

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παράρτημα Ρέθυμνου

Τμήμα Μηχανικών Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής Τ.Ε.



ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

«ΜΕΛΕΤΗ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΒΕΝΙΖΕΛΕΙΟΥ ΩΔΕΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ»

ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΧΟΥΣΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτατες μου ευχαριστίες στον κ. Χουσίδη Χρήστο για την επιμονή του, την πολύτιμη βοήθεια του και την καθοδήγηση του για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μαρινάκη υπεύθυνο του τμήματος ηλεκτροφωτισμού του δήμου Χανίων. Τέλος ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου και στην αδελφή μου οι οποίοι στάθηκαν δίπλα μου σε κάθε δυσκολία μου όλα αυτά τα χρόνια.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα της παρούσης εργασίας είναι η εύρεση του κατάλληλου ηχητικού εξοπλισμού για το Βενιζέλειο Ωδείο Χανίων με σκοπό την όσο δυνατόν καλύτερη ακουστική συμπεριφορά της αίθουσας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα στη συγκεκριμένη αίθουσα καθώς και τα συμπεράσματα που απορρέουν από την μελέτη των αποτελεσμάτων.

Η εύρεση του εξοπλισμού για το Βενιζέλειο Ωδείο μας περιορίζει ως καθώς πρέπει να είναι σύμφωνα με το δωθήσοντα προϋπολογισμό.

Στα δύο πρώτα κεφάλαια περιέχονται κάποιοι ορισμοί της ακουστικής οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην συνέχεια καθώς και μερικά θεωρητικά στοιχεία. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι ακουστικές απαιτήσεις των χώρων ακροατηρίου και τα κριτήρια της 'καλής ακουστικής'. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα είδη των μικροφώνων καθώς και στο πέμπτο τα είδη των μεγαφώνων. Στα επόμενα κεφάλαια ακολουθούν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον χώρο, τα αποτελέσματα αυτών και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές. Στο τέλος παρουσιάζεται ο προϋπολογισμός μελέτης του ηχητικού συστήματος καθώς και η κοστολόγηση αυτού.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.1	Είδη και χαρακτηριστικά των ήχων.....	7
1.2	Διάδοση των ηχητικών κυμάτων.....	9
1.3	Είδη ηχητικών πεδίων.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΧΩΡΩΝ.....		12
2.1	Χρόνος αντήχησης.....	13
2.1.1	Στάθμη θορύβου βάθους (Background Noise level):.....	15
2.1.2	Καμπύλες στάθμισης θορύβου (Noise Weighting Curves) :.....	15
2.1.3	Noise Rating Curves, NR:.....	16
2.2	Γεωμετρική (Ακτινική) μελέτη του ήχου σε κλειστούς χώρους.....	17
2.2.1	Συντελεστής Απορρόφησης.....	19
2.2.2	Τύποι ηχοαπορροφητικών υλικών.....	20
2.2.3	Οι ανακλάσεις στο χώρο ακρόασης.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.....		24
3.1	Βασικοί παράγοντες καλής ακουστικής για μια αίθουσα.....	31
3.1.1	Γραμμές ορατότητας (Sight lines).....	31
3.1.2	Όγκος χώρου.....	32
3.1.3	Οροφή.....	32
3.1.4	Τοίχος.....	32
3.1.5	Απορρόφηση.....	33
3.1.6	Οι κουρτίνες.....	34
3.1.7	Τα πάνελ.....	34
3.1.8	Ο εξώστης.....	34
3.2	ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ.....	36
3.2.1	Η Περιοχή.....	36
3.2.2	Η Χρήση του χώρου.....	36
3.2.3	Η θέση της αίθουσας ακροάσεων στο εσωτερικό του κτιρίου.....	36

3.2.4 Ο Όγκος.....	36
3.2.5 Η Αντήχηση.....	37
3.2.6 Η Οροφή .....	37
3.2.7 Οι Πλαϊνοί τοίχοι .....	37
3.2.8 Ο Πίσω τοίχος .....	37
3.2.9 Το Δάπεδο.....	37
3.2.10 Οι Θέσεις .....	38
3.2.11 Θόρυβος βάθους.....	38
3.2.12 Το Κέλυφος σκηνής .....	38
3.2.13 Ο Εξώστης.....	38
3.2.14 Σύστημα ενίσχυσης ήχου. ....	38
3.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΚΡΟΑΣΗΣ(ωδείου Χανίων) ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ .....	40
3.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ .....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΤΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ.....	47
4.1 ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ.....	47
4.3 ΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ.....	50
4.4 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ(DYNAMIC MICROPHONES).....	51
4.4.1 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΝΙΟΥ( MOVING COIL MICROPHONES).....	52
4.4.2 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΤΑΙΝΙΑΣ.....	54
4.5 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ .....	55
4.5.1 ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ( CONDENSER MICROPHONES).....	55
4.5.2 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΤΗ (ELECTRET CONDENSER MICROPHONES ) .....	57
4.5.3 ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ(PIEZO-ELECTRIC MICROPHONES) .....	58
4.6 ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ .....	59
4.6.1 ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ(OMNIDIRECTIONAL).....	60
4.6.2 ΔΙΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ (BIDIRECTIONAL, FIGURE-OF-EIGHT) .....	61

4. 6.3 ΜΟΝΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΑ Ή ΚΑΡΔΙΟΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ(UNIDIRECTIONAL, CARDIOID)	62
4. 6.4 Shotgun.....	64
4. 8 ΜΙΚΡΟΦΩΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ .....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ ΤΑ ΜΕΓΑΦΩΝΑ.....	73
5.1 Είδη των μεγαφώνων.....	73
5.1.1 ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΕΓΑΦΩΝΑ.....	74
5.1.2 Ηλεκτροστατικά μεγάφωνα.....	75
5.1.3 Μαγνητοστατικά μεγάφωνα.....	79
5.1.4 Μεγάφωνα τύπου ΝΧΤ.....	80
5.1.5 Ηλεκτροστατικά ή μαγνητοστατικά ηχεία.....	82
5.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	85
6.1.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟ ΒΑΘΟΥΣ.....	85
6.1.2 Χρόνος αντήχησης.....	87
6.1.3 ΣΤΑΘΜΗ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	95
7.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	95
7.2 Προκήρυξη διαγωνισμού για το ωδείο Χανίων.....	98
<b>3/8/07, Διαγωνισμός για την 'προμήθεια και εγκατάσταση συστημάτων φωτισμού και ήχου' από τη ΔΗΠΕΧ.....</b>	<b>98</b>
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	106

Ο ήχος είναι η υποκειμενική εντύπωση ( το αίσθημα) που προκαλείται στον εγκέφαλο, λόγω της διέγερσης των αισθητηρίων οργάνων της ακοής, εξαιτίας των ταχειών μεταβολών πίεσης (φυσικό αίτιο) του ατμοσφαιρικού αέρα.

Αυτές οι μεταβολές πίεσης, διαδίδονται με τη μορφή ηχητικών κυμάτων. Πολλές φορές στην πράξη, ο όρος ήχος χρησιμοποιείται ως ταυτόσημος με την έννοια των ηχητικών κυμάτων.[9]

Τα ηχητικά κύματα παράγονται από σώματα που εκτελούν μηχανικές ταλαντώσεις ( τις δονήσεις) και τα οποία στη συνέχεια διαδίδονται σε στερεά, υγρά και αέρια υλικά μέσα. Στο απόλυτο κενό, η ηχητική ενέργεια δεν διαδίδεται. Επομένως, τα ηχητικά κύματα είναι μηχανικά κύματα (ελαστικότητας), τα οποία μεταφέρουν μηχανική ενέργεια. Στα ρευστά τώρα (υγρά και αέρια) η ηχητική ενέργεια διαδίδεται πάντοτε με μία μορφή που είναι γνωστή ως διαμήκη κύματα , ενώ στα στερεά μπορεί να διαδίδεται επιπρόσθετα και με τη μορφή των εγκάρσιων κυμάτων.[9]

## 1.1 Είδη και χαρακτηριστικά των ήχων

Έχουμε διαφορετικά είδη ήχων, πχ τους απλούς, τους σύνθετους, τους μεταβατικούς ήχους, κτλ. Η παραγωγή ενός απλού ήχου είναι πραγματικά αρκετά δύσκολη. Ο σύνθετος ήχος είναι ένα μείγμα πολλών απλών ήχων όπου αποτελείται από ένα θεμελιακό ήχο με μεγαλύτερη ένταση, καθώς και από λίγους ή και πολλούς απλούς ήχους οι οποίοι ονομάζονται ανώτεροι ή αρμονικοί ήχοι.

Κάθε ήχος χαρακτηρίζεται από τρία υποκειμενικά χαρακτηριστικά: **το ύψος, την ένταση και την χροιά.**

Το **ύψος** ενός ήχου μας επιτρέπει να τον χαρακτηρίσουμε ως βαρύ ή ως οξύ κι αυτό εξαρτάται από τον αριθμό των παλμικών κινήσεων τους οποίους κάνει το ηχογόνο σώμα, κατά τη διέγερσή του, σε 1 δευτερόλεπτο (συχνότητα).[9]

Όσο πιο μικρός είναι ο αριθμός των παλμικών κινήσεων, τόσο πιο βαρύς είναι ο ήχος, ενώ όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των παλμικών κινήσεων, τόσο πιο οξύς είναι ο παραγόμενος ήχος.

**Συχνότητα** ήχου λέγεται ο αριθμός των παλμικών κινήσεων που εκτελεί ένα σώμα. Ανάλογα με τη συχνότητα, οι ήχοι διακρίνονται σε υπόηχους, υπέρηχους και ακουστούς ήχους.[9]

Οι ακουστοί ήχοι είναι αυτοί οι ήχοι οι οποίοι μπορούν να συλληφθούν από το ανθρώπινο αφτί και η συχνότητά τους βρίσκεται μεταξύ 16 παλμικών κινήσεων το δευτερόλεπτο και 20.000 παλμικών κινήσεων το δευτερόλεπτο.

Οι ήχοι που η συχνότητά τους είναι κάτω από τις 16 παλμικές κινήσεις ονομάζονται υπόηχοι και οι οποίοι δε συλλαμβάνονται από το ανθρώπινο αφτί. Επίσης οι ήχοι που έχουν συχνότητα πάνω από 20.000 παλμικές κινήσεις καλούνται υπέρηχοι και δε γίνονται ακουστοί.

**Ένταση** είναι η δύναμη του ήχου, δηλαδή το κατά πόσο ένας ήχος είναι ισχυρός ή ασθενής και εξαρτάται από το πλάτος των παλμικών κινήσεων. Όσο μικρότερο είναι το πλάτος τόσο πιο ασθενής είναι και ο ήχος ενώ όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος τόσο πιο ισχυρός είναι ο ήχος.[9]

**Χροιά** είναι το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που μας επιτρέπει να ξεχωρίζουμε δύο, κατά τα άλλα, ίδιους ήχους μεταξύ τους. [9]

Η συχνότητα κάθε αρμονικού είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της συχνότητας του θεμελιακού.

Παράδειγμα: σε περίπτωση όπου ο θεμελιακός παράγεται από 500 παλμικές κινήσεις στο 1 δευτερόλεπτο, οι αρμονικοί θα παράγονται από 1.000, 1.500, 2.000 παλμικές κινήσεις το δευτερόλεπτο.

**Απλούς ήχους** μπορούμε να πάρουμε από τα διαπασών και τους μακριούς ηχητικούς σωλήνες. Εδώ όμως οι ήχοι αυτοί δεν μπορούν να ξεχωρίζουν κατά τη χροιά, μιας και δεν διαθέτουν αρμονικούς.

Η διάδοση του ήχου στον αέρα γίνεται μέσα από τα ηχητικά κύματα.

Η δημιουργία των ηχητικών κυμάτων είναι η ακόλουθη:

Κάθε σώμα που παράγει ήχο μπαίνει σε παλμική κίνηση, η οποία διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα στρώματα του αέρα, που βρίσκονται σ' επαφή με το ηχογόνο σώμα, διεγείρονται και μπαίνουν κι αυτά σε όμοια κίνηση με το σώμα, που μεταδίνεται παραπέρα. Κατά αυτόν τον τρόπο τα ηχητικά κύματα φτάνουν στο αφτί μας.

Δημιουργούνται στον αέρα πυκνώματα και αραιώματα σε σφαιρικό σχήμα, που, όταν φτάσουν στο αφτί μας, βάζουν σε παλμική κίνηση το ακουστικό τύμπανο και κατά αυτό τον τρόπο δημιουργείται το αίσθημα της ακοής.

Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων λέγεται **μήκος ηχητικού κύματος**. Τα μικρά μήκη κύματος αντιστοιχούν σε μεγάλες συχνότητες και από την άλλη τα μεγάλα μήκη κύματος, αντιστοιχούν, σε μικρές συχνότητες.



Οι ήχοι, οι οποίοι είναι ακουστοί από το ανθρώπινο αφτί, έχουν μήκη κύματος από τα 14 εκατοστά μέχρι και τα 21,25 εκατοστά.

Μήκη κύματος μικρότερα από τα 14 εκατοστά ονομάζονται υπερηχητικά κύματα.

## 1.2 Διάδοση των ηχητικών κυμάτων

Όταν ένα ηχογόνο σώμα παράγει έναν ήχο, οι παλμικές κινήσεις μεταδίδονται στο περιβάλλον του σώματος και το βάζουν σε παλμική κίνηση. Δημιουργούνται λοιπόν στον αέρα σφαιρικά ηχητικά κύματα που εκπέμπονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Το κέντρο εκπομπής είναι το ηχογόνο σώμα.

Τα ηχητικά κύματα, είναι αόρατα, σε αντίθεση με τα κύματα στην επιφάνεια του νερού, που είναι ορατά.

Σε περίπτωση την οποία όμως βρεθούμε κοντά σ' ένα ηχογόνο σώμα καταλαβαίνουμε τον ήχο. Όσο πιο κοντά στο κέντρο εκπομπής βρισκόμαστε, τόσο δυνατότερος είναι και ο ήχος. Εάν απομακρυνθούμε πολύ από το κέντρο εκπομπής, θα φτάσει κάποια στιγμή κατά την οποία δε θα ακούμε πια τον ήχο, γιατί τα ηχητικά κύματα θα έχουν σβήσει πριν προλάβουν να φτάσουν στα αυτιά μας.

Για να ακουστεί ένας ήχος, θα πρέπει μεταξύ του ηχογόνου σώματος και του αποδέκτη των ηχητικών κυμάτων να υπάρχει κάποια ύλη (στερεό, υγρό ή αέριο).

### Ο ήχος δεν μεταδίδεται στο κενό.

Η **ταχύτητα** διάδοσης των ηχητικών κυμάτων στον αέρα είναι περίπου 340 μέτρα το δευτερόλεπτο (ή 1130 ft/sec).[9]

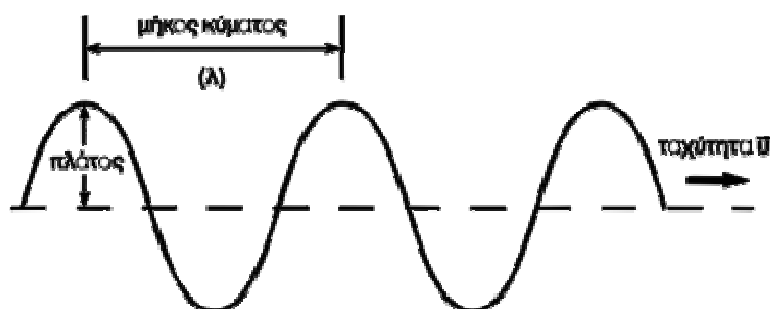
Οι ήχοι κινούνται με διαφορετική ταχύτητα στα διάφορα υλικά μέσα. Οι ήχοι κινούνται γρήγορα στα στερεά, αργά στα αέρια και με μεσαίες ταχύτητες στα υγρά. Κινούνται δηλαδή γρηγορότερα στα πυκνότερα υλικά. Η ταχύτητα του κύματος εξαρτάται από τις φυσικές σταθερές του αέρα καθώς επίσης και από την πίεση αλλά και από την θερμοκρασία του.

Ο ήχος ταξιδεύει πιο γρήγορα στα θερμά παρά στα ψυχρά σώματα. Έτσι σε θερμοκρασία 0 °C ο ήχος διανύει απόσταση 330-332 μέτρα σε ένα δευτερόλεπτο, ενώ στον ίδιο χρόνο στους 100 °C έχει καλύψει απόσταση 386-388 μέτρα.

Έχοντας σαν δεδομένο την ταχύτητα και την συχνότητα ενός ήχου, μπορεί να υπολογιστεί το μήκος κύματος ( $\lambda$ ) αυτού, δηλαδή, η απόσταση από μία κορυφή του κύματος ως την επόμενη, εφαρμόζοντας την παρακάτω σχέση:

$$\text{Μήκος κύματος } (\lambda) = \frac{\text{ταχύτητα Ψχου } (c)}{\text{συχνότητα } (f)} \quad (1.1)$$

Με βάση την παραπάνω εξίσωση μπορεί να υπολογιστεί το μήκος κύματος στις διάφορες συχνότητες (Υψηλής συχνότητας ήχοι έχουν μικρό μήκος κύματος και χαμηλής συχνότητας ήχοι έχουν μεγάλο μήκος κύματος).



*Εικόνα 1 : Μήκος κύματος (λ) και πλάτος ενός κύματος*

Όταν τα ηχητικά κύματα στην πορεία τους συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, αναγκάζονται να γυρίσουν προς τα πίσω. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **ανάκλαση**. Όπως μπορείτε να διαπιστώσετε από τον τύπο που ακολουθεί, η σχέση μεταξύ της απευθείας και της ανακλώμενης ενέργειας είναι πολύ μικρή:

$$G = 13.8 \times V / 4 \times \pi \times c \times d^2 \times T, \quad (1.2)$$

όπου  $V$  είναι ο όγκος του δωματίου σε  $m^3$ ,

$T$  ο χρόνος αντήχησης σε sec,

$d$  η απόσταση του ακροατή από την ορχήστρα σε m,  $\pi=3.14159...$  και

$c$  η ταχύτητα του ήχου.

Αν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από τα 17 μέτρα, έχουμε το φαινόμενο της ηχώ. Σε περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν αρκετά εμπόδια τριγύρω, εμφανίζεται το φαινόμενο της πολλαπλής ηχώ.

Από την άλλη τώρα, αν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από τα 17 μέτρα, ο ήχος απλώς δυναμώνει.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **αντήχηση** και βασίζεται στο γεγονός ότι τα ηχητικά κύματα ανακλώνονται και επιστρέφουν ενισχυμένα, όταν συναντήσουν ένα πολύ κοντινό εμπόδιο.[9]

### 1.3 Είδη ηχητικών πεδίων

Ο χώρος γύρω από την πηγή χωρίζεται στις τρεις ακόλουθες περιοχές:

### **1. Κοντινό πεδίο ( Near Field)**

Κοντινό πεδίο μιας ηχητικής πηγής που ακτινοβολεί σε συνθήκες ελεύθερου ηχητικού πεδίου, ορίζεται εκείνη η περιοχή του ηχητικού πεδίου της πηγής, στην οποία η ηχητική πίεση και η ηχητική σωματιδιακή ταχύτητα δεν βρίσκονται σε φάση. (Σύμφωνα με τους κανονισμούς του ΕΛΟΤ 556.1).

Για να μπορέσει να καθοριστεί η ηχητική πίεση λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες όπως οι διαστάσεις, το είδος του υλικού, η γεωμετρία της πηγής κ.ά. Στην περίπτωση κατά την οποία η πηγή είναι σφαιρική και ισότροπη, η περιοχή αυτή εκτείνεται μέχρι δύο μήκη κύματος του εκπεμπόμενου ήχου.

### **2. Μακρινό πεδίο (Far Field)**

Μακρινό ηχητικό πεδίο μιας ηχητικής πηγής που ακτινοβολεί σε συνθήκες ελεύθερου ηχητικού πεδίου ονομάζεται εκείνη η περιοχή του ηχητικού πεδίου κατά την οποία η ηχητική πίεση και η ηχητική σωματιδιακή ταχύτητα είναι ουσιαστικά σε φάση αλλά και η ηχητική σωματιδιακή ταχύτητα είναι αντίστροφα ανάλογη με την απόσταση από την πηγή. ( ΕΛΟΤ 556.1)

Το μακρινό ηχητικό πεδίο αρχίζει μετά το κοντινό πεδίο. Στην περιοχή αυτή η ηχητική στάθμη πίεσης ελαττώνεται κατά 6 dB για κάθε διπλασιασμό της απόστασης, καθώς και η ένταση είναι ανάλογη του τετραγώνου της ακουστικής πίεσης.

### **3. Αντηχητικό πεδίο**

Αντηχητικό πεδίο σε ένα ολικά ή μερικά κλειστό χώρο όπου λειτουργεί ηχητική πηγή είναι η συνιστώσα του ηχητικού πεδίου που προέρχεται από τις αλληπάλληλες ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων στις περατωτικές επιφάνειες του χώρου και στην οποία η επίδραση του ήχου που φτάνει κατευθείαν από την πηγή είναι αμελητέα. (ΕΛΟΤ 556.1)

Στην περίπτωση του μακρινού πεδίου η στάθμη μειώνεται λόγω της απόστασης αλλά και εξαιτίας της απορρόφησης του χώρου.

Όταν ο ήχος διαδίδεται σε κλειστό χώρο λαμβάνουν χώρα διάφορα φαινόμενα, όπως :

**(1) απευθείας ήχος,**

**(2) ανάκλαση,**

**(3) απορρόφηση,**

- (4) διάχυση,**
- (5) περίθλαση,**
- (6) διάδοση,**
- (7) διασπορά μέσα**
- στην κατασκευή,**
- (8) διάδοση μέσα στην κατασκευή**

Ακριβώς τα παραπάνω φαινόμενα που προαναφέρονται είναι αυτά που δημιουργούν και το ηχητικό πεδίο ενός χώρου (sound field).

Από την άλλη, το είδος του πεδίου εξαρτάται και αυτό με την σειρά του από την απόσταση από την πηγή καθώς και από τον χώρο από τον οποίο γίνεται η διάδοση. Τα ηχητικά πεδία χωρίζονται στις εξής τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

### **1 ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΠΕΔΙΟ (free field) :**

Όταν ο χώρος είναι ομοιόμορφος, δεν έχει οριακές επιφάνειες, και η ροή της ενέργειας πραγματοποιείται προς μια μόνο κατεύθυνση.

### **2. ΑΝΤΗΧΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (reverberant field) :**

Αντηχητικό πεδίο έχουμε όταν υπάρχει συμβολή των απευθείας και των ανακλώμενων ηχητικών κυμάτων. Σε ένα διάχυτο αντηχητικό πεδίο η πυκνότητα της ηχητικής ενέργειας παραμένει ίδια σε όλα τα σημεία του καθώς και η πιθανότητα ροής της ηχητικής ενέργειας είναι ίση προς όλες τις κατευθύνσεις.

Πχ(σε κλειστούς εσωτερικούς χώρους, με επιφάνειες μικρής ηχοαπορρόφησης, όπου ο ήχος ανακλάται στους τοίχους).

### **3. ΗΜΙΑΝΤΗΧΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (semi-reverberant field):**

Ημιαντηχητικό πεδίο έχουμε όταν η ηχητική ενέργεια δέχεται τόσο ανάκλαση όσο και απορρόφηση, από ημιανακλαστικά τοιχώματα. Η ροή της ενέργειας γίνεται σε περισσότερες κατευθύνσεις. Σε κάποια σημεία όμως του χώρου και κυρίως κοντά στην πηγή εμφανίζεται έντονη κατευθυντικότητα.

Πχ(σε μεγάλους κλειστούς χώρους με επιφάνειες οι οποίες έχουν μέτρια ηχοανακλαστικότητα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΧΩΡΩΝ**

**Κατά την διάρκεια εκπομπής ενός ήχου στον αέρα, από ένα σημείο, δημιουργούνται μια σειρά από κύματα σφαιρικά, τα οποία μεταδίδονται προς τα έξω με την μορφή ομοκέντρων κύκλων, όλο και μεγαλύτερης διαμέτρου, με ενέργεια όμως που κατ' επέκταση θα μειώνεται συνεχώς σε κάθε σημείο, αφού και η απόσταση από τη πηγή θα αυξάνεται. Τελικά και μόνο σε περίπτωση κατά την οποία δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο ο ήχος θα γίνεται τόσο αδύνατος ώστε να φτάσει να είναι αμελητέος.**

**Αντίθετα, σε περίπτωση κατά την οποία η διάδοση του ήχου εμποδίζεται από κάποια όρια, τα οποία ορίζουν έναν χώρο, τότε ένα τμήμα του ηχητικού κύματος θα διέρχεται από αυτά τα όρια, ένα άλλο τμήμα θα απορροφάται και ένα τρίτο μέρος του ήχου θα αντανακλάται.**

**Όταν ένας ακροατής βρίσκεται, επομένως, σε ένα τέτοιο χώρο θα δέχεται:**

- A. τον κατ' ευθείαν ήχο (direct sound) και
- B. τον ήχο, που έρχεται μετά από ανάκλαση.

Αυτά τα στοιχεία είναι και οι πιο βασικοί παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν το ακουστικό περιβάλλον ενός κλειστού χώρου.

## **Επίδραση του σχήματος του χώρου και της υφής των επιφανειών του στην διάδοση του ήχου.**

Η ισχύς του ήχου μειώνεται με την απόσταση, κάτι το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ένταση του, σ' ένα σημείο εξαρτάται από τις διαστάσεις του χώρου δηλαδή από την απόσταση, που πρέπει να διανύσει για να φθάσει στον ακροατή.

Από την άλλη, η διαφορά χρόνου αφίξεως μεταξύ του κατ' ευθείαν και του ανακλωμένου ήχου, η ένταση και η κατεύθυνση των ανακλάσεων εξαρτάται άμεσα από το σχήμα του χώρου καθώς και την υφή των επιφανειών του.

### **2.1 Χρόνος αντήχησης**

Καθώς περνά ο χρόνος, από την στιγμή, που έχει εκπεμφθεί ένας ήχος, σε ένα σημείο του κλειστού χώρου θα καταφθάνουν όλο και περισσότερες ανακλάσεις, που σε συνήθεις περιπτώσεις, όλες είναι σταθερά μικρότερης ισχύος, μιας και έχουν διανύσει μεγαλύτερες αποστάσεις από επιφάνεια σε επιφάνεια και γιατί έτσι μέσα από τις πολλαπλές προσπτώσεις στις επιφάνειες αυτές έχουν εν μέρει απορροφηθεί. Δηλαδή κάθε φορά, που ένα ηχητικό κύμα συναντά μια επιφάνεια, ένα μέρος της ενέργειας της απορροφάται ενώ όσο ανακλάται προσπίπτει και πάλι σε κάποια επιφάνεια όπου

και πάλι ένα μέρος απορροφάται και ένα ανακλάται κ.ο.κ. Έτσι σταδιακά ο ήχος καταλήγει να γίνεται μη ακουστός.

Αυτή σε γενικές γραμμές είναι η διαδικασία της αντηχήσεως και ο χρόνος που περνά για να εξασθενίσει ο ήχος λέγεται χρόνος αντηχήσεως, ο οποίος είναι ένας από τους πιο σπουδαίους παράγοντες στην ακουστική χώρου.

Ο χρόνος αντηχήσεως ορίζεται σαν ο χρόνος, που χρειάζεται για να εξασθενίσει ο ήχος κατά 60db. Ο Sabine κατά τον 19ο αιώνα υπολόγισε ότι ο χρόνος αντήχησης βρίσκεται από τον τύπο:

$$RT= 0,16 V/A(2.1)$$

όπου RT είναι ο χρόνος αντηχήσεως,

**0,16**: μια σταθερά,

**V**: ο όγκος του χώρου σε M<sup>3</sup> και

**A** : η ολική απορρόφηση σε μονάδες «Sabine». (A: ΣS1α1, s2α2...snαn) όπου s1...sn: το εμβαδόν σε M<sup>2</sup> και α1...αν: οι συντελεστές ηχοαπορροφήσεως.

Για πολύ μεγαλύτερους χώρους, ο τύπος αυτός γράφεται:

$$RT=0,16V/A+XV(2.2)$$

Όπου X: είναι ο συντελεστής ηχοαπορροφήσεως του αέρα.

Ο T(60) εξαρτάται από τις διαστάσεις του δωματίου, τα υλικά κατασκευής του, την επίπλωση και τέλος την συχνότητα του ήχου.

Κατά τα τελευταία χρόνια όμως έχει δεχθεί αρνητική κριτική ο τύπος του Sabine, ο οποίος δεν θεωρείται επαρκής για τις σύγχρονες ακουστικές απαιτήσεις, έχουν δε προταθεί νέοι τρόποι υπολογισμού του χρόνου αντηχήσεως.

Η κυριότερη κατηγορία για τον τύπο του Sabine είναι ότι δεν λαμβάνει υπ' όψη του την κατανομή των ηχοαπορροφητικών υλικών στις διάφορες επιφάνειες, αφού είναι γνωστό ότι η κατανομή αυτή παίζει σημαντικό ρόλο. Και ακόμη ότι θεωρεί ότι ο ανακλώμενος ήχος σ' ένα δωμάτιο διαδέχεται ομοιόμορφα.

Εν τούτοις για τις συνηθισμένες ανάγκες ο τύπος του Sabine είναι ικανοποιητικός.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι:

**Ο T(60)** παρατηρείται να είναι μεγαλύτερος για τις χαμηλές συχνότητες και μικρότερος για τις υψηλές συχνότητες.

**Ο T(60)** σε πολύ μεγάλους χώρους είναι τεράστιος, γι' αυτό και οι αίθουσες συναυλιών, όπως και στη συγκεκριμένη περίπτωση, στο ωδείο, απαιτούν μελετημένη ηχητική παρέμβαση. Στους συνήθεις οικιακούς χώρους, βεβαίως, είναι μικρότερος και με τα έπιπλα που πάντα υπάρχουν (και πρέπει να υπάρχουν), η ηχητική παρέμβαση πρέπει να είναι μικρή έως καθόλου.

Μπορεί ακόμα να μην έχει βρεθεί από τους μηχανικούς ήχου ένας κοινός αποδεκτός αριθμός για το ποιος είναι ο καλύτερος T(60), είναι όμως κοινώς αποδεκτό ότι κάθε διαφορετικό είδος μουσικής «ωφελείται» διαφορετικά από μικρούς ή μεγάλους T(60) χρόνους αντήχησης.

Η αναπαραγωγή μεγάλων (η και μικρών) συμφωνικών έργων ευνοείται περισσότερο από μεγάλους χώρους ακροάσεων ( όπου ο ήχος είναι πλούσιος σε ηχοχρώματα και ζεστασιά), ενώ η αναπαραγωγή γρήγορης Jazz, Rock, ανθρώπινης ομιλίας, ρεμπέτικων κλπ. ευνοούνται περισσότερο από μικρότερους χώρους (ήχος γρήγορος, στακάτος).

### **2.1.1 Στάθμη θορύβου βάθους (Background Noise level):**

Η στάθμη θορύβου βάθους η οποία προκαλείται από το σύστημα κλιματισμού/εξαερισμού και από άλλους εξωτερικούς θορύβους θα πρέπει να είναι σε χαμηλά επίπεδα για να μην επηρεάζει τις παραστάσεις που θα λαμβάνουν χώρο στην αίθουσα αλλά και για να αποτρέπονται προβλήματα που σχετίζονται με την καταληπτότητα της ομιλίας (speech intelligibility).

### **2.1.2 Καμπύλες στάθμισης θορύβου (Noise Weighting Curves) :**

Υπάρχουν 2 διαφορετικές καμπύλες στάθμισης θορύβου.

Για την Ευρώπη χρησιμοποιούνται οι καμπύλες NR, οι οποίες έχουν προταθεί από τον L. Beranek και έχουν υιοθετηθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) με σκοπό την αποτίμηση της επίδρασης του θορύβου που προέρχεται από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό σε ένα κλειστό χώρο. Επίσης χρησιμοποιούνται για να προσδιοριστεί η στάθμη του εκπεμπόμενου θορύβου.

Στην Αμερική χρησιμοποιούνται τώρα οι καμπύλες PNC οι οποίες αντικατέστησαν τις παλαιότερες καμπύλες NC.

### 2.1.3 Noise Rating Curves, NR:

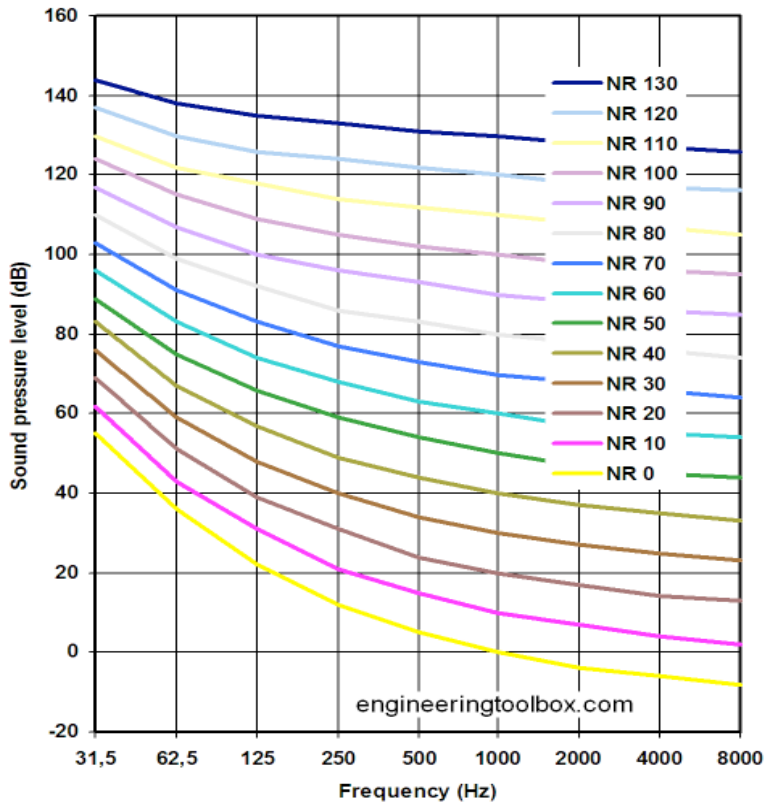
Το NR οποιουδήποτε ηχητικού γεγονότος προκύπτει από την σύγκριση του οκταβικού φάσματος του γεγονότος με τις καμπύλες NR και την εξεύρεση της καμπύλης στην οποία το εν λόγω φάσμα εφάπτεται.

