριος θόρυβος μεταδίδεται στους χώρους του κτιρίου μέσω των ανοιγμάτων ή μέσω του συστήματος διανομής του αέρα.
  - Ο δομικός θόρυβος μεταδίδεται μέσω των δομών του οικοδομήματος (τοίχοι, δάπεδα κ.λ.π.)



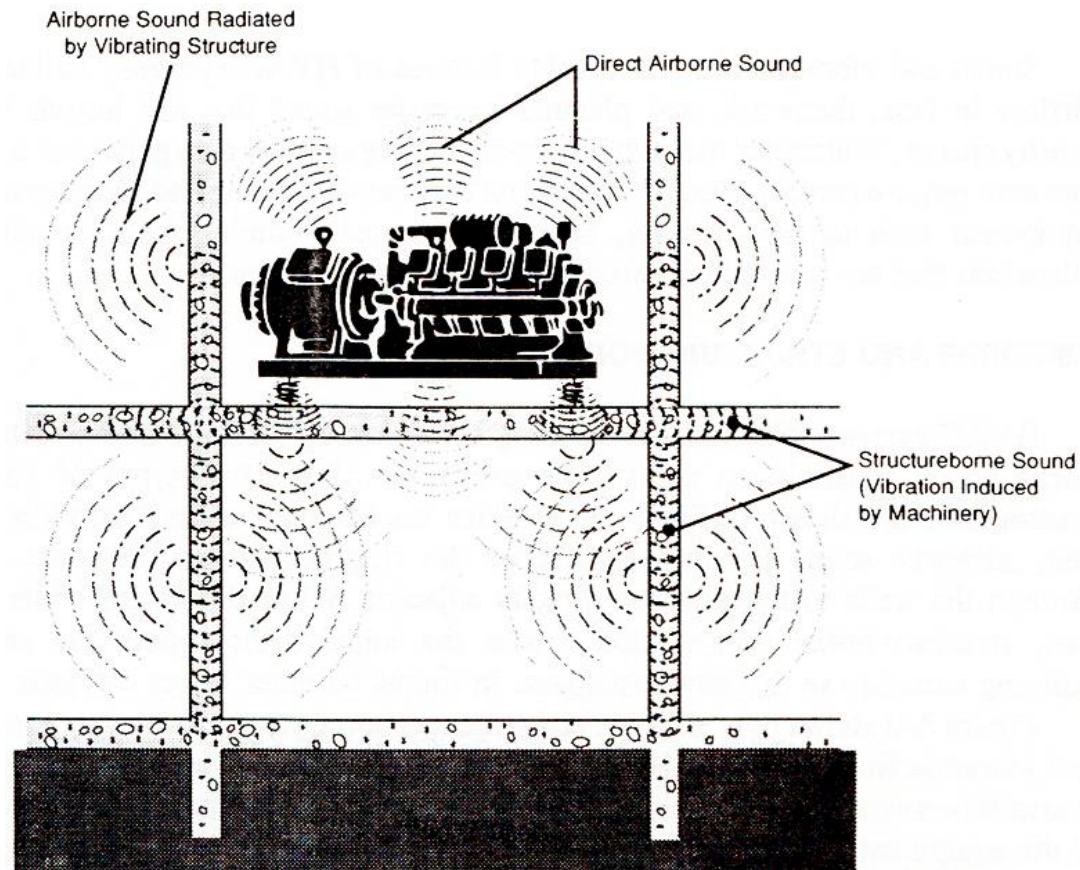
# Μετάδοση θορύβου 2/6

Εικ.8: Αέριος και δομικός θόρυβος



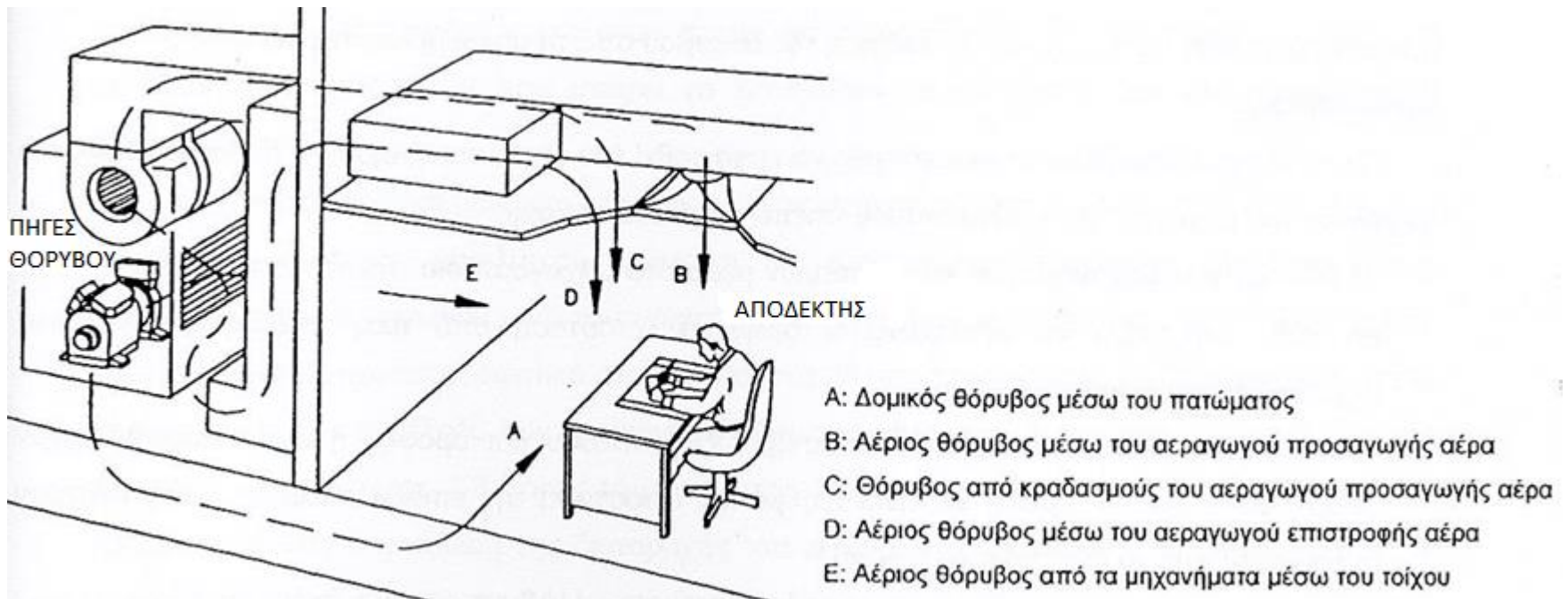
# Μετάδοση θορύβου 3/6

Εικ.9: Μετάδοση αερίου και δομικού θορύβου από συσκευή



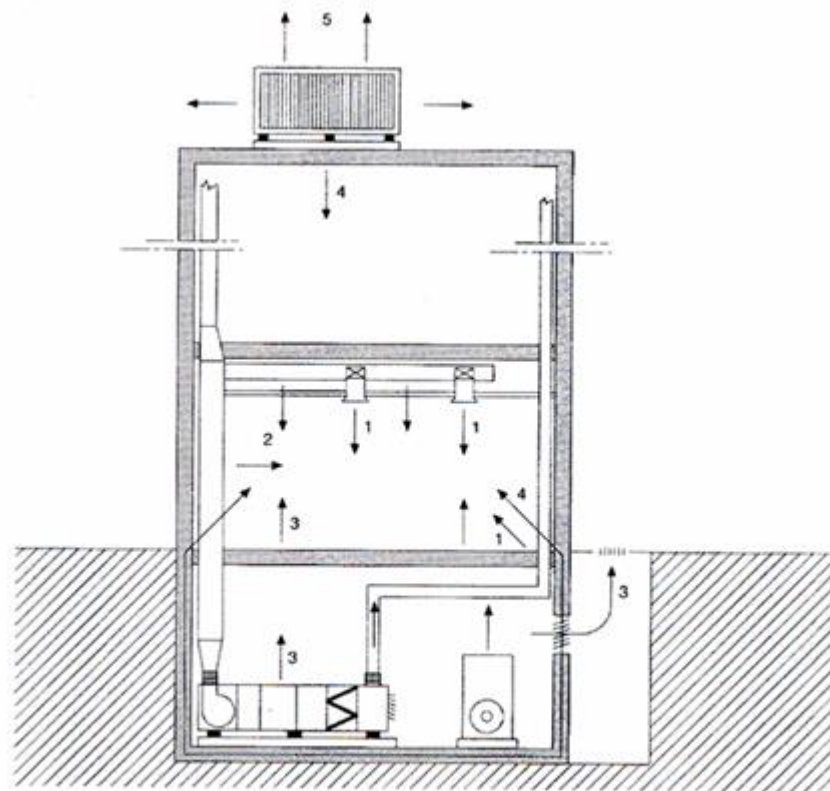
# Μετάδοση θορύβου 4/6

Εικ.10: Τυπικές οδοί μετάδοσης του θορύβου σε συστήματα κλιματισμού- αερισμού



# Μετάδοση θορύβου 5/6

Εικ.11: Οδοί μετάδοσης του θορύβου σε σύστημα κλιματισμού



Οδοί μετάδοσης του θορύβου σε μία εγκατάσταση αποκλειστικά με αέρα. 1) Θόρυβος που μεταδίδεται από τα κανάλια του αέρα (τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση του θορύβου, που δεν συμπίπτει αναγκαστικά με εκείνη του αέρα) 2) Θόρυβος που εκπέμπεται από τα τοιχώματα των καναλιών 3) Εναέριος θόρυβος από το μηχανοστάσιο 4) Κραδασμοί μέσω του σκελετού 5) Εναέριος θόρυβος που μεταδίδεται από το εξωτερικό.



# Μετάδοση θορύβου 6/6

- Οι θόρυβοι που παράγονται από πηγές εκτός του κτιρίου, μπορεί να μεταδίδονται μέσα στο κτίριο και από τα στόμια λήψης νωπού αέρα ή από τα στόμια απόρριψης του αέρα.
- Επίσης, ο θόρυβος που παράγεται από το σύστημα κλιματισμού-αερισμού μπορεί να μεταδίδεται και προς γειτονικά κτίρια ή προς γειτονικές χρήσεις του ίδιου κτιρίου.
- Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της περίπτωσης αποτελούν οι πύργοι ψύξης και οι αερόψυκτες ψυκτικές μονάδες, που εγκαθίστανται πάντοτε στο εξωτερικό περιβάλλον.