Όπου AB και BB είναι σταθερές και δίνονται στον πίνακα

<b>Κεντρική Συχνότητα HZ</b>	<b>AB</b>	<b>BB</b>
31.5	55,4	0,681
63	35,5	0,790
125	22,0	0,870
250	12,0	0,930
500	4,8	0,974
1000	0,0	1,000
2000	-3,5	1,015
4000	-6,1	1,025
8000	-8,0	1,030

**Πίνακας 2.1 σταθερές για καμπύλες NR**





## 2.2 Γεωμετρική (Ακτινική) μελέτη του ήχου σε κλειστούς χώρους

Για την πραγματοποίηση της μελέτης της συμπεριφοράς του ήχου σε ένα κλειστό χώρο, υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι που μπορούν να πραγματοποιηθούν και είναι οι ακόλουθοι:

### Η χρήση ηλεκτρονικού διερευνητικού

Η χρήση μοντέλων σε κλίμακα: 1:10 και 1:18, όπου ο ήχος εκπέμπεται, ελεύθερος από μετήχηση και στην συνέχεια γίνεται λήψη από ειδικό μικρόφωνο και μελέτη του.

Καθώς και οι κλασικοί μέθοδοι, όπως είναι η «γεωμετρική» ή «ακτινική» μέθοδος κατά την οποία πραγματοποιείται εξέταση της διαδρομής του ηχητικού κύματος από την στιγμή

που εκπέμπεται από την πηγή, καθώς επίσης η κατανομή των πρώτων ανακλάσεων, λαμβάνοντας υπ' όψη ότι ο ήχος σαν κύμα, που είναι ακολουθεί τους γνωστούς κανόνες της κυματικής. Η πιο πάνω μελέτη είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί μέσα από τον σχεδιασμό της διαδρομής του ήχου υπό την μορφή ακτινών με την οποία μπορεί να καθοριστεί επιπλέον το σχήμα της αίθουσας ώστε να μπορεί να κατευθυνθεί ο ήχος εκεί που χρειάζεται.

Η συγκεκριμένη μελέτη μπορεί να γίνει ακόμη και μέσα από μακέτες, όπου η ηχητική πηγή αντικαθιστά μια φωτεινή, τις ηχητικές ακτίνες, φωτεινές ακτίνες και τις διάφορες επιφάνειες, κάτοπτρα. Η φωτογράφιση ακόμη υπερηχητικών δεσμών μέσα σε μακέτες είναι μια άλλη μορφή της ίδιας βασικής μεθόδου.

Και ενώ οι ήχοι με μικρό μήκος κύματος συμπεριφέρονται σαν ακτίνες φωτός, ανακλώμενοι και ξανά ανακλώμενοι μέχρι να σβήσουν, οι ήχοι με μεγάλο μήκος κύματος έχουν αρκετά διαφορετική συμπεριφορά καθώς και την πρόσθετη δυνατότητα να δημιουργούν «στάσιμα κύματα» όταν το μήκος κύματος είναι το ίδιο ή υποπολλαπλάσιο με κάποια διάσταση του χώρου.

Είναι λοιπόν προφανές, ότι με τους πιο πάνω τρόπους μόνο οι πρώτες ανακλάσεις μπορούν να γίνουν αντικείμενο μελέτης καθώς και ότι μπορεί να παρέχεται μόνο μια γενική εικόνα .

Γι' αυτό ακριβώς τον λόγο θα πρέπει εν συνεχεία να πραγματοποιηθεί και μια στατιστική μελέτη του ήχου, δηλαδή μια μελέτη του χρόνου αντηχήσεως καθώς και της εντάσεως του ανακλώμενου κύματος σε σχέση με το απ' ευθείας ήχο.

## **Στατιστική μελέτη του ήχου σε κλειστούς χώρους**

Σε γενικές γραμμές ισχύει ότι οι σκληρές μη πορώδεις επιφάνειες δε απορροφούν τον ήχο, ενώ οι μαλακές, πορώδεις επιφάνειες, μιας και αυτές έχουν την δυνατότητα να πάλλονται, απορροφούν τον ήχο.

### **Ο μηχανισμός της απορροφήσεως είναι ο ακόλουθος:**

Καθώς η πίεση του αέρα, με την άφιξη του ηχητικού κύματος αυξάνεται ή ελαττώνεται στην επιφάνεια κάποιου πορώδους υλικού, ο αέρας κινείται μέσα κι' έξω από τους πόρους και έτσι η τριβή, που προκαλείται από την κίνηση του αέρα σε αυτούς τους περιορισμένους χώρους προκαλεί την μετατροπή ενός μέρους της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα.

Στην περίπτωση του παλλομένου τύπου ηχοαπορροφητικής επιφάνειας, προκαλείται τριβή στα μόρια της επιφάνειας καθώς αυτή μπαίνει σε κίνηση από την εναλλαγή της πίεσεως του αέρα. Κατά αυτόν τον τρόπο εμφανίζεται και πάλι η μετατροπή ενός μέρους της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα.

Η απορρόφηση ενός υλικού εκφράζεται μέσα από έναν αριθμό ο οποίος κυμαίνεται από το 0 μέχρι και το 1 και καλείται σαν **συντελεστής ηχοαπορροφήσεως**.

Οι συντελεστές ηχοαπορροφήσεως μπορούν να χωρισθούν στους εξής:

Σε αυτούς που τα ηχητικά κύματα προσπίπτουν στο υλικό από όλες τις κατευθύνσεις αλλά παράλληλα και σε αυτούς που τα ηχητικά κύματα προσπίπτουν καθέτως στο υλικό.

Οι πρώτοι συντελεστές είναι και αυτοί που χρησιμοποιούνται κατά τον αρχιτεκτονικό ακουστικό σχεδιασμό.

Η ηχοαπορρόφηση ενός υλικού δεν είναι η ίδια για όλες τις συχνότητες).

Αντίθετα ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης για το ίδιο υλικό μπορεί να είναι 8 ή και 9 φορές μεγαλύτερος σε μια συχνότητα σε σχέση με κάποια άλλη συχνότητα.

Επιπλέον η ολική ηχοαπορρόφηση σ' ένα δωμάτιο δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα των ηχοαπορροφητικών υλικών που υπάρχουν μέσα στο χώρο αλλά και από την θέση όπου αυτά είναι τοποθετημένα.

Αν τώρα θεωρήσουμε ότι το  $r_0$  και το  $r_1$  είναι τα μήκη των διαδρομών του απ' ευθείας ήχου και κάποιας συγκεκριμένης ανακλάσεως, τότε η διαφορά στάθμης του ανακλώμενου από τον απ' ευθείας ήχο, δίνεται μέσα από τον ακόλουθο τύπο:

$$\Delta L = 20 \log_{10}(r_0/r_1) \text{dB} \quad (2.3)$$

στην περίπτωση τώρα όπου η ανακλώσα επιφάνεια έχει ένα συντελεστή ηχοαπορρόφησης  $\alpha$ , τότε ο ανακλώμενος ήχος έχει ακόμη μικρότερη ένταση κατά  $10 \log$ .

Ηχοαπορροφητικά υλικά είναι τα υλικά που παρουσιάζουν υψηλούς **συντελεστές απορρόφησης**

Η ηχοαπορρόφηση είναι τελείως διαφορετική έννοια από την ηχομόνωση και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να συγχέονται. Τα καλά απορροφητικά υλικά δεν προσφέρουν καλή ηχομόνωση και αντιστρόφως.

Η συνολική ηχοαπορροφητική ικανότητα  $A$  ενός χώρου ισούται με το άθροισμα των γινομένων των επιμέρους διαφορετικών επιφανειών επί του συντελεστή απορρόφησης τους.

### 2.2.1 Συντελεστής Απορρόφησης

Συντελεστής απορρόφησης για ένα υλικό είναι ο λόγος  $\alpha$  της μη ανακλώμενης ηχητικής ενέργειας προς τη συνολική ηχητική ενέργεια που προσπίπτει επάνω του. Ποικίλλει ανάλογα με τη συχνότητα του ήχου. Για τα περισσότερα οικοδομικά υλικά κυμαίνεται περίπου ανάμεσα σε 0,01 – 0,95. Τα μικρά νούμερα αφορούν σκληρές και λείες επιφάνειες όπως π.χ. εφυαλωμένα πλακίδια, γυαλισμένα μάρμαρα κλπ. και τα μεγάλα αφορούν ηχοαπορροφητικά υλικά μεγάλου πάχους και σε μεγάλες συχνότητες.

Οι μεγάλες συχνότητες ελέγχονται καλύτερα γιατί αντιστοιχούν σε μικρά μήκη κύματος. Μια χαμηλή συχνότητα όμως π.χ. 125Hz αντιστοιχεί σε μήκος κύματος  $340/125 = 2,72\text{m}$  και προφανώς δεν ελέγχεται εύκολα.

### 2.2.2 Τύποι ηχοαπορροφητικών υλικών

Κάθε επιφάνεια, οποιουδήποτε υλικού ή και αντικειμένου έχει την δυνατότητα να απορροφά τον ήχο έως όμως ένα βαθμό. Στην πράξη η ηχοαπορροφητικότητα των συνηθισμένων υλικών εξαρτάται κατά ένα μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι άλλη ηχοαπορρόφηση θα έχει ένα επίχρισμα τοποθετημένο επάνω σ' ένα δομικό τοίχο και άλλη θα έχει όταν αυτό χρησιμοποιείται π.χ. σαν ψευδοροφή, καλύπτοντας κάποιο μεταλλικό πλέγμα.

Ακόμη, υπάρχει μεγάλη διαφορά και στην χρησιμοποιούμενη τεχνική από κτίριο σε κτίριο. Γι' αυτό ακριβώς τον λόγο οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης, οι οποίοι δίνονται μέσα από διάφορους πίνακες θα πρέπει να λαμβάνονται μόνον σαν αντιπροσωπευτικοί και όχι σαν ακριβή στοιχεία όσον αφορά τις ιδιότητες κάποιου υλικού.

Εξετάζοντας τώρα τα είδη των ηχοαπορροφητικών υλικών, μπορούμε να κατατάξουμε τα ηχοαπορροφητικά υλικά στις εξής τέσσερις κατηγορίες:

Τα πορώδη, τα πανό και τις μεμβράνες, τα αντηχεία Helmholtz και τέλος τα λειτουργικά ηχοαπορροφητικά.

### Τα πορώδη

Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη μείωση της ηχοαπορροφητικότητας κατά τις χαμηλές συχνότητες. Υπάρχει απ' ευθείας σχέση μεταξύ του μήκους κύματος του ήχου και του πάχους του πορώδους ηχοαπορροφητικού υλικού όσο αφορά την μέγιστη ηχοαπορροφητικότητα. Κατ' επέκταση τα λεπτά υλικά μπορούν να απορροφήσουν αποτελεσματικά μόνο ήχους με μικρό μήκος κύματος. Μια μικρή βελτίωση στις χαμηλές συχνότητες μπορεί να προκύψει στην περίπτωση κατά την οποία το υλικό τοποθετηθεί σε κάποια απόσταση από την σκληρή επιφάνεια. Όταν θέλουμε να κρίνουμε την πιθανή συμπεριφορά ενός πορώδους υλικού εξετάζουμε την κατ' όγκο περιεκτικότητα πόρων, τους πόρους της επιφάνειας και τον βαθμό των συνδέσεων μεταξύ των πόρων, που είναι και τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την τριβή του αέρα μέσα στο υλικό.

Άρα τα υλικά που έχουν πόρους, που δεν συνδέονται, δεν μπορούν να απορροφήσουν τον ήχο.

Ο δεύτερος τύπος ηχοαπορροφητικών υλικών είναι :

**τα πανό (ταμπλάδες) και οι μεμβράνες (Panel – membrane absorbent)**

Κάθε πανό ή φύλλο από μη πορώδες υλικό που στερεώνεται σε σταθερή επιφάνεια με κάποιο κενό από πίσω, λειτουργεί σαν ηχοαπορροφητικό υλικό . Το κύριο χαρακτηριστικό της καμπύλης τους είναι ο υψηλός συντελεστής ηχοαπορροφητικότητας που παρουσιάζουν κοντά στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων καθώς και μια πτώση του συντελεστή κατά τις υψηλότερες συχνότητες. Η θέση του μέγιστου συντελεστή ηχοαπορροφήσεως συμπίπτει με την συχνότητα συντονισμού του συστήματος και μπορεί να βρεθεί μέσα από τον ακόλουθο τύπο:

$$F_{\text{συν}} = 600 / \text{ρίζα md}(2.4)$$

Όπου  $m$  : η μάζα του πανό σε Kg / m<sup>2</sup> και

$d$  : το βάθος του αέρα από πίσω σε cm.

Για πρακτικά βάρη και διάκενα η συχνότητα συντονισμού βρίσκεται μεταξύ των 40 και 400 HZ περίπου. Όσο λιγότερη είναι η ελαστικότητα του χρησιμοποιούμενου υλικού τόσο και η καμπύλη ηχοαπορροφήσεως μπορεί να πλησιάζει την ιδεατή. Ο συντελεστής ηχοαπορροφήσεως συχνά αυξάνεται και επεκτείνεται σε μεγαλύτερο φάσμα στην περίπτωση κατά την οποία, στο κενό πίσω από το πανό έχει τοποθετηθεί κάποιο πορώδες υλικό όπως π.χ. υαλοβάμβακας ή πετροβάμβακας.

Η τρίτη κατηγορία ηχοαπορροφητικών υλικών είναι:

**Τα αντηχεία Helmholtz (Helmholtz resonator).**

Βασικά αποτελούνται από ένα τμήμα αέρος κλειστό, το οποίο συνδέεται μέσω ενός στενού λαιμού με τον χώρο όπου περιέχονται τα ηχητικά κύματα π.χ. ένα μπουκάλι άδειο έχει τις ιδιότητες με αυτές ενός αντηχείου Helmholtz.

Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι με αυτό το είδος ηχοαπορροφητικού επιτυγχάνεται πολύ μεγάλη απορρόφηση στην συχνότητα συντονισμού αλλά και πολύ μικρή απορρόφηση στις υπόλοιπες συχνότητες με εξαίρεση αυτές τις συχνότητες που είναι πολύ κοντά στην συχνότητα συντονισμού.

Τέλος η τέταρτη κατηγορία ηχοαπορροφητικών υλικών είναι εκείνα τα ηχοαπορροφητικά υλικά που σχηματίζουν «τρισεδιάστατη» μονάδα, όπως σφαίρα, διπλό κώνο ή κύβο και τα οποία είναι γνωστά με το όνομα:

### «Λειτουργικά ηχοαπορροφητικά» (functional absorber).

Αυτά τα ηχοαπορροφητικά κρεμιούνται ελεύθερα μέσα στο χώρο, και καθώς τα ηχητικά κύματα περιέθλώνται γύρω τους επιτυγχάνουν μια πολύ καλή απορρόφηση.

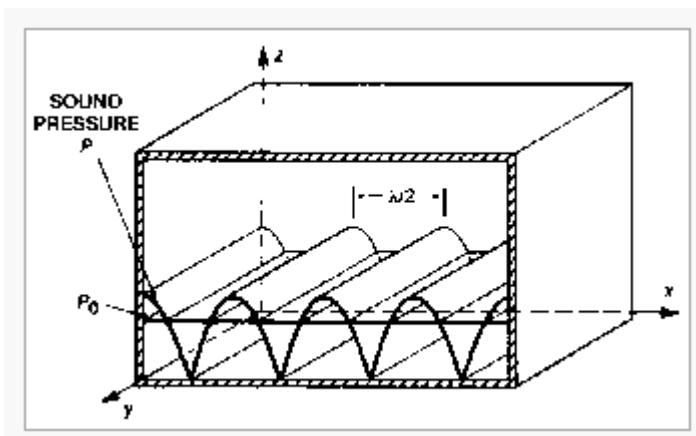
Είναι χρήσιμα σε περιπτώσεις όπου οι επιφάνειες του χώρου δεν είναι δυνατόν να καλυφθούν με κάποια άλλα από τα προαναφερθέντα ηχοαπορροφητικά υλικά. Σε αυτού του τύπου υλικών η μέγιστη απορρόφηση για μια ευρεία περιοχή συχνοτήτων επιτυγχάνεται όταν οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από 0,45 έως και 0,9μ.

Ανεξάρτητα από τις διαστάσεις του δωματίου ( έως ένα σημείο...) τα ηχητικά κύματα που ταξιδεύουν στο χώρο και διεγείρουν τον ακουστικό μας πόρο δημιουργούν αρκετά προβλήματα.

Σε γενικές γραμμές, κάθε σημείο του χώρου ακρόασης συμμετέχει στη διαδικασία χαλιναγώγησης των ηχητικών κυμάτων, είτε ανακλώντας τα είτε -σπανιότερα- απορροφώντας ένα μέρος της ενέργειάς τους.

Ο όρος LEDE (Live End - Dead End) χρησιμοποιείται για να ορισθεί ένα μοντέλο χώρου το οποίο συμπεριφέρεται ηχητικά ορθά.

πρόκειται δηλαδή για ένα δωμάτιο, του οποίου η άκρη προς τη μεριά των ηχείων οφείλει να είναι ηχητικά «νεκρή» (Ουδέτερη - δηλαδή να απορροφά όσο το δυνατόν



περισσότερο τα ηχητικά κύματα) ενώ προς τη μεριά του ακροατή ηχητικά «ζωντανή» (άρα να ευνοεί τις ανακλάσεις).

Σύμφωνα με την θεωρία για να επιτευχθεί αυτό είναι αναγκαίο να μην υπάρχουν οι ανακλάσεις πρώτης τάξης (δηλαδή αυτές από τα ηχεία προς τους πλαϊνούς τοίχους, στα σημεία που φθάνει το ηχητικό κύμα μετά από μόλις 10 χιλιοστά του δευτερολέπτου) έτσι ώστε να μην αποσυντονίζεται η ολογραφική «εικόνα» που δημιουργείται μεταξύ των ηχείων.

Ακριβώς για αυτόν τον σκοπό υπάρχουν στο εμπόριο πάνελ με ανάλογη επένδυση.

Περίπου ανάλογα αποτελέσματα, μπορούν να επιτευχθούν απλώς απομακρύνοντας τα ηχεία όσο γίνεται από τους πλαϊνούς τοίχους (τουλάχιστον 1 με 1,5 μέτρο). Ο ακροατής θα πρέπει επίσης να απέχει όσο γίνεται από τον πίσω τοίχο.

Στην πράξη, δύο ηχεία στο «νεκρό» άκρο ενός δωματίου (σύμφωνα με την αρχή LEDE) είναι δύο σημειακές πηγές ήχου. Δεν μπορούν να δημιουργήσουν, ούτε να στηρίξουν μια στερεοσκοπική ηχητική εικόνα άρα δεν θα υπάρχει και στερεοφωνική λειτουργία.

Σε περίπτωση όμως που παίζουν στο ηχητικά «ζωντανό» άκρο του δωματίου, μετατρέπουν όλο το χώρο ακρόασης σε ηχητική σκηνή, με έντονες αντιθέσεις, βάθος, ύψος και πλάτος, ενώ τα όργανα διαγράφονται με μεγάλη ακρίβεια στο χώρο. Η στερεοφωνική λειτουργία επιτελείται με τη μέγιστη προσήλωση στην αρχή της.

### **2.2.3 Οι ανακλάσεις στο χώρο ακρόασης.**

Οι ανακλάσεις πρώτης τάξης (αυτές που φτάνουν στον τοίχο 10ms μετά την εκπομπή από το μεγάφωνο) είναι οι ανακλάσεις αυτές οι οποίες δεν ευνοούν την στερεοφωνική λειτουργία. Αντιθέτως, οι ανακλάσεις δεύτερης, τέταρτης, κ.ο.κ. τάξης, που έρχονται σε άναρχο χρόνο και τόπο, μπορούν να συμβάλουν ευεργετικά για το ηχητικό αποτέλεσμα.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Σύμφωνα με τις μετρήσεις της ψυχοακουστικής, βοηθούν τον ανθρώπινο εγκέφαλο στην ανασύνθεση της ολογραφικής εικόνας γύρω από τις δύο σημειακές πηγές ήχου (τα ηχεία μας). Οι εργασίες ειδικών επιστημόνων (Madsen, Damaske, κ.ά.) απέδειξαν ότι ο ανακλώμενος ήχος πρέπει να είναι ανόμοια διασπαρμένος σε χρόνο και φάση και ταυτόχρονα να μην είναι αναγνωρίσιμη η κατεύθυνσή του (ο διάχυτος ήχος που έρχεται από τα πλάγια του κεφαλιού του ακροατή είναι η ιδανική περίπτωση).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Βασική κυματική θεωρία:

Η ποιότητα της ακουστικής συμπεριφοράς ενός χώρου, αποδίδεται με τον όρο, 'room fidelity'.

### **Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι ακουστικής κλειστών χώρων:**

Η πρώτη μέθοδος πραγματοποιείται με βάση την κυματική θεωρία και όλοι οι υπολογισμοί γίνονται στο πεδίο της συχνότητας. Πρόκειται όμως για μια μέθοδο η οποία εφαρμόζεται μόνο σε απλούς γεωμετρικούς χώρους(είναι αδύνατη η εφαρμογή της σε πιο σύνθετους χώρους).

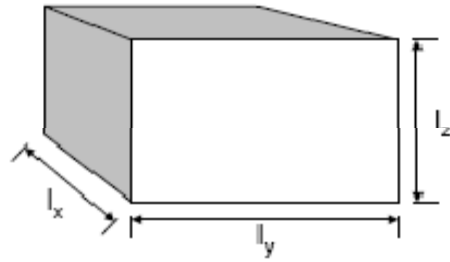
Η δεύτερη μέθοδος πραγματοποιείται σύμφωνα με τη γεωμετρική θεωρία διάδοσης του ήχου και οι υπολογισμοί γίνονται στο πεδίο του χρόνου. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη ακόμα και για υλοποίηση σε υπολογιστικά συστήματα.

Ο ήχος θεωρείται ως κύμα. Αφού μιλάμε για κλειστό χώρο, μεταξύ δύο παράλληλων επιφανειών (σε απόσταση  $l$ ) δημιουργείται ένα στάσιμο κύμα για συχνότητες πηγής:

$$f_n = \frac{n * c}{2 * l} \quad (1.6.1 - 1)$$

**Στο τρισδιάστατο πεδίο του χώρου έχουμε:**

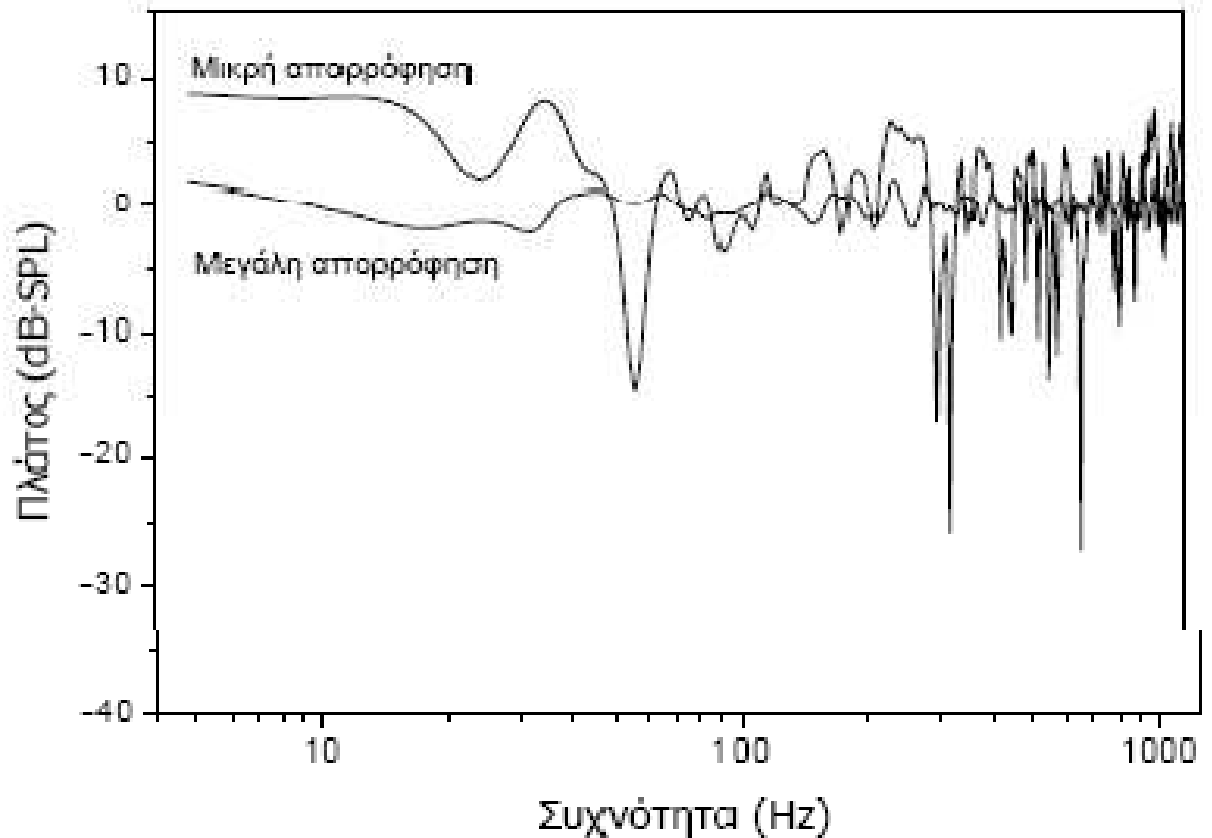




$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2} \quad (1.6.1 - 2)$$

Η απόκριση του χώρου σε σήμα διέγερσης ευρέως φάσματος, εξαρτάται από τη θέση πηγής – δέκτη, και τα χαρακτηριστικά απορρόφησης των υλικών του χώρου.

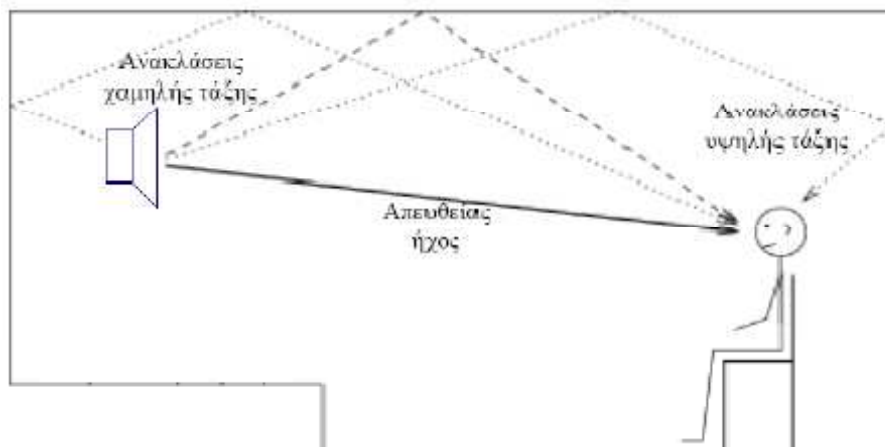
Χαρακτηριστικό των παραπάνω είναι το παρακάτω διάγραμμα:



*Εικόνα 3.1 – 1: Απόκριση χώρου σε σήμα διέγερσης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά απορρόφησης υλικών.*

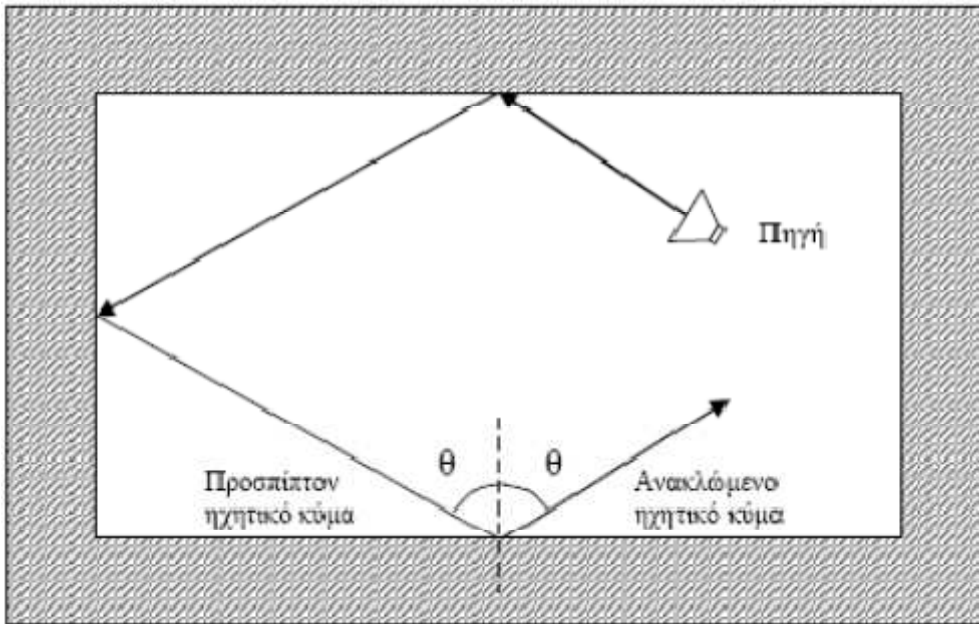
### **Το ηχητικό πεδίο σε κλειστούς χώρους – Αρχή του Huygen:**

Η ακουστική πίεση (sound pressure) σε κάποιο σημείο εξαρτάται από το απευθείας σήμα, από το ανακλώμενο σήμα και από την απορρόφηση που έχει ο χώρος, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



*Εικόνα 3.2 - 2: Παράγοντες που επηρεάζουν την ακουστική πίεση (sound pressure)*

Επειδή αναφερόμαστε σε κλειστό χώρο, σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της μέτρησης, παίζουν οι ανακλάσεις που υπάρχουν στον χώρο. Για παράδειγμα:



**Εικόνα 3.3 - 3 :** Οι ανακλάσεις όπως παριστάνονται σε ένα κλειστό δωμάτιο. Παρατηρούμε την δημιουργία της γωνίας ανακλάσεως και της γωνίας προσπτώσεως.

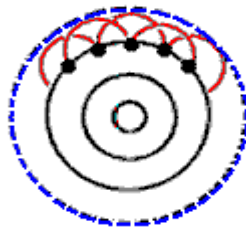
Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως σημαντικό ρόλο, παίζει και η απορρόφηση του κλειστού χώρου αφού ένας μέρος του ήχου απορροφάται μετά την παραγωγή του από την ηχητική πηγή. Απορρόφηση ορίζεται ο λόγος της ανακλώμενης προς την προσπίπτουσα ενέργεια. Η απορρόφηση εξαρτάται από το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται για μια συγκεκριμένη συχνότητα και εκφράζεται μέσω ενός συντελεστή. Ο συντελεστής απορρόφησης για διάφορα υλικά δίδεται παρακάτω:

Υλικό	Συχνότητες					
	125	250	500	1000	2000	4000
Αέρας	0	0	0	0,003	0,007	0,02
Επίπεδος Τοίχος	0,15	0,3	0,75	0,85	0,75	0,4

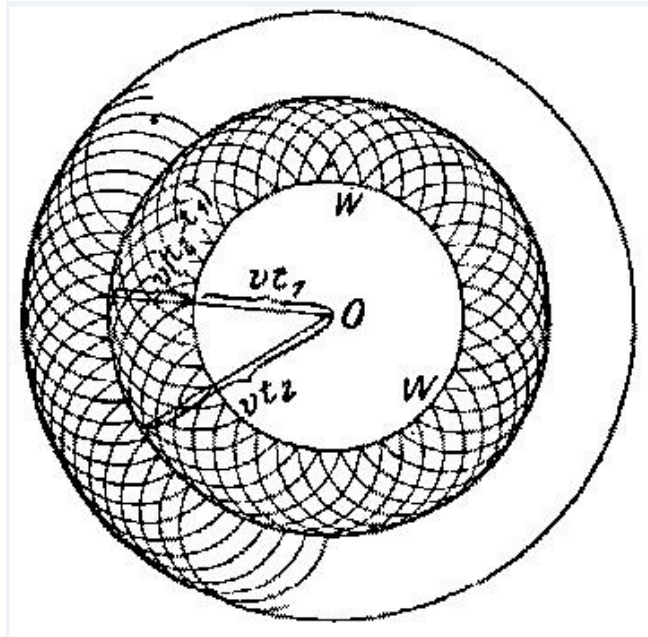
<b>Πάτωμα- Ξύλο</b>	0,15	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Καθιστός άνθρωπος</b>	0,18	0,4	0,46	0,46	0,51	0,46

*Πίνακας 3.1 – 1 : Συντελεστές απορρόφησης υλικών σε συνάρτηση με την συχνότητα.*

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στη θεωρία των ηχητικών κυμάτων είναι η **διάθλαση**. Οι συνέπειες της διάθλασης διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ακουστική και θα κατανοηθούν καλύτερα αν μελετήσουμε πρώτα την **αρχή του Huygen**. Σύμφωνα με αυτή μια ηχητική πηγή διαβιβάζει τον ήχο προς όλες τις κατευθύνσεις έτσι ώστε η κυματομορφή να είναι ουσιαστικά μια σφαίρα. Ο φυσικός Christian Huygen θεώρησε πως όλα τα κύματα αποτελούνται από έναν άπειρο αριθμό μικροσκοπικών κυκλικών (για δισδιάστατη κυματομορφή) ή σφαιρικών (για τρισδιάστατη κυματομορφή) κυμάτων. Δηλαδή, η τελική κυματομορφή είναι το άθροισμα του απείρου αριθμού στοιχειωδών σφαιρικών κυμάτων.

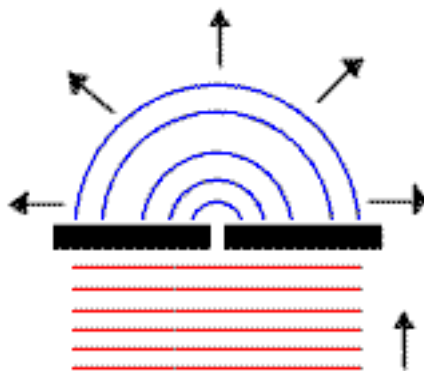


*Εικόνα 3.1 - 4 : Αρχή του Huygen*



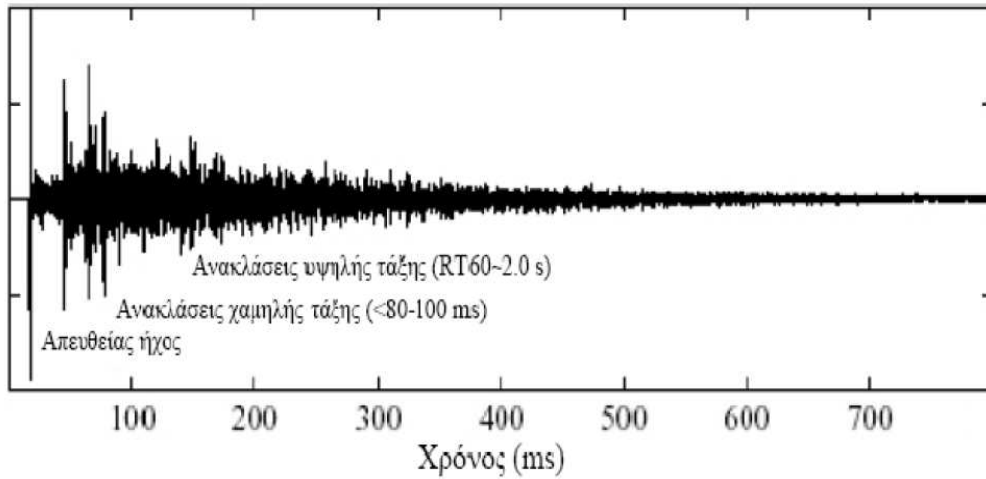
**Εικόνα 3.1 - 5 :** Εξάπλωση των σφαιρικών κυμάτων σύμφωνα με την αρχή του Huygen

Μια συνέπεια της αρχής Huygen είναι ότι τα κύματα μπορούν να παρακάμψουν γωνίες. Εάν ένα κύμα χτυπήσει σε έναν τοίχο με ένα άνοιγμα, ένα «κύμα Huygen» περνάει από την άλλη πλευρά. Τα ηχητικά κύματα είναι περισσότερο εύκαμπτα από τα φωτεινά κύματα (έτσι κάποιος μπορεί να ακούσει αλλά δεν μπορεί να δει γύρω από τις γωνίες), και οι χαμηλές συχνότητες περνούν ευκολότερα από τις υψηλές συχνότητες.

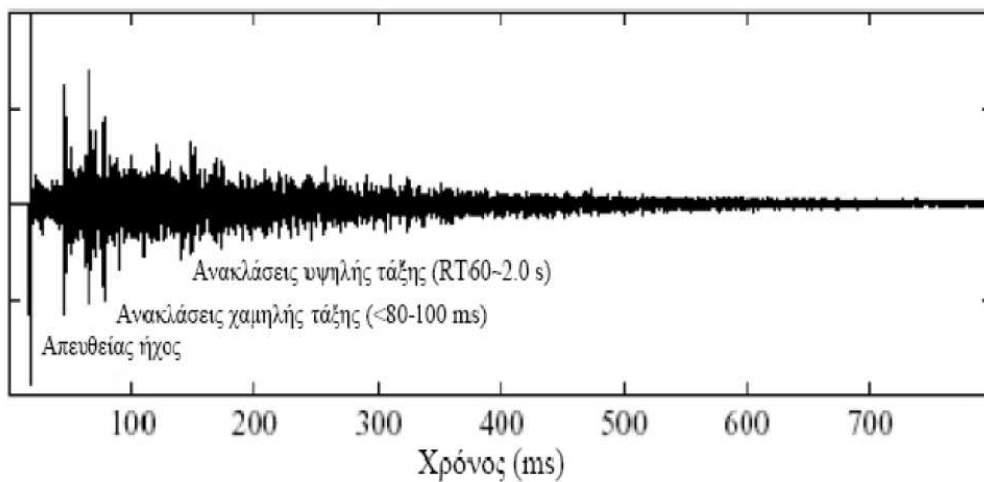


**Εικόνα 3.1 - 6 :** Εξαιτίας της διάθλασης έχουμε διέλευση ηχητικών κυμάτων μέσω ανοίγματος

Τέλος, ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του χώρου αποτελεί η κρουστική απόκρισή του. Με βάση αυτή τη κρουστική απόκριση γίνεται ο υπολογισμός των ακουστικών παραμέτρων του χώρου.



*Εικόνα 3.1 -7 : Κρουστικές αποκρίσεις σε χώρο σε σχέση με την τάξη ανάκλασης.*



**Εικόνα 3.1 -8.**

### 3.1 Βασικοί παράγοντες καλής ακουστικής για μια αίθουσα

Ένας χώρος ,μια αίθουσα λέγεται ότι έχει καλή ακουστική στην περίπτωση κατά την οποία πληρεί τις παρακάτω προδιαγραφές:[21]

- ❖ Η κατανομή του ήχου είναι ομοιόμορφη σε όλον τον χώρο και έτσι μπορεί να διατηρεί περίπου την ίδια στάθμη.
- ❖ Το φαινόμενο της επικάλυψης να μην γίνεται ορατό αλλά και αν μπορεί αυτό να εμφανίζεται περιορισμένο.
- ❖ Να υπάρχει καθαρότητα κατά την διάρκεια του λόγου αλλά επίσης και τονική ισορροπία κατά την εκτέλεση της μουσικής. Για να μπορέσει να επιτευχθεί κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο ο χρόνος αντήχησης να βρίσκεται μέσα στα όρια του βέλτιστου χρόνου αντήχησης αναλόγως φυσικά με την χρήση του χώρου.
- ❖ Φαινόμενα όπως η ηχώ ,οι ηχητικές σκιές οι ηχητικές παραμορφώσεις και οι εστιάσεις του ήχου σε κάποια σημεία του χώρου θα πρέπει να απουσιάζουν.
- ❖ Ο εισερχόμενος θόρυβος μέσα στον χώρο θα πρέπει να περιορίζεται μέσα από μια επαρκή ηχομόνωση.
- ❖ Η στάθμη θορύβου βάθους θα πρέπει να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.

«κατά τον Beranek η τιμή του κριτηρίου NCB για τον εισερχόμενο θόρυβο θα πρέπει να βρίσκεται μικρότερη από τα 18dB».

#### 3.1.1 Γραμμές ορατότητας (Sight lines)

Γραμμές ορατότητας ονομάζονται οι ευθείς γραμμές που δημιουργούνται από τα μάτια του καθισμένου ακροατή μέχρι την σκηνή.

APS ονομάζεται το σημείο εκείνο επάνω στην σκηνή κατά το οποίο συγκλίνουν οι γραμμές ορατότητας.

Ανεξάρτητα με την θέση την οποία είναι καθισμένος ο ακροατής είναι αναγκαίο να μπορεί να βλέπει την σκηνή χωρίς την παρεμβολή κάποιου εμποδίου έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η πλήρη ορατότητα αλλά και η διάδοση του ήχου να γίνεται ανεμπόδιστα.

Όταν τα καθίσματα είναι τοποθετημένα στο ίδιο επίπεδο η αξονική απόσταση που πρέπει να διατηρούν μεταξύ τους ανέρχεται στο 1,0 m ενώ όταν πρόκειται για αμφιθεατρική τοποθέτηση στα 0,9m.

Τόσο οι αξονικές αποστάσεις όσο και οι πλευρικές , μεταξύ των διαδοχικών θέσεων, πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες αλλά και σύμφωνες με τα πρότυπα που παρέχουν την σωστή ασφάλεια και την απαραίτητη άνεση.

Οι πλευρικές γραμμές ορατότητας πρέπει να βρίσκονται εντός της οπτικής γωνίας των 30 ° .

Η κλίση του εξώστη αλλά και του δαπέδου πρέπει να είναι μέχρι τις 26 ° .

### 3.1.2 Όγκος χώρου

Στην περίπτωση κατά την οποία ο όγκος είναι μικρότερος από  $4 \text{ m}^3$  ανά θεατή είναι πολύ σημαντική η επίδραση των θεατών για την ακουστική του χώρου σε αντίθεση με την περίπτωση κατά την οποία ο όγκος ανά θεατή είναι μεγαλύτερη από  $10 \text{ m}^3$  όπου σε αυτή την περίπτωση είναι αμελητέα.

Οι πλευρικές ανακλάσεις είναι πολύ καθοριστικές για τον παράγοντα 'εγγύτητα(οικειότητα). Έκτος αυτού ενισχύουν επιπλέον τον απευθείας ήχο δίνοντας την αίσθηση του χώρου στον ήχο.

### 3.1.3 Οροφή

Το σχήμα και το μέγεθος της οροφής μιας αίθουσας ακρόασης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην καλή ακουστική της αίθουσας, μιας και μια μικρή αλλαγή στο σχήμα της οροφής, είναι αρκετή έτσι ώστε να δώσει χρήσιμες ανακλάσεις στην περιοχή των ακροατών.

Ακόμα όταν η οροφή προκαλεί την διάχυση του ήχου, είναι δυνατόν να βελτιωθεί η ακουστότητα των πλευρικών τοίχων, μειώνοντας την ισχύ των ανακλάσεων που προέρχονται από την οροφή.

Ο τρόπος ο οποίος αντιμετωπίζεται πιθανών πρόβλημα της ηχού στην οροφή είναι ο ακόλουθος:

Α μετατροπές στο σχήμα της οροφής.

Β να εφαρμοστεί απορρόφηση στον πίσω τοίχο, αλλά και στην πρόσοψη του εξώστη.

Να μην υπάρχουν παράλληλοι τοίχοι, γενικότερα παράλληλα σχήματα και ορθές γωνίες, να καλύπτονται δηλαδή αυτά με απορροφητικά υλικά.

### 3.1.4 Τοίχος

Τόσο η οροφή όσο και οι πλαϊνοί τοίχοι είναι αναγκαίο να είναι κατασκευασμένα από ανακλαστικές επιφάνειες έτσι ώστε να μπορούν να δώσουν δυνατές πρώτες ανακλάσεις.

Ο πίσω τοίχος όπως και η πρόσοψη του εξώστη πρέπει να είναι από απορροφητικές επιφάνειες για να μπορούν να αποφεύγονται τα φαινόμενα της ηχούς.

Κάποια πιθανά προβλήματα όσο αφορά την ηχώ μέσα στην αίθουσα μπορούν να διορθωθούν με την χρήση απορροφητικών υλικών ή διαχυτών.

Όταν υπάρχουν στην αίθουσα παράλληλες ή κοίλες ηχοανακλαστικές επιφάνειες παρατηρείται το φαινόμενο της πολλαπλής ηχούς.

Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να τοποθετηθούν στις παράλληλες επιφάνειες απορροφητικά υλικά είτε να χωριστούν σε κλιμακωτά επίπεδα.

Οι ανακλάσεις από τους πλαϊνούς τοίχους:



Οι πρώτες ανακλάσεις ενισχύουν τον ήχο. Οι ανακλάσεις αυτές είναι πολύ σημαντικές για την αίσθηση της ‘οικειότητας’, ‘εγγύτητας’ στην αίθουσα κυρίως όταν πρόκειται για μουσικές παραστάσεις. Και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να αποφεύγονται οι κοίλες επιφάνειες στους τοίχους ή στην οροφή, μιας και αυτές συγκεντρώνουν τον ανακλώμενο ήχο σε ένα εστιακό σημείο.

### 3.1.5 Απορρόφηση

#### Η απορρόφηση από το δάπεδο:

Το δάπεδο με τις θέσεις των ακροατών(καθίσματα)παρέχουν αρκετά μεγάλη απορρόφηση.

Ακόμα και το κενό που υπάρχει μεταξύ των διαδοχικών σειρών συντονίζεται στις συχνότητες από 100 μέχρι και 200 HZ δίνοντας έτσι επιπλέον απορρόφηση.

Έτσι λοιπόν δίνεται κάποια κλίση στο δάπεδο έτσι ώστε να μην υπάρχει διακοπή του απευθείας ήχου από τα μπροστινά καθίσματα.

«Η κλίση αυτή θα πρέπει να αυξάνει όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή με τέτοιο τρόπο ώστε η γωνία πρόσπτωσης( $\varphi$ ) του ήχου προς τον ακροατή να είναι η ίδια και στις υπόλοιπες θέσεις»<sup>2</sup>

Η μαθηματική προσέγγιση σε πολικές συντεταγμένες της θέσης του ακροατή δίνεται από τη σχέση:

$$r = r_0 \exp \theta \tan \varphi \approx r_0 e \quad (3.1)$$

#### Απορρόφηση από τον αέρα

Υπάρχει απορρόφηση εξαιτίας του αέρα με τον ακόλουθο τρόπο.

Τα ηχητικά κύματα περνάνε δια μέσο του αέρα, και με την σειρά τους τα μόρια του αέρα απορροφούν ενέργεια καθώς χτυπάνε μεταξύ τους.

Στις συχνότητες οι οποίες βρίσκονται κάτω από το όριο των 2000HZ αλλά και σε αυτές που βρίσκονται πάνω των 1000HZ είναι αμελητέα η απορρόφηση.

Έτσι όταν πρόκειται για μεγάλες αίθουσες μπορούμε να συμπεριλαμβάνουμε και την απορρόφηση του αέρα ώστε να βρούμε την συνολική απορρόφηση της αίθουσας.

Κατά αυτόν τον τρόπο θα ακολουθήσουμε τον εξής τύπο για τον υπολογισμό του χρόνου αντήχησης:

$$RT60 = (0.161V) / (Sa + mV) \quad (3.2)$$

RT 60= ο χρόνος αντήχησης

V= ο όγκος της αίθουσας σε κυβικά μέτρα

S= η ολική επιφάνεια του δωματίου

$\alpha$ = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης

<sup>2</sup> Σύμφωνα με την θεωρία του Cremer

$m = 0$  συντελεστής εξασθένησης της ενέργειας (εξαρτάται από την συχνότητα και την υγρασία)

Σε αίθουσες που προορίζονται για την πραγματοποίηση μουσικών παραστάσεων καλό θα είναι να μην τοποθετούνται ηχοαπορροφητικά υλικά δίπλα στις ηχητικές πηγές έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η αρχική ηχητική ενέργεια.

Σε αίθουσες που προορίζονται για πολλαπλές χρήσεις καλό θα είναι να χρησιμοποιούνται ηχοαπορροφητικά υλικά τα οποία μπορούν να μετακινούνται μέσα στην αίθουσα έτσι ώστε να μεταβάλλεται η απορρόφηση.

Τέτοια ηχοαπορροφητικά υλικά είναι:

### 3.1.6 Οι κουρτίνες

Πρόκειται λοιπόν για ένα υλικό το οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί κατάλληλα έτσι ώστε να παρέχει είτε μέγιστη απορρόφηση(με το να καλύπτει πλήρως μια επιφάνεια), είτε την ελάχιστη απορρόφηση(με το να είναι τραβηγμένο το ύφασμα της, έτσι κατά αυτό τον τρόπο αφήνει ακάλυπτη την ηχοανακλαστική επιφάνεια την οποία διαθέτει ο τοίχος).

### 3.1.7 Τα πάνελ

Τα πάνελ τα οποία διαθέτουν επιφάνειες οι οποίες είναι διάτρητες, είναι υλικά τα οποία μπορούν μέσα από διαφορετικούς συνδυασμούς μεταξύ τους, να δώσουν μια πληθώρα επιλογών για την κατάλληλη απορρόφηση της αίθουσας ανάλογα με το τι κάθε φορά έχει ανάγκη.

Πιο συγκεκριμένα:

Όταν τα πάνελ βρίσκονται το ένα ακριβώς πίσω από το άλλο παρουσιάζεται μέγιστη απορρόφηση στον χώρο.

Αντίθετα όταν το ένα πάνελ καλύπτει τις τρύπες του άλλου παρατηρείται μέγιστη ανάκλαση.

Οι υπόλοιπες θέσεις μεταξύ αυτών των δύο προσδίδουν αναλόγως αυξομειώσεις στην απορρόφηση.

### 3.1.8 Ο εξώστης

Ένας εξώστης επιλέγεται να κατασκευαστεί μέσα σε μια αίθουσα φυσικά για να αυξήσει την χωρητικότητα της.

Είναι όμως ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της το οποίο εάν δεν μελετηθεί σωστά επηρεάζει αρνητικά την ακουστική της

Ο εξώστης ουσιαστικά είναι αναγκαίο να διαθέτει:

μια βαθιά απορρόφηση στην πρόσοψη του για να μην εκδηλωθούν φαινόμενα όπως η ηχώ.

Να υπάρχει κλίση στην επιφάνεια προς την σκηνή για να μπορεί ο ήχος έτσι να ανακλάται, ή σε περίπτωση που δεν έχει προβλεφθεί κάτι τέτοιο κατά την κατασκευή του να χρησιμοποιηθούν ηχοδιάχυτα υλικά όπως κάποια πάνελ τα οποία είναι κυρτά πάλι προς την σκηνή, έτσι ώστε να δοθεί η ικανότητα στον ήχο να διαδοθεί προς όλες τις κατευθύνσεις.

Στην περίπτωση κατά την οποία η αίθουσα διαθέτει κεντρικό σύστημα για την ενίσχυση του ήχου, οι ακροατές που θα κάθονται στα πίσω καθίσματα του εξώστη θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα να βλέπουν προς το ηχείο χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιο εμπόδιο. Διαφορετικά εάν αυτό δηλαδή δεν μπορεί να γίνει θα πρέπει να τοποθετηθούν ηχεία κάτω από τον εξώστη.

Ο λόγος ο οποίος επιλέγεται να κατασκευαστεί μέσα σε μια αίθουσα ένας εξώστης είναι φυσικά για να μεγαλώσει η χωρητικότητα της εκάστοτε αίθουσας.

Τα προβλήματα όμως που εμφανίζονται στην ακουστική της αίθουσας εξαιτίας της ύπαρξης του εξώστη είναι η ηχώ αλλά και οι ανακλάσεις με μεγάλη χρονοκαθυστέρηση.

Για την αποφυγή αυτών των αρνητικών φαινομένων εφαρμόζονται τα ακόλουθα:

- **μεγάλη απορροφητικότητα στην πρόσοψη του εξώστη,**
- **στην μπροστινή επιφάνεια του εξώστη για να μπορεί ο ήχος να ανακλάται προς το ακροατήριο πρέπει να υπάρχει μια κλίση** έτσι ώστε ο ήχος να ανακλάται προς το ακροατήριο, είτε σε περίπτωση όπου δεν υπάρχει η κλίση, να χρησιμοποιηθούν κάποια ηχοδιάχυτα υλικά( κυρτά πάνελ) για να μπορεί ο ήχος να διαδοθεί προς όλες τις κατευθύνσεις.

Στην περίπτωση κατά την οποία η αίθουσα χρησιμοποιεί κεντρικό σύστημα ενίσχυσης του ήχου, **οι ακροατές της τελευταίας σειράς πρέπει να έχουν ανεμπόδιση ορατότητα προς το ηχείο.**

Εάν αυτό δεν συμβαίνει τότε είναι αναγκαίο να τοποθετηθούν ηχεία κάτω από τον εξώστη.

	Αίθουσα συναυλιών	Όπερα	Θέατρο
Χρόνος αντήχησης(s)	1.8 - 2.2	1.3 - 1.8	0.7 - 1.0
Διάχυση	Λίγη	Γύρω από την σκηνή	Όχι απαραίτητο
Επιφάνειες για παροχή πρώτων ανακλάσεων	Ναι	Κυρίως στους τραγουδιστές	Ναι κυρίως από πάνω
Πρώτες ανακλάσεις από το πλάι	Ναι	Για ορχηστρική μουσική	Καμία προτίμηση

Σχεδιασμός μπαλκονιού	$D \leq H$	$D \leq 2H$	$D < 2.5H$
Μέγιστη απόσταση ακροατήσκηνης (m)	40	30	20

Πίνακας 3-1. Προτεινόμενα χαρακτηριστικά γνωρίσματα για τον ακουστικό σχεδιασμό αιθουσών συναυλιών, όπερας και θεάτρου κατά τον Barron

## 3.2 ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ

### 3.2.1 Η Περιοχή

Η περιοχή κατά την οποία βρίσκεται η αίθουσα θα πρέπει να βρίσκεται μακριά από πολύ θορυβώδης δρόμους και εργοστάσια.

### 3.2.2 Η Χρήση του χώρου

Μιας και η αίθουσα θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη διάφορων δραστηριοτήτων συμπεριλαμβανομένων, διαλέξεων, θεατρικών παραστάσεων, ορχηστρικών ρεσιτάλ και συναυλιών συμφωνικής μουσικής, είναι αναγκαία η χρήση ενός συστήματος ενίσχυσης του ήχου με απόκριση σε ολόκληρο το συχνοτικό φάσμα.

### 3.2.3 Η θέση της αίθουσας ακροάσεων στο εσωτερικό του κτιρίου

Η αίθουσα των ακροάσεων θα πρέπει να προφυλάσσεται ουσιαστικά από τον εξωτερικό αυτής θόρυβο εντός και εκτός του κτηρίου

Γύρω από την αίθουσα να υπάρχουν διάδρομοι, αποθήκες και άλλοι δευτερεύοντες χώροι. Κατά αυτόν τον τρόπο να απομονώνεται η αίθουσα από το θόρυβο.

### 3.2.4 Ο Όγκος

Ο λόγος του όγκου ανά θέση ατόμου θα πρέπει να κυμαίνεται στις αίθουσες πολλαπλών εκδηλώσεων από 6 μέχρι 8 m<sup>3</sup> ανά άτομο.

Προτιμούνται οι αίθουσες με ορθογώνιο σχήμα ή ορθογώνιο σχήμα με τροποποίηση των πλαϊνών και πίσω τοίχων (τείνει προς το σχήμα βεντάλιας),

ώστε να δίνεται έμφαση στις πλευρικές ανακλάσεις.

Επίσης, η διάταξη των θέσεων πρέπει να είναι τέτοια ώστε να παρέχει στους θεατές καλές γραμμές ορατότητας. Για τον ίδιο λόγο το δάπεδο πρέπει να έχει κλίση μεγαλύτερη των 7 μοιρών.

### **3.2.5 Η Αντήηση**

Ο υπολογισμός του χρόνου αντήησης να πραγματοποιείται σύμφωνα με τον τύπο του Sabine για τις ακόλουθες συχνότητες:

125 Hz, 500 Hz και 4000 Hz.

Οι συχνότητες αυτές έχουν επιλεγεί για να πραγματοποιούνται οι μετρήσεις μιας και σε αυτές δίνονται τα στοιχεία για την απορρόφηση των υλικών στην αίθουσα.

Ο χρόνος αντήησης στις μεσαίες συχνότητες θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1.4 και 1.9 s.

### **3.2.6 Η Οροφή**

Η οροφή θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από ηχοανακλαστικά υλικά.

### **3.2.7 Οι Πλαϊνοί τοίχοι**

Στους πλαϊνούς τοίχους να έχει γίνει χρήση ηχοανακλαστικών και ηχοδιάχυτων επιφανειών με πολλές εσοχές και εξοχές,

Στην περίπτωση κατά την οποία χρειάζεται να υπάρχει και μεταβλητή απορρόφηση, θα πρέπει να τοποθετηθούν κουρτίνες κατά το μήκος του πίσω τμήματος των πλαϊνών τοίχων είτε υφασμάτινες κουρτίνες είτε αναρτώμενα ηχοαπορροφητικά πάνελ.<sup>3</sup>

### **3.2.8 Ο Πίσω τοίχος**

Στον πίσω τοίχο θα πρέπει να έχουν χρησιμοποιηθεί ηχοδιάχυτες επιφάνειες με μεγάλης κλίμακας προεξοχές και εσοχές ή να τοποθετηθούν ηχοαπορροφητικά υλικά για να μπορεί να ελέγχονται τα φαινόμενα της ηχούς.

### **3.2.9 Το Δάπεδο**

---

<sup>3</sup> Τόσο στους πλαϊνούς τοίχους όσο και στην οροφή οι ανακλαστικές επιφάνειες που υπάρχουν βοηθάν στην ύπαρξη των χρήσιμων πρώτων ανακλάσεων ( $\leq 8.5m$  διαφορά από τον απευθείας ήχο)

Τόσο στο δάπεδο , όσο και σε όλους τους διαδρόμους πλην τις περιοχής μπροστά από της σκηνής να έχει τοποθετηθεί χαλί έτσι ώστε να βοηθάει στον έλεγχο του θορύβου που προέρχεται από τους θεατές καθώς αυτοί διέρχονται μέσα στον χώρο.

### **3.2.10 Οι Θέσεις**

Οι θέσεις των ακροατών να είναι καλυμμένες με ύφασμα, επιτυγχάνοντας κατά αυτόν τον τρόπο σταθερές συνθήκες αντήχησης, ώστε η αντήχηση να παραμένει σχεδόν η ίδια ανεξάρτητα με την πληρότητα της αίθουσας.

### **3.2.11 Θόρυβος βάθους**

Ο θόρυβος βάθους θα πρέπει να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα έτσι ώστε να μην καλύπτει τις παραστάσεις καθώς και το σύστημα κλιματισμού/αερισμού, να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε ο θόρυβος που δημιουργεί να μην υπερβαίνει τα κριτήρια θορύβου της αίθουσας

### **3.2.12 Το Κέλυφος σκηνής**

Το κέλυφος της σκηνής να είναι σχεδιασμένο σε τέτοιο σχήμα ώστε να παρέχει δυνατές πρώτες ανακλάσεις σε ολόκληρη τη σκηνή. Ο χρόνος αντήχησης στη σκηνή πρέπει είναι περίπου ίδιος με τον χρόνο αντήχησης της αίθουσας ακρόασης.

### **3.2.13 Ο Εξώστης**

Το βάθος του προβόλου καλό θα είναι να είναι μικρό.

Ο εξώστης θα πρέπει να έχει κλίση και στην πρόσοψή του να υπάρχουν ηχοαπορροφητικά υλικά είτε ηχοδιάχυτα στοιχεία για να αποτρέπονται τα φαινόμενα της ηχούς.

### **3.2.14 Σύστημα ενίσχυσης ήχου.**

Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται κεντρικό σύστημα για την ενίσχυση του ήχου, η τοποθέτηση των ηχείων γίνεται στο κέντρο ακριβώς πάνω και ελαφρώς εμπρός από το άνοιγμα του προσκηνίου.

Οι κώνοι των ηχείων πρέπει να στοχεύουν προς τους ακροατές.

Η κονσόλα ήχου θα πρέπει να είναι τοποθετημένη σε κεντρικό σημείο στο χώρο του ακροατήριου.

### 3.2 Συγκεντρωτικός πίνακας προτεινόμενων τιμών

	<b>Αίθουσες Συναυλιών</b>	<b>Θέατρα &amp; αίθουσες διαλέξεων</b>	<b>Αίθουσες πολλαπλής χρήσης</b>
<b>RT60(mid-freq.) (seconds)</b>	1.6 - 2.4  σύγχρονη κλασσική μουσική 1.6 - 1.8 όπερα 1.3 - 1.8 μουσική δωματίου 1.4 - 1.7	< 0.8 (αίθουσες διδασκαλίας)  0.7 - 1.0 (θέατρα) < 1.2	1.4 - 1.9
<b>bass ratio</b>	> 1.2	-	> 1.2
<b>L/W</b>	< 2.0*15	-	-
<b>H/W</b>	> 0.7	-	-
<b>ITDG</b>	< 20 ms < 7.0 m	< 10 m	< 8.5
<b>V/seat (m<sup>3</sup>/άτομο)</b>	8.5* 12.7 **	2.30 - 4.30	5.7 - 6.8
<b>A/seat (m<sup>2</sup>/άτομο)</b>	0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	
<b>Ηχηρότητα</b>	G >0 dB  G500,1000Hz - 4.0 - 5.5 dB  G500,1000Hz - 4.0 - 5.5 dB	G >0 dB	
<b>Θόρυβος βάθους</b>	NC < 20 (NC-15,RC-15)	NC-25	NC-25
<b>Απόσταση σκηνής - πιο απομακρυσμένου θεατή (m)</b>	30	10-20	20-40

<b>Κλίση δαπέδου</b>	> 15 (< 35 για δάπεδο μπαλκονιού)	> 7.0	> 7.0
----------------------	-----------------------------------	-------	-------

### **3.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΚΡΟΑΣΗΣ(ωδείου Χανίων) ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ**

#### **1 Περιγραφή της περιοχής μελέτης**

Το ωδείο Χανίων βρίσκεται στην οδό Νικηφ. Φωκά, πρόκειται για έναν δρόμο ο οποίος αν και βρίσκεται εντός της πόλεως των Χανίων δεν είναι και ο πλέον θορυβώδης δρόμος της πόλεως. Επίσης πολύ σημαντικό είναι το ότι δεν διαθέτει τόσο αυτός ο δρόμος όσο και οι περίγυροι του εργοστασιακές μονάδες οι οποίες όπως είναι γνωστό παράγουν αρκετό θόρυβο, αλλά ούτε εμπορικά καταστήματα και μαγαζιά διασκέδασης τα οποία μαζεύουν αρκετό κόσμο και κατά επέκταση είναι πηγές αρκετά μεγάλου θορύβου.

#### **2 Χρήση της αίθουσας του ωδείου Χανίων**

Η αίθουσα του ωδείου προορίζεται να φιλοξενεί πολλαπλές δραστηριότητες. Η αίθουσα έχει σχεδιασθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει ακουστική κατάλληλη για την κάλυψη τόσο συναυλιών για μικρά και μεγάλα μουσικά σύνολα, όσο και συνεδρίων, διαλέξεων, παραστάσεων θεάτρου, χορού, κλπ. Για ακριβώς αυτόν το λόγο έπρεπε να επιλεγθεί ένα σύστημα ενίσχυσης του ήχου το οποίο να μπορεί να διαθέτει απόκριση σε ολόκληρο το συχνοτικό φάσμα.

#### **3 Περιβάλλοντας χώρος της αίθουσας εντός του ωδείου**

Γύρω από την αίθουσα ακροάσεων εντός του ωδείου Χανίων υπάρχουν διάδρομοι, προθάλαμοι και δευτερεύοντες χώροι.



Πρόκειται για ένα πολύ καλό στοιχείο μιας και με την ύπαρξη των διαδρόμων και των προθαλάμων υπάρχει έλεγχος του συγκεντρωμένου θορύβου μιας και αυτοί, διαθέτουν μεγάλη απορρόφηση.

Οι πόρτες οι οποίες βρίσκονται στον εκάστοτε χώρο είναι στερεές, βαριές και κλείνουν αεροστεγώς.

#### **4 Ο όγκος της αίθουσας του ωδείου και η κλίση δαπέδου**

Σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην αίθουσα του ωδείου ( Χανιών ) βρέθηκε ότι ο λόγος του όγκου ανά θέση ατόμου είναι στα 7,31 m<sup>3</sup> ανά άτομο .

Η αίθουσα της μελέτης μας έχει ορθογώνιο σχήμα το οποίο τείνει προς το σχήμα βεντάλιας.

Η διάταξη των θέσεων παρέχουν καλές γραμμές ορατότητας μιας και το δάπεδο έχει κλίση της τάξεως των 9 μοιρών.

#### **5 Η αντήχηση που υπάρχει μέσα στην αίθουσα της μελέτης μας**

Ο χρόνος αντήχησης ο οποίος μετρήθηκε μέσα στην αίθουσα του ωδείου βρέθηκε ότι ανήκει εντός φυσιολογικών ορίων. Φαίνονται αναλυτικά οι μετρήσεις και όλα τα αποτελέσματα στο κεφάλαιο .