# Τεχνικές ελέγχου θορύβου

- Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που μπορεί να δημιουργήσει ο θόρυβος και οι κραδασμοί από τα συστήματα κλιματισμού-αερισμού, πρέπει αρχικά να εξετάζονται οι πηγές θορύβου, οι οδοί μετάδοσης του θορύβου και οι αποδέκτες.
- Οι αποδέκτες του θορύβου είναι γενικά οι άνθρωποι που κατοικούν ή εργάζονται στο κτίριο.
- Η χρήση των χώρων και η δραστηριότητα των ανθρώπων σ' αυτούς, συνήθως καθορίζει και την ενδεικνυόμενη τιμή της στάθμης θορύβου.
- Οι μελετητές των συστημάτων πρέπει με κατάλληλες επεμβάσεις στις πηγές θορύβου και με κατάλληλη διαμόρφωση των οδών μετάδοσης να εξασφαλίσουν τις επιθυμητές στάθμες θορύβου στους χώρους κατοίκησης και εργασίας.



# Επιλογή κεντρικών μηχανημάτων

- Ο μηχανικός θα πρέπει στη φάση της προμελέτης του κτιρίου να κάνει μία αρχική εκτίμηση του μεγέθους των κεντρικών μηχανημάτων της εγκατάστασης.
- Μία κατ' αρχήν επιλογή του κεντρικού εξοπλισμού στη φάση αυτή, επιτρέπει την εκτίμηση των διαστάσεων των μηχανημάτων και της στάθμης ακουστικής πίεσης που παράγουν. Τα μεγέθη αυτά καθορίζουν με ικανοποιητική ακρίβεια τις διαστάσεις του λεβητοστασίου και του ψυχοστασίου της εγκατάστασης καθώς και τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για τον έλεγχο του θορύβου. Για ικανοποιητικό έλεγχο του θορύβου, θα πρέπει να επιλέγονται μηχανήματα όσο πιο αθόρυβα.



# Θέση - διαστάσεις χώρων μηχανοστασίων κλιματισμού 1/2

Για να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες να εμφανισθεί ένα τέτοιο πρόβλημα, ο προσδιορισμός του μεγέθους του μηχανοστασίου κλιματισμού πρέπει να γίνεται ως εξής:

- Η διάταξη των μηχανημάτων και συσκευών μέσα στο μηχανοστάσιο πρέπει να είναι τέτοια, ώστε για κάθε μηχανήμα να εξασφαλίζεται οριζόντια απόσταση από τους τοίχους ή από άλλα μηχανήματα τουλάχιστον 0.60 m.
- Το ελεύθερο ύψος του μηχανοστασίου (μεταξύ δαπέδου και οροφής ή κάτω παρειάς τυχόν υπάρχουσας δοκού) πρέπει να είναι ίσο με την απόσταση της επάνω πλευράς του ψηλότερου αεραγωγού από το δάπεδο συν 0.50 m.



# Θέση - διαστάσεις χώρων μηχανοστασίων κλιματισμού 2/2

- Η επιλογή του μεγέθους με τον τρόπο αυτό αφήνει ικανοποιητικό χώρο για την είσοδο του νωπού αέρα στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, για την σωστή διαμόρφωση των αεραγωγών προσαγωγής και ανακυκλοφορίας του αέρα και για την τοποθέτηση ηχοαποσβεστήρων (εάν απαιτείται).
- Επίσης οι χώροι τοποθέτησης των ψυκτικών μονάδων, των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, των ανεμιστήρων, των πύργων ψύξης, των λεβήτων, των αντλιών και γενικά των μηχανημάτων που παράγουν θόρυβο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μακριά από τους κατοικήσιμους χώρους του κτιρίου.



# Ανεμιστήρες 1/4

- Όταν υπολογίζονται και σχεδιάζονται τα συστήματα κλιματισμού-αερισμού, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω οδηγίες, ώστε να ελαχιστοποιείται η μετάδοση θορύβου και κραδασμών από τις διάφορες πηγές των συστημάτων προς τους κατοικημένους χώρους.

## *Ανεμιστήρες και κεντρικές κλιματιστικές μονάδες*

- Η λανθασμένη επιλογή και εγκατάσταση των ανεμιστήρων και των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων είναι η αιτία των περισσότερων προβλημάτων θορύβου.



# Ανεμιστήρες 2/4

- Ο αριθμός και η έκταση των προβλημάτων μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την επιλογή μηχανημάτων που έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης και μεταφέρουν τον αέρα σε ένα δίκτυο αεραγωγών, το οποίο είναι σχεδιασμένο με την μικρότερη εφικτή πτώση πίεσης του αέρα.

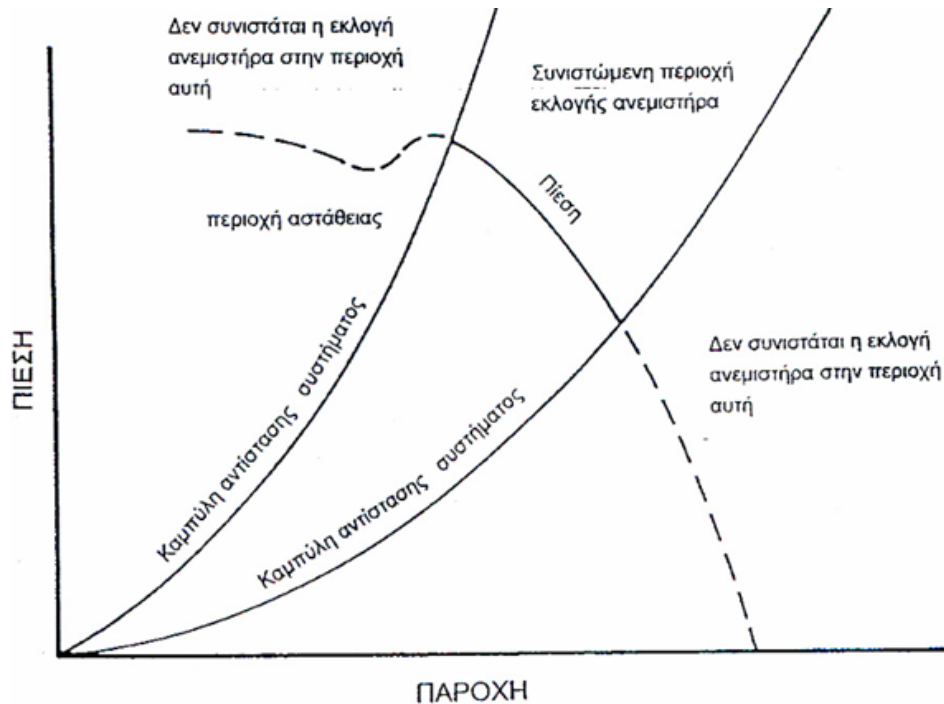
Οι κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται είναι:

- Επιλογή ανεμιστήρων με μεγάλο βαθμό απόδοσης. Αυτοί στις περισσότερες περιπτώσεις είναι και οι πλέον αθόρυβοι.
- Επιλογή χαμηλών ταχυτήτων στην κατάθλιψη των ανεμιστήρων.



# Ανεμιστήρες 3/4

Εικ.12: Συνιστώμενη περιοχή εκλογής φυγοκεντρικού ανεμιστήρα



- Επιλογή σημείου λειτουργίας των ανεμιστήρων στη δεξιά πλευρά της καμπύλης λειτουργίας τους και μακριά από την περιοχή αστάθειας.





# Ανεμιστήρες 4/4

- Στήριξη των ανεμιστήρων σε αντιδονητικές διατάξεις. Ο τύπος της στήριξης και ο τρόπος ελέγχου των κραδασμών εξαρτάται από το μέγεθος του ανεμιστήρα και την επιτρεπόμενη στάθμη θορύβου.
- Εγκατάσταση αντικραδασμικών συνδέσμων (τύπου φυσαρμόνικας) ανάμεσα στο στόμιο κατάθλιψης των ανεμιστήρων και στον αεραγωγό προσαγωγής. Ο σύνδεσμος εμποδίζει τη μετάδοση των κραδασμών που μπορεί να εκπέμπουν τα τοιχώματα του αεραγωγού στους διάφορους χώρους.