#### **6 Υλικά οροφής**

Στην οροφή του ωδείου ύστερα από ανακατασκευή της στέγης, προστέθηκαν ηχοανακλαστικά υλικά για την καλύτερη ακουστική της αίθουσας

#### **7 Περιγραφή πλαϊνών τοίχων της αίθουσας**

Στους πλαϊνούς τοίχους της αίθουσας τοποθετήσαμε ηχοανακλαστικές και ηχοδιάχυτες επιφάνειες οι οποίες διαθέτουν εσοχές και εξοχές. Παράλληλα προσθέσαμε και αναρτώμενα ηχοαπορροφητικά πάνελ έτσι ώστε να μπορεί να παρέχεται περαιτέρω μεταβλητή απορρόφηση.<sup>4</sup>

#### **8 Περιγραφή πίσω τοίχου της αίθουσας.**

---

<sup>4</sup> Τόσο στους πλαϊνούς τοίχους όσο και στην οροφή οι ανακλαστικές επιφάνειες που υπάρχουν βοηθάν στην ύπαρξη των χρήσιμων πρώτων ανακλάσεων (≤8.5m διαφορά από τον απευθείας ήχο)

Όπως και στους πλαϊνούς τοίχους έτσι και εδώ, ήταν αναγκαίο στον πίσω τοίχο να τοποθετηθούν ηχοαπορροφητικά υλικά. Κατά αυτόν τον τρόπο εξάλλου είναι δυνατός ο έλεγχος των φαινομένων της ηχούς.

## **9 Περιγραφή δαπέδου της αίθουσας**

Σε ολόκληρο το δάπεδο της αίθουσας με εξαίρεση την περιοχή μπροστά από την σκηνή τοποθετήθηκε βαρύ χαλί. Είναι ένας τρόπος για να μειώνεται ο θόρυβος που δημιουργείται από τους θεατές καθώς αυτοί μετακινούνται μέσα στην αίθουσα.

## **10 Περιγραφή των θέσεων της αίθουσας**

Τα καθίσματα που διαθέτει η αίθουσα είναι καλυμμένα με ύφασμα. Πρόκειται για ένα πολύ αποτελεσματικό μέτρο μιας και κατά αυτό τον τρόπο, η αντήχηση παραμένει σχεδόν ίδια ανεξάρτητα με την πληρότητα της αίθουσας.

## **11 Περιγραφή του εξώστη της αίθουσας**

Η αίθουσα που μελετάμε διαθέτει εξώστη με ελαφριά κλίση. Στην πρόσοψή του εξώστη υπήρχαν ηχοαπορροφητικά υλικά για να μπορούν να αποτρέπονται τα φαινόμενα της ηχούς.

## **12 Περιγραφή της σκηνής της αίθουσας**

Στο εμπρός μέρος της αίθουσας υπάρχει η σκηνή και οι βοηθητικοί χώροι (παρασκήνια, κλπ). Ο χώρος της σκηνής μπορεί να διαμορφώνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις, για μουσικές εκδηλώσεις, θεατρικές παραστάσεις, κλπ. Η κατά περίπτωση απαιτούμενη διαμόρφωση επιτυγχάνεται με την προσθήκη κινητών στοιχείων επιφανειών κατάλληλης μορφής και ακουστικής συμπεριφοράς, τα οποία εναρμονίζονται πλήρως με την ακουστική του όλου χώρου και την εσωτερική επιφάνεια της αίθουσας. Το σχέδιο της σκηνής της μελετηθείσας αίθουσας, μπορεί να παρέχει δυνατές πρώτες ανακλάσεις σε ολόκληρη την σκηνή και ταυτόχρονα να διατηρεί τον ίδιο χρόνο αντήχησης με αυτόν που υπάρχει σε ολόκληρη την αίθουσα ακρόασης (το σχήμα της φαίνεται στην κάτωψη της αίθουσας). Το εμπρόσθιο τμήμα της σκηνής οριοθετείται από κατάλληλη κινητή κουρτίνα η οποία απομονώνει τον χώρο της ορχήστρας και του κελύφους από αυτόν της υπόλοιπης αίθουσας. Η διάταξη αυτή επιτρέπει στο εμπρός τμήμα της σκηνής,

την ανάπτυξη της έδρας του ομιλητή και του προεδρείου, για συνεδριακές εκδηλώσεις.

### **13 Θόρυβος βάθους αίθουσας**

Ο θόρυβος βάθους είναι χαμηλός. Κατά αυτόν τον τρόπο δεν καλύπτει τις παραστάσεις. Επίσης και το σύστημα κλιματισμού /αερισμού, είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε ο θόρυβος που δημιουργεί να μην υπερβαίνει τα κριτήρια θορύβου της αίθουσας.

### **14 Περιγραφή συστήματος ενίσχυσης της αίθουσας**

Η τοποθέτηση των ηχείων πραγματοποιήθηκε στο κέντρο ακριβώς πάνω και ελαφρώς εμπρός από το άνοιγμα του προσκηνίου. Οι κώνοι των ηχείων στράφηκαν προς τους ακροατές. Η κονσόλα ήχου τοποθετήθηκε σε κεντρικό σημείο στο χώρο του ακροατηρίου.

## **3.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ**

Μια λύση ,αρκετά ακριβή όμως ,είναι να μετατραπεί η αίθουσα σε ένα ηχητικά εντελώς «νεκρό» χώρο (σαν ανηχοϊκό θάλαμο δηλαδή).

Πρόκειται όμως για μια λύση στην οποία δεν μπορούμε να προχωρήσουμε μιας και δεν μας το επιτρέπει ο δοθείσας προϋπολογισμός.

Η επόμενη οικονομικότερη λύση και αυτή που τελικά και ακολουθήσαμε είναι η εξής:

- Να απομακρύνουμε πρώτα τις ανεπιθύμητες ανακλάσεις πρώτης τάξης και μετά ασχοληθήκαμε με τις δευτερεύουσες ανακλάσεις. Αυτές, εφόσον παρακολουθήθηκαν, τελικά δημιούργησαν τα αναγκαία χαρακτηριστικά (αντήχηση, καθυστέρηση, διάχυση, κλπ.) τα οποία «ζωντάνεψαν» την στερεοφωνική λειτουργία μέσα στην αίθουσα.

Οι τελευταίες έρευνες δείχνουν ότι, αν θέλουμε να δουλέψουμε με το μοντέλο LEDE, πρέπει και να αντιστρέψουμε την αρχή λειτουργίας του: τα άκρα του δωματίου προς

την πλευρά του ακροατή πρέπει να είναι ακουστικά «νεκρά» και τα άκρα πίσω από τα ηχεία ακουστικά «ζωντανά».

Οι ανακλάσεις διαχέονται στους τοίχους πίσω και δίπλα από τα ηχεία έτσι, ο ανακλώμενος ήχος πίσω από τη θέση ακρόασης αφαιρεί από τον ακροατή την αίσθηση της σκιηής εμπρός του.

Κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα, να δημιουργείται η αίσθηση στον θεατή ότι δεν παρακολουθεί τα δρώμενα από τις μεσαίες σειρές καθισμάτων του ωδείου, αλλά από τους διαδρόμους που βρίσκονται κοντά στον πίσω τοίχο.

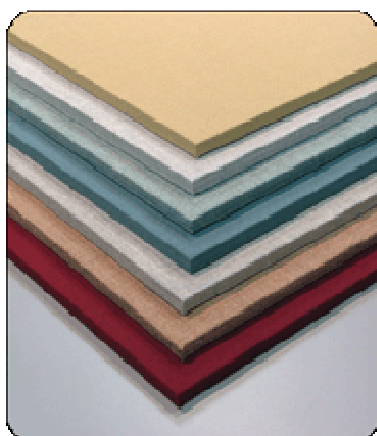
Σε αυτό ακριβώς το σημείο λοιπόν, χρειάστηκε να επέμβουμε δραστικά. Είναι γνωστό ότι στις γωνίες του δωματίου (κυρίως στις πίσω, αλλά και στις εμπρός) τόσο στο ύψος του δαπέδου όσο και στο ύψος της οροφής, δημιουργούνται στάσιμα κύματα τα οποία πρέπει να περιοριστούν.

- Ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος είναι η απορρόφηση. Βαριές κουρτίνες, βελούδινες πολυθρόνες, χοντρά χαλιά, ακόμα και συνθετικά μονωτικά όπως αφρός πολυουρεθάνης, υαλοβάμβακας και νεοπρένιο, κάνουν πολύ καλή δουλειά.

Το δάπεδο (κυρίως όταν είναι κατασκευασμένο από μάρμαρο, γρανίτη, μωσαϊκό ή πλακάκια, όπως του ωδείου) συμμετέχει στις ανεπιθύμητες ανακλάσεις πρώτης τάξης. Αφού λοιπόν δεν γίνεται να σηκώσουμε τα ηχεία στο ενάμισι μέτρο από αυτό, έπρεπε να καλυφθεί με βαρύ χαλί ή μοκέτα από το σημείο της μπάφλας και εμπρός. Πίσω από τα ηχεία, δεν τοποθετήθηκε χαλί στο πάτωμα, ώστε να συμμετέχει και αυτό στην ακουστικά «ζωντανή» άκρη του δωματίου.

Στη διάχυση των ηχητικών κυμάτων επίσης βοηθούν τα καλλωπιστικά φυτά εσωτερικού χώρου με ικανό ύψος και φύλλωμα.

- Μια ενδεδειγμένη σε όλες τις περιπτώσεις διάταξη, και η οποία χρησιμοποιήθηκε στην αίθουσα του ωδείου, είναι αυτή των πάνελ διάχυσης (diffuser panels). Τα πάνελ διάχυσης όπως προδίδει και το όνομα τους, είναι ξύλινα τελάρα διαστάσεων 1μ.χ0,60μ. ή 1,80μ.χ1μ., πάχους 5 εκατοστών, παραγεμισμένα με υαλοβάμβακα και ντυμένα με καναβάτσο ή λινό ύφασμα, τα οποία τοποθετούνται στο μέσο του τοίχου πίσω από τα ηχεία σε ανάλογο ύψος από το πάτωμα.



## Diffuser panels

<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ</b>							
<b>Πάχος</b>	<b>125 Hz</b>	<b>250 Hz</b>	<b>500 Hz</b>	<b>1000 Hz</b>	<b>2000 Hz</b>	<b>4000Hz</b>	<b>NRC</b>
<b>1"</b>	<b>0,09</b>	<b>0,21</b>	<b>0,72</b>	<b>0,79</b>	<b>0,91</b>	<b>1,03</b>	<b>0,65</b>

### 3.4.1

**Πως γίνεται αντιληπτό ότι ένας χώρος ακρόασης χρειάζεται να διορθωθεί ώστε να δώσει όσο το δυνατόν καλύτερα ακουστικά αποτελέσματα.**

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο ήχος εμφανίζεται με υπερβολικό μπάσο, αλλά και με έντονη αντήχηση στις φωνές και στα έγχορδα. Πρόκειται για δύο διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων, οι οποίες όμως είναι το ίδιο ευπαθείς στην ακουστική μνήμη του εγκέφαλου (ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει καταχωρίσει με συγκεκριμένη μορφή τον ήχο των οργάνων και της ανθρώπινης φωνής).<sup>5</sup> Υπάρχει όμως και το ενδεχόμενο να μην επαρκούν οι παραπάνω μέθοδοι ώστε να βελτιωθεί ακουστικά ο εκάστοτε

---

<sup>5</sup> Στις μεσαίοψηλές συχνότητες, ο εγκέφαλος είναι πιο ευαίσθητος όσον αφορά την κατευθυντικότητα και τον χρονισμό, άρα αντιλαμβάνεται εύκολα το πρόβλημα. Στις χαμηλές συχνότητες, όμως, το πρόβλημα είναι πιο σύνθετο, δυσκολεύοντας την εστίαση της στερεοφωνικής εικόνας.

χώρος. Στην περίπτωση αυτή, μπορούν να επιφέρουν πολύ καλά αποτελέσματα οι λεγόμενες «μπασοπαγίδες» (**bass traps**), οι οποίες υπάρχουν έτοιμες από στο εμπόριο αλλά μπορούν και να κατασκευαστούν εύκολα. Πρόκειται για κυλινδρικές κατασκευές διαστάσεων 1μ.χ0,30μ. ή 1μ.χ0,40μ. από επεξεργασμένο υαλοβάμβακα, ντυμένο με καναβάτσο, που στήνονται στις 4 γωνίες του δωματίου και οι οποίες απορροφούν το 90% της ηχητικής ενέργειας, αποτρέποντας έτσι την δημιουργία των στάσιμων κυμάτων. Τελειώνοντας, καλό είναι να αναφερθούν κάποια βασικά στοιχεία για τη μέτρηση των διαστάσεων του χώρου μας:

Όσο μεγαλύτερο και λιγότερο «κυβισμένο» είναι το δωμάτιο που ακούμε μουσική, τόσο καλύτερα. Τα στάσιμα κύματα, που ενδεχομένως να δημιουργηθούν από αλληπάλληλες ανακλάσεις μεταξύ παραλλήλων επιφανειών, θα είναι πολύ λιγότερο ενοχλητικά.

$$F_{res} = 172 / L, \quad (3.4.1)$$

όπου **L** είναι η κάθε μία διάσταση του χώρου ακρόασης.

Εκτός από τους κύριους συντονισμούς, λόγω των αρμονικών, υπάρχουν και οι δευτερεύοντες, οι οποίοι είναι μικρότερης σημασίας, αρμονικοί. Το σύνολο τους, αποτελεί τους «χαρακτηριστικούς συντονισμούς» του δωματίου ή τους Ακουστικούς Κόμβους.

Το ζητούμενο εδώ είναι να απέχουν όσο το δυνατόν περισσότερο μεταξύ τους οι ακουστικοί κόμβοι του χώρου ακρόασης.

Οι τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος για την επίτευξη του κατάλληλου ακουστικού περιβάλλοντος για την αίθουσα του ωδείου Χανίων, ανέρχονται στους ακόλουθους δύο μεθόδους.

**Πρώτον:** να ελαχιστοποιηθεί το πρόβλημα με καλή επιλογή και στήσιμο ηχητικού συστήματος.

**Δεύτερον:** να εξαλειφθεί το πρόβλημα μέσα από την χρήση ενός ψηφιακού παραμετρικού ισοσταθμιστή.

Η δεύτερη λύση είναι σαφώς ακριβότερη, μιας και απαιτεί ενδελεχή μέτρηση του χώρου και που μάλλον δεν θα διορθώσει ακραίου τύπου καταστάσεις. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο και εμείς σε αυτή την μελέτη ακολουθήσαμε την πρώτη λύση για την επίτευξη 'όσο το δυνατόν του κατάλληλου ακουστικού περιβάλλοντος της αίθουσας του βενιζέλειου ωδείου Χανίων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΤΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ**

### **Η ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΗΧΟΛΗΨΙΑΣ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ!**

#### **4.1 ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ**

Το 1827 για πρώτη φορά εμφανίζεται ο όρος του μικροφώνου και γίνεται η χρήση του από τον Wheatstone ώστε να μπορέσει να παρουσιάσει μια ακουστική συσκευή η οποία θα έχει σαν σκοπό την ενίσχυση της έντασης των ασθενών ήχων. Η ονομασία του καθιερώνεται παγκοσμίως.

Περνάμε στο 1876 όπου ο Αλεξάντερ Γκράχαμ Μπελ ανακαλύπτει την συσκευή «του ομιλούντος τηλεγράφου» δηλαδή το γνωστό μας τηλέφωνο. Αυτήν την περίοδο για πρώτη φορά λειτουργεί το μικρόφωνο με την χρήση του ηλεκτρομαγνήτη.

Ένα χρόνο αργότερα το 1877 εμφανίζεται το μικρόφωνο άνθρακα. Πρόκειται για μια συσκευή που δεν διαθέτει μαγνήτη αλλά γίνεται η χρήση των αγώγιμων κόκκοι άνθρακα όπως αυτών στα τηλέφωνα.

Το 1878 πραγματοποιείται από την εταιρεία Siemens αλλά και από άλλες εταιρείες η κατασκευή του μικροφώνου κινητού πηνίου.

Η πρώτη εμφάνιση των πυκνωτικών μικροφώνων, τα οποία έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν στην πράξη, πραγματοποιείται το 1917, εξαιτίας της ανάπτυξης της τεχνολογίας των ενισχυτών λυχνίας. Το 1920 τα μικρόφωνα άνθρακα χρησιμοποιούνται στην ραδιοφωνία. Οχτώ χρόνια αργότερα το 1928 δημιουργείται στο Βερολίνο η εταιρεία 'Georg Neumann and Co'. Το 1931 από την εταιρεία 'Western Electric' κατασκευάζεται το πρώτο δυναμικό μικρόφωνο. Έπειτα από ένα χρόνο το 1932 η Neumann παράγει το CMV3/CMV3A, πυκνωτικό μικρόφωνο λυχνίας τύπου bottle, πρόκειται για το πρώτο πυκνωτικό μικρόφωνο μαζικής παραγωγής γνωστό και σαν το μικρόφωνο του 'Χίτλερ' μιας και είχε χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια μετάδοσης των ομιλιών μεταξύ των ηγετών των

ναζί. Το 1939 γίνεται η εμφάνιση του μοντέλου 55 της εταιρείας ' Shure Unidyne ' και το οποίο εμπεριέχει ένα ακουστικό δίκτυο φάσης, ένα περίβολο, πίσω από το διάφραγμα του. Κατά αυτήν την κατασκευή δημιουργείται και το πρώτο μικρόφωνο μονής κάψουλας με κατευθυντικότητα καρδιοειδούς πολικού διαγράμματος.

Επίσης την ίδια χρονολογία παρουσιάζεται και η ιδέα του μικρόφωνα ηλεκτρίτη και εμφανίζονται τα μικρόφωνα μεταβλητής κατευθυντικότητας τα οποία μέσω ενός διακόπτη μπορούν και αλλάζουν το πολικό τους διάγραμμα από στενές καρδιοειδές μέχρι και παντοκατευθυντικό. Η εταιρεία AKG ιδρύεται στην Βιέννη το 1947. Το 1948 η εταιρεία Neumann παρουσιάζει το μοντέλο M49, όπου είναι ένα πυκνωτικό μικρόφωνο με διπλό διάγραμμα. Πρόκειται για το πρώτο πυκνωτικό μικρόφωνο του οποίου το πολικό διάγραμμα έχει την δυνατότητα να μεταβληθεί ηλεκτρονικά ακόμα και εξ αποστάσεως. Το 1953 κάνει την εμφάνιση του το μικρόφωνο τύπου AKG C12. Πρόκειται για ένα μικρόφωνο όπου διαθέτει μεγάλη λυχνία. Είναι ιδανικό για της ηχογραφήσεις των φωνητικών. Η ίδια εταιρεία το 1971 εμφανίζει το C414, ένα πυκνωτικό μικρόφωνο. Κατά την διάρκεια των χρόνων από το 1990 μέχρι και το 2000 πραγματοποιείται η παραγωγή μικροφώνων από την "Άπω Ανατολή χαμηλού κόστος κάνοντας έτσι προσιτά στο ευρύ κοινό. Τη ίδια περίοδο επανεμφανίζονται τα μικρόφωνα τύπου λυχνίας των εταιρειών ' Neumann' και ' AKG'.

## 4.2 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λέξη μικρόφωνο (Microphone), είναι φυσικά ελληνική και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά γύρω στο 1827, για να χαρακτηρίσει μια καθαρά ακουστική συσκευή (κάτι σαν το στηθοσκόπιο των γιατρών) που είχε τη δυνατότητα ενίσχυσης πολύ ασθενών ήχων. Σήμερα τα μικρόφωνα χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν την ακουστική ενέργεια (τον ήχο) ,πρόκειται δηλαδή για μετατροπείς (Transducers), σε ισοδύναμη (αντίστοιχη κυματομορφή) ηλεκτρική (ηχοηλεκτρικό σήμα, Audio) ενέργεια. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι τα μικρόφωνα είναι το ακριβώς αντίστροφο των μεγαφώνων, στα οποία η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε ακουστική.

Μέσω των μικροφώνων, ο ήχος μετασχηματίζεται σε κάτι πιο βολικό και επεξεργάσιμο, το ηλεκτρικό σήμα, γι' αυτό και είναι πολύ σημαντική και καθοριστική η συνεισφορά τους στην ολόκληρη την αλυσίδα - ροής της κάθε ηχητικής εφαρμογής. Θα μπορούσε να αναρωτηθεί κανείς ότι αφού χρειαζόμαστε ένα και μόνο ζευγάρι αφτιών, γιατί δεν είναι δυνατό να κατασκευαστεί ένα και μόνο μικρόφωνο, ικανό για όλες τις δουλειές. Πράγματι, από καθαρά τεχνολογική σκοπιά, έχουν κατασκευαστεί μικρόφωνα που πλησιάζουν αυτό που θα ονομάζαμε τέλεια μετατροπή, μόνο που είναι πανάκριβα. Η τεχνολογία, εξάλλου, δεν έχει όλες τις απαντήσεις και οι μετατροπές οποιασδήποτε μορφής είναι από τις πιο απαιτητικές διαδικασίες, με αναπόφευκτη συνέπεια τις αλλοιώσεις κάθε είδους. Έτσι οδηγούμαστε σε συμβιβαστικές λύσεις σε κάποιους τομείς, προσπαθώντας να πετύχουμε κάτι καλύτερο σε κάποιους άλλους. Άμεσο αποτέλεσμα είναι η



εκμετάλλευση όλων των τεχνολογικών τομέων, άρα και η δημιουργία πολλών ειδών μικροφώνων, καθένα από τα οποία προσεγγίζει και από διαφορετική πλευρά το ζητούμενο της μετατροπής, έχοντας έτσι και τις δικές του ιδιαίτερες εφαρμογές. Πρακτικά, με τον τεράστιο αριθμό διαφορετικών ήχων και ηχοχρωμάτων που επιθυμούμε, αυτό είναι κάτι που πολλές φορές είναι επιθυμητό ή τουλάχιστον δεν είναι απαραίτητα και αρνητικό. Αρκεί, όμως να ξέρουμε και να καταλαβαίνουμε τον τρόπο με τον οποίο το κάθε μικρόφωνο επηρεάζει τον ήχο, ώστε να γνωρίζουμε πού και πώς να τα χρησιμοποιούμε κάθε φορά.

Από άποψη κατασκευής και λειτουργίας, σε κάθε μικρόφωνο θα διακρίνει κανείς τα εξής τρία μέρη:

### **1. Την κάψα (capsule).**

Η κάψα βρίσκεται τοποθετημένη στο μπροστινό τμήμα του μικροφώνου και είναι ο βασικότερος μηχανισμός μετατροπής. Τις περισσότερες φορές την συναντάμε υπό την μορφή κάποιας αναρτημένης μεμβράνης, ευαίσθητης στις ταλαντώσεις του ήχου, που είναι συνδεδεμένη με ένα μηχανισμό που μετατρέπει τις κινήσεις της σε ηλεκτρικό σήμα. Ουσιαστικά αυτή είναι και το μικρόφωνο και απλά όλα τα άλλα υπάρχουν, ώστε να υποστηρίξουν τη λειτουργία της.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι φυσικά υπάρχουν και μικρόφωνα με περισσότερες από μια κάψες.

### **2. Τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρομαγνητικά κυκλώματα.**

Συγκεκριμένα είναι τα ενεργά ή παθητικά κυκλώματα μετασχηματισμού, τροφοδοσίας, ενίσχυσης κ.λπ. τα οποία είναι συνδεδεμένα μέσω των καλωδίων στήριξης με το εξωτερικό καλώδιο και τις μηχανικές διατάξεις (αναρτήσεις απόσβεσης κραδασμών κ.λπ.).

### **3. Το κέλυφος ή το σώμα.**

Όπως μαρτυράει και το όνομα του είναι το μέσο, μέσα στο οποίο τοποθετούνται, συνδέονται αλλά και προστατεύονται όλα τα απαραίτητα εξαρτήματά του, ταυτόχρονα όμως είναι και αυτό το μέρος το οποίο ο χρήστης κρατάει αλλά και τοποθετεί το μικρόφωνο επάνω σε κάποια βάση όταν το επιθυμεί. Επιπρόσθετα όμως παίζει και ένα πολύ σημαντικό ρόλο όσο αφορά την ίδια την ηχητική συμπεριφορά του μικροφώνου.

Πρώτον, αρνητικά, εμποδίζοντας τη διάδοση του ήχου προς το διάφραγμα, δημιουργώντας διάφορους συντονισμούς και δεύτερον, θετικά, αποτελώντας μέρος του ακουστικού κυκλώματος (με τους διάφορους πόρους που διαθέτει) που

κατευθύνει, αλλά και με το να καθορίζει το είδος της ακουστικής λειτουργίας του. Μέχρι και σήμερα δεν έχει βρεθεί ακόμα κάποιος άμεσος τρόπος ώστε να μετατρέπονται οι ταλαντώσεις του αέρα απευθείας σε ηλεκτρισμό. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο, όλοι οι κατασκευαστές μικροφώνων καταφεύγουν στη χρήση μιας πολύ ελαφριάς και λεπτής επιφάνειας - μεμβράνης, η οποία στηριζόμενη στα άκρα της, έχει τη δυνατότητα να κινείται μπροστά και πίσω δονούμενη υπό την επίδραση της ακουστικής ενέργειας, του ηχητικού κύματος που προσπίπτει σε αυτή ονομάζεται και διάφραγμα (diaphragm) και αποτελεί το βασικότερο στοιχείο της κάψας.

**Για να μπορέσει να υπάρξει μια πιστή μετατροπή ουσιαστικά θα πρέπει :**

1. Να φτάσει στο διάφραγμα ένα πιστό αντίγραφο του ήχου.
2. Το διάφραγμα να ταλαντωθεί με ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά που έχει η κυματομορφή του προσπίπτοντος ήχου.
3. Οι κινήσεις του διαφράγματος (μηχανική ενέργεια) να μεταφραστούν σε ένα ακριβές αντίγραφο μεταβολών τάσης ή ρεύματος (ηλεκτρική ενέργεια). Στη συνέχεια θα δούμε τους διαφόρους τύπους μικροφώνων, αναλόγως της αρχής λειτουργίας τους, εξετάζοντας πόσο κοντά φθάνει κανένας στο ιδανικό. Υπάρχουν πολλά κριτήρια διαχωρισμού των μικροφώνων και θα τα εξετάσουμε κατά ομάδες.

### **4.3 ΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ.**

Ο ήχος, η ακουστική ενέργεια (όπως και κάθε ταλάντωση) αποτελούνται τόσο από μεταβολές της πίεσης (pressure), όσο και από μεταβολές της ταχύτητας (velocity) του αέρα. Καθώς τα μόρια του αέρα εκτελούν ταλάντωση γύρω από τη θέση ισορροπίας τους, μεταβάλλουν την πίεση στον παρακείμενο χώρο τους. Αφού όμως τα μόρια κινούνται, θα έχουν και κάποια ταχύτητα, η οποία λόγω της παλινδρομικότητας της κίνησης θα μεταβάλλεται συνεχώς. Την στιγμή την οποία η πίεση γίνεται μέγιστη, η ταχύτητα είναι μηδέν αλλά και το αντίθετο. Κάθε μικρόφωνο μπορεί να είναι ευαίσθητο σε μια μόνο ή και στις δύο αυτές διαφορετικές μεταβολές.

Έτσι λοιπόν δύο είναι κατά βάση οι περιπτώσεις:

#### **α) Μικρόφωνα Πίεσης (Pressure Transducers).**

Το διάφραγμα είναι τεντωμένο στη μπροστινή άκρη ενός σφραγισμένου και κλειστού θαλάμου. Ουσιαστικά, υπάρχει μια πολύ μικρή τρύπα, η οποία επιτρέπει τη δημιουργία των μεταβολών της πίεσης, χωρίς να προκαλείται κάποια φθορά, μιας και αλλιώς θα μιλούσαμε για βαρόμετρο. Κατά αυτόν τον τρόπο έχουν εκτεθειμένο μόνο το μπροστινό μέρος τους και το αποτέλεσμα που παράγουν, εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από την πίεση μπροστά από το

μικρόφωνο. Σε αντίθεση με την ανθρώπινη ακοή που είναι επιλεκτική, τα μικρόφωνα αποκρίνονται σε κάθε ήχο, σε καθετί το οποίο θα τους μεταβάλλει την πίεση στο διάφραγμα. Ταυτόχρονα τα ηχητικά κύματα, λόγω της περίθλασης, μπορούν και απλώνονται σε όλο το χώρο και προσπερνάνε τα φυσικά εμπόδια (ιδιαίτερα αν αυτά είναι μικρά). Έτσι ένα τέτοιο μικρόφωνο καταφέρνει να πιάνει όλους τους ήχους, ανεξάρτητα από την διεύθυνση από την οποία προέρχονται.

Στην πραγματικότητα, αυτό έχει να κάνει και με τη συχνότητα (λόγω της περίθλασης και της κατευθυντικότητας), με συνέπεια να είναι περισσότερο επιλεκτικά όσο ανεβαίνει η συχνότητα, σε σχέση και με το μέγεθος του διαφράγματος.

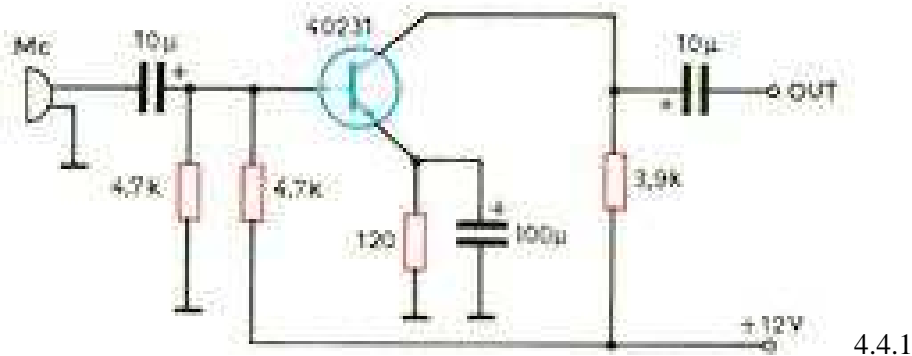
#### **β) Μικρόφωνα Ταχύτητας ή Διαφορών Πίεσης (Pressure Gradient Transducers).**

Σ' αυτά τα μικρόφωνα το διάφραγμα αιωρείται στον αέρα, το οποίο είναι στηριζόμενο στα άκρα του από ένα συμμετρικό περιμετρικό πλαίσιο. Κάτι το οποίο σημαίνει ότι έχει εκτεθειμένες και τις δύο πλευρές του στα ηχητικά κύματα. Αν το διάφραγμα ήταν πρακτικά χωρίς βάρος, τότε θα ακολουθούσε τέλεια τις μεταβολές της ταχύτητας των μορίων του αέρα. Στην πραγματικότητα όμως δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο μιας και δεν είναι αβαρές, έχοντας σαν συνέπεια να απαιτείται μια διαφορά πίεσης μεταξύ των αντίστοιχων μπροστινών και πίσω σημείων του διαφράγματος. Όταν λοιπόν η διεύθυνση του ήχου είναι ακριβώς κάθετη στο διάφραγμα (0 ή 180 μοίρες), η κίνηση αυτού, καθώς και η τάση στην έξοδο του είναι μέγιστες. Όσο όμως απομακρύνεται από τον κάθετο άξονα, τόσο μειώνεται, και στην ακραία περίπτωση την οποία ο ήχος έρχεται τελείως από τα πλάγια (90ο ή 270ο), η κίνηση και η τάση μηδενίζονται και έτσι δεν έχουμε καθόλου σήμα στην έξοδο. Αυτό συμβαίνει γιατί σε κάθε σημείο κατά μήκος του διαφράγματος θα φτάνουν κάθε στιγμή στη μπροστινή και την πίσω πλευρά του δύο εντελώς ίδια, αλλά παράλληλα και αντίθετης φάσης, αντίγραφα του ήχου. Το άθροισμά τους δίνει μηδέν διαφορά πίεσης, κατά συνέπεια και κίνησης και τάσης. Έτσι, τα μικρόφωνα ταχύτητας ή διαφοράς πίεσης αποκρίνονται εξίσου καλά στους ήχους που έρχονται από μπροστά και από πίσω, αλλά καθόλου καλά σε αυτούς που φτάνουν από τα πλάγια. Σε κάθε περίπτωση πάντως, ατυχώς τα μικρόφωνα ταχύτητας δεν μπορούν να ξεχωρίσουν αν οι διαφορές στην ταχύτητα οφείλονται στον ήχο ή τον άνεμο, με συνέπεια να είναι πιο ευαίσθητα στο θόρυβο του αέρα, από ότι τα μικρόφωνα πίεσης (παντοκατευθυντικά).

## **4.4 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ(DYNAMIC MICROPHONES)**

Τα δυναμικά μικρόφωνα βασίζουν την λειτουργία τους στην αρχή της μαγνητικής επαγωγής. Σύμφωνα με την μαγνητική επαγωγή, όταν ένα μέταλλο κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο δημιουργείται εντός του μαγνητικού πεδίου ηλεκτρικό ρεύμα.

Διακρίνουμε δυο τύπους δυναμικών μικροφώνων: τα μικρόφωνα κινητού πηνίου και τα μικρόφωνα ταινίας.



#### 4.4.1 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΝΙΟΥ( MOVING COIL MICROPHONES)

Συνήθως όταν λέμε δυναμικά μικρόφωνα εννοούμε τα μικρόφωνα κινητού πηνίου. Τα μικρόφωνα κινητού πηνίου αποτελούνται από το διάφραγμα, το πηνίο και τον μαγνήτη.

Το διάφραγμα είναι ένα πλαστικό τύπου Mylar με μέγιστο πάχος τα 0,35 χιλιοστά. Το πηνίο βρίσκεται σταθεροποιημένο επάνω στο διάφραγμα και μέσα στο έντονου μαγνητικό πεδίο που έχει δημιουργήσει ο μαγνήτης.