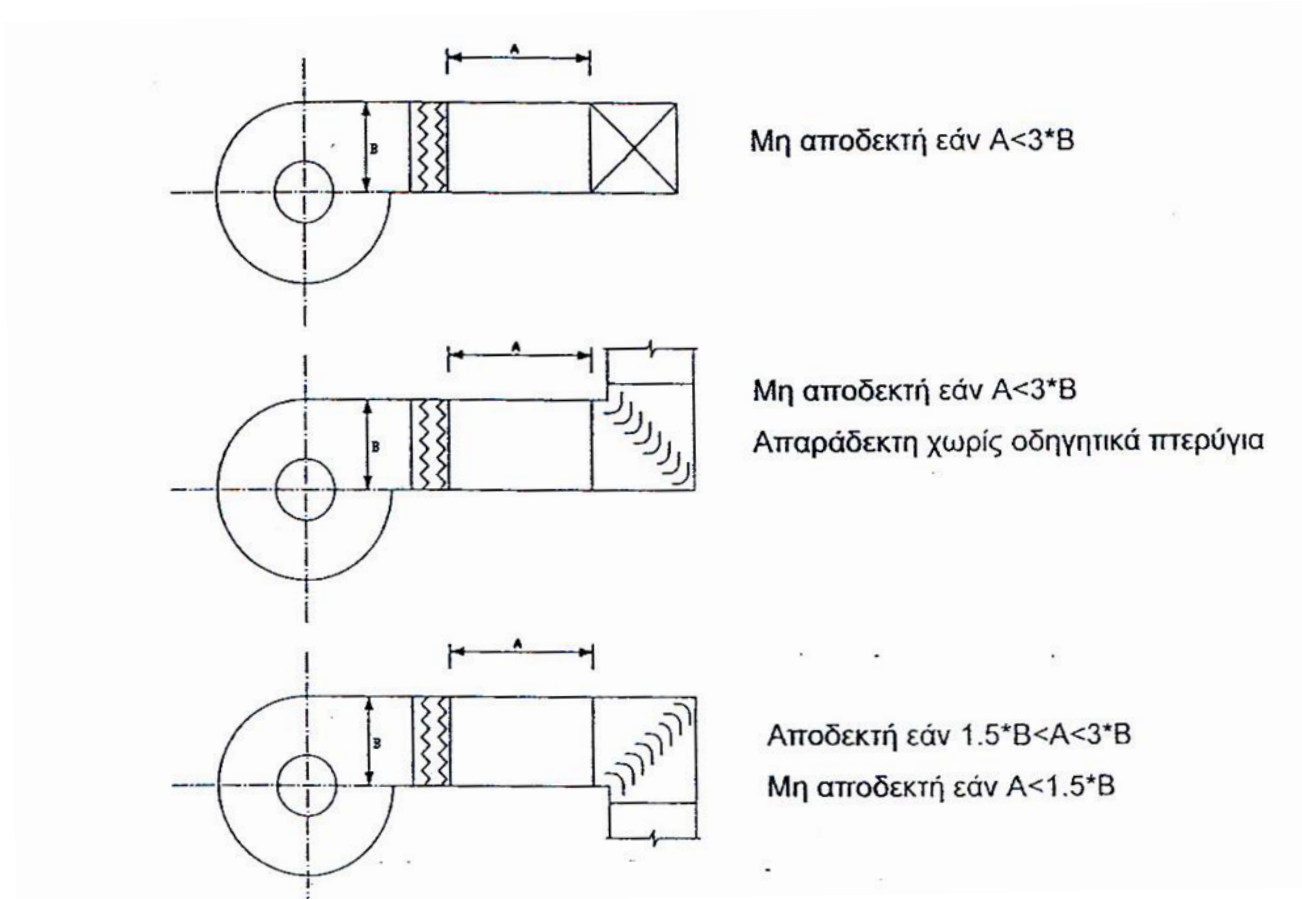
# Έξοδος από την ΚΚΜ 1/4

- Διατήρηση ενός ευθυγράμμου τμήματος αεραγωγού μετά το σύνδεσμο του ανεμιστήρα, με μήκος 1.5 έως 3 φορές τη μεγαλύτερη διάσταση του στομίου του ανεμιστήρα (ανάλογα με τη διαμόρφωση του αεραγωγού μετά το ευθύγραμμο τμήμα).
- Το τμήμα αυτό του αεραγωγού πρέπει να επενδύεται με ηχοαπορροφητικό στρώμα πάχους 25 mm τουλάχιστον.
- Οι διαμορφώσεις αυτές χρειάζονται γιατί στην έξοδο των ανεμιστήρων δημιουργείται σχεδόν πάντοτε μία τυρβώδης ροή του αέρα για ένα μήκος 3-6 φορές τη μεγαλύτερη διάσταση του στομίου τους.



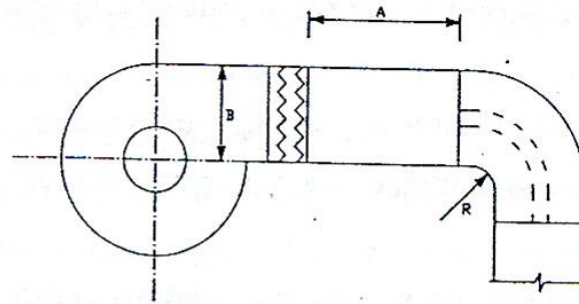
# Έξοδος από την ΚΚΜ 2/4

Εικ.13: Διαμορφώσεις εξόδου ανεμιστήρων



# Έξοδος από την ΚΚΜ 3/4

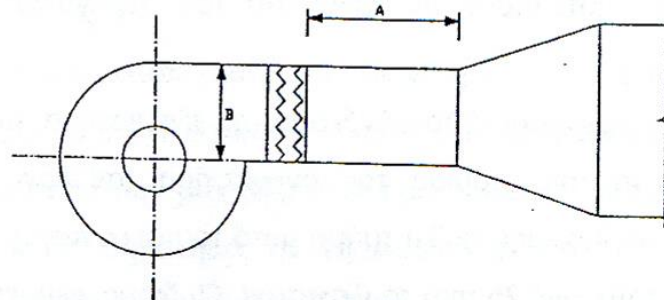
Εικ.14: Διαμορφώσεις εξόδου ανεμιστήρων



Συνιστώμενη εάν  $A > 3 \cdot B$

Αποδεκτή εάν  $A > 1.5 \cdot B$

Μη αποδεκτή εάν  $A < 1.5 \cdot B$



Η καλύτερη εάν  $A > 1.5 \cdot B$

Συνιστώμενη κλίση 1:7



# Έξοδος από την ΚΚΜ 4/4

- Το ευθύγραμμο τμήμα συμβάλλει στη μείωση της διαταραχής του αέρα και του θορύβου που δημιουργείται. Το ηχοαπορροφητικό στρώμα συμβάλλει στην απορρόφηση του θορύβου.
- Αποφυγή απότομων διευρύνσεων της διατομής του αεραγωγού στην κατάθλιψη των ανεμιστήρων. Η μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση είναι 1:4 για ταχύτητες αέρα μικρότερες από 10 m/s.
- Τοποθέτηση ηχοαποσβεστήρων, γωνιών, καμπυλών, διακλαδώσεων, συνενώσεων κ.λ.π. (στην κατάθλιψη ή στην αναρρόφηση των ανεμιστήρων) σε απόσταση όχι μικρότερη από 3 ισοδύναμες διαμέτρους των αεραγωγών από την κεντρική κλιματιστική μονάδα.



# Δίκτυο αεραγωγών 1/12

## *Δίκτυα αεραγωγών*

- Τα δίκτυα αεραγωγών πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να καταλαμβάνουν τον μικρότερο δυνατό χώρο με ένα λογικό κόστος λειτουργίας.
- Ο λανθασμένος σχεδιασμός των δικτύων, που πολλές φορές προέρχεται από την έλλειψη κατάλληλου χώρου για την όδευση των αεραγωγών, μπορεί να δημιουργήσει τυρβώδη ροή και υπερβολική πτώση πίεσης του αέρα με αποτέλεσμα θορύβους, που είναι δύσκολο και δαπανηρό να περιορισθούν.



# Δίκτυο αεραγωγών 2/12

- Οι κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται είναι:
  - Επιλογή υλικού κατασκευής αεραγωγών με χαμηλές απώλειες τριβής.
  - Σχεδιασμός του δικτύου αεραγωγών με χαμηλές ταχύτητες.
  - Επιλογή πάχους ελάσματος αεραγωγών ανάλογα με τις διαστάσεις τους.
  - Σχεδιασμός καμπύλων για την αλλαγή κατεύθυνσης του αέρα με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες πίεσης.
- Για μεγαλύτερη ελάττωση του θορύβου οι καμπύλες να κατασκευάζονται με οδηγητικά πτερύγια. Επίσης εάν η κατασκευή απαιτεί τη χρησιμοποίηση γωνίας αντί καμπύλης, τότε η γωνία να κατασκευάζεται με εσωτερικά οδηγητικά πτερύγια.



# Δίκτυο αεραγωγών 3/12

Εικ.15: Αεραγωγοί χαμηλής ταχύτητας - μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες (m/sec)

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΚΥΡΙΟΙ ΚΛΑΔΟΙ		ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΚΛΑΔΟΙ	
	ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ	ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΔΩΜΑΤΙΑ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΩΝ	5	4	3	3
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΩΝ ΙΔΙΩΤΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ	7,5	6,5	6	5,5
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΕΣ ΘΕΑΤΡΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ	8	7	7	6
ΚΤΙΡΙΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΤΡΑΠΕΖΕΣ ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ	7,5	5,5	5	4
ΜΑΓΑΖΙΑ	9	9	8	7
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	12	9	10	7,5





# Δίκτυο αεραγωγών 4/12

Εικ.16: Ελάχιστο επιτρεπόμενο πάχος ελάσματος σε κυκλικούς και ορθογωνικούς αεραγωγούς

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑΓΩΓΟΥ (mm)		ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (mm)
έως	250	0,60
από 260	έως 500	0,80
από 510	έως 990	0,90
από 1000	έως 1490	1,00
από 1500	έως 1990	1,10
από 2000	και άνω	1,25

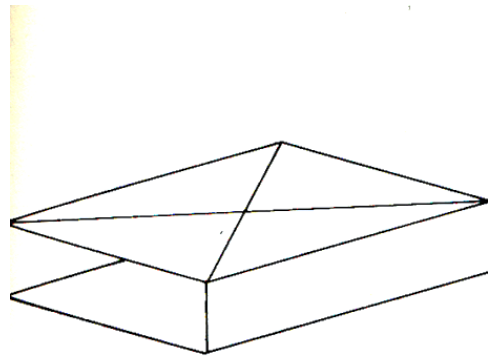
**Π602 Ορθογωνικοί Αεραγωγοί**

ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΑΕΡΑΓΩΓΟΥ (mm)		ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ (mm)
έως	250	0,50
από 260	έως 500	0,60
από 510	έως 990	0,80
από 1000	έως 1490	0,90
από 1500	έως 1990	1,00
από 2000	έως 2490	1,10
από 2500	και άνω	1,25



# Δίκτυο αεραγωγών 5/12

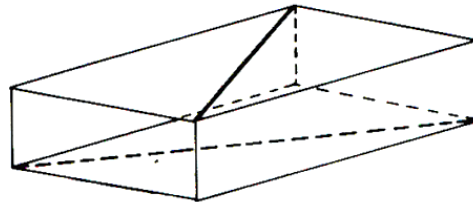
Εικ.17: Ενισχύσεις αεραγωγών



ΤΥΠΟΣ

A

ΧΙΑΣΤΗ ΝΕΥΡΩΣΗ  
(ΣΤΡΑΝΤΖΑΡΙΣΜΑ)



B1 A cross-sectional diagram of a duct with a triangular rib on top. The rib is centered and its base is parallel to the duct's width.