Όταν ένα ηχητικό κύμα προσκρούσει επάνω στο διάφραγμα τότε αυτό θέτει σε ταλάντωση το πηνίο. Η ταλάντωση αυτή έχει ίδια συχνότητα και ένταση με το ηχητικό κύμα. Τότε σύμφωνα με την αρχή της μαγνητικής επαγωγής αφού το πηνίο κινείται εντός των μαγνητικών γραμμών του πεδίου, παράγεται ρεύμα μέσα στο πηνίου και τάση στα άκρα του σύμφωνα με τον τύπο  $E=Blv$ .

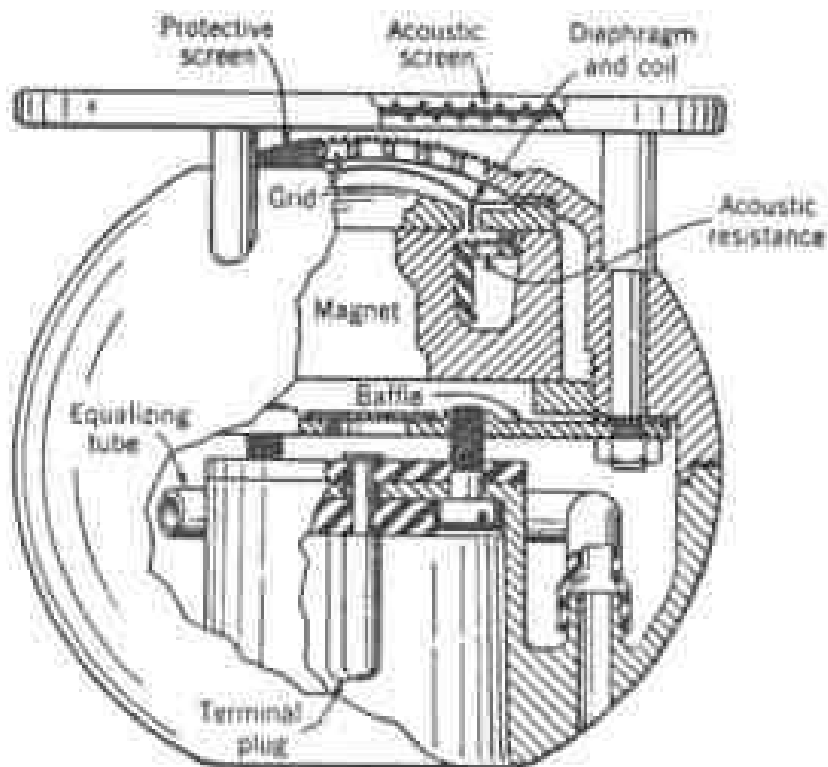
Όπου  $B$  είναι η ένταση της μαγνητικής ροής του πεδίου και μετριέται σε Telsa, όπου  $l$

είναι το μήκος περιέλιξης του πηνίου και μετριέται σε μέτρα και όπου

$v$  είναι η ενεργή ταχύτητα του διαφράγματος η οποία μετριέται σε m/sec.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των μικροφώνων κινητού πηνίου είναι ότι η μάζα του συστήματος διαφράγματος-πηνίο είναι σχετικά μεγάλη με την ενέργεια που έχει το προσπίπτον ηχητικό κύμα. Κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα να μην ανταποκρίνεται ακαριαία σε κάθε ηχητική αλλαγή, καθώς επίσης και λόγω της αδράνειας να καθυστερεί να σταματήσει την κίνηση του αφότου το κύμα σταματήσει να κτυπά.

Γι' αυτό το λόγο τα μικρόφωνα κινητού πηνίου δεν έχουν και τόσο ικανοποιητική απόκριση στις υψηλές συχνότητες όσο αυτήν των πυκνωτικών μικροφώνων και δεν ενδείκνυνται πχ. για κύμβαλα ή ακουστική κιθάρα. Πρέπει να αναφερθεί ότι διαθέτουν σχετικά χαμηλή ευαισθησία. Είναι όμως ιδανικά για συγκεκριμένου τύπου εφαρμογές όπως η ηχογράφηση ενισχυόμενων οργάνων ή για την χρήση τους σε ζωντανούς χώρους.



(4.4)

4.4.2

#### 4.4.2 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΤΑΙΝΙΑΣ

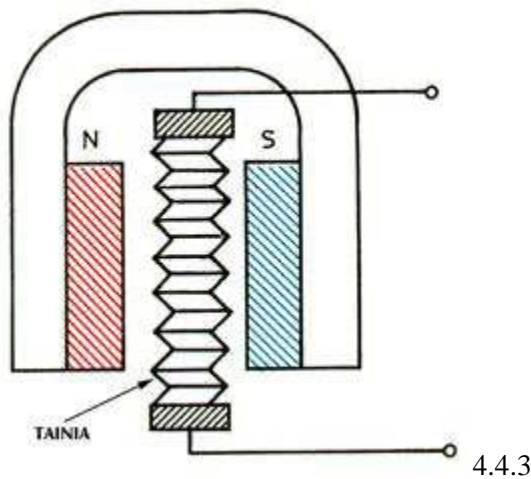
Τα μικρόφωνα ταινίας είναι ένας τύπος δυναμικού μικροφώνου. Στη θέση του συστήματος διάφραγμα-πηνίο χρησιμοποιείται συνήθως μια πολύ λεπτή (περίπου στα 2 μικρόμετρα) και αγωγίμη αλουμινένια ταινία, που βρίσκεται διπλωμένη ανάμεσα στους πόλους ενός μαγνήτη, κάθετα στη ροή του μαγνητικού πεδίου. Όταν το ηχητικό κύμα προσκρούει πάνω στην ταινία, αυτή ταλαντώνεται με την ίδια συχνότητα και ένταση κόβοντας τις μαγνητικές γραμμές και ακολούθως παράγεται σε αυτή αντίστοιχο ηλεκτρικό ρεύμα. Η υψηλή ευαισθησία της ταινίας δίνει εξαιρετική μεταβατική απόκριση αλλά την καθιστά ιδιαίτερα ευπαθή σε υψηλές ακουστικές πιέσεις ή στον άνεμο. Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους της ταινίας, η ηλεκτρική τους αντίσταση είναι πολύ μικρή (περίπου 0.2ohm) άρα πολύ μικρή είναι και η τάση εξόδου που παράγεται στα

άκρα της. Έτσι συνήθως ενισχύεται από ένα μετατροπέα μέσα στο μικρόφωνο.

Πολλά σύγχρονα μικρόφωνα ταινίας μπορούν να δεχτούν τροφοδοσία φάντομ που όπως είναι γνωστό χρησιμοποιείται στα πυκνωτικά μικρόφωνα. Στα περισσότερα όμως και κυρίως στα παλαιότερα μοντέλα η χρήση της τροφοδοσία φάντομ μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της ταινίας.

Τις τελευταίες 3 δεκαετίες έχουν γίνει αρκετά σημαντικά βήματα στην εξέλιξη των μικροφώνων ταινίας. Συγκεκριμένα έχουν κατασκευαστεί μικρόφωνα μικρών διαστάσεων αλλά παράλληλα και αυξημένης ανθεκτικότητας σε σχέση με τα πρώτα μικρόφωνα έτσι ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν και σε σκληρότερες συνθήκες.

Επίσης κατασκευάζονται μικρόφωνα των οποίων το διάφραγμα αποτελείται από ένα πολυεστερικό φιλμ στο οποίο τυπώνεται μια σπειροειδής αλουμινένια ταινία. Η κατασκευή περικλείεται από 4 δακτυλιοειδείς μαγνήτες, δυο έμπροσθεν και δυο όπισθεν οι οποίοι προκαλούν ένα 'λουτρό' μαγνητικό πεδίο.



4.4.3

## 4.5 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

### 4.5.1 ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ (CONDENSER MICROPHONES)

Τα πυκνωτικά μικρόφωνα λειτουργούν έχοντας σαν βάση τις αρχές της ηλεκτροστατικής. Η κάψα τους η οποία είναι ένας πυκνωτής, αποτελείται από δυο λεπτά διαφράγματα ( τους οπλισμούς). Ο ένας οπλισμός που είναι κινητός, αποτελείται από ένα πλαστικό ή διάφραγμα τύπου 'Mylar' το οποίο είναι επιστρωμένο με χρυσό ή νίκελ και απέχει περίπου ένα χιλιοστό της ίντσας από τον δεύτερο και σταθερό οπλισμό.

Ο πυκνωτής έχει την ικανότητα να συσσωρεύει ηλεκτρικό φορτίο.

Η τάση εξόδου του πυκνωτή δίνεται από τον τύπο:

$$V=Q/C \quad \text{και μετριέται σε volts.} \quad (4.5.1)$$

**Όπου C** είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή και μετριέται σε farads.

Η χωρητικότητα εξαρτάται από την έκθεση και την επιφάνεια των διαφραγμάτων, τα οποία είναι σταθερά, από το υλικό που υπάρχει μεταξύ τους το οποίο είναι ο αέρας, επίσης σταθερός, και την απόσταση μεταξύ των διαφραγμάτων, η οποία μεταβάλλεται αναλόγως της ηχητικής πίεσεως. **Όπου Q** είναι το ηλεκτρικό φορτίο που μετριέται σε coulombs και είναι σταθερό. Για να μπορέσει να λειτουργήσει το μικρόφωνο θα πρέπει το σήμα των οπλισμών να ενισχύεται από ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος (μπαταρία ή τροφοδοσία φάντομ 48 volt).

Τα ηλεκτρόνια μετακινούνται από τον οπλισμό που είναι συνδεδεμένος με την θετική πλευρά του τροφοδοτικού προς τον οπλισμό της αρνητικής πλευράς διαμέσου μεγάλης αντιστάσεως. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι η τάση μεταξύ των οπλισμών να γίνει ίση με την τάση τροφοδοσίας. Όταν το ηχητικό κύμα προσκρούσει επάνω στην κάψα το κινητό διάφραγμα μετακινείται και κάθε αυτόν τον τρόπο αλλάζει η απόσταση μεταξύ των οπλισμών και κατά επέκταση και η χωρητικότητα. Όταν η απόσταση μεταξύ των οπλισμών αυξάνεται, η χωρητικότητα μειώνεται, όταν η απόσταση μειώνεται η χωρητικότητα αυξάνεται. Έτσι όταν μεταβάλλεται η χωρητικότητα μεταβάλλεται ταυτόχρονα και η τάση στα άκρα του πυκνωτή. Η υψηλή αντίσταση συναζόμενη με την χωρητικότητα των οπλισμών παράγει ένα κύκλωμα σταθερού χρόνου το οποίο είναι μεγαλύτερο σε διάρκεια από ένα κύκλο ακουστικής συχνότητας. Ο σταθερός χρόνος του κυκλώματος είναι η μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται ο πυκνωτής να φορτιστεί ή να εκφορτιστεί. Επειδή η αντίσταση εμποδίζει το φορτίο του πυκνωτή να μεταβάλλεται με τις γρήγορες αλλαγές στη χωρητικότητα, που προέρχονται από τις ηχητικές πιέσεις, η τάση διαμέσου του πυκνωτή αλλάζει σύμφωνα με τον άνωθεν τύπο.

Η αντίσταση και ο πυκνωτής είναι σε σειρά με το τροφοδοτικό. Έτσι ώστε το σύνολο της πτώσης τάσης που πέφτει δια μέσου αυτών πρέπει να είναι ίσο με την τάση τροφοδοσίας. Όταν η τάση δια μέσου του πυκνωτή αλλάζει η τάση δια μέσου της αντίστασης αλλάζει εξίσου αλλά στην αντίθετη κατεύθυνση. Η τάση της αντίστασης τότε γίνεται σήμα εξόδου. Από την στιγμή που το σήμα εξόδου είναι χαμηλό και υψηλής αντίστασης ενισχύεται από ενσωματωμένο προενισχυτή στο σώμα του μικροφώνου για να εμποδίσει τον βόμβο και απώλεια σήματος που θα μπορούσε να εμφανιστεί – οφειλόμενα στην αντίσταση των καλωδίων και σε άλλους παράγοντες – αν ο προενισχυτής ήταν σε απόσταση από την κάψα. Αυτή η προενίσχυση του μικροφώνου είναι ένας άλλος λόγος που πολλά πυκνωτικά μικρόφωνα χρειάζονται τροφοδοτικό. Τα πυκνωτικά μικρόφωνα παρουσιάζουν άριστη ποιότητα απόδοσης και ακρίβεια στην απόκριση των ακραίων υψηλών συχνοτήτων, παράγοντας ένα πολύ καθαρό και διάφανο ήχο. Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται όμορφη και εκτεταμένη απόκριση.



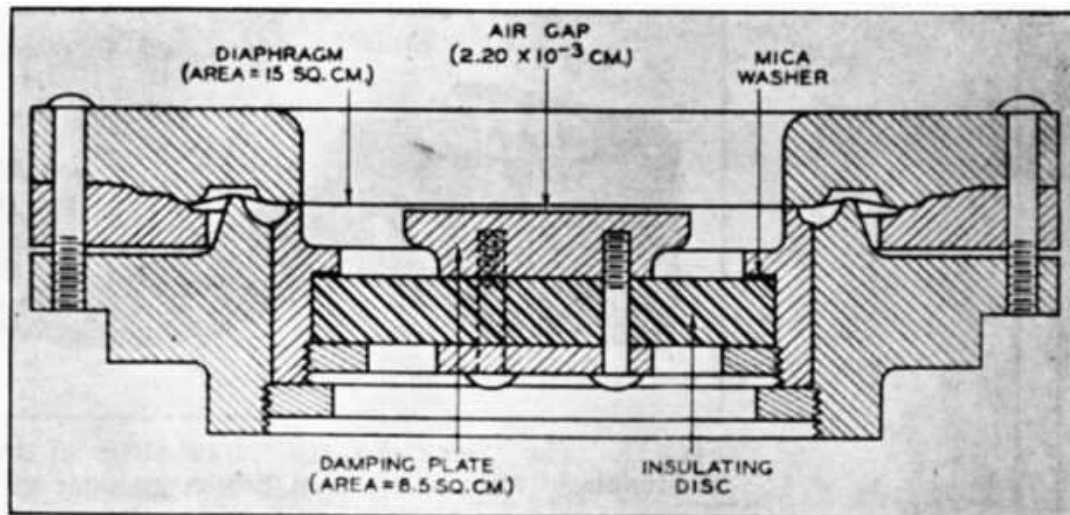
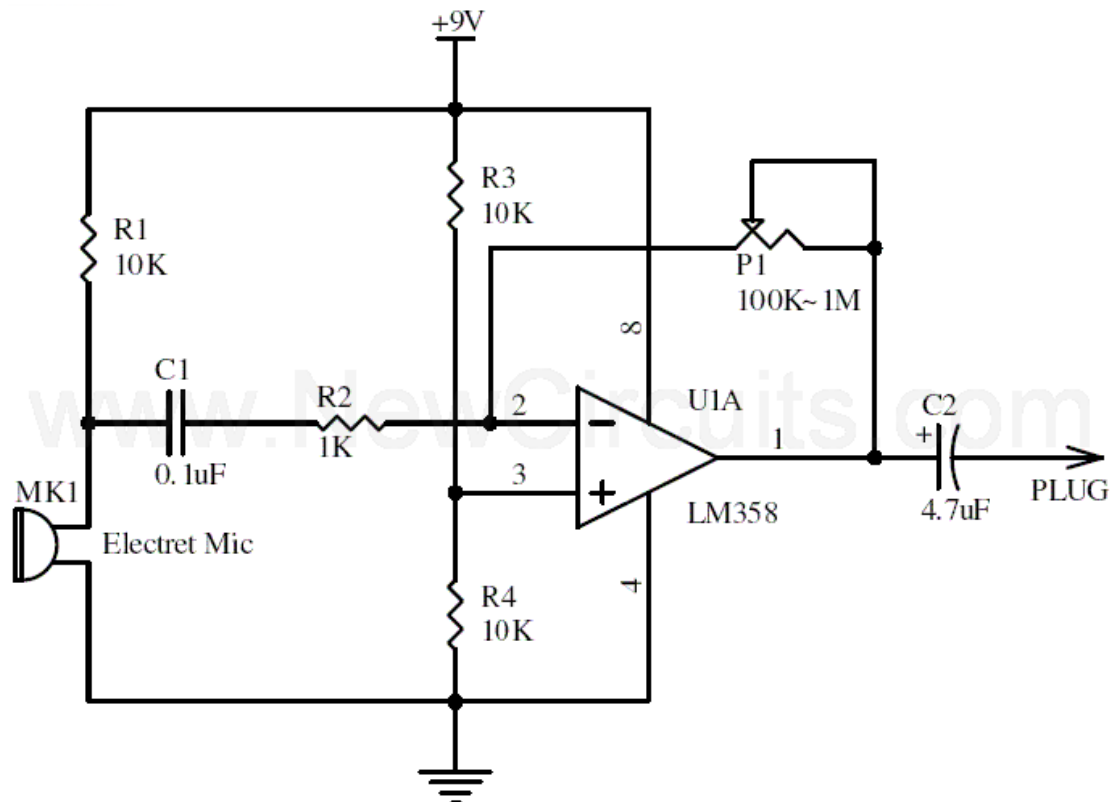


FIG. 21. The Wenthe condenser microphone of 1917 gave faithful response over a very broad frequency range.

4.5.1

#### 4.5.2 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΤΗ (ELECTRET CONDENSER MICROPHONES)

Τα μικρόφωνα ηλεκτρίτη λειτουργούν, όπως και τα πυκνωτικά μικρόφωνα βασισμένα στην αρχή της χωρητικότητας. Σε αντίθεση όμως με τα πυκνωτικά, στα οποία εφαρμόζεται εξωτερική τάση, στα μικρόφωνα ηλεκτρίτη η τάση είναι μόνιμα αποθηκευμένη στους οπλισμούς της κάψας κάτι το οποίο κάνει τα μικρόφωνα ηλεκτρίτη να μην χρειάζονται τροφοδοσία φάντομ. Η υψηλή αντίσταση όμως της εξόδου χρειάζεται κάποια επιπλέον ενίσχυση (ακόμα και μια μπαταρία) έτσι ώστε να αυξήσει τη στάθμη και να χαμηλώσει την αντίσταση. Η τροφοδοσία φάντομ δίνει καλύτερη απόδοση. Τα μικρόφωνα ηλεκτρίτη έχουν μικρότερο βάρος και όγκο από ότι τα πυκνωτικά μικρόφωνα.



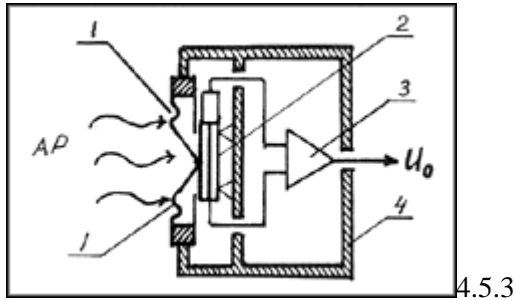
4.5.2

#### ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΛΥΧΝΙΑΣ (VALVE MICROPHONES)

Τα μικρόφωνα λυχνίας είναι στην ουσία πυκνωτικά μικρόφωνα με μόνη διαφορά το ότι δεν χρησιμοποιούν για την τροφοδοσία της κάψας κύκλωμα με τρανζίστορ, αλλά όπως μαρτυράει και το όνομα τους, χρησιμοποιούν μια λυχνία. Το θετικό στο κύκλωμα λυχνίας είναι το ότι με την χρήση της δεν προκαλείται αρμονική παραμόρφωση και παράγεται έτσι ένας ζεστός και απαλός ήχος, κάτι που καθιστά ιδανικά τα μικρόφωνα λυχνίας για την χρήση τους στα φωνητικά. Τέλος τα μικρόφωνα λυχνίας έχουν δικό τους τροφοδοτικό, (δεν χρειάζονται φάντομ τροφοδοσία) το οποίο είναι συνδεδεμένο μέσα από ένα ειδικό καλώδιο με το μικρόφωνο.

#### 4.5.3 ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ (PIEZO-ELECTRIC MICROPHONES)

Τα πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα βασίζουν την λειτουργία τους στις πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες μερικών υλικών (κρυστάλλου και κεραμικού) όταν ασκείται επάνω τους πίεση, όπως τα ηχητικά κύματα. Η πίεση των ηχητικών κυμάτων με την σειρά της δημιουργεί τάση μεταξύ των δυο επιφανειών του κρυστάλλου. Τα πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα όμως δεν παρουσιάζουν καλή ποιότητα στην απόδοση τους.



## 4. 6 ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ

Κατά την διάρκεια των ζωντανών ακροάσεων πέρα από τον επιθυμητό ήχο ακούμε και ένα πλήθος διάφορων ήχων μη επιθυμητών και τους οποίους ονομάζουμε θορύβους. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος φυσικά έχει την ικανότητα να απομονώνει αυτούς τους ήχους και να ακούει μόνο εκείνους τους ήχους που προέρχονται από τις ηχητικές πηγές που τον ενδιαφέρουν. Στην περίπτωση όμως όπου αυτοί οι ήχοι έχουν καταγραφεί από το μικρόφωνο, ο ακροατής τους ακούει μέσα από το ηχείο και έτσι δεν έχει την δυνατότητα της επιλογής του επιθυμητού ήχου από τον μη επιθυμητό μιας και όλοι προέρχονται από την ίδια πηγή( συγκεκριμένα από το ηχείο). Ακριβώς λοιπόν αυτό το πρόβλημα ήταν και η αφορμή για την δημιουργία μικροφώνων τα οποία θα λαμβάνουν τους ήχους μόνο από τις πηγές που θεωρούνται επιθυμητές. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι μικροφώνων:

**Τα παντοκατευθυντικά (omnidirectional)**

**Τα μονοκατευθυντικά (bidirectional) και**

**Τα καρδιοειδή ( cardioids)**

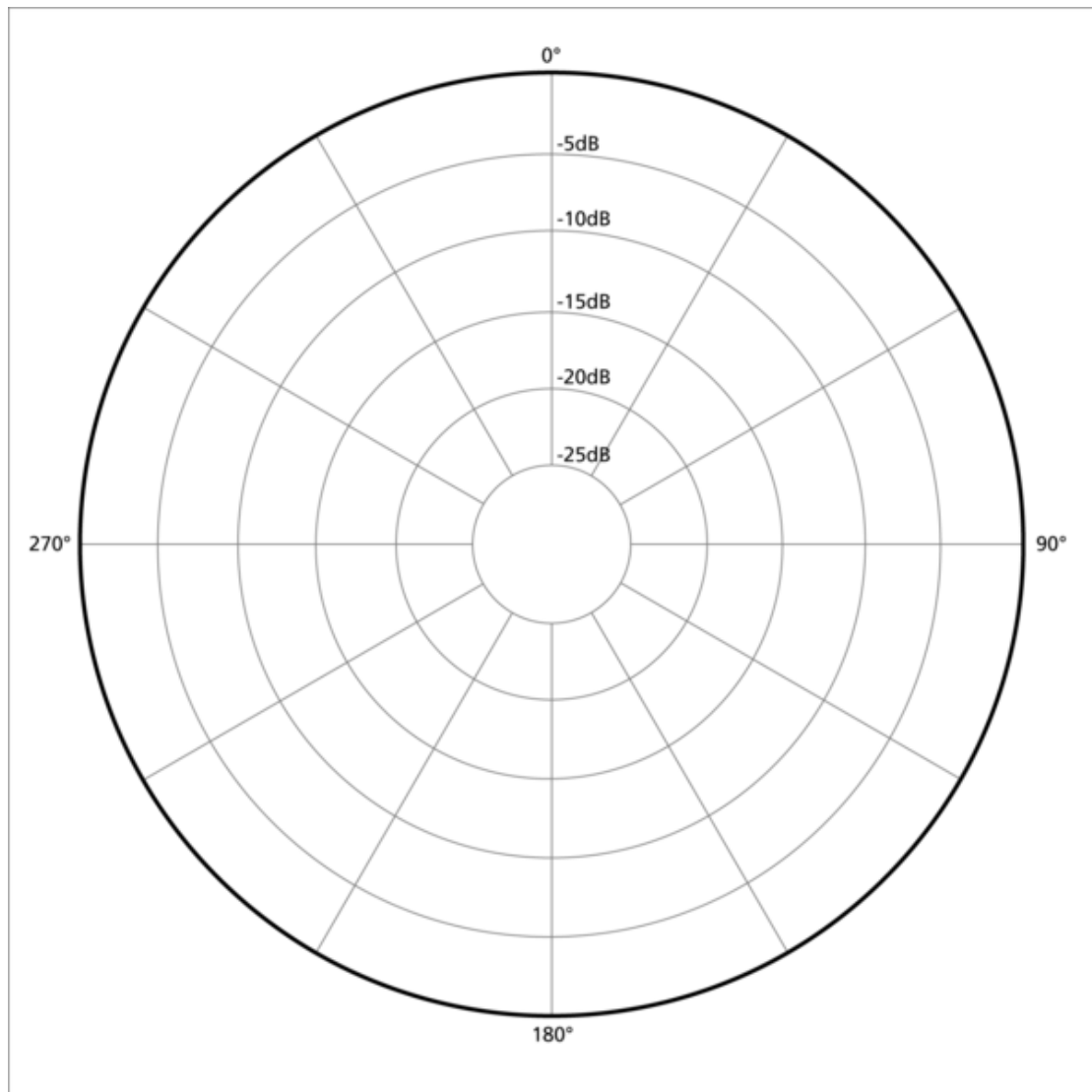
Ενώ υπάρχουν και τα μικρόφωνα τύπου **'shot gun'**. Βρίσκοντας την κατευθυντικότητα του μικροφώνου ουσιαστικά γνωρίζουμε και την ευαισθησία που διαθέτει το συγκεκριμένο μικρόφωνο στους ήχους οι οποίοι προέρχονται εκτός του κύριου άξονα(off-axis). Ο κύριος άξονας(on-axis) είναι πάντοτε στραμμένος προς την πηγή του ήχου που θέλουμε να γίνει η εγγραφή. Η κατευθυντικότητα του μικροφώνου παρέχεται μέσα από το πολικό διάγραμμα, στο οποίο σχεδιάζεται η ευαισθησία και η συχνοτική απόκριση του μικροφώνου σε σχέση με τον κύριο άξονα, σε ένα πλήρη κύκλο. Ένα πολικό διάγραμμα αποτελείται από ομόκεντρους κύκλους(σε dB) και από τις γωνίες κλίσεις των πηγών σε σχέση με τον κύριο άξονα.

#### **4. 6.1 ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ(OMNIDIRECTIONAL)**

Όπως μαρτυρά και το όνομα τους τα παντοκατευθυντικά μικρόφωνα, λαμβάνουν τους ήχους ομοιόμορφα από όλες τις κατευθύνσεις. Τα παντοκατευθυντικά μικρόφωνα έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Παράγουν πολύ καλό φυσικό ήχο.
- Δημιουργούν το μικρότερο ποσοστό χρωματισμού εκτός άξονα, συγκριτικά με τα άλλα είδη μικροφώνων.
- Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που χρειάζονται κοντινή χρήση μικροφώνου, καθώς δεν παρουσιάζουν καθόλου το φαινόμενο της εγγύτητας. Η χρήση τους για λήψεις μακριά από την πηγή, περιορίζονται για την λήψη των ανακλάσεων του ήχου σε όλο το δωμάτιο.
- Ανταποκρίνονται σε στιγμιαίες μεταβολές πίεσης του αέρα, οι οποίες προκαλούνται μέσα από τα κύματα του ήχου στην περιοχή του διαφράγματος. Μιας και το μικρόφωνο δεν διαθέτει δρόμο για να μπορέσει να βρει την θέση των πηγών του ήχου που δημιουργούνται μέσα από τις μεταβολές πίεσης, αντιδρά με την ίδια ευαισθησία σε όλους τους ήχου ανεξάρτητα της κατευθύνσεως που αυτοί προέρχονται.
- Όσο πιο μικρή είναι η βαρελοειδής μορφή της εξωτερικής κατασκευής του μικροφώνου τόσο σε πιο υψηλές περιοχές συχνότητων θα λαμβάνει και θα ενεργεί το παντοκατευθυντικό διάγραμμα.

Ένα μικρόφωνο το οποίο έχει μικρή φυσική κατασκευή έχει μια παντοκατευθυντική συλλογή του ήχου σε όλες τις συχνότητες του ακουστικού φάσματος. Το πολικό διάγραμμα των παντοκατευθυντικών μικροφώνων, δεν είναι ακριβώς ένας κύκλος αλλά εμφανίζει μια ελαφριά ισοπέδωση στις 180° μειωμένο περίπου κατά 5dB. Αυτό συμβαίνει διότι παρόλο που θεωρητικά λαμβάνουν τους ήχους ομοιόμορφα από όλες τις κατευθύνσεις, στις υψηλές συχνότητες πρακτικά εμφανίζουν κάποια κατευθυντικότητα. Ακριβώς για αυτόν το λόγο τα παντοκατευθυντικά μικρόφωνα είναι προτιμότερο να είναι πάντα στραμμένα προς την πηγή του ήχου. Το όριο της περιοχής των συχνότητων κατά τις οποίες το παντοκατευθυντικό μικρόφωνο μειώνει την παντοκατευθυντική του ικανότητα βρίσκεται στις συχνότητες των 4 ή και των 5 KHZ.

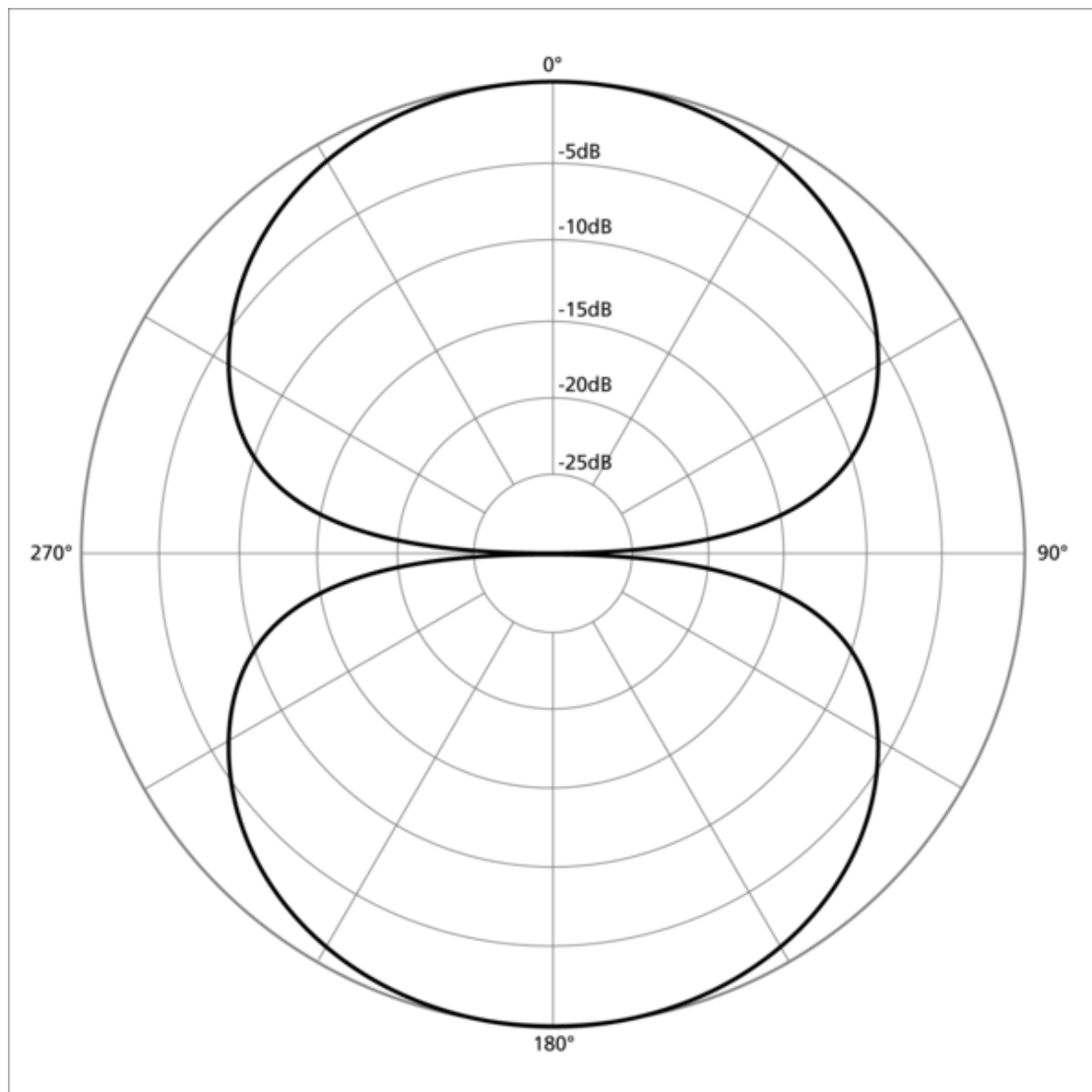


4. 6.1

#### 4. 6.2 ΔΙΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ (BIDIRECTIONAL, FIGURE-OF-EIGHT)

Δικατευθυντικά μικρόφωνα ονομάζονται εκείνα τα μικρόφωνα τα οποία λαμβάνουν τους ήχους μόνο από δύο κατευθύνσεις, τους εμπρόσθιους και τους οπίσθιους ήχους, ενώ απορρίπτουν τους πλαϊνούς. Πέρα από την ονομασία τους ως δικατευθυντικά μικρόφωνα πολλές φορές αναφέρονται και με την ονομασία **“Pressure Gradient Microphones”** ακριβώς επειδή η κίνηση του διαφράγματος τους αντιδρά ανάλογα με την κλίση της διεύθυνσης της πίεσης. Δικατευθυντικά μικρόφωνα είναι συνήθως τα μικρόφωνα ταινίας, μιας και η κίνηση της ταινίας προκαλείται μέσα από την διαφορά μεταξύ της εμπρόσθιας και της οπίσθιας πλευράς της ταινίας. Ο ήχος όταν τώρα προσπίπτει επάνω στην οπίσθια πλευρά, παράγει τάση η οποία έχει διαφορά φάσης 180° σε σχέση με την τάση που παράγει ο ήχος όταν προσπίπτει στην εμπρόσθια πλευρά.

Αντίθετα ο ήχος ο οποίος προσπίπτει στα πλάγια της ταινίας σε γωνία  $90^\circ$  ή  $270^\circ$  κτυπάει ισοδύναμα και στις δυο πλευρές και έτσι δεν προκαλεί τάση. Ένα δικατευθυντικό διάγραμμα ονομάζεται και ως διάγραμμα συνημίτονου( $\cos\theta$ ) μιας και αντιπροσωπεύει ένα σχέδιο το οποίο περιέχει πολικές συντεταγμένες, σχεδόν ίδιο με αυτό του συνημίτονου το οποίο συναντάμε στα μαθηματικά. Τα δικατευθυντικά μικρόφωνα εμφανίζουν το φαινόμενο της εγγύτητας αλλά κατά 6dB μεγαλύτερο σε σχέση με αυτή που εμφανίζουν τα καρδιοειδή μικρόφωνα. Η χρήση των δικατευθυντικών μικροφώνων συνήθως συνίσταται στο να τοποθετούνται μπροστά από τα όργανα τα οποία αναπαράγουν κυρίως χαμηλές συχνότητες( όπως είναι το μπάσο και η μπότα).

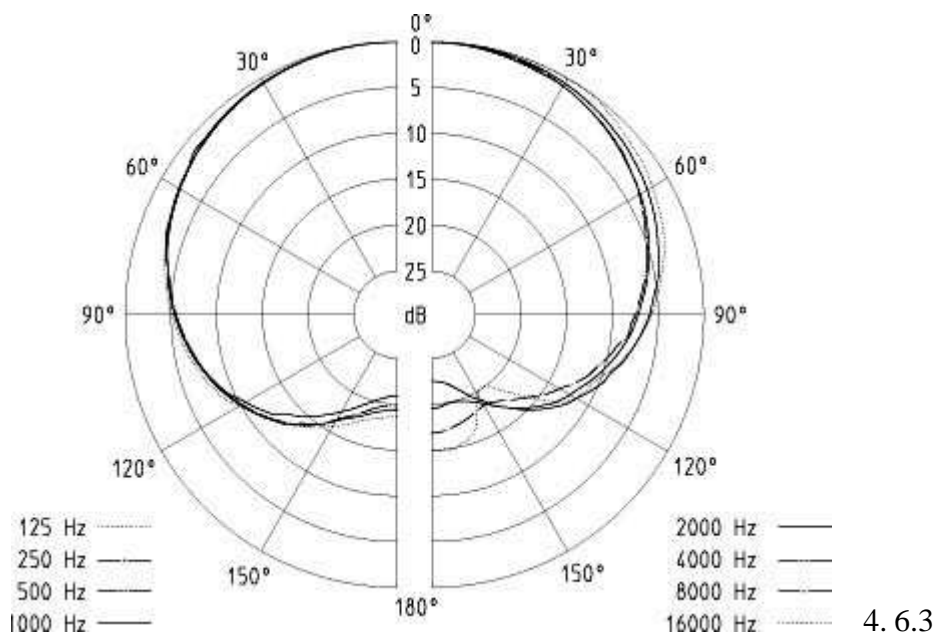


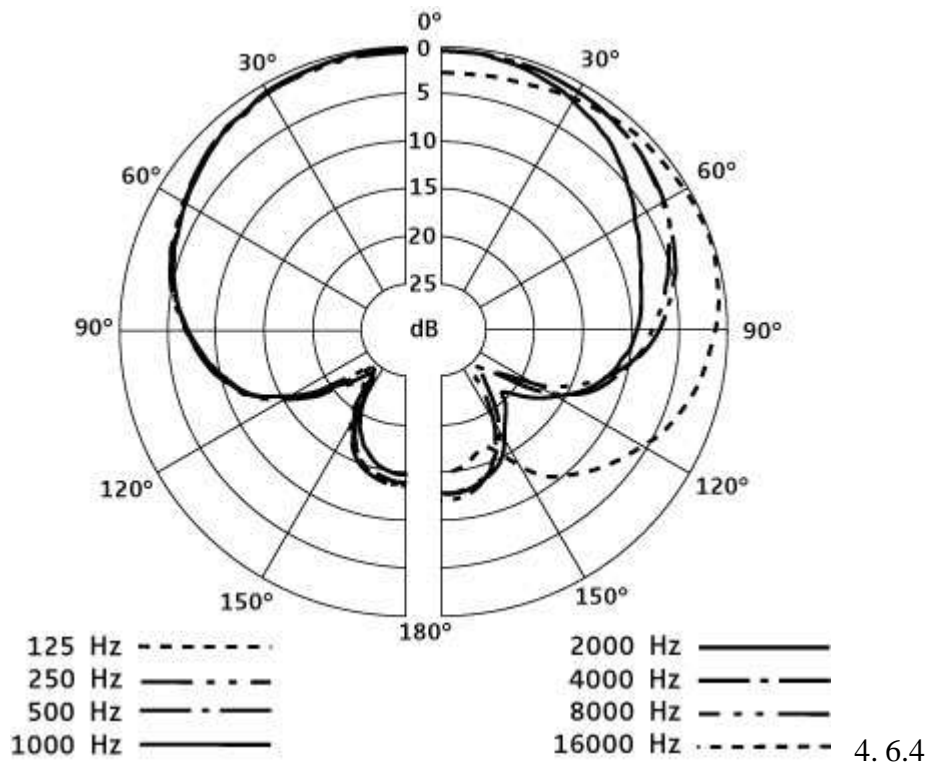
4. 6.2

#### **4. 6.3 ΜΟΝΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΑ Ή ΚΑΡΔΙΟΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ (UNIDIRECTIONAL, CARDIOID)**

Τα καρδιοειδή μικρόφωνα πήραν την ονομασία τους εξαιτίας του σχήματος που παρουσιάζει το πολικό τους διάγραμμα, το σχήμα καρδιάς.

Εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στους ήχους οι οποίοι παράγονται κατευθείαν από μπροστά τους(στον κύριο άξονα). Οι ήχοι τώρα που συλλέγονται πλευρικά, δηλαδή στις 90 ° και 270 ° μειώνονται κατά 6 db και οι οπίσθιοι ήχοι, στις 180 ° ,σχεδόν απορρίπτονται εντελώς αφού μειώνονται κατά 15 μέχρι και 20 db. Η μορφή του πολικού τους διαγράμματος δημιουργείται μέσα από τον συνδυασμό των πολικών διαγραμμάτων του παντοκατευθυντικού και του δικατευθυντικού μικροφώνου. Ο οπίσθιος λοβός που υπάρχει στα δικατευθυντικά διαγράμματα βρίσκεται σε αντίθετη φάση τόσο με τον εμπρόσθιο λοβό όσο και με τα Πανκατευθυντικά, που έχει την ίδια φάση παντού, και έτσι προκύπτει η ακύρωση των ήχων στο πίσω μέρος του μικροφώνου. **Όταν συμβαίνει το παντοκατευθυντικό και το δικατευθυντικό μοτίβο να έχουν ίση αναλογία δημιουργείται το βασικό καρδιοειδές μικρόφωνο.** Στην περίπτωση την οποία αυξήσουμε το δικατευθυντικό μοτίβο δημιουργείται το **σουπερκαρδιοειδές μικρόφωνο(supercardioid)** και ένα πολικό διάγραμμα το οποίο είναι λιγότερο ευαίσθητο πλευρικά ,με μια μείωση κατά 8 με 9db περίπου, και με μέγιστη απόρριψη στις 125 ° και 235 ° ή στις 150 ° και 210 ° . Μέσα από μια μεγαλύτερη αύξηση του δικατευθυντικού μοτίβου εμφανίζεται το **υπερκαρδιοειδές μικρόφωνο(Hyper- cardioids)** το οποίο διαθέτει το δικό του υπερκαρδιοειδές πολικό διάγραμμα. Στα υπερκαρδιοειδή μικρόφωνα παρουσιάζεται μικρότερη, από ότι στα σουπερ καρδιοειδή μικρόφωνα η πλευρική συλλογή των ήχων, αλλά όμως στις 180 ° παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία από αυτή που παρουσιάζουν τα καρδιοειδή μικρόφωνα.



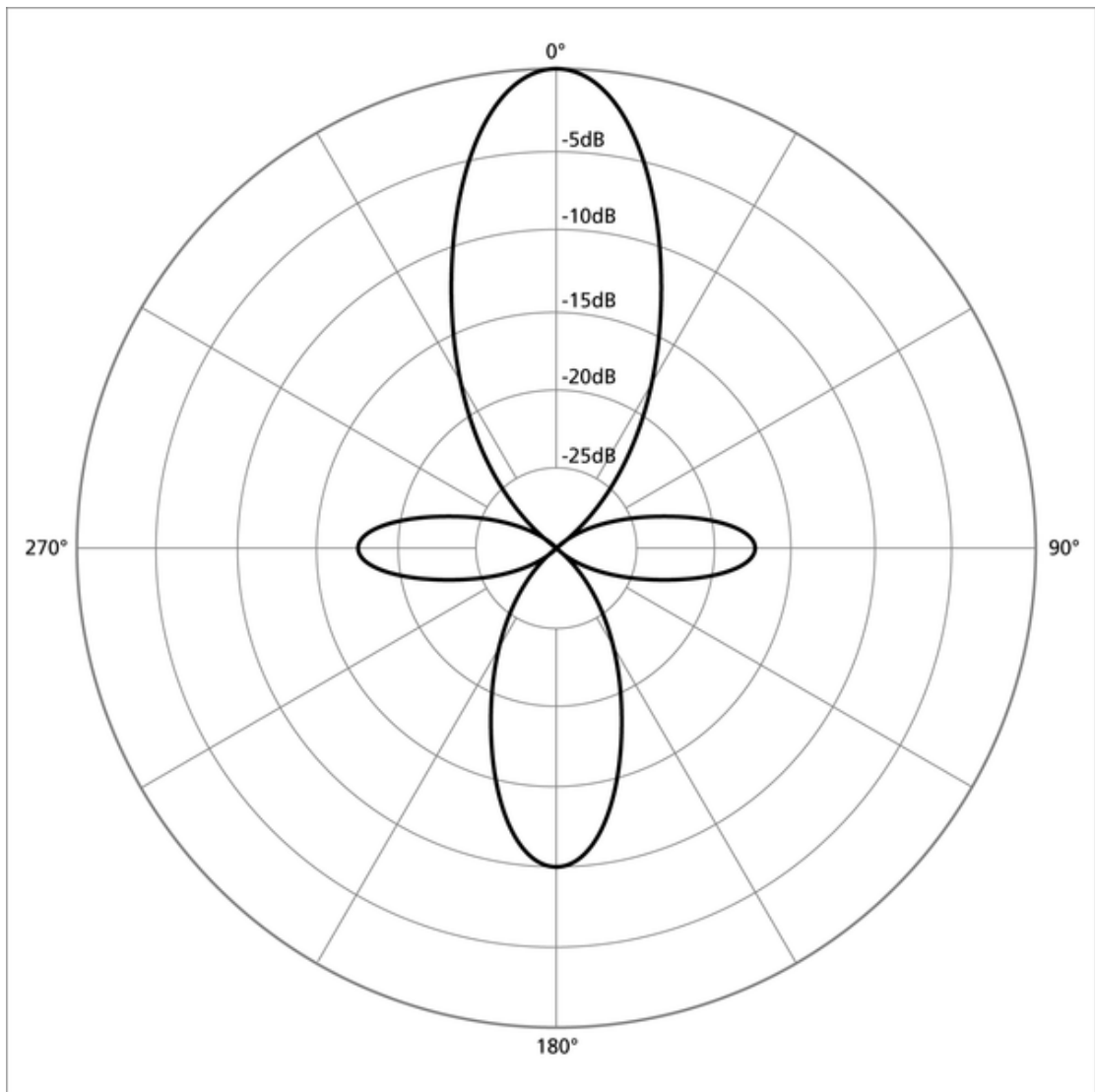


#### 4. 6.4 Shotgun



Τα μικρόφωνα τύπου **Shotgun** είναι περισσότερο κατευθυντικά. Έχουν μικρούς λοβούς ευαισθησίας στον αριστερό, στο δεξί, και στο οπίσθιο τμήμα αλλά είναι σημαντικά πιο ευαίσθητα στο μπροστινό μέρος. Τα μικρόφωνα τύπου **Shotgun** χρησιμοποιούνται συνήθως στις τηλεοράσεις και σε ταινίες, καθώς και για την καταγραφή των ήχων της φύσης.





4. 6.4

#### 4. 7 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

Ένα ασύρματο μικρόφωνο, όπως το όνομα υπονοεί, είναι ένα μικρόφωνο χωρίς ένα φυσικό καλώδιο που συνδέει το άμεσα με τον εξοπλισμό υγιούς καταγραφής ή ενίσχυσης με τον οποίο συνδέεται. Τα ασύρματα συστήματα μικροφώνων είναι ένα βασικό συστατικό σχεδόν σε κάθε ραδιοφωνική μετάδοση, την ταινία, τη θεατρική και υγιή σκηνική παραγωγή, καθώς επίσης και τους εταιρικούς, θρησκευτικούς και εκπαιδευτικούς τόπους συναντήσεως. Τα επαγγελματικά μοντέλα μεταδίδουν στο VHF ή την UHF ραδιοσυχνότητα και έχουν την αληθινή λήψη ποικιλομορφίας που εξαλείφει τα νεκρά σημεία και τα αποτελέσματα που προκαλούνται από την αντανάκλαση των ράδιο κυμάτων στους τοίχους και τις επιφάνειες γενικά. Η ζώνη VHF βρίσκεται στο φάσμα συχνότητας μεταξύ 30 MHz και 300 MHz. Αυτό είναι η άλλη κοινή ζώνη που χρησιμοποιείται στα ασύρματα συστήματα μικροφώνων, αλλά δεν χρησιμοποιείται τόσο συνήθως όσο το UHF.

Τα ασύρματα μικρόφωνα VHF είναι χαρακτηριστικά εκείνα του σταθερού τύπου συχνότητας, που σημαίνει ότι ο χρήστης δεν έχει καμία ευκαιρία να μεταστρέψει τις συχνότητες εάν η παρέμβαση αντιμετωπίζεται. Η UHF ζώνη βρίσκεται στο φάσμα συχνότητας μεταξύ 300 MHz και 3 GHz και είναι η πιο κοινή ζώνη που χρησιμοποιείται στα ασύρματα συστήματα μικροφώνων. Ανάλογα με τους εθνικούς κανονισμούς, που διαφέρουν για κάθε χώρα, τα ασύρματα μικρόφωνα μπορούν να λειτουργήσουν στη σειρά μεταξύ 470 MHz και 865 MHz. Αυτές οι συχνότητες μοιράζονται με πέρα από - ραδιοφωνικές μεταδόσεις TV αέρα. Έτσι κατά επιλογή μιας συχνότητας, ο χρήστης πρέπει να ξέρει ποιες συχνότητες για να μένει μακριά από για να αποφύγει την παρέμβαση.

#### **4. 8 ΜΙΚΡΟΦΩΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ**

Κατά την διάρκεια ανάγνωσης των μικροφωνικών προδιαγραφών, είναι εξαιρετικά σημαντικό να κατανοήσουμε το πώς αυτές ερμηνεύονται.

Οι μικροφωνικές προδιαγραφές παρέχουν αν και παρέχουν ενδείξεις των μικροφωνικών επιδόσεων, δεν παρέχουν μια συνολική εκτίμηση του τρόπου με τον οποίο θα ηχήσει το μικρόφωνο.

Οι προδιαγραφές των μικροφώνων, παρέχουν αντικειμενικά, τις πληροφορίες για το κάθε μικρόφωνο, αλλά δεν μπορούν να αποδώσουν την υποκειμενική εμπειρία του ήχου.

Η βάση για τις περισσότερες μικροφωνικές προδιαγραφές είναι η κλίμακα του ντεσιμπέλ. Η κλίμακα των dB είναι λογαριθμική και χρησιμοποιείται λόγω της ισοδυναμίας της με τον τρόπο τον οποίο αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί τις αλλαγές στην πίεση του ήχου.

Επιπλέον, οι αλλαγές στην κλίμακα των dB είναι περισσότερο ομαλές και πιο κατανοητές ακόμα και για πολύ μεγάλους αριθμούς οι οποίοι μπορούν να εμφανιστούν (Pascal, Newton or Bar). Η κλίμακα DB δηλώνει πίεση, σε αναλογία ως προς μια πίεση αναφοράς, συνήθως στα 20 μPa. Η πίεση αναφοράς 20 μPa έχει επιλεγεί να είναι ίση με 0 DB.

#### **Προσοχή!**

Το 0 dB, δεν υποδηλώνει, ότι δεν υπάρχει καθόλου ήχος, απλά αναφέρει μόνο το χαμηλότερο όριο στο επίπεδο της ηχητικής πίεσης, κατά το οποίο το ανθρώπινο αυτί έχει την ικανότητα να ανιχνεύσει τον ήχο.

#### **Τροφοδοσία**

Η τροφοδοσία προσδιορίζει τον τύπο του ρεύματος που χρησιμοποιείται από το μικρόφωνο. Για DPA μικρόφωνα είναι είτε P48 (48 V phantom supply), ή 130 V (από την ειδική HMA 5000 high-voltage supply), ή 5-50 V (μέσω των DPA προσαρμογών) για τα μικρόφωνα –μινιατούρες τηλεφωνικού τύπου.

#### **Φάση (Phase)**

Φάση του σήματος ονομάζεται η χρονική σχέση ενός ηχητικού σήματος ως προς ένα γνωστό χρονικό σημείο αναφοράς.

Η φάση εκφράζεται σε μοίρες (έναν πλήρη κύκλο ενός ημιτονικού σήματος ισοδυναμεί με 360 μοίρες).

Η χρονική στιγμή αναφοράς μπορεί να είναι μια τυχαία επιλεγμένη χρονική στιγμή, ή ακόμα μπορεί να είναι η χρονική στιγμή έναρξης κάποιου φαινομένου.

### **Sensitivity Ευαισθησία**

Η ευαισθησία εκφράζει την ικανότητα του μικροφώνου να μετατρέπει την ακουστική πίεση σε ηλεκτρική τάση.

Η ευαισθησία ορίζει το πόση τάση ένα μικρόφωνο μπορεί να παράγει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο ηχητικής πίεσης.

Ένα μικρόφωνο υψηλής ευαισθησίας θα δώσει υψηλή τάση στην έξοδο και συνεπώς, δεν θα χρειάζεται τόσο την ενίσχυση (gain, κέρδος) όπως κάποια άλλα μικρόφωνα που διαθέτουν χαμηλότερη ευαισθησία. Σε εφαρμογές με χαμηλά επίπεδα ηχητικής πίεσης, είναι αναγκαία η χρήση ενός μικροφώνου με υψηλή ευαισθησία προκειμένου να διατηρηθεί η ενίσχυση του θορύβου σε χαμηλά επίπεδα.

Η ευαισθησία μετριέται στο ελεύθερο πεδίο στα 250 Hz (Πανκατευθυντικά μικρόφωνα) ή στο 1 kHz (κατευθυντικά μικρόφωνα).

Κανονικά οι κατασκευαστικές εταιρείες των μικροφώνων θα πρέπει να αναφέρουν επίσης και τις ανοχές στην ευαισθησία, ανάλογα με τις διαφορετικές παραγωγές, οι ανοχές θα έπρεπε κανονικά να βρίσκονται στην περιοχή των 2 dB.

Παράδειγμα:

*4006 Omni directional Microphone,*

*P48 Sensitivity, nominal:  $\pm 2$  dB: 10 mV/Pa; -40 dB re. 1 V/Pa*

### **Ισοδύναμη στάθμη θορύβου**

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου, η οποία αναφέρεται επίσης και σαν εσωτερικός θόρυβος μικροφώνου, δείχνει το επίπεδο ηχητικής πίεσης που θα δημιουργήσει ίδια τάση, με αυτήν που αναπαράγεται από τον εσωτερικό θόρυβο του μικροφώνου.

Ένα χαμηλό επίπεδο θορύβου είναι ιδιαίτερα επιθυμητό, όταν ασχολούμαστε με χαμηλά επίπεδα ηχητικής πίεσης, έτσι ώστε ο ήχος να μην "πνίγεται" από τον θόρυβο που παράγεται από το ίδιο το μικρόφωνο.

Ο εσωτερικός θόρυβος του μικροφώνου δείχνει ακόμα, το χαμηλότερο περιορισμό του μικροφώνου μέσα στην δυναμική περιοχή.

Το μέγεθος αυτό εκφράζεται σε "dB (A)".

Καλά αποτελέσματα (πολύ χαμηλά επίπεδα θορύβου) είναι συνήθως αυτά που αναφέρονται κάτω από 15 dB (A).

Παράδειγμα:

*4041-S Large Diaphragm Microphone, Solid State, 130 V*

*Equivalent noise level, A-weighted: Typ. 7*

*dB(A) re. dB (A) re. 20  $\mu$ Pa*

### **Σήμα προς θόρυβο, S / N**

Η τάση αναφοράς ηχητικής πίεσης ορίζεται στα 94 dB re. 20  $\mu$ Pa.

Για αυτόν ακριβώς και ο λόγος σήματος προς τον θόρυβο είναι 94 dB μείον το ισοδύναμο επίπεδο θορύβου.

Παράδειγμα:

*4041-T2 Large Diaphragm Microphone,*

*Tube, 130 V*

*S/N ratio, re. 1 kHz at 1 Pa  
(94 dB SPL): 85 dB*

#### **Δυναμικό εύρος**

*Δυναμικό εύρος είναι το εύρος της ηχητικής πίεσης (dB) μέσα στο οποίο το μικρόφωνο θα μπορέσει να ανταποκριθεί σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στις προδιαγραφές του. Είναι περιορισμένες για τα χαμηλά τέλη από τα εγγενή θόρυβο του ακουστικού συστήματος και για το υψηλό τέλος από το μέγιστο επίπεδο ηχητικής πίεσης.*

Η τυπική μονάδα μέτρησης για την στάθμη ηχητικής πίεσης (SPL) είναι το ντεσιμπέλ (dB), με πίεση αναφοράς τα 20 μικρό Pascal (20  $\mu$ Pa), όπου είναι και το όριο της ανθρώπινης ακοής.

Παράδειγμα:

*4004 Reference Microphone, 130 V*

*Maximum sound pressure level: 168 dB*

*SPL peak*

*Total Harmonic Distortion: <0.5% up to 142*

*dB SPL peak, <1% up to 148 dB SPL peak*

#### **Output Impedance Αντίσταση εξόδου**

Η αντίσταση εξόδου ορίζεται σαν την σύνθετη αντίσταση του μικροφώνου, που μετράται στην έξοδο του.

#### **Πολικό διάγραμμα**

Ένα πολικό διάγραμμα χρησιμοποιείται για να φανερώσει τον τρόπο με τον οποίο το μικρόφωνο αναπαράγει τις κεντρικές συχνότητες που εισέρχονται σε αυτό από διαφορετικές γωνίες

Τα πολικά διαγράμματα παρέχουν πληροφορίες για το πόσο ομαλά ή όχι γίνεται ο χρωματισμός off-axis.

Το σημείο αναφοράς για τον εξωτερικό κύκλο συνήθως ορίζεται από ένα ημιτονοειδή τόνο 1kHz ο οποίος στοχεύει άμεσα προς το διάφραγμα του μικροφώνου (= 0°, στην κορυφή του κύκλου). Κάθε μετατόπιση μεταξύ των κύκλων συνήθως υποδηλώνει με ένα βήμα -5 dB, στην περίπτωση που δεν αναφέρεται κάτι το διαφορετικό. Με τον τρόπο αυτό, είναι εύκολο να διαπιστωθεί το κατά πόσο ασθενέστερο θα είναι το σήμα γύρω από το μικρόφωνο για ορισμένες συχνότητες, κυρίως στα 5kHz, 10kHz, 15kHz και 20kHz.

Οι καμπύλες απόκρισης, για να αναπαραχθεί ένας ήχος ο οποίος δεν θα εμπεριέχει χρωματισμούς, θα πρέπει να είναι ομαλές και συμμετρικές.

Οι απότομες κορυφές και οι κοιλίες, δεν είναι επιθυμητές καθώς και οι καμπύλες απόκρισης δεν θα πρέπει να πέφτει η μια την άλλη.

Μέσα από ένα πολικό διάγραμμα μπορεί κανείς να παρατηρήσει επίσης τον τρόπο με τον οποίο ένα παντοκατευθυντικό μικρόφωνο μετατρέπεται περισσότερο σε κατευθυντικό κατά τις υψηλές συχνότητες.



Αυτό είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον όταν θέλουμε να δούμε πως ένα κατευθυντικό μικρόφωνο (δηλαδή καρδιοειδή ) εξαλείφει τον ήχο ο οποίος προέρχεται από διαφορετικές γωνίες από αυτές που προέρχονται απευθείας στο διάγραμμα.

Example: Παράδειγμα:

4011 Cardioid Microphone, P48 4011

On and off-axis responses of measured in 30 cm (1 ft).

### **Proximity effect**

Πρόκειται για ένα φαινόμενο, έμφυτο χαρακτηριστικό, των μικροφώνων πίεσης, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την ενίσχυση της απόκρισης των χαμηλών συχνοτήτων στην περίπτωση κατά την οποία το μικρόφωνο είναι τοποθετημένο κοντά στην πηγή του ήχου καθώς και με μια μείωση όταν το μικρόφωνο απομακρύνεται από την πηγή του ήχου.

## Microphone Dimensions- ΜΙΚΡΟΦΩΝΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

**Nominal Diameter**  
**Ονομαστική**  
**Διάμετρος**

Μικρόφωνα με διαφορετικές διαμέτρους έχουν κατά συνέπεια και διαφορετικά δυναμικά χαρακτηριστικά. Οι πιο κοινές επιλογές που αναφέρονται, είναι οι εξής: **1/8"**, **1/4"**, **1/2"**, **1"**

**Actual Diameter**

*Η πραγματική διάμετρος .*

**Thickness / Height**

Το πάχος ή το ύψος του μικροφώνου

**Features - Χαρακτηριστικά**

**Digital Microphone Ψηφιακό**  
**Μικρόφωνο**

Μικρόφωνο το οποίο διαθέτει ενσωματωμένο μετατροπέα του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό ώστε έτσι να μπορεί να μετατρέπει τον ήχο σε μορφή αναγνωρίσιμη από τον υπολογιστή.

**Wireless Microphone**

Μικρόφωνο που περιέχει ραδιοφωνικούς πομπούς ή άλλες ασύρματες δυνατότητες.

**Integral Pre-amplifier**

Βελτιώνει την έξοδο του μικρόφωνο μέσα σε ένα μικρό ενδιάμεσο επίπεδο.

**Probe Style**

Χρησιμοποιείται κατά τη μέτρηση των επιπέδων κοντινού πεδίου ή δυσπρόσιτων περιοχών.

**Outdoor Rated**

Σχεδιασμένο για χρήση σε εξωτερικούς

<b>Wind Screen</b>	χώρους και σε κακές καιρικές συνθήκες. Ελαχιστοποιεί το θόρυβο του ανέμου.
<b>Operating / Polarization Voltage</b>	Τάση στην οποία θα λειτουργεί το μικρόφωνο.
<b>Aerospace / Aircraft Automotive</b>	Σχεδιασμένο για χρήση σε αεροσκάφη. Μικρόφωνα ιδανικά για το ραδιόφωνο ή σε συστήματα ήχου στα αυτοκίνητα, στα φορτηγά και σε άλλα οχήματα.
<b>Broadcast / Studio</b>	Πρόκειται για μικρόφωνα τα οποία προσδίδουν υψηλή ποιότητα ήχου(επαγγελματικά) και χρησιμοποιούνται σε στούντιο ηχογράφησης ή αποτελούν τον εξοπλισμό των τηλεοπτικών και ραδιοφωνικών εγκαταστάσεων.
<b>Computer / Consumer Electronics / Gaming</b>	Σχεδιασμένο για χρήση σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές μικρόφωνο για χρήση σε κάθε εφαρμογή των ηλεκτρονικών καταναλωτικών ειδών, συμπεριλαμβανομένων των video games, ηχεία της τηλεόρασης, παιχνιδιών, κλπ.
<b>Headset / Helmet</b>	Σχεδιασμένο μικρόφωνο το οποίο αφήνει σε ελευθερία τα χέρια του χρήστη.
<b>Loudspeaker / Public Address</b>	Μικρόφωνο ειδικά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο για χρήση σε δημόσια συστήματα ή για εφαρμογή σε δημόσιες εγκαταστάσεις.
<b>Music / Audio Systems</b>	Κατάλληλο μικρόφωνο για χρήση κατά την αναπαραγωγή ενός ήχου και μουσικής υψηλής πιστότητας.
<b>Security / Paging</b>	Σχεδιασμένο μικρόφωνο για χρήση σε εφαρμογές όπως τα συστήματα ενδοεπικοινωνίας, ή και τηλεειδοποίησης ή ανακοινώσεις.

**Telephone / Voice Communication**

Το μικρόφωνο είναι σχεδιασμένο για χρήση με τηλέφωνα καθώς και με άλλα προϊόντα φωνητικής επικοινωνίας.

**Περιβάλλον**

**Operating Humidity Range:** Αναφέρει το εύρος της υγρασία μέσα στο οποίο μπορεί να λειτουργήσει το μικρόφωνο.

**Operating Temperature Range:** Προσδιορίζεται το εύρος της θερμοκρασίας μέσα στο οποίο λειτουργεί φυσιολογικά το μικρόφωνο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ ΤΑ ΜΕΓΑΦΩΝΑ

Ο τελευταίος κρίκος της αλυσίδας όλων των συγκροτημάτων αναπαραγωγής ήχου, τα ηχεία, είναι τα πλέον κρίσιμα μιας και το μεγαλύτερο μέρος του τελικά αναπαραγόμενου ήχου οφείλεται σ' αυτά. Ο σκοπός των ηχείων είναι να μετατρέψουν το ηλεκτρικό σήμα, το οποίο έρχεται από τον ενισχυτή, σε μεταβολές της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι μεταβολές αυτές ονομάζονται ήχοι (για ορισμένες συχνότητες). Για να μπορέσουν τα ηχεία να φέρουν σε πέρας αυτή τους την αρμοδιότητα, δηλαδή την μετατροπή, εφαρμόζουν τους κλασικούς νόμους του ηλεκτρομαγνητισμού, με βάση τους οποίους είναι δυνατή η παραγωγή κίνησης από ηλεκτρικό ρεύμα αλλά και το αντίστροφο. Η πλειονότητα των ηχείων που κυκλοφορούν σήμερα στην παγκόσμια αγορά είναι τα ηλεκτροδυναμικά ηχεία τα οποία χρησιμοποιούν ένα ή περισσότερα μεγάφωνα με μόνιμο μαγνήτη και πηνίο. Στα μεγάφωνα αυτά, το ηλεκτρικό ρεύμα του ενισχυτή περνά μέσα από το πηνίο του μεγάφωνου (που λέγεται πηνίο φωνής). Το πηνίο αυτό είναι τοποθετημένο γύρω από ένα μόνιμο μαγνήτη. Η διέλευση του ρεύματος από το πηνίο προκαλεί ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις τόσο στο πηνίο όσο και στο μαγνήτη. Αν τώρα ο μαγνήτης είναι μόνιμα στερεωμένος και το πηνίο είναι προσαρμοσμένο στην άκρη ενός κινητού κώνου, το αποτέλεσμα των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων θα είναι κίνηση του κώνου και -μέσω αυτού- κίνηση μαζών αέρα, δηλαδή η παραγωγή ήχου. Η κίνηση αυτή εξαρτάται από το ηλεκτρικό ρεύμα που περνά από το πηνίο και ο παραγόμενος ήχος ελέγχεται από τον ενισχυτή. Τα μεγάφωνα είναι δυνατόν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες ως προς την ηλεκτρομηχανική συμπεριφορά τους:

### α) Τους **Reciprocal Transducers (μετατροπείς αμοιβαιότητας)**

Σε αυτήν την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται οι κρυσταλλικοί, οι ηλεκτροστατικοί και οι κεραμικοί μετατροπείς.

### β) Τους **Antireciprocal Transducers (μετατροπείς μη αμοιβαιότητας)**

Σε αυτούς περιλαμβάνονται κυρίως οι μετατροπείς κινητού πηνίου και οι συναφείς προς αυτούς.

Οι πρώτοι, οι μετατροπείς αμοιβαιότητας, έχουν χωρητικό χαρακτήρα (παρόμοια συμπεριφορά με αυτή των πυκνωτών) ενώ οι δεύτεροι, μετατροπείς μη αμοιβαιότητας, έχουν αυτεπαγωγική συμπεριφορά (παρόμοια συμπεριφορά με αυτήν των πηνίων).