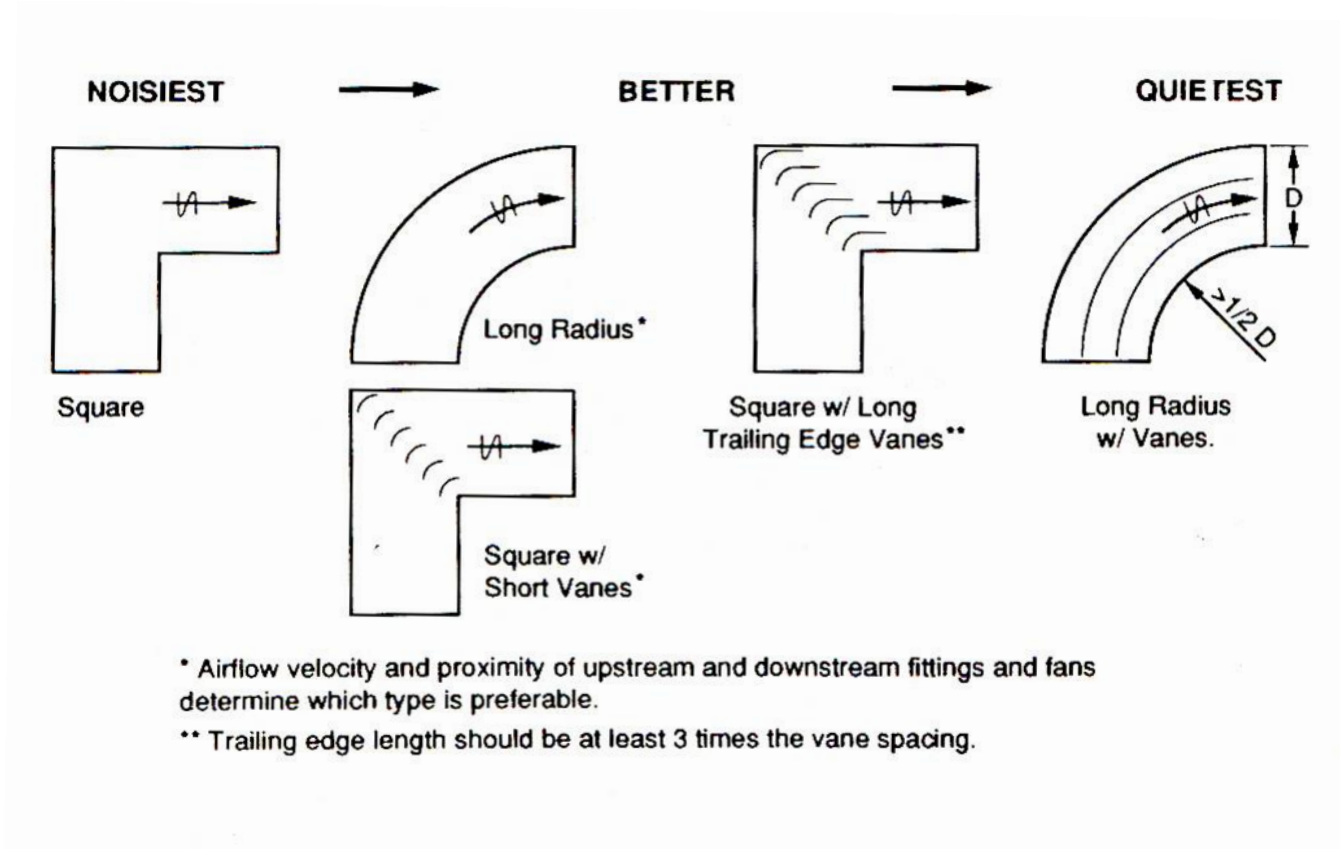
B2 A cross-sectional diagram of a duct with a triangular rib on the side. The rib is centered and its base is parallel to the duct's length.

(L.....)



# Δίκτυο αεραγωγών 6/12

Εικ.18: Οδηγίες για ελάττωση του θορύβου σε καμπύλες και γωνίες



# Δίκτυο αεραγωγών 7/12

- Σχεδιασμός διακλαδώσεων, συνενώσεων, συστολών διαστολών και αλλαγών κατεύθυνσης με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες πίεσης και ο παραγόμενος θόρυβος.

Στην Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας 2423/86 δίνονται οδηγίες για την κατασκευαστική διαμόρφωση όλων των παραπάνω στοιχείων των δικτύων αεραγωγών.

- Τοποθέτηση, όπου απαιτείται, εσωτερικής επένδυσης από ηχοαπορροφητικό στρώμα για την απορρόφηση των θορύβων.



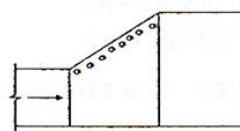
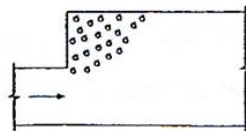
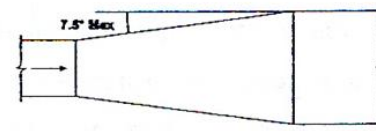
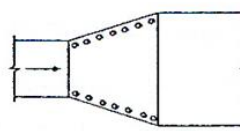
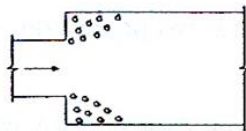
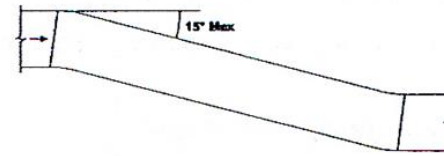
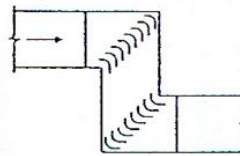
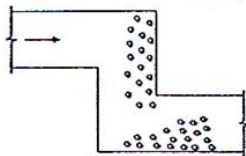
# Δίκτυο αεραγωγών 8/12

Εικ.19: Συνιστώμενες διαμορφώσεις για ελαχιστοποίηση του θορύβου σε διευρύνσεις και αλλαγές κατεύθυνσης αεραγωγών

Θορυβώδης

Καλύτερη

Συνιστώμενη



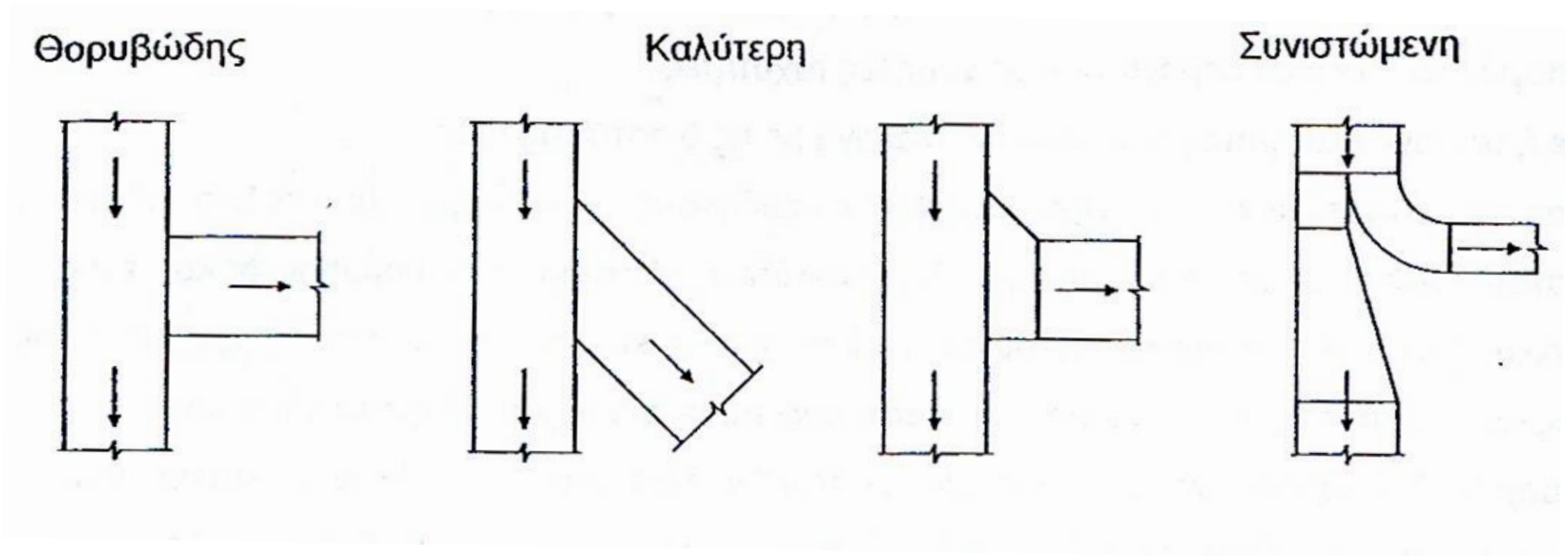
Τίτλος Μαθήματος

Τμήμα



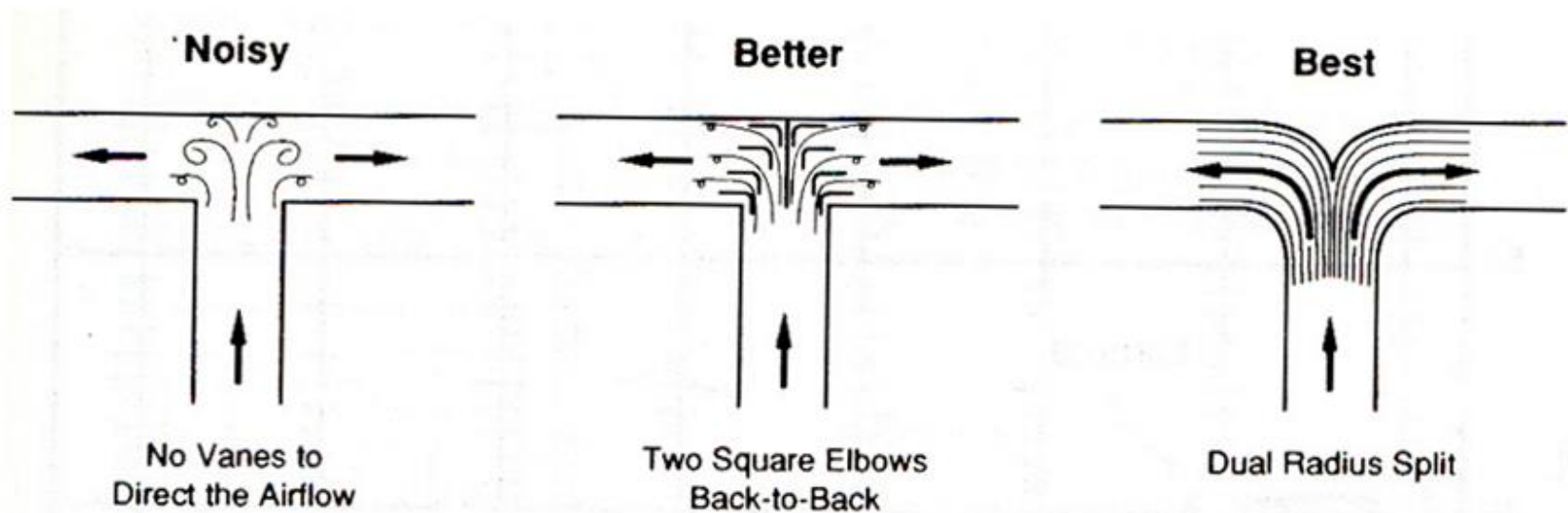
# Δίκτυο αεραγωγών 9/12

Εικ.20: Συνιστώμενες διαμορφώσεις για ελαχιστοποίηση του θορύβου σε διακλαδώσεις αεραγωγών



# Δίκτυο αεραγωγών 10/12

Εικ.21: Οδηγίες για ελάττωση του θορύβου σε τεμάχια T



# Δίκτυο αεραγωγών 11/12

- Στήριξη των αεραγωγών στα οικοδομικά στοιχεία με στηρίγματα που εξασφαλίζουν απόλυτη στερεότητα και ακαμψία.

Όταν απαιτείται χαμηλή στάθμη θορύβου ή όταν δημιουργούνται κραδασμοί, οι αεραγωγοί πρέπει να στηρίζονται με αντικραδασμικά στηρίγματα.

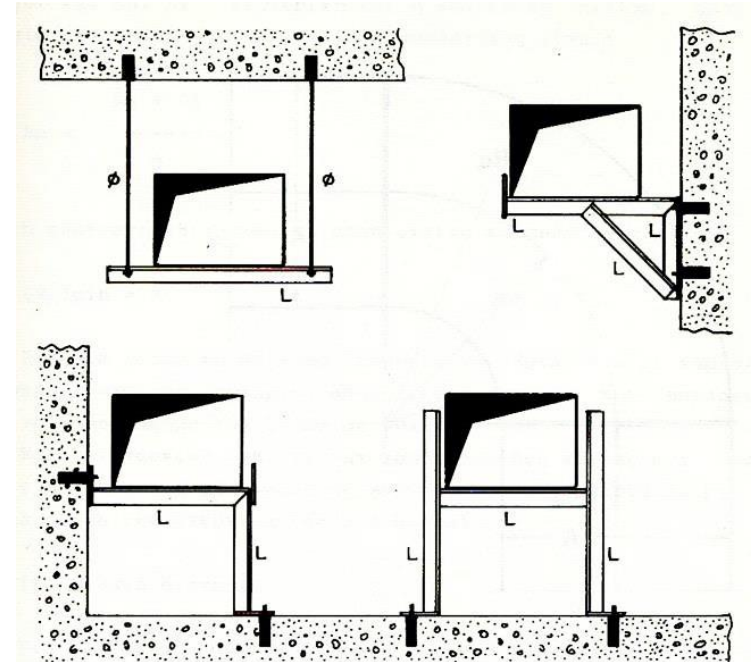
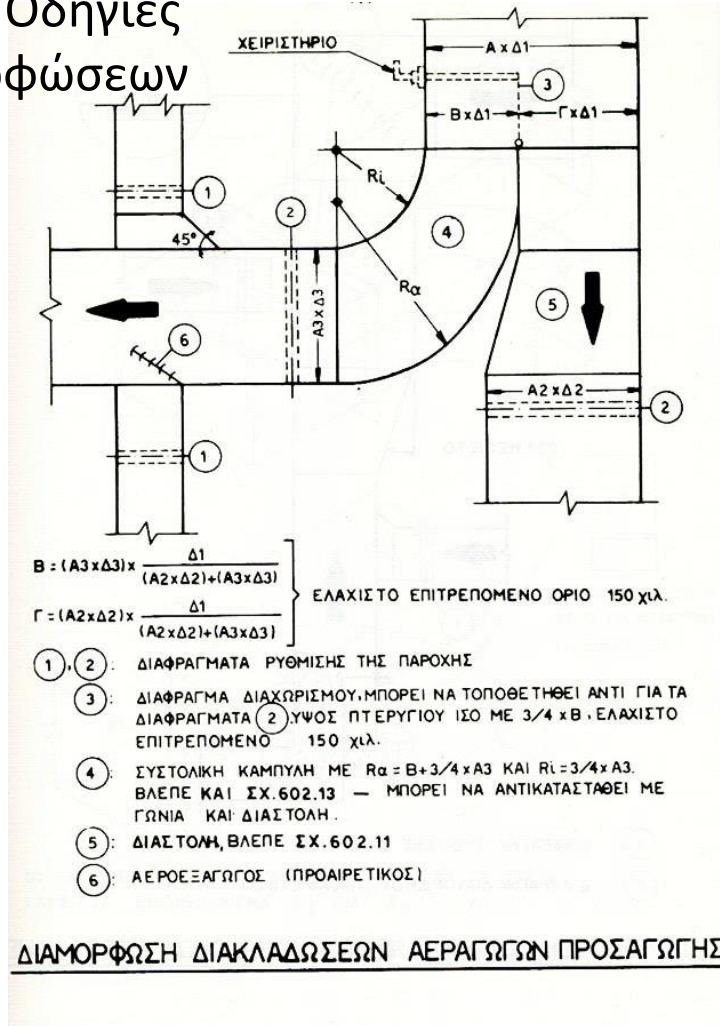
- Εξωτερική επένδυση των αεραγωγών με ελαστικό υλικό, όταν διασχίζουν τοίχους ή δάπεδα (αποφυγή άμεσης επαφής).





# Δίκτυο αεραγωγών 12/12

Εικ.22: Οδηγίες διαμορφώσεων



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

ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ



# Στόμια αέρα

## *Στόμια αέρα*

- Επιλογή στομίων με χαμηλή ταχύτητα αέρα.
- Τοποθέτηση στομίων αέρα στους κατοικημένους χώρους, όσο το δυνατόν μακρύτερα από καμπύλες και αλλαγές κατεύθυνσης των αεραγωγών.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση ανάμεσα στο στόμιο και την καμπύλη είναι ίση με 3 ισοδύναμες διαμέτρους τού αεραγωγού.

- Ανάλογα με την παροχή αέρα, τοποθέτηση περισσότερων στομίων προσαγωγής αντί για ένα στόμιο με μεγάλες διαστάσεις και υψηλή ταχύτητα αέρα.



# Φρεάτια όδευσης αεραγωγών

## *Φρεάτια όδευσης αεραγωγών*

- Τα φρεάτια όδευσης αεραγωγών είναι τμήματα του κτιρίου, που προβλέπονται τόσο για την όδευση των κυρίων κλάδων των δικτύων αεραγωγών όσο και για την όδευση σωλήνων νερού, αποχέτευσης, καλωδίων κ.λ.π.
- Η θέση και οι διαστάσεις αυτών των φρεατίων πρέπει να γίνεται με συνεργασία του μηχανικού που μελετά τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και του αρχιτέκτονα μηχανικού.

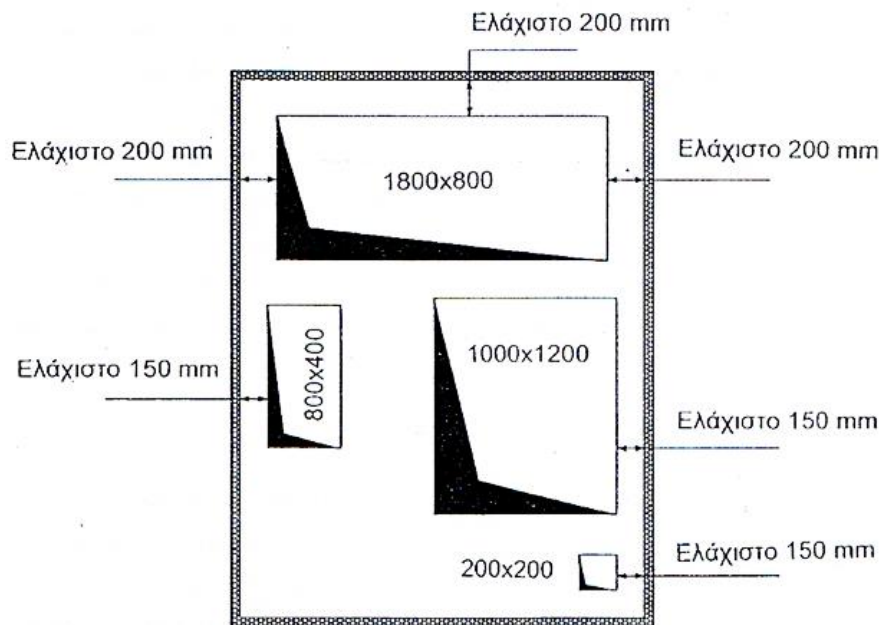
Ειδικά για τα δίκτυα αεραγωγών πρέπει:

- Τα φρεάτια να τοποθετούνται μακριά από χώρους, στους οποίους απαιτείται χαμηλή στάθμη θορύβου.



# Διαστάσεις φρεατίων αεραγωγών

Εικ.23: Αεραγωγοί σε φρεάτιο



Συνιστώμενες αποστάσεις αεραγωγών από τα τοιχώματα φρεατίων

- Οι διαστάσεις των φρεατίων να είναι τέτοιες, ώστε η απόσταση κάθε αεραγωγού από τους τοίχους του φρεατίου να είναι τουλάχιστον ίση με το 10% της μεγαλύτερης διάστασης του αεραγωγού ή 150 mm, ανάλογα με το ποια απόσταση είναι μεγαλύτερη.



# Ηχοαποσβεστήρες 1/3

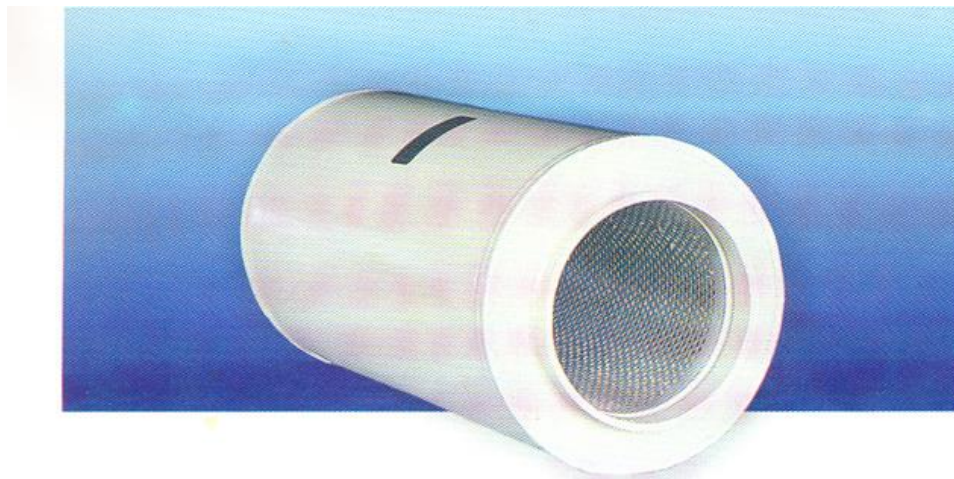
## *Ηχοαποσβεστήρες*

- Οι ηχοαποσβεστήρες χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις κλιματισμού -αερισμού για να μειώσουν τον μεταφερόμενο θόρυβο μέσα από τους αεραγωγούς. Τοποθετούνται πριν ή μετά τους ανεμιστήρες ή παρεμβάλλονται στο δίκτυο αεραγωγών.
- Προορισμός τους είναι η μείωση της στάθμης του θορύβου που παράγεται από τους ανεμιστήρες και μεταφέρεται μέσω του αέρα και των αεραγωγών στους χώρους ή στο περιβάλλον.
- Με τους ηχοαποσβεστήρες μειώνονται οι θόρυβοι χαμηλών συχνοτήτων, ενώ οι θόρυβοι υψηλών συχνοτήτων απορροφώνται συνήθως από το δίκτυο αεραγωγών.