## 5.1 Είδη των μεγαφώνων.

Τα μεγάφωνα μπορούμε να τα κατατάξουμε ακόμα σύμφωνα με την αρχή που χρησιμοποιούν για την παραγωγή του ήχου, και στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Μεγάφωνα δυναμικά
- Μεγάφωνα ηλεκτροστατικά
- Μεγάφωνα μαγνητοστατικά

- Μεγάφωνα Πιεζοηλεκτρικά
- Μεγάφωνα Ιονισμού
- Μεγάφωνα Μετασχηματισμού κίνησης αέρα (AMT HEIL)
- Μεγάφωνα NXT

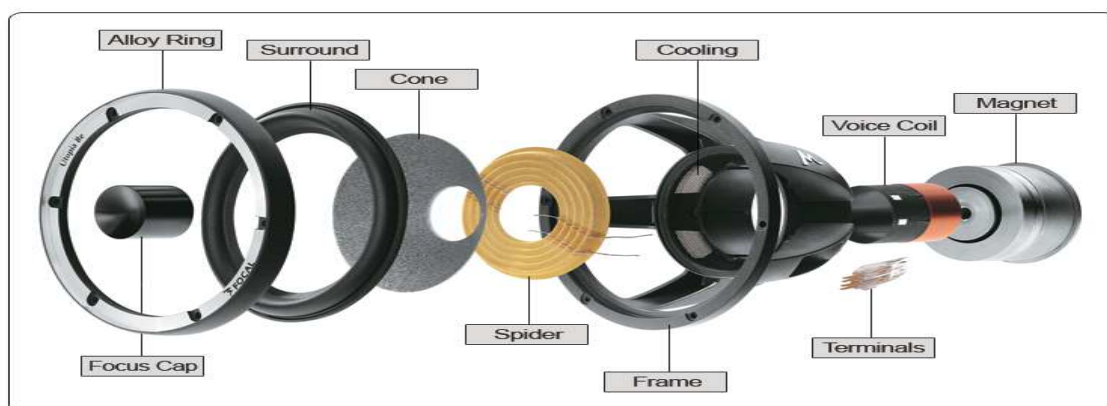
## ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΜΕΓΑΦΩΝΩΝ

### 5.1.1 ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΕΓΑΦΩΝΑ

Ένας από τους πλέον πιο διαδεδομένους τύπους μεγαφώνων είναι τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα.

Η αρχή της λειτουργίας τους είναι απλή.

Ένα πηνίο το οποίο διαρρέεται από ρεύμα βρίσκεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο. Εξαιτίας του ρεύματος που το διαρρέει του ασκείται και μια μαγνητική δύναμη, η οποία είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος. Κατά συνέπεια οποιαδήποτε μεταβολή στο ρεύμα σημαίνει και μια αντίστοιχη μεταβολή στην κίνηση του πηνίου. Το πηνίο είναι ενωμένο με ένα διάφραγμα, άρα και η κίνηση του πηνίου συνεπάγεται με την κίνηση του διαφράγματος. Στο παρακάτω σχήμα διακρίνεται ένα ηλεκτροδυναμικό μεγάφωνο καθώς και τα τμήματα τα οποία το αποτελούν.



Woofers Technology

www.utopia-be.com

#### 5.1.1

Στο πίσω μέρος του μεγαφώνου βρίσκεται ένας μόνιμος μαγνήτης (magnet) μέσω του οποίου δημιουργείται το μαγνητικό πεδίο.

Το πηνίο (voice coil) είναι σε κυλινδρικό σχήμα και βρίσκεται γύρω από τον μαγνήτη. Το διάφραγμα στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ένας κώνος (cone). Σε άλλα όμως μεγάφωνα μπορεί να έχει και σχήμα θόλου. Για να μπορεί το διάφραγμα να ακολουθεί την κίνηση του πηνίου είναι αναγκαίο να στηρίζεται με επαρκή τρόπο. Για αυτόν τον λόγο υπάρχει μία εσωτερική ανάρτηση που πολλές φορές την ονομάζουμε "αράχνη" (spider) και μία εξωτερική ανάρτηση (surround). Αυτές οι δύο αναρτήσεις επιτελούν το εξής δύσκολο έργο: από την μία θα πρέπει να έχουν αρκετά μικρή απόσβεση ώστε να μην εμποδίζουν την κίνηση του πηνίου και από την άλλη αρκετά

μεγάλη απόσβεση ώστε να σταματάνε τον κώνο αμέσως μόλις σταματήσει και η κίνηση του πηνίου.

Σε αυτό ακριβώς το σημείο έχουμε και τον πρώτο συμβιβασμό.

Αφού όμως δεν είναι εφικτό να συμβαίνουν και τα δύο ταυτόχρονα, δεν μπορούμε να περιμένουμε μια ιδανική συμπεριφορά από ένα ηλεκτροδυναμικό μεγάφωνο σε αυτό τον τομέα.

Η απόσβεση των αναρτήσεων αυτών εξαρτάται πρωτίστως από την συχνότητα που αναπαράγουν.

Το δεύτερο κρίσιμο σημείο στην λειτουργία ενός ηλεκτροδυναμικού μεγαφώνου, είναι το υλικό κατασκευής του διαφράγματος.

Τα παλαιότερα χρόνια χρησιμοποιούσαν σχεδόν αποκλειστικά χαρτί σε διάφορες μορφές, μιας και το χαρτί συνδύαζε χαμηλό βάρος και καλή ακαμψία. Λίγο αργότερα δοκιμάστηκαν συνθετικά πλαστικά, με καλύτερο όλων το Bextrane που χρησιμοποιούσε η KEF στα μεγάφωνα των BBC monitors και όχι μόνο. Το συγκεκριμένο είχε πολύ μεγάλη ακαμψία και βάρος λίγο μεγαλύτερο του χαρτιού κάτι το οποίο απαιτούσε, για την ορθή λειτουργία του μεγαλύτερους μαγνήτες. Εκτός του Bextrane έχει δοκιμαστεί με αρκετά καλά αποτελέσματα και το πολυπροπυλένιο. Σήμερα γίνεται χρήση κώνων και θόλων από μέταλλα, από κεραμικά υλικά, αλλά και από επεξεργασμένο χαρτί.

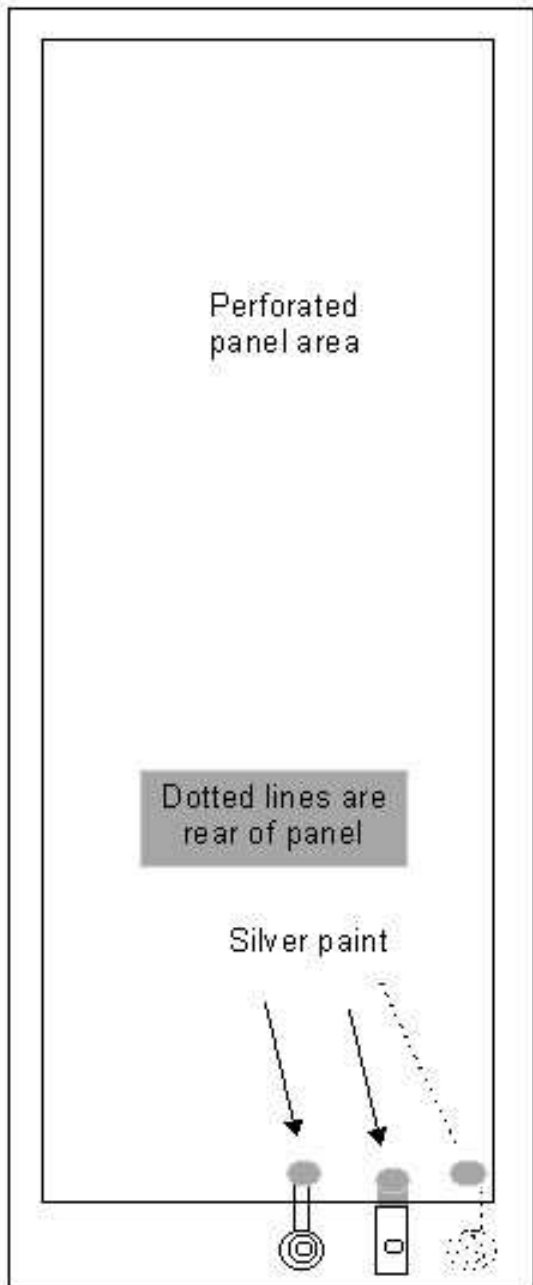
Στο παραπάνω σχήμα τώρα παρατηρούμε ότι εκτός των αναφερομένων τμημάτων και το πλαίσιο του μεγαφώνου (frame) που είναι συνήθως μεταλλικό-μη μαγνητικό (αν και υπάρχουν και φθηνές υλοποιήσεις αυτού όπου είναι πλαστικό). Σκοπός του είναι να στηρίζει το μαγνήτη και τον κώνο. Εκτός αυτού υπάρχουν οι ακροδέκτες του πηνίου (terminals).

Ο συγκεκριμένος μαγνήτης έχει μία τρύπα στο κέντρο του. Ο ρόλος της τρύπας είναι να επιτρέπει τον αέρα να κυκλοφορεί ελεύθερα μέσα στο μαγνητικό πεδίο χωρίς να εμποδίζει την λειτουργία του πηνίου.

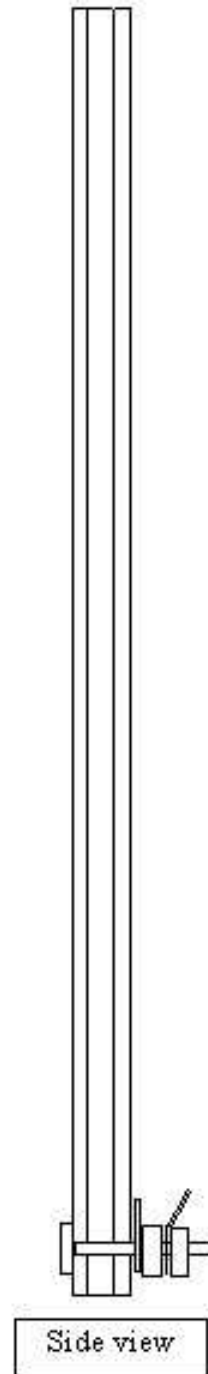
Κάποιοι κατασκευαστές δεν έχουν τρύπες στους μαγνήτες και χρησιμοποιούν τον αέρα του μαγνητικού πεδίου σαν ένα επιπλέον ελαστικό σύνδεσμο (ελατήριο) ανάρτησης.

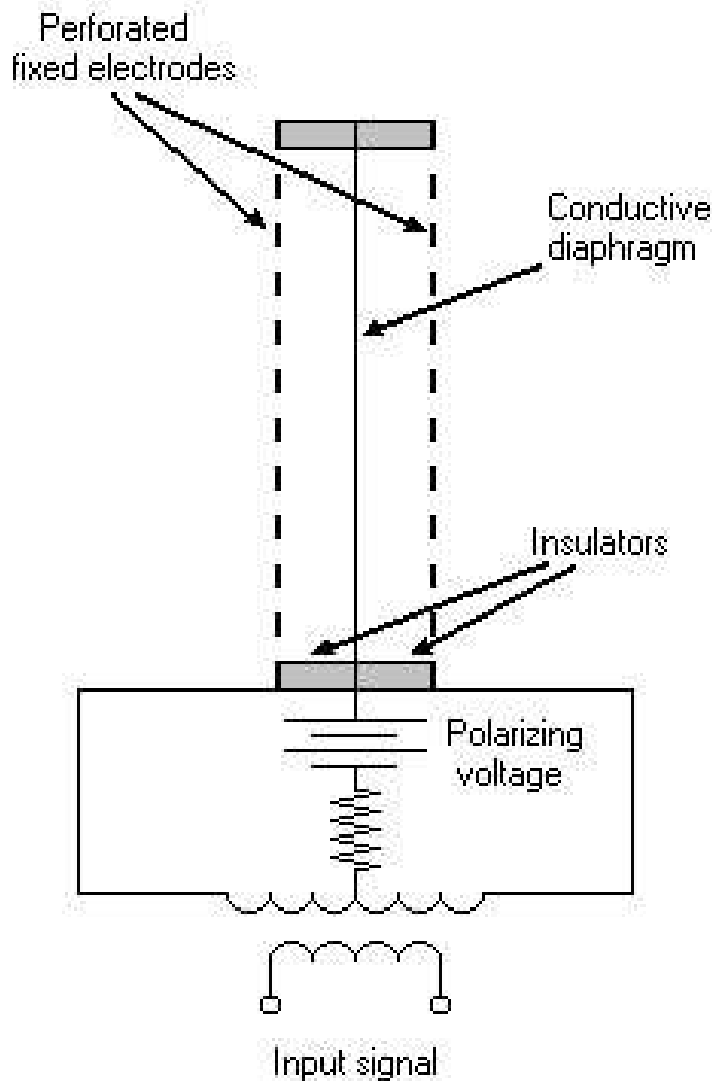
### **5.1.2 Ηλεκτροστατικά μεγάφωνα.**

Ένα ηλεκτροστατικό μεγάφωνο βασίζεται σύμφωνα με την αρχή των ηλεκτροστατικών πεδίων. Παρακάτω ακολουθεί το διάγραμμα ενός ηλεκτροστατικού μεγαφώνου.



Panel showing location of connection bolts, lugs and silver paint / alarm tape connections.





5.1.2

Η βασική διάταξη του αποτελείται από μία πολύ λεπτή μεμβράνη (συνήθως κατασκευασμένη από mylar ή άλλο συνθετικό πλαστικό πάχους της τάξεως των μόλις 5-30 εκατομμυριοστά του μέτρου!!!) η οποία είναι θετικά φορτισμένη μέσω κάποιας ηλεκτρικής πηγής, και η οποία βρίσκεται τοποθετημένη μεταξύ 2 παράλληλων ηλεκτρικών αγωγίμων και διάτρητων ακουστικά διαπερατών πλακών, γνωστών και ως στάτορες. Η μεμβράνη βρίσκεται ακριβώς στο μέσον της απόστασης μεταξύ των δύο στατόρων.

Οι δύο στάτορες με τη σειρά τους είναι συνδεδεμένοι με κάποιον μετασχηματιστή τύπου Τ έτσι ώστε μέσα από κάποια κατάλληλη διέγερση στην είσοδο του μετασχηματιστή να είναι εφικτή η ανάπτυξη διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλακών. Σε κατάσταση ηρεμίας η διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλακών είναι μηδέν. Στην περίπτωση όμως την οποία τοποθετηθεί η μεμβράνη, η οποία είναι θετικά φορτισμένη, θα φορτίσει με επαγωγή αρνητικά τους δύο στάτορες. Τα φορτία που θα αναπτυχθούν στους στάτορες θα είναι ίσα αλλά και αντίθετα με αυτά της μεμβράνης.

Έτσι θα ασκηθούν ίσες και αντίθετες δυνάμεις στην μεμβράνη αναγκάζοντάς κατά αυτό τον τρόπο να παραμένει ακίνητη. Σε περίπτωση που εφαρμοστεί κάποια διαφορά δυναμικού στον μετασχηματιστή, θα δημιουργηθεί στιγμιαία διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλακών, και έτσι οι δυνάμεις που θα ασκούν οι στάτορες στην μεμβράνη θα πάνου να είναι πλέον ίσες. Η μεμβράνη τότε θα κινηθεί προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης δύναμης αναγκάζοντας παράλληλα και τον αέρα να κινηθεί προς την ίδια πλευρά (πύκνωμα).

Αν αλλάξει η πολικότητα του σήματος θα αλλάξει και η φορά κίνησης της μεμβράνης και έτσι ο αέρας θα κινηθεί προς τα πίσω (αραιώμα). Κατ' επέκταση λοιπόν αν η διαφορά δυναμικού που εφαρμοστεί στον μετασχηματιστή είναι εναλλασσόμενη τότε θα υπάρξει και η δημιουργία ακουστικού κύματος.

### **Πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα σε σχέση με τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα:**

-Η μεμβράνη του ηλεκτροστατικού μεγαφώνου, όπου η ακρίβεια της κίνησης της εξαρτάται από τις φυσικές τις ιδιότητες, έχει ελάχιστη μάζα σε σχέση με τον κώνο ενός ηλεκτροδυναμικού μεγαφώνου. Άρα έχει χαμηλή αδράνεια και υψηλή ενδοτικότητα (κινητικότητα), με αποτέλεσμα να ανταποκρίνεται καλύτερα στις εναλλαγές του σήματος εισόδου και ιδιαίτερα στα μεταβατικά σήματα.

-Οι δυνάμεις οι οποίες κινούν την μεμβράνη αναπτύσσονται σε όλη την επιφάνειά της (σε αντίθεση με τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα όπου αναπτύσσονται μόνο στο σημείο επαφής με το πηνίο) Αποφεύγονται έτσι οι αλλοιώσεις που εισάγονται από την μηχανική σύνδεση πηνίου-κώνου, λόγω των παραμορφώσεων του κώνου.

-Στην μεμβράνη ασκείται πάντα ζεύγος αντίρροπων δυνάμεων και έτσι ελέγχεται καλύτερα η κίνησή της.

Το ελαφρύ διάφραγμα συνέβαλε επίσης στην αναπαραγωγή των υψηλών συχνοτήτων. Για τις χαμηλές συχνότητες όμως έπρεπε να αυξηθεί σημαντικά η επιφάνεια του ηχείου και ταυτόχρονα να μειωθεί η οριζόντια μετατόπισή του έτσι ώστε να επιτευχτεί καλύτερη γραμμικότητα.

Με βάση αυτή την μέθοδο κατασκευάστηκαν full range ηλεκτροστατικά ηχεία από το 1955 και έπειτα.

Για να υπάρξει ταυτόχρονα και καλή απόδοση ακουστικής ισχύος θα πρέπει να μειωθεί η μάζα και η δυσκαμψία της μεμβράνης. Στην πράξη όμως δεν είναι εφικτό ούτε να μειωθεί κατά πολύ η μάζα της μεμβράνης και η δυσκαμψία της αλλά ούτε να μεγαλώσει κατά πολύ το εμβαδόν του μεγαφώνου, ώστε να γίνει μεγαλύτερο από το μήκος κύματος της χαμηλότερης αναπαραγόμενης συχνότητας.

Το μεγάλο διάφραγμα όμως δημιουργεί και άλλα προβλήματα, όπως αυτό της κατευθυντικότητας των υψηλών συχνοτήτων που πλέον εστιάζονται μόνο σε μια μικρή περιοχή του χώρου. Οπότε είναι αυστηρά περιορισμένη η θέση ακρόασης, και κατά δεύτερον μπορεί να έχουμε και ανεπιθύμητους χρωματισμούς, λόγω κακής συμβολής του απευθείας και του ανακλώμενου ήχου.

**Γενικά όμως τα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα έχουν λιγότερες παραμορφώσεις από ότι τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα.**

Τα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα είναι χωρητικά φορτία γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην οδήγησή τους από πρησμένους ενισχυτές.

Συγκεκριμένα μπορεί να εμφανιστεί αστάθεια τελικού σταδίου ενισχυτή, για αυτόν το λόγο οι ενισχυτές χωρίς ανάδραση ή με λίγη ανάδραση δεν συνιστώνται.

Τέλος αν το μεγάφωνο οδηγηθεί σε μεγάλες στάθμες τότε κάνει μεγάλες οριζόντιες

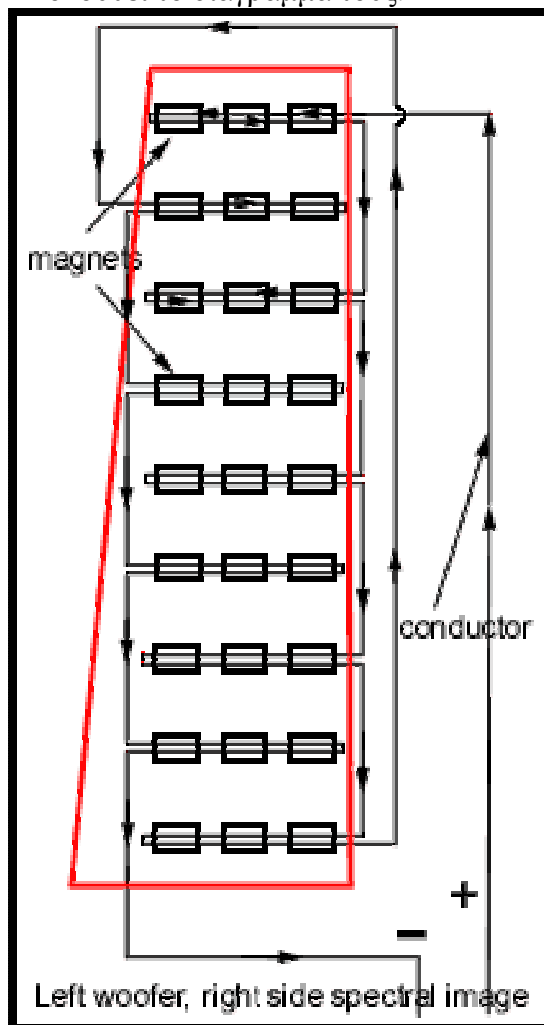
διαδρομές κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα:

- α) μη γραμμική οδήγηση των μεγαφώνων, χρωματισμοί και
- β) υπάρχει η περίπτωση να δημιουργηθεί σπινθήρας, με αποτέλεσμα την καταστροφή της μεμβράνης μιας και αυτή πλησιάζει τον στάτορα.

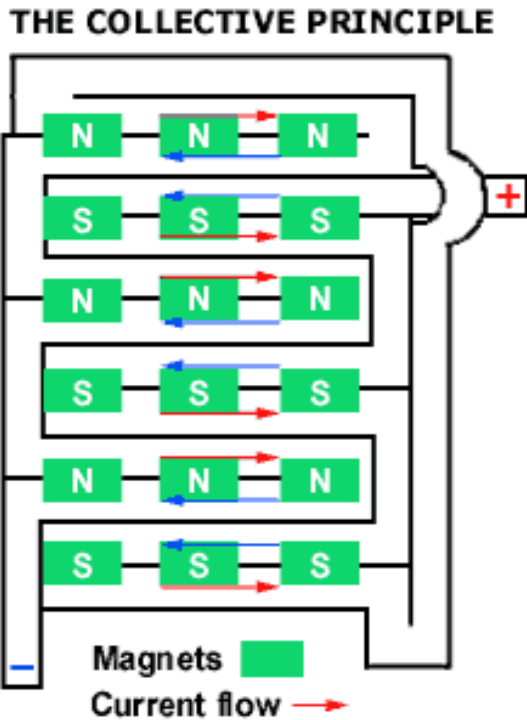
### 5.1.3 Μαγνητοστατικά μεγάφωνα

Τα μαγνητοστατικά μεγάφωνα για την λειτουργία τους συνδυάζουν την χρήση ενός επίπεδου διαφράγματος με ένα πηνίο , έχοντας σαν σκοπό να προσεγγίσουν τα πλεονεκτήματα τόσο των ηλεκτροστατικών μεγαφώνων, όσο και των ηλεκτροδυναμικών μεγαφώνων.

Ακολουθεί το διάγραμμα τους.



5.1.3



5.1.4

Σήμερα τα μαγνητοστατικά μεγάφωνα έχουν συνήθως δύο σειρές από μαγνητικές ράβδους την μία απέναντι από την άλλη, και το διάφραγμα βρίσκεται ανάμεσα των μαγνητικών ράβδων.

Το διάφραγμα εμπεριέχει ένα δίκτυο λεπτότατων αγωγών το οποίο διαρρέεται από ρεύμα και δημιουργεί με την σειρά του απώσεις και έλξεις με τους μόνιμους μαγνήτες όπως συμβαίνει και στα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα όπου η κίνηση του διαφράγματος δημιουργεί κίνηση του αέρα, άρα και την παραγωγή ήχων.

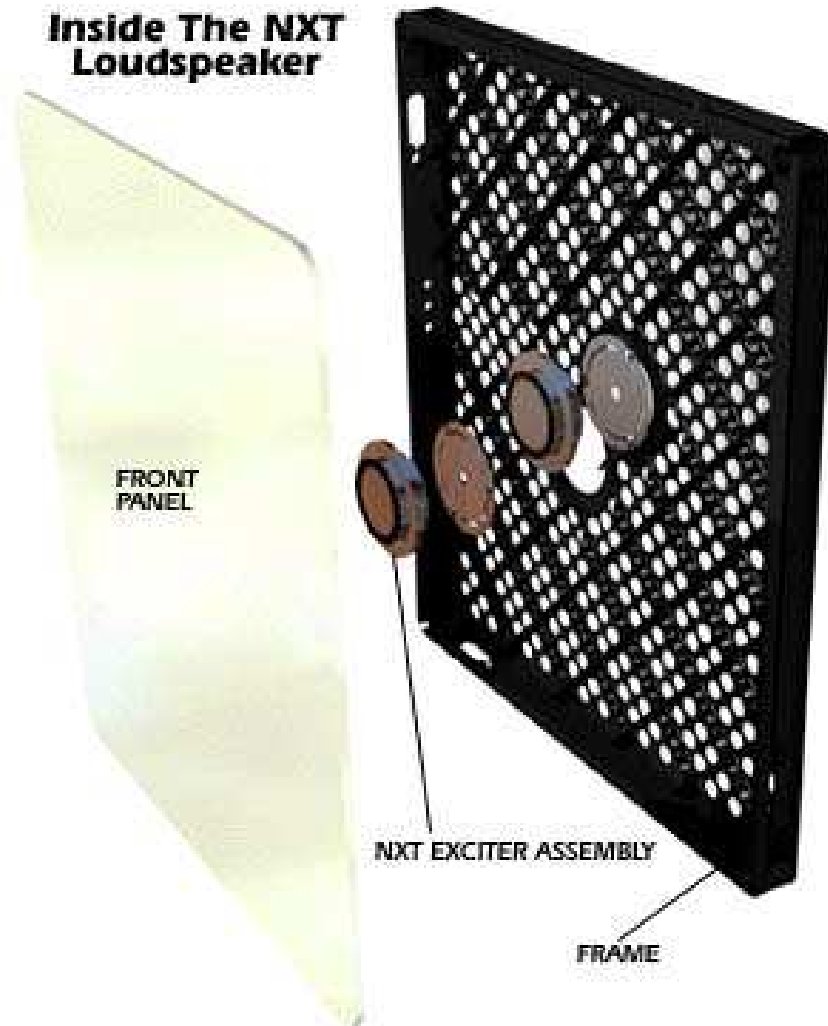
Το δίκτυο των αγωγών κάνει το διάφραγμα-μεμβράνη πολύ βαρύτερο απ' ότι είναι στα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα. Γι' αυτό ακριβώς το λόγο θεωρείται από μερικούς η διαφάνεια και η λεπτομέρεια του παραγόμενου ήχου κατώτερη από ότι στα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα.

Η αντίσταση εισόδου ενός τέτοιου ηχείου είναι ουσιαστικά η αντίσταση των μεταλλικών αγωγών, η οποία είναι πολύ χαμηλή (κάποια μοντέλα της Apogee είχαν ελάχιστη αντίσταση κοντά στο 1ohm!!!) με αποτέλεσμα να απαιτείται για την ορθή λειτουργία τους και η χρήση κάποιου μετασχηματιστή μεταξύ του μεγαφώνου και του ενισχυτή.

Το σημαντικό πλεονέκτημα των μαγνητοστατικών μεγαφώνων έναντι των ηλεκτροστατικών μεγαφώνων είναι το ότι δεν χρησιμοποιείται υψηλή τάση τροφοδοσίας, και άρα υπάρχει χαμηλό κόστος και παράλληλα υψηλή αξιοπιστία.

### 5.1.4 Μεγάφωνα τύπου NXT





### 5.1.5

Πρόκειται για την πλέον καινούρια υλοποίηση μεγαφώνου. Ουσιαστικά είναι ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα έχοντας σαν μοναδική διαφορά τους το ότι χρησιμοποιούν επίπεδο διάφραγμα.

Η αφορμή για την δημιουργία ενός τέτοιου είδους μεγαφώνου δόθηκε το 1996 όταν ο Stan Curtis βρέθηκε μπροστά σε ένα άρθρο που αναφερόταν στην δημιουργία ενός μεγάφωνου κατανεμημένου τρόπου λειτουργίας (Distributed Mode Loudspeaker, DML), το οποίο ήταν μία πατέντα μίας υπηρεσίας του υπουργείου αμύνης του Ηνωμένου Βασιλείου.

Έτσι ο Curtis άδραξε την ευκαιρία και μαζί με τον Henry Azima (διευθυντή του Verity Group) κατόρθωσε να αποκτήσει μία άδεια χρήσης της τεχνολογίας.

Η διαφορά του NXT πάνελ σε σχέση με τα κοινά ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα είναι ότι τα NXT πάνελ δεν έχουν πιστονική κίνηση του διαφράγματος.

Το διάφραγμα τους είναι επίπεδο, από δύσκαμπτο υλικό, πάχους από 3 μέχρι 20mm και το εμβαδό τους κυμαίνεται από 25cm sq μέχρι και 100m sq.

Ακριβώς πίσω από το πάνελ βρίσκεται και ο ηλεκτροδυναμικός μετατροπέας.

Ο μετατροπέας λοιπόν δονεί το διάφραγμα με διαφορετικό τρόπο όμως απ' ότι δονείται στα κλασικά ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα. Ουσιαστικά προσπαθεί να διεγείρει την κίνηση ολόκληρου του διαφράγματος και όχι μόνο του σημείου επαφής.

Η συμπεριφορά του διαφράγματος τους θυμίζει δίπολο (dipole) στις χαμηλές και αμφίπολο (dipole) στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες. Ακόμα και σε αυτό το είδος όμως των μεγαφώνων υπάρχουν κάποια προβλήματα. Η βιομηχανία του Audio δείχνει ακόμα πολύ επιφυλακτική στην χρήση τέτοιων μεγαφώνων (με εξαίρεση την χρήση στη χρήση τους για home cinema ηχεία). Από την άλλη, αυτή η τεχνολογία έχει βρει τεράστια απήχηση σε όλους τους υπόλοιπους κλάδους της βιομηχανίας. Έτσι πλέον χρησιμοποιείται από τα κινητά τηλέφωνα μέχρι στις τηλεοράσεις πλάσματος... Αξίζει να αναφερθεί ότι έχουν ξεκινήσει κάποιες προσπάθειες για την δημιουργία ενός μεγαφώνου που θα λειτουργεί πιστονικά στις χαμηλές συχνότητες και με χρήση τεχνικών DML για τις μεσαίες και τις υψηλές συχνότητες.

### **5.1.5 Ηλεκτροστατικά ή μαγνητοστατικά ηχεία.**

Σ' αυτά ο ήχος παράγεται από μια επιφάνεια (μεμβράνη) που έχει τη δυνατότητα να κινείται μέσα σε ένα μαγνητοστατικό ή ηλεκτροστατικό πεδίο. Η μεμβράνη αυτή πάλλεται ανάλογα με την ένταση του πεδίου και κινεί τον αέρα με αποτέλεσμα να παράγεται ήχος. Τα ηχεία αυτά μπορούν να παράγουν σχετικά εύκολα τις μεσαίες και υψηλές συχνότητες, παρουσιάζουν όμως κάποια προβλήματα στην αναπαραγωγή των χαμηλών συχνοτήτων. Το πρόβλημα αυτό είναι ότι χρειάζονται πολύ μεγάλες επιφάνειες πολλαπλάσιες της επιφάνειας των συνηθισμένων ηλεκτροδυναμικών μεγαφώνων. Ωστόσο τα ηχεία αυτά παρουσιάζουν σαφή θεωρητικά πλεονεκτήματα ποιότητας (έχουν λιγότερες παραμορφώσεις και πολύ περισσότερο ελεγχόμενη απόκριση συχνότητας). Είναι σαφώς πιο ακριβά, πολύ πιο δύσκολα στην τοποθέτηση και δυσεύρετα, γεγονός που τα φέρνει σε μειονεκτική θέση τη στιγμή που αρκετά ηλεκτροδυναμικά ηχεία τα πλησιάζουν ή και τα φτάνουν σε απόδοση κατά την πράξη.

## **5.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Τα γενικά χαρακτηριστικά ισχύουν ταυτόσημα για ηχεία, δηλαδή απόκριση συχνότητας, παραμορφώσεις και δυναμική περιοχή. Σημειώνουμε πως και στην περίπτωση των ηχείων, όπως και στους ενισχυτές, τόσο η απόκριση συχνότητας όσο και οι παραμορφώσεις εξαρτώνται πολύ τόσο από την απόκριση συχνότητας όσο και από την ισχύ λειτουργίας. Γι' αυτό πριν από κάθε κρίση/σύγκριση θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι είναι σαφώς καθορισμένα και η ισχύς και η συχνότητα). Ακόμη ως προς τη δυναμική περιοχή, στα ηχεία ενδιαφέρει μόνο η μέγιστη στάθμη εξόδου, μιας και δε γεννιέται σ' αυτά θόρυβος. Η μέγιστη στάθμη εξόδου, όπως και όλες οι στάθμες εξόδου, στα ηχεία, μετριούνται σε ντεσιμπέλ ηχητικής πίεσης (dB SPL, από τα αρχικά Sound Pressure Level). Η αναφορά των 0dB SPL είναι το κατώφλι ακουστότητας,  $0,0002 \text{ dyn/cm}^2$  και μια οποιαδήποτε στάθμη μετριέται με βάση το νόμο των ντεσιμπέλ. Ας δούμε όμως μερικά από τα πιο ενδιαφέροντα στα ηχεία μεγέθη.

### **α. Ισχύς.**

Είναι η μέγιστη ηλεκτρική συνεχής ισχύς την οποία μπορεί να δεχθεί ένα ηχείο πριν κινδυνεύσει σοβαρά αυτό να καταστραφεί.