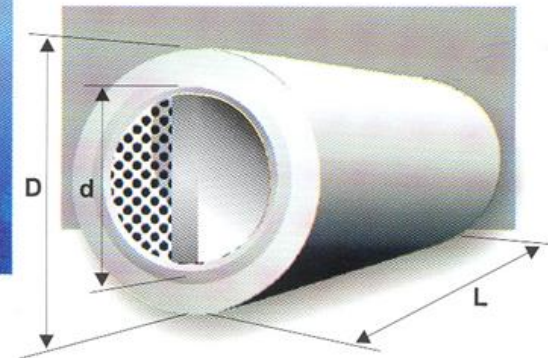


# Ηχοαποσβεστήρες 2/3

Εικ.24: Οι ηχοαποσβεστήρες αποτελούνται συνήθως από ένα εξωτερικό μεταλλικό κέλυφος κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής, στο εσωτερικό του οποίου τοποθετείται κατάλληλη επένδυση ή διάφραγμα από ανόργανο ηχοαπορροφητικό υλικό (πετροβάμβακας)



Χωρίς ενδιάμεσο χώρισμα  
Without central linking element



Με ενδιάμεσο χώρισμα  
With central linking element



# Ηχοαποσβεστήρες 3/3

- Η εκλογή των ηχοαποσβεστήρων γίνεται κατόπιν υπολογισμών, στους οποίους λαμβάνεται υπόψη η παροχή του αέρα, η συχνότητα του προς απόσβεση θορύβου, η επιθυμητή μείωσή του και ο διαθέσιμος χώρος για την εγκατάστασή τους.
- Για καλύτερα αποτελέσματα πρέπει να δίνεται προσοχή στη θέση τοποθέτησής τους. Η εγκατάσταση ηχοαποσβεστήρων πολύ κοντά στους ανεμιστήρες ή σε ειδικά τεμάχια αεραγωγών (καμπύλες, διακλαδώσεις κ.λ.π.) μπορεί να δημιουργήσει τύρβες του αέρα και να οδηγήσει σε υψηλή πτώση πίεσης και πρόκληση επιπλέον θορύβου.



# Πύργοι ψύξης 1/3

## *Πύργοι ψύξης*

- Η κυριότερη πηγή θορύβου στους πύργους ψύξης είναι οι φυγοκεντρικοί ή οι αξονικοί ανεμιστήρες, που είναι ενσωματωμένοι στα μηχανήματα αυτά για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα.
- Και οι δύο τύποι ανεμιστήρων παράγουν θορύβους χαμηλής συχνότητας, που είναι δύσκολο και δαπανηρό να ελεγχθούν.
- Γενικά πρέπει να προτιμώνται οι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες γιατί είναι λιγότερο αθόρυβοι από τους αξονικούς και μπορούν να δεχθούν ευκολότερα διατάξεις ελάττωσης του θορύβου.





# Πύργοι ψύξης 2/3

- Οι κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται είναι:
  - Επιλογή πύργων ψύξης, από τους καταλόγους των κατασκευαστών, με χαμηλή στάθμη θορύβου.
  - Τοποθέτηση σε απόσταση τουλάχιστον 6 m από μεγάλες επιφάνειες που ανακλούν τον θόρυβο, όπως τοίχους ή πλευρές κτιρίων.
  - Τοποθέτηση όσο το δυνατόν μακρύτερα από πόρτες ή παράθυρα του κλιματιζόμενου κτιρίου ή γειτονικών κτιρίων.



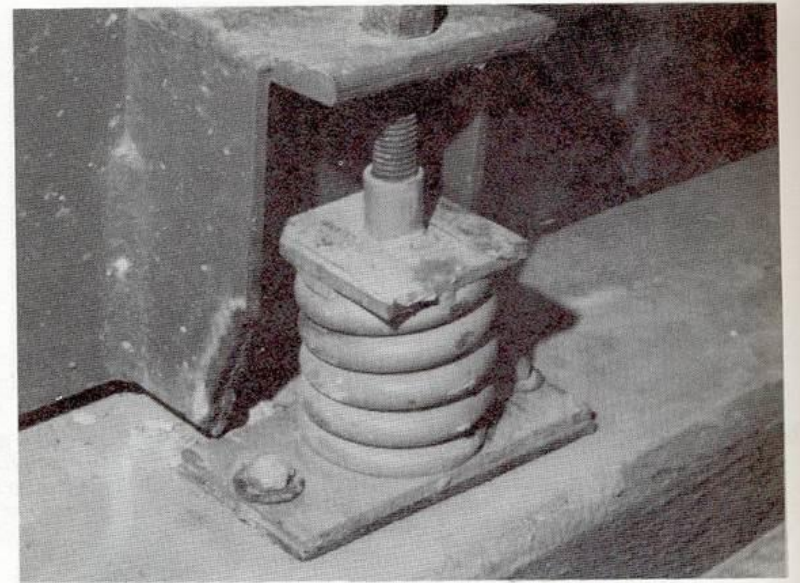
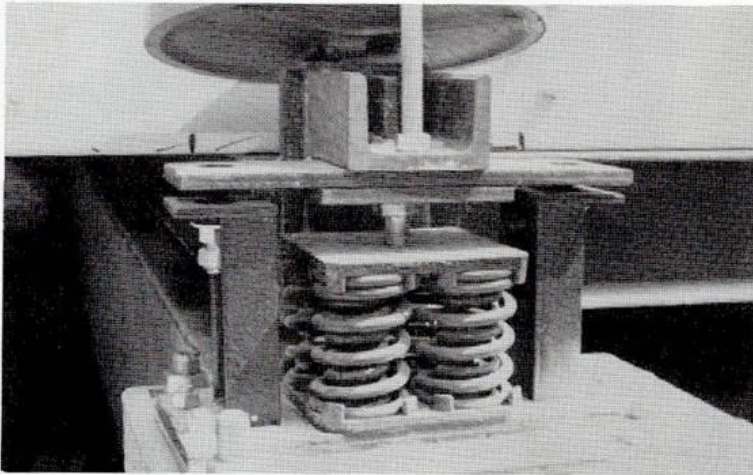
# Πύργοι ψύξης 3/3

- Τοποθέτηση σε κατάλληλες βάσεις με αντιδονητικά στηρίγματα.
- Τοποθέτηση γύρω από τα μηχανήματα ακουστικών φραγμάτων από ηχομονωτικά πετάσματα, εάν δεν μπορεί να περιοριστεί ο θόρυβος στους κατοικημένους χώρους.
- Σε περιπτώσεις εγκατάστασης στο δώμα κτιρίων, η βάση πρέπει να είναι οπωσδήποτε αντικραδασμική (πλάκα σκυροδέματος πάνω σε ελατήρια).



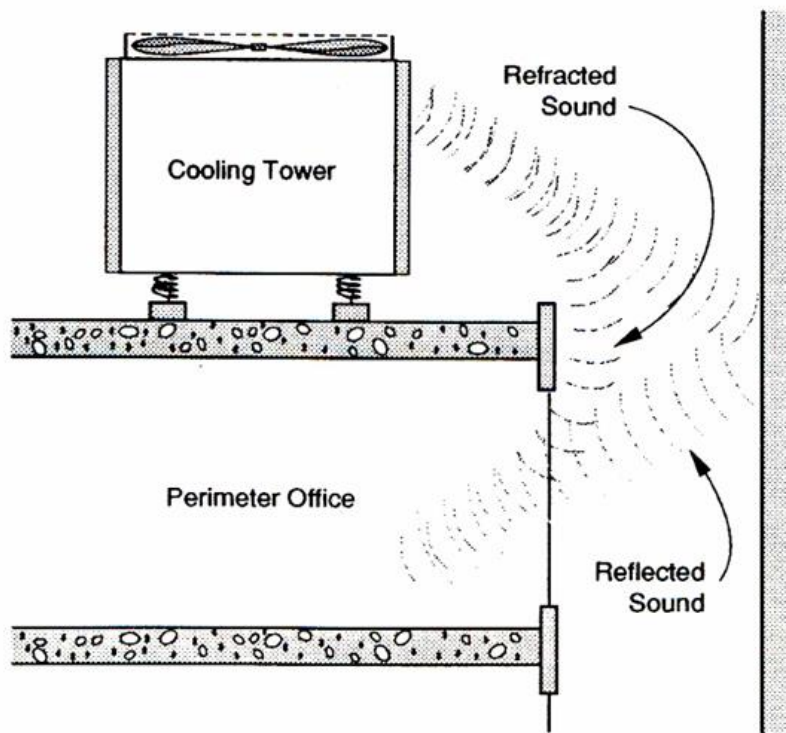
# Αντιδονητικά στηρίγματα

Εικ.25: Φωτογραφίες αντιδονητικών στηριγμάτων



# Ανάκλαση θορύβου από πύργο ψύξης

Εικ.26: Πύργος ψύξης σε δώμα



- Προσανατολισμός των πύργων ψύξης έτσι ώστε οι πλευρές που εκπέμπουν περισσότερο θόρυβο να μη “βλέπουν” σε τοίχους.



# Ψυκτικές μονάδες 1/2

## *Ψυκτικές μονάδες*

- Μετά τους ανεμιστήρες και τις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, τα συγκροτήματα παραγωγής ψυχρού νερού είναι τα μηχανήματα που προκαλούν τον περισσότερο θόρυβο στις εγκαταστάσεις κλιματισμού.
- Για τη σωστή εγκατάσταση των αερόψυκτων μονάδων ισχύουν γενικά όσα αναφέρθηκαν και για τους πύργους ψύξης.



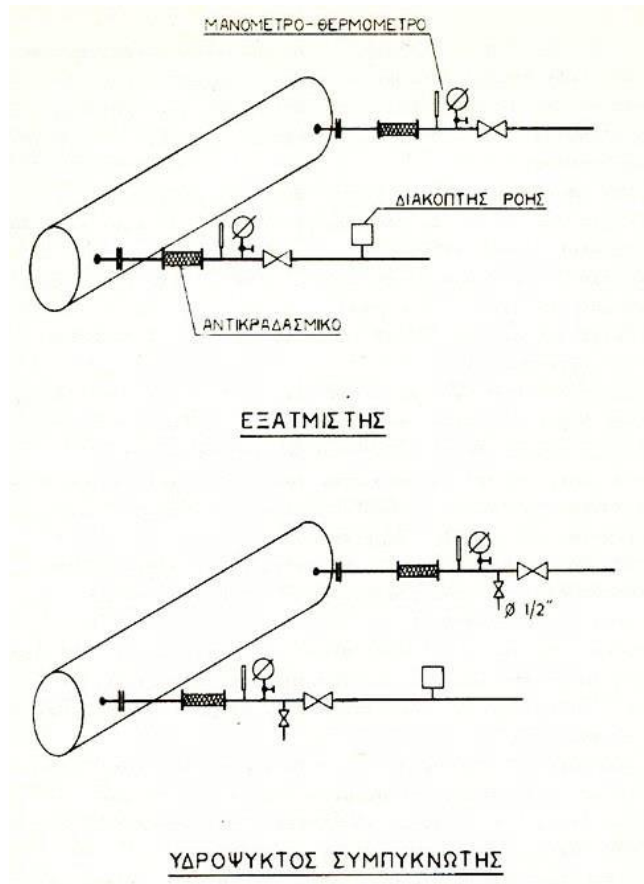
# Ψυκτικές μονάδες 2/2

- Η επιλογή κατάλληλης βάσης τοποθέτησης κάθε ψυκτικού συγκροτήματος είναι πολύ σημαντικό στοιχείο και πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.
- Για την ελάττωση του θορύβου από τις υδρόψυκτες μονάδες πρέπει να δίνεται προσοχή και στην κατάλληλη διαμόρφωση του χώρου τοποθέτησής τους (ψυχροστάσιο).



# Υδραυλικές συνδέσεις ψυκτικών μονάδων

Εικ.27: Εύκαμπτες συνδέσεις

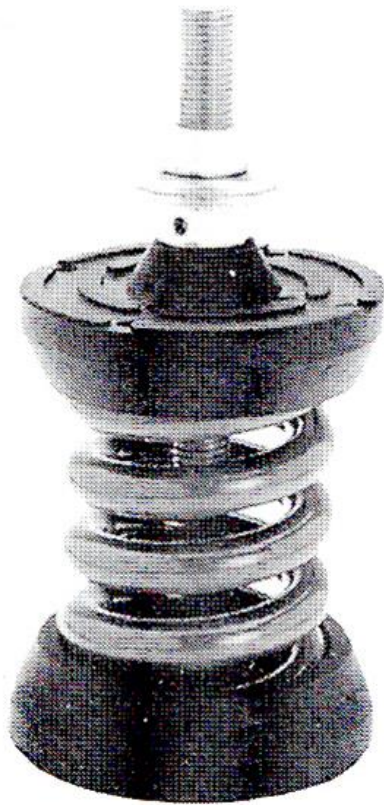


- Οι υδραυλικές συνδέσεις των ψυκτικών μονάδων με τα δίκτυα σωληνώσεων πρέπει να γίνεται με εύκαμπτα στοιχεία για την αποφυγή κραδασμών.



# Αντικραδασμικές βάσεις ψυκτικών μονάδων

Εικ.28: Αντικραδασμική βάση



- Η επιλογή κατάλληλης βάσης τοποθέτησης κάθε ψυκτικού συγκροτήματος είναι πολύ σημαντικό στοιχείο και πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.





# Λέβητες

## Λέβητες

- Η διαδικασία της καύσης σε μερικούς λέβητες προκαλεί θόρυβο χαμηλής συχνότητας, που μεταφέρεται μέσα από το σύστημα απαγωγής καυσαερίων και διαχέεται στην ατμόσφαιρα.
- Οι απολήξεις των καπνοδόχων πρέπει να τοποθετούνται μακριά από κατοικημένους χώρους, έτσι ώστε ο υπόκωφος θόρυβος που παράγεται να μη φθάνει σε εξωτερικά ανοίγματα (πόρτες ή παράθυρα).



# Αντλίες- σωληνώσεις 1/6

## Αντλίες - σωληνώσεις

- Ο θόρυβος που μεταδίδεται από τα υδραυλικά κυκλώματα μπορεί να φθάσει σε πολύ μακρινά σημεία από το σημείο παραγωγής, χωρίς να υποστεί καμία φυσική εξασθένηση.
- Η λανθασμένη επιλογή αντλιών ή η λειτουργία του υδραυλικού συστήματος σε χαμηλή πίεση μπορούν να προκαλέσουν σπηλαίωση και επομένως θόρυβο. Επίσης η τοποθέτησή των αντλιών σε βάσεις χωρίς αντιδονητικές διατάξεις δημιουργεί κραδασμούς και δομικό θόρυβο.
- Επομένως η ορθή επιλογή και η τοποθέτησή τους σε κατάλληλη βάση είναι τα κυριότερα σημεία στα οποία πρέπει να δίνεται προσοχή.



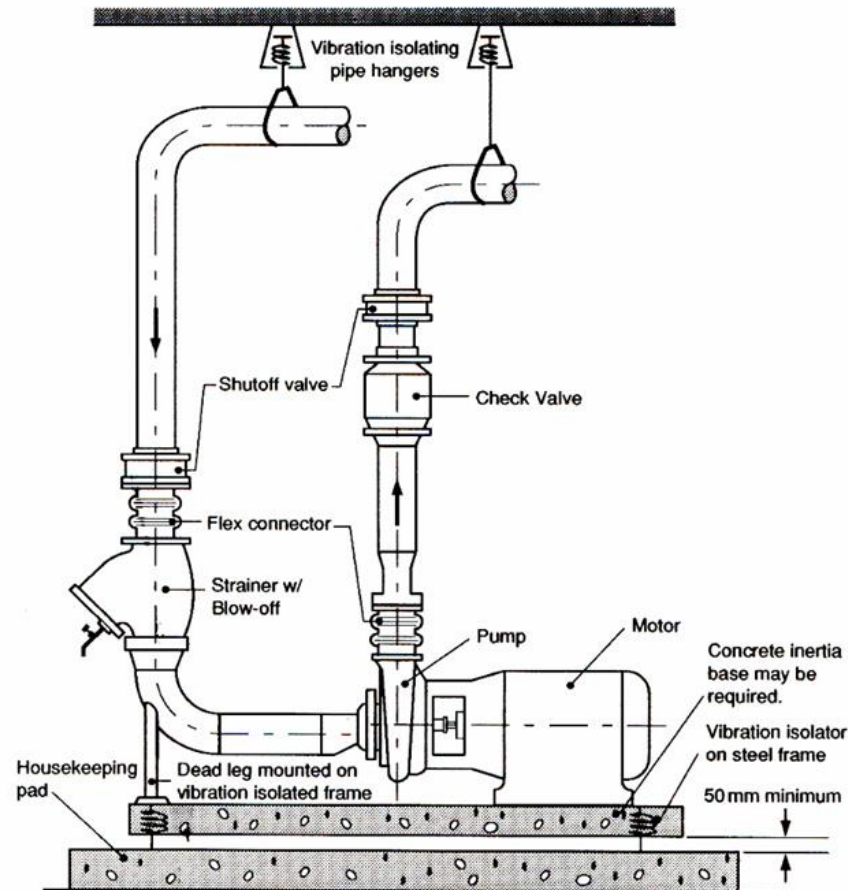
# Αντλίες- σωληνώσεις 2/6

- Για την ελάττωση του θορύβου στα δίκτυα σωληνώσεων νερού πρέπει:
  - Να επιλέγονται χαμηλές ταχύτητες νερού στους σωλήνες.
  - Οι σωλήνες να στηρίζονται στα δομικά στοιχεία του κτιρίου με αντικραδασμικά στηρίγματα.
  - Όταν οι σωλήνες διασχίζουν τοίχους, να επενδύονται με ειδικά περιβλήματα από ελαστικό υλικό.
  - Να τοποθετούνται εύκαμπτοι σύνδεσμοι στα σημεία σύνδεσης των σωλήνων με μηχανήματα και συσκευές (ψυκτικές μονάδες, αντλίες κ.λ.π.)



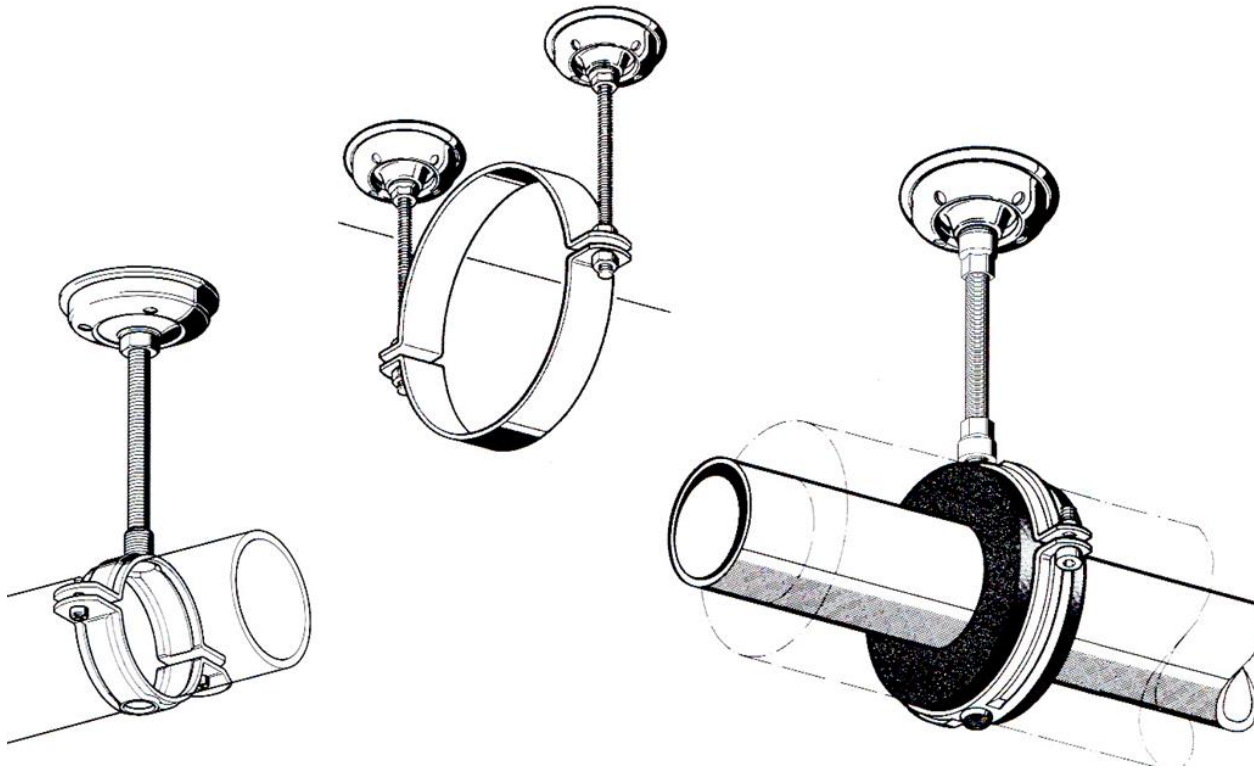
# Αντλίες- σωληνώσεις 3/6

Εικ.29: Αντικραδασμικές διατάξεις σε αντλίες - σωληνώσεις



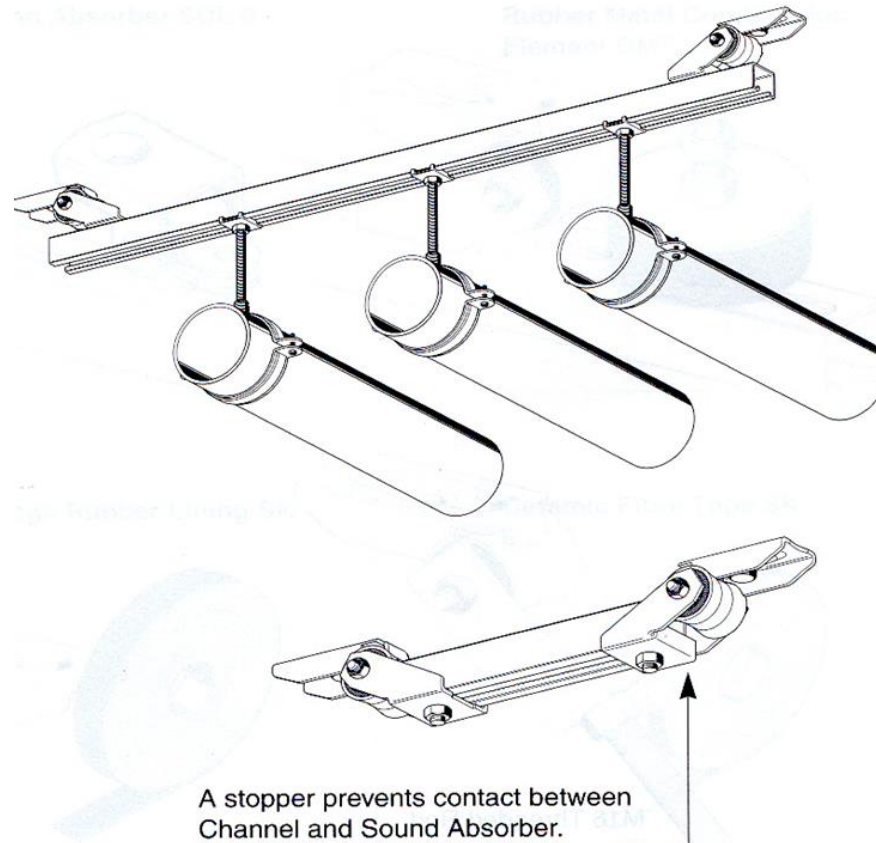
# Αντλίες- σωληνώσεις 4/6

Εικ.30: Στήριξη σωλήνων με αποσβεστήρες κραδασμών



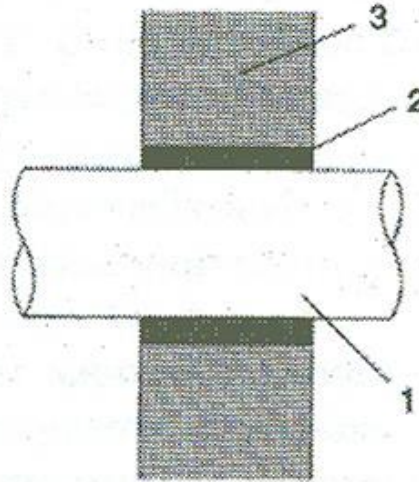
# Αντλίες- σωληνώσεις 5/6

Εικ.31: Στήριξη σωλήνων με αποσβεστήρες κραδασμών



# Αντλίες- σωληνώσεις 6/6

Εικ.32: Απόσβεση κραδασμών σε όδευση σωλήνα από τοίχο



Όταν μία σωληνώση διασχίζει ένα μεσότοιχο (3), ή άλλο τοίχο, πρέπει να αποφεύγεται η άμεση επαφή. Το σχετικό τμήμα του σωλήνα (1) επενδύεται με ειδικό περίβλημα (2) από ελαστικό υλικό.



# Προδιαγραφές θορύβου 1/5

- Πριν καθοριστούν οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές για το θόρυβο σε ένα κτίριο, είναι αναγκαία η προσεκτική θεώρηση της προγραμματισμένης χρήσης των διαφόρων χώρων του.
- Ειδικά για τον θόρυβο που παράγεται και μεταδίδεται από το σύστημα κλιματισμού – αερισμού, σημασία δεν έχει μόνο η απόλυτη τιμή του θορύβου του συστήματος, αλλά και το πόσο αυτή συμβάλλει στη συνολική στάθμη θορύβου του κτιρίου.





# Προδιαγραφές θορύβου 2/5

- Ο καθορισμός χαμηλής στάθμης θορύβου για το σύστημα κλιματισμού δεν έχει νόημα αν η θέση και η κατασκευή του κτιρίου είναι τέτοια, ώστε άλλοι θόρυβοι, εξωτερικοί ή εσωτερικοί, μεταφέρονται μέσα από τους τοίχους και τα παράθυρα μέσα στους κατοικημένους χώρους.
- Ανάλογα δεν είναι λογικό να προδιαγράψουμε χαμηλή στάθμη θορύβου σε ένα χώρο, όπου λειτουργούν πολλοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές ή άλλες μηχανές.



# Προδιαγραφές θορύβου 3/5

- Σημαντικοί παράγοντες στον καθορισμό του επιπέδου ανεκτού θορύβου σε ένα χώρο αποτελούν ο τρόπος και το είδος της επικοινωνίας των ανθρώπων μέσα στο χώρο καθώς και η ανεκτικότητα τους, ανάλογα με την δραστηριότητα τους, μέσα στο συγκεκριμένο χώρο.
- Πολλοί άνθρωποι για παράδειγμα ανέχονται χωρίς παράπονα έναν υψηλότερο θόρυβο στο γραφείο τους, αλλά ενοχλούνται σε ένα θέατρο ή σε μια βιβλιοθήκη.



# Προδιαγραφές θορύβου 4/5

- Για την αντικειμενική αξιολόγηση του θορύβου χρησιμοποιείται η στάθμη ηχητικής πίεσης ως προς μία δεδομένη στάθμη ηχητικής πίεσης αναφοράς, εκφραζόμενη σε dB και μετρούμενη μέσα στο φάσμα των ηχητικών συχνοτήτων.
- Για την αξιολόγηση, από ακουστική άποψη, των πηγών θορύβου χρησιμοποιείται το μέγεθος της στάθμης ηχητικής ισχύος ως προς μία δεδομένη στάθμη ηχητικής ισχύος αναφοράς, εκφραζόμενη σε dB και μετρούμενη μέσα στο φάσμα των ακουστικών συχνοτήτων. Η μέτρηση αυτή γίνεται σε ειδικά εργαστήρια και δίνεται από τους κατασκευαστές των μηχανημάτων.



# Προδιαγραφές θορύβου 5/5

- Για τον καθορισμό της ανεκτής στάθμης θορύβου σε διάφορους χώρους, χρησιμοποιούνται οι φασματικές καμπύλες στάθμης ηχητικής πίεσης NR (καμπύλες NOISE RATING) κατά ISO ή ΕΛΟΤ 360. Οι καμπύλες NR καθορίζουν τη μέγιστη αποδεκτή στάθμη ηχητικής πίεσης σε ένα χώρο για κάθε περιοχή συχνοτήτων του προκαθορισμένου φάσματος.
- Επειδή οι διάφορες καμπύλες NR καθορίζονται πλήρως με μια ονομαστική τιμή (την τιμή στάθμης ηχητικής πίεσης στην περιοχή συχνοτήτων 1000 Hz), παρέχουν τη δυνατότητα ποσοτικής προδιαγραφής των απαιτήσεων με έναν αριθμό, παρά το γεγονός ότι η περιγραφή του θορύβου και οι υπολογισμοί απαιτούν φασματική ανάλυση.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνες 1, 2, 3: A. Briganti, Κλιματισμός, ΤΕΧΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΠΕ, Αθήνα, 1996
- Εικόνα 4, 5, 6: M.E. Schaffer, Noise and Vibration Control for HVAC Systems, ASHRAE, Atlanta, USA, 1993
- Εικόνα 7: ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Κλιματισμός κτηριακών χώρων, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΤΕΕ, Αθήνα 1987
- Εικόνες 8, 9: M.E. Schaffer, Noise and Vibration Control for HVAC Systems, ASHRAE, Atlanta, USA, 1993
- Εικόνα 10: TRANE, Acoustics in Air Conditioning, Applications Engineering Manual, The Trane Company La Crosse, USA
- Εικόνα 11: Briganti, Κλιματισμός, ΤΕΧΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΠΕ, Αθήνα, 1996



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνα 12: Σχεδιάστηκε από τον διδάσκοντα
- Εικόνες 13, 14: M.E. Schaffer, Noise and Vibration Control for HVAC Systems, ASHRAE, Atlanta, USA, 1993
- Εικόνες 15, 16, 17, 22: ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Κλιματισμός κτηριακών χώρων, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΤΕΕ, Αθήνα 1987
- Εικόνες 18, 19, 21: M.E. Schaffer, Noise and Vibration Control for HVAC Systems, ASHRAE, Atlanta, USA, 1993.
- Εικόνες 20, 23: Σχεδιάστηκαν από τον διδάσκοντα
- Εικόνα 24: Τεχνικό φυλλάδιο της εταιρείας ESEA, Aeroklima Air Conditioning



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνα 25, 26: M.E. Schaffer, Noise and Vibration Control for HVAC Systems, ASHRAE, Atlanta, USA, 1993.
- Εικόνα 27: ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Κλιματισμός κτηριακών χώρων, ΥΠΕΧΩΔΕ, ΤΕΕ, Αθήνα 1987
- Εικόνα 28: A. Briganti, Κλιματισμός, ΤΕΧΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΠΕ, Αθήνα, 1996
- Εικόνα 29: M.E. Schaffer, Noise and Vibration Control for HVAC Systems, ASHRAE, Atlanta, USA, 1993.
- Εικόνες 30, 31: Τεχνικό φυλλάδιο της εταιρείας Hilti
- Εικόνα 32: A. Briganti, Κλιματισμός, ΤΕΧΝΟΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΠΕ, Αθήνα, 1996





# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Χριστόφορος Μωραΐτης  
Θεσσαλονίκη, 25/10/2014