**«Όσο πιο μεγάλη είναι η ισχύς ενός ηχείου δεν σημαίνει ότι τόσο πιο δυνατά παίζει».**

Το ηχείο είναι ένας μετατροπέας ισχύος, δηλαδή μετατρέπει την ηλεκτρική ισχύ που του δίνει ο ενισχυτής σε ακουστική ισχύ (κίνηση των μεγάφωνων). Αυτή την ακουστική ισχύ και εμείς ακούμε. Έτσι λοιπόν ένα ηχείο θα ακούγεται δυνατότερα από ένα άλλο αν παράγει μόνο μεγαλύτερη ακουστική ισχύ. Μεγαλύτερη ακουστική ισχύς όμως δε σημαίνει και μεγαλύτερη ηλεκτρική ισχύ. Γιατί αν υποθέσουμε ότι δίνουμε την ίδια ηλεκτρική ισχύ σε δύο διαφορετικά ηχεία από τα οποία το ένα μετατρέπει το 1% σε ακουστική ισχύ και το άλλο το 2%, τότε το δεύτερο ακούγεται πολύ δυνατότερα από το πρώτο παρόλο που δέχονται την ίδια ισχύ «είναι της ίδιας ισχύος». Η ισχύς θέτει απλά το όριο στην ισχύ του ενισχυτή. Ο μηχανισμός καταστροφής των μεγαφώνων των ηχείων είναι θερμικός. Δηλαδή αν φθάσει στο πηνίο φωνής ενός μεγάφωνου υπερβολικό ηλεκτρικό ρεύμα, ανεβαίνει η θερμοκρασία του υπερβολικά μέχρι που λιώνει το λεπτό σύρμα του σε κάποιο σημείο και κόβεται, με αποτέλεσμα να μην παίζει πια το μεγάφωνο. Ας υποθέσουμε τώρα ότι σε ένα μεγάφωνο η θερμοκρασία καταστροφής του πηνίου φωνής είναι 200° C. Αν μελετήσουμε τώρα τη λειτουργία του θα δούμε ότι μπορούμε να φθάσουμε τη θερμοκρασία αυτή επιβάλλοντας διάφορες τιμές ισχύος για διάφορα χρονικά διαστήματα.

Για παράδειγμα μπορούμε να φθάσουμε τους 200° C δίνοντας 30W για πάνω από 10 δευτερόλεπτα, ή 50W για 10 δευτερόλεπτα, ή 80W για 7 δευτερόλεπτα, ή 100W για 3 δευτερόλεπτα, ή 150W για 1 δευτερόλεπτο!

Η ένδειξη τώρα συνεχής ισχύς (ή RMS) σημαίνει ότι η τιμή ισχύος που δίνεται είναι για άπειρο χρόνο. Στη μουσική όμως ποτέ η στάθμη δεν είναι σταθερή. Υπάρχει μια μέση τιμή ισχύος που παίζεται και υπάρχουν και οι στιγμιαίες κορυφές ( τα peaks). Οι κορυφές αυτές είναι, ανάλογα με το είδος της μουσικής, από 30% μέχρι και 100% μεγαλύτερες από τη μέση ισχύ του προγράμματος, διαρκούν δε από μερικά εκατοστά του δευτερόλεπτου μέχρι 1-2 δευτερόλεπτα. Έτσι το «τριαντάρι» ηχείο του προηγούμενου παραδείγματός μας μπορεί να αντέξει κορυφές συμφωνικού προγράμματος μέχρι και 150W, ενώ, σε μουσική ροκ με έντονη μέση στάθμη σήματος αντέχει άνετα 100W (χωρίς παραμόρφωση και χωρίς ρυθμιστικά πρίμων και μπάσων τα οποία αυξάνουν τη συνολική ισχύ που φθάνει στα ηχεία). Αν τώρα έχουμε έναν ενισχυτή 100W για τα ηχεία αυτά, θα έχουμε ένα θαυμάσιο ακουστικό αποτέλεσμα με τα ηχεία αυτά με καθαρές και αβίαστες κορυφές, αντίθετα με ότι θα συνέβαινε με έναν ενισχυτή 30W που δε θα μπορούσε να δώσει τις κορυφές και θα απέκοπτε (κλιπάριζε), εκτός από τον κίνδυνο καταστροφής των τουίτερ. Όταν ένας ενισχυτής οδηγείται σε αποκοπές (υπεροδηγείται, πράγμα συχνό σε περιπτώσεις μικρών ηχείων και ενισχυτών, όπου χρησιμοποιούν πολλοί στο τέρμα τα πρίμα και τα μπάσα και την ένταση του ενισχυτή) οι κυματομορφές του πλησιάζουν την

τετραγωνική μορφή. Αυτή τότε έχει αρκετές δεκάδες ή εκατοντάδες φορές μεγαλύτερη ισχύ στα πρίμα από τη μουσική. Έτσι, οδηγούμαστε σε κάψιμο του τούιτερ!(απότομη αποκοπή πρίμων).

### **β. Βαθμός απόδοσης.**

Το μέγεθος του βαθμού απόδοσης είναι σχετικό με την ισχύ. Μετριέται άλλοτε σαν ποσοστό επί τοις εκατό, δείχνοντας πόσο μέρος της ηλεκτρικής ισχύος γίνεται ακουστική και άλλοτε σε dB SPL για ηλεκτρική είσοδο 1W. Αντίστοιχα αν ο βαθμός απόδοσης (που συχνά αναφέρεται σαν ευαισθησία) είναι 85dB SPL/W/m, σημαίνει ότι αν βάλουμε στην είσοδό του 1W ηλεκτρικής ισχύος θα πάρουμε μια στάθμη 85dB SPL σε απόσταση ενός μέτρου απ' αυτό.

### **γ. Πολική απόκριση.**

Η απόκριση συχνότητας ενός ηχείου μεταβάλλεται ανάλογα με τη γωνία από την οποία τη μετράμε (εκεί που τοποθετούμε δηλαδή το μικρόφωνο). Έτσι συχνά οι κατασκευαστές δίνουν την απόκριση συχνότητας σε γωνία 30° ή 45°, μαζί με την απόκριση κατευθείαν στον άξονα του ηχείου. Ακόμη συχνά συναντάμε τα λεγόμενα πολικά διαγράμματα, που μας δείχνουν πως μεταβάλλεται η ηχητική στάθμη γύρω γύρω καθώς το ηχείο εκπέμπει μια σταθερή ισχύος συχνότητας. Συχνά όταν ένα ηχείο έχει ομοιόμορφη πολική απόκριση, δηλαδή δεν παρουσιάζονται μεγάλες διακυμάνσεις μεταβάλλοντας τη γωνία, λέμε ότι το ηχείο έχει καλή διασπορά.

### **δ. Αντίσταση εισόδου.**

Σαν αντίσταση εισόδου ενός ηχείου ορίζουμε το λόγο της τάσης διά την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει. Η αντίσταση εισόδου μεταβάλλεται κατά κανόνα ανάλογα με τη συχνότητα και η τιμή της παίζει μεγάλο ρόλο στη συμπεριφορά του ενισχυτή, όπως αναφέραμε πιο πάνω. Οι διεθνείς προδιαγραφές αναφέρουν ότι αν ένας κατασκευαστής δίνει μια ονομαστική τιμή αντίστασης για ένα ηχείο, η αντίσταση δε θα πρέπει να πέφτει περισσότερο από 20% κάτω απ' αυτή την τιμή, σε όλες τις συχνότητες από 20 ως 20.000Hz. Για παράδειγμα ένα ηχείο 8Ω δε θα πρέπει να παρουσιάζει αντίσταση χαμηλότερη αντίσταση από 6.4Ω σε όλες τις συχνότητες 20 ως 20.000Hz. Για παράδειγμα ένα ηχείο 8Ω δε θα πρέπει να παρουσιάζει αντίσταση χαμηλότερη αντίσταση από 6.4Ω σε όλες τις συχνότητες 20 ως 20.000Hz. Συνδέοντας ένα ηχείο σε έναν ενισχυτή θα πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι ταιριάζουν από πλευρά αντίστασης. Συνήθως όλοι οι ενισχυτές δέχονται ηχεία από 4 ως 16Ω ενώ τα περισσότερα ηχεία στην αγορά είναι 8Ω.

Προσοχή χρειάζεται κατά την διάρκεια σύνδεσης δύο ζευγών ηχείων όπου η αντίσταση πέφτει κατά πολύ, συγκεκριμένα συνδέοντας δύο ζεύγη ηχείων 8Ω, η ολική αντίσταση πέφτει στα 4Ω ενώ συνδέοντας δύο ζεύγη ηχείων 4Ω η ολική αντίσταση είναι 2Ω, πράγμα που πιθανότατα δημιουργεί προβλήματα.

### **Η κάλυψη του ηχητικού φάσματος.**

Το φάσμα των συχνοτήτων το οποίο αντιστοιχεί στην ανθρώπινη ακοή κυμαίνεται από 20Hz μέχρι και 20KHz.

Οι ήχοι που παράγουν όμως τα μουσικά όργανα αλλά και οι αρμονικές αυτών των ήχων ξεπερνούν τα στενά όρια του ανθρώπινου αυτιού. Η χαμηλότερη νότα π.χ. του εκκλησιαστικού οργάνου είναι στα 16,35Hz.

Ο σκοπός των μεγαφώνων είναι να μπορέσουν να αναπαράγουν αυτές τις συχνότητες. Με την χρήση όμως ενός μόνου μεγάφωνου δεν είναι εφικτή η αναπαραγωγή ολόκληρου του ηχητικού φάσματος.

Έτσι λοιπόν ξεκινάνε οι συμβιβασμοί κατά την αναπαραγωγή του ήχου. Ο πιο συνήθης συμβιβασμός είναι να χωριστεί το ακουστικό φάσμα σε 2 ή περισσότερα τμήματα και να αναλάβουν περισσότερα από 2 μεγάφωνα την σωστή αναπαραγωγή του φάσματος.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Αρχικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για να βρεθούν τα ακόλουθα μεγέθη:

- α) ο θόρυβος βάθους ,**
- β) ο Χρόνος Αντήχησης της αίθουσας, και**
- γ) η Στάθμη Ηχητικής Πίεσης.**

*(Για την εύρεση αυτών των μεγεθών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδο του μηδενισμού της πηγής).*

*Για την πραγματοποίηση αυτών των υπολογισμών έγινε η χρήση των ακόλουθων οργάνων.*

- ✘ Ηχόμετρο**
- ✘ Γεννήτρια ροζ θορύβου**
- ✘ Κονσόλα**
- ✘ Ηχείο**
- ✘ Ενισχυτής**

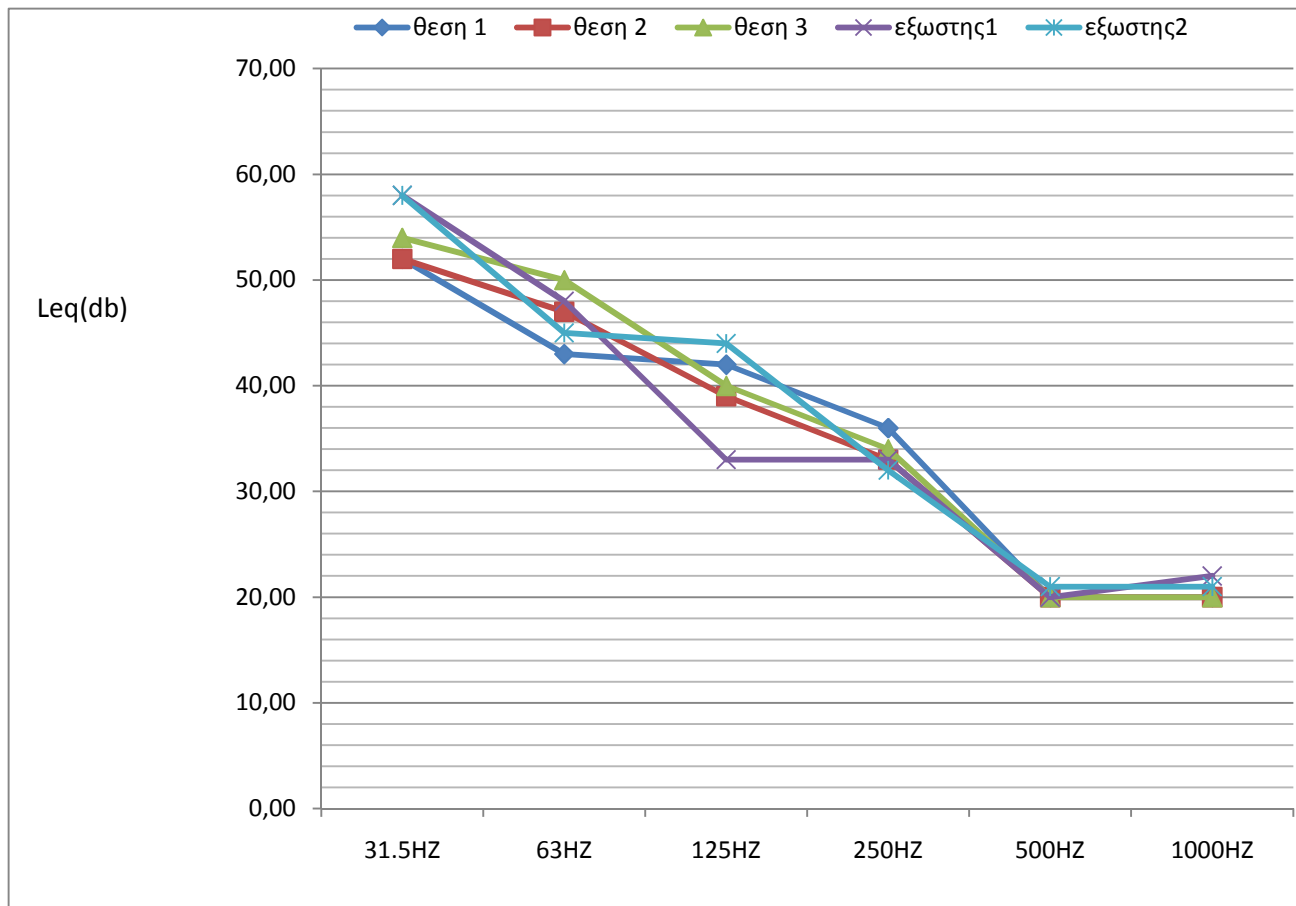
### **6.1.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟ ΒΑΘΟΥΣ**

Background noise ή στα ελληνικά, θόρυβος βάθους ονομάζεται το επίπεδο της στάθμης πίεσης που υπάρχει μέσα στον χώρο χωρίς να υπάρχει λειτουργία της

πηγής. Μια αίθουσα είναι αναγκαίο να υποστεί κάποιες αλλαγές ,δηλαδή διορθωτικές αλλαγές στην περίπτωση κατά την οποία η στάθμη του θορύβου βάθους βρεθεί να είναι συγκρίσιμος με την στάθμη της πηγής που μετράμε. Το ηχομέτρο τοποθετήθηκε σε ύψος ανάλογο με αυτό του καθισμένου ακροατή.Οι μετρήσεις που ακολουθούν του Θορύβου βάθους πραγματοποιηθήκαν σε τρία σημεία στην κεντρική αίθουσα του ωδείου και σε δύο θέσεις στον εξώστη (4-9) , (4-10) και (4-11).η διάρκεια μέτρησης σε κάθε διαφορετική θέση τοποθέτησης του ηχομέτρου ήταν 20 δευτερόλεπτα και μετρήθηκε ανά τριτοκτάβα.Το προϋπάρχων σύστημα εξαερισμού βρισκόταν σε λειτουργία.

#### Πίνακας μετρήσεων 6. 1

ΘΕΣΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ	31.5HZ	63HZ	250HZ	500HZ	1000KHZ
Πρώτη θέση στην κεντρική αίθουσα	52.2	43.4	36	20.2	20.3
Δεύτερη θέση στην κεντρική αίθουσα	52.3	47.2	33.2	20	20.4
Τρίτη θέση στην κεντρική αίθουσα	54	49.8	33.8	21.2	21.5
Πρώτη θέση στον εξώστη	58.1	47.8	33.8	20.7	22.2
Δεύτερη θέση στον εξώστη	58.1	45.3	32.1	21	21



Γράφημα πίνακα 6. 1

### 6.1.2 Χρόνος αντήχησης.

Χρόνος αντήχησης RT60 είναι ο χρόνος ο οποίος απαιτείτε ώστε η στάθμη θορύβου σε κάποιο σημείο να ελαττωθεί κατά 60dB μετά το μηδενισμό του εκπεμπόμενου θορύβου από την πηγή. Ο χρόνος αντήχησης εκφράζεται σε δευτερόλεπτα (sec).<sup>6</sup>

Και εδώ για την μέτρηση του χρόνου αντήχησης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδο του μηδενισμού της πηγής. Μέσα στον χώρο της αίθουσας εκπέμψαμε ροζ θόρυβο ο

<sup>6</sup> Σκαρλάτος 2003 σελίδα 155

οποίος μηδενίστηκε ακαριαία. Η μείωση της ηχοστάθμησης του ηχητικού πεδίου σε συνάρτηση του χρόνου έως ότου μηδενιστεί έγινε με τα την βοήθεια του ηχομέτρου και του αναλυτή. Ο χρόνος αντήχησης υπολογίστηκε μέσα από την καμπύλη που εμφανίστηκε στον αναλυτή. Οι συνήθεις συχνότητες οι οποίες χρησιμοποιούνται, και οι οποίες και εδώ χρησιμοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθες:

**125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz.**

Ο Χρόνος Αντήχησης μετρήθηκε, όπως και ο θόρυβος βάθους, σε πέντε θέσεις στην κεντρική αίθουσα σε δύο θέσεις στον εξώστη και σε τρεις θέσεις της πηγής επάνω στην σκηνή. Οι Θέσεις που τοποθετήθηκε η πηγή επάνω στην σκηνή είναι οι παρακάτω:

**Μέση** :τοποθέτηση του ηχείου στο μέσο της σκηνής σε απόσταση 1,50 m από το άκρο της σκηνής

**Δεξιά** :τοποθέτηση του ηχείου δεξιά από τον κεντρικό άξονα, η απόσταση από την μέση θέση είναι ίση με 4,00 m και 1,50 m από το άκρο της σκηνής

**Αριστερά** :τοποθέτηση του ηχείου αριστερά από το μέσο της σκηνής, η απόσταση από την μέση θέση είναι ίση με 4,00 m και 1,50 m από το άκρο της σκηνής.

#### **Συνδεσμολογία συσκευών:**

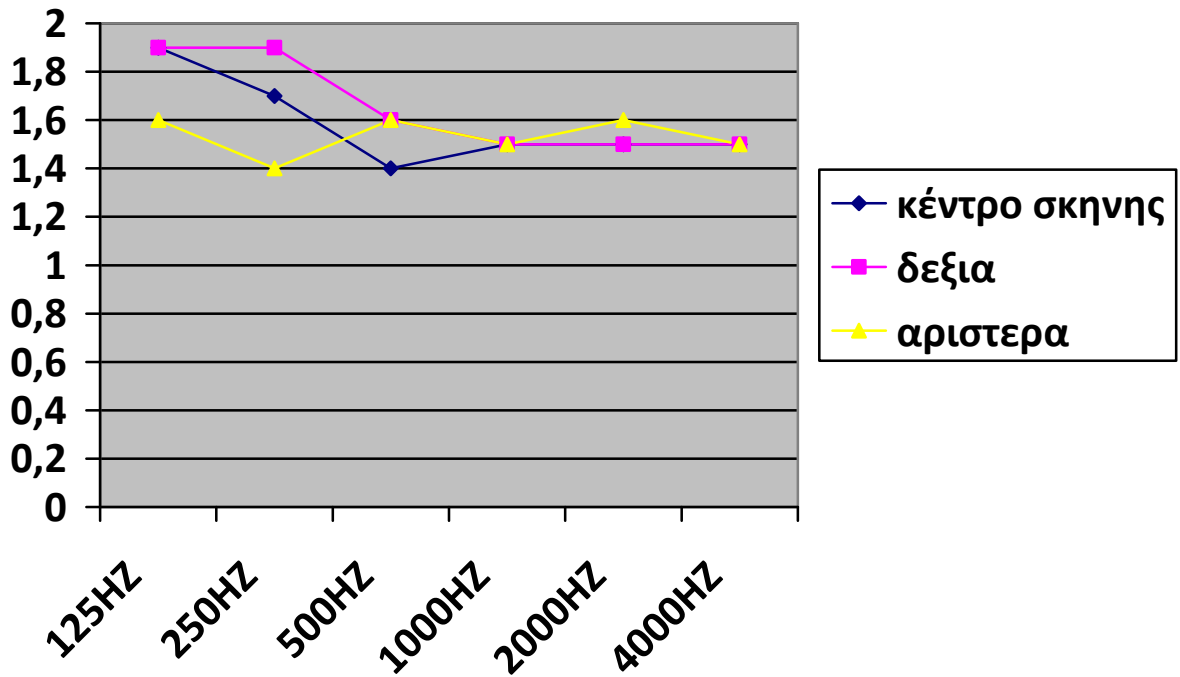
Η έξοδο της γεννήτριας που παράγει τον ροζ θορύβου συνδέθηκε με την είσοδο ενός καναλιού της κονσόλας ήχου, το σήμα οδηγούνταν μέσα από το κανάλι της κονσόλας οδηγήθηκε στον ενισχυτή και στην συνέχεια στο ηχείο-μόνιτορ,, το οποίο είχαμε εγκαταστήσει επάνω στην σκηνή στις θέσεις τις οποίες προαναφέρθηκαν. Επίσης χρησιμοποιήθηκε το ηχώμετρο το οποίο ήταν τοποθετημένο και σε αυτές τις μετρήσεις, σε ύψος ανάλογο με το ύψος ενός καθισμένου ακροατή μέσα στην αίθουσα. Η διάρκεια μέτρησης σε κάθε διαφορετική θέση έγινε μέσα σε 20 δευτερόλεπτα και ο χρόνος αντήχησης μετρήθηκε ανά οκτάβα.

#### **Πίνακας μετρήσεων 6. 2**

	RT60					
Συχνότητες	125HZ	250HZ	500HZ	1KHZ	2KHZ	4KHZ
Κέντρο σκηνής	1,9	1,75	1,4	1,52	1,54	1,59



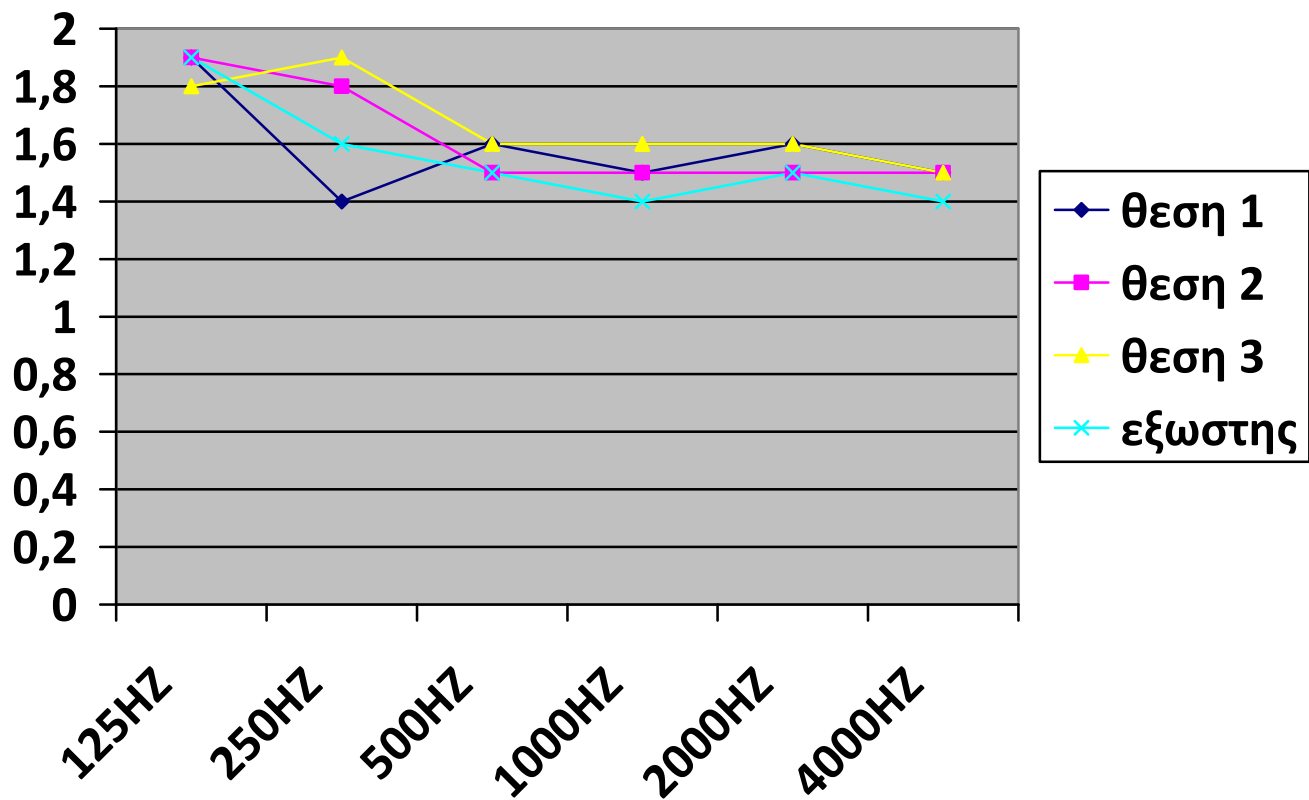
Δεξιά	1,9	1,9	1,62	1,54	1,54	1,52
Αριστερά	1,6	1,4	1,61	1,56	1,6	1,55



Γράφημα πίνακα 6.2

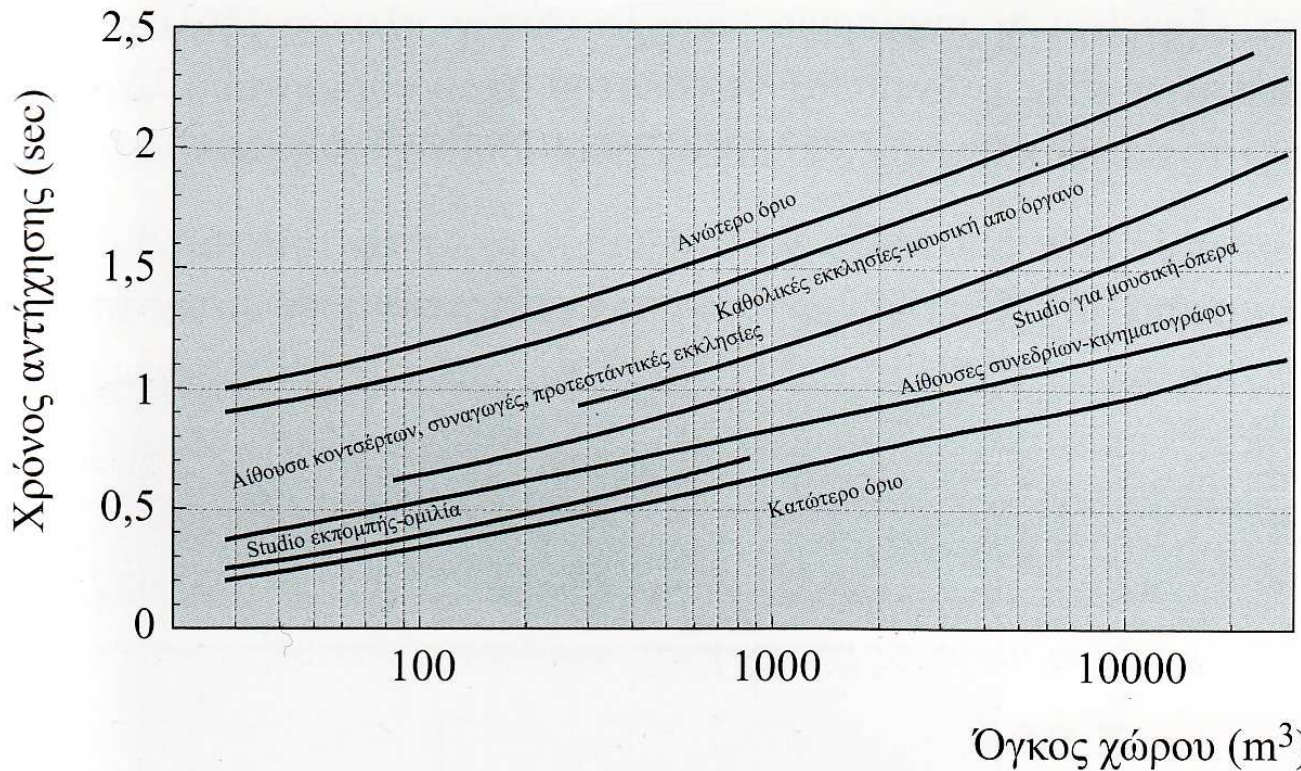
Πίνακας μετρήσεων 6. 3

1 ΘΕΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΙΘΟΥΣΑ	1,9	1,43	1,59	1,56	1,58	1,5
2 ΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΙΘΟΥΣΑ	1,8	1,8	1,56	1,54	1,53	1,51
3 ΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΙΘΟΥΣΑ	1,9	1,9	1,57	1,58	1,58	1,52
ΕΞΩΣΤΗ 1Η ΘΕΣΗ	1,52	1,6	1,5	1,42	1,5	1,44



Γράφημα πίνακα 6. 3

## Βέλτιστοι χρόνοι αντήχησης



### 6.1.3 ΣΤΑΘΜΗ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Στάθμη Ηχητικής Πίεσης (Sound Pressure Level ή SPL), LP (dBSPL) :

$$LP = 10 \log(p^2/p_0^2) \quad (6.1.1)$$

όπου  $p$  η ενεργός τιμή της ηχητικής πίεσης (Pa) και

$p_0$  η τιμή αναφοράς (για τον αέρα  $p_0=20\mu\text{Pa}$ ).

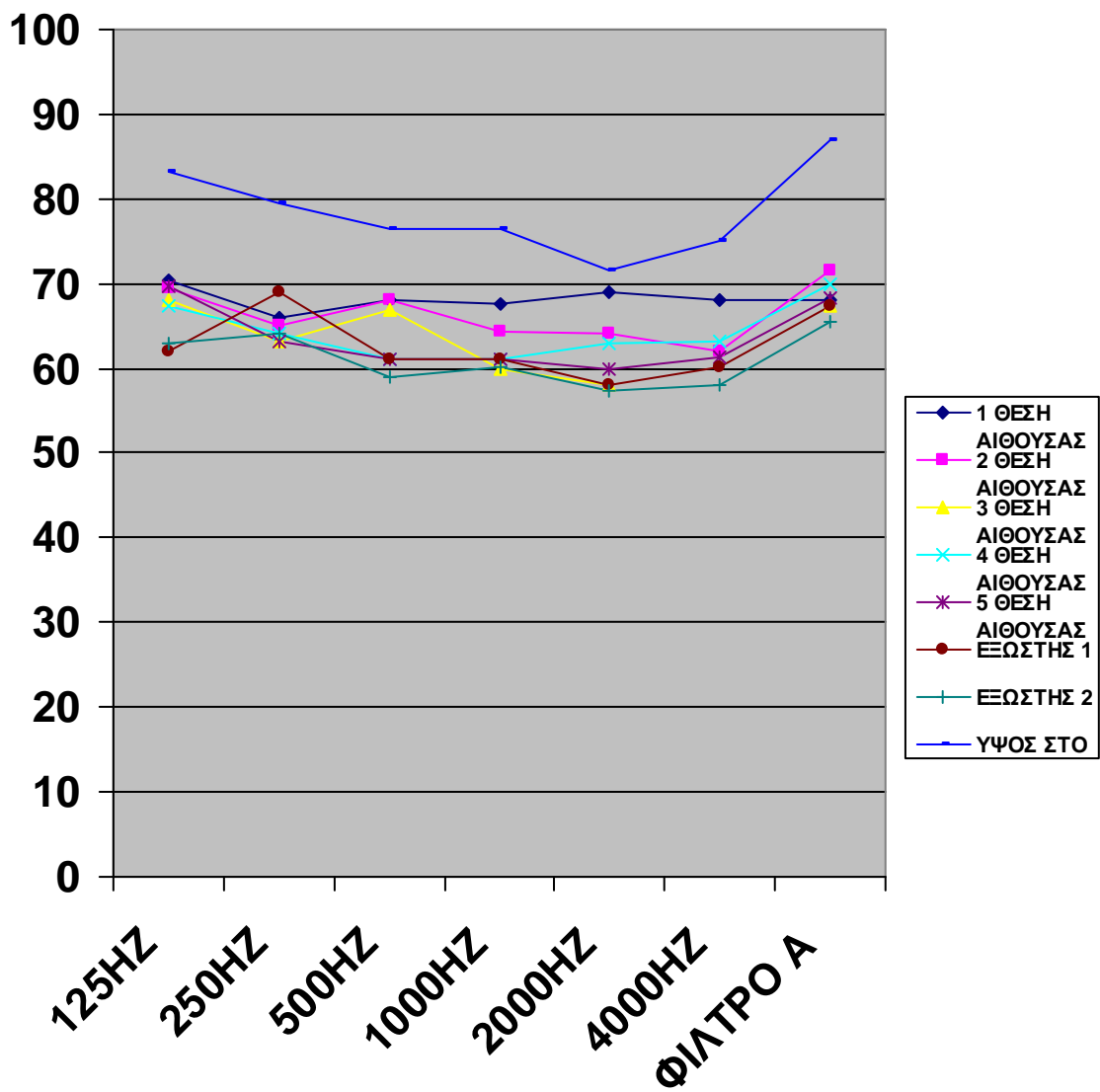
Οι μετρήσεις για την εύρεση της στάθμης της ηχητικής Πίεσης πραγματοποιήθηκε σε οχτώ θέσεις ακρόασης. Πιο συγκεκριμένα σε έξι θέσεις στην κεντρική αίθουσα και σε δύο θέσεις στον εξώστη .

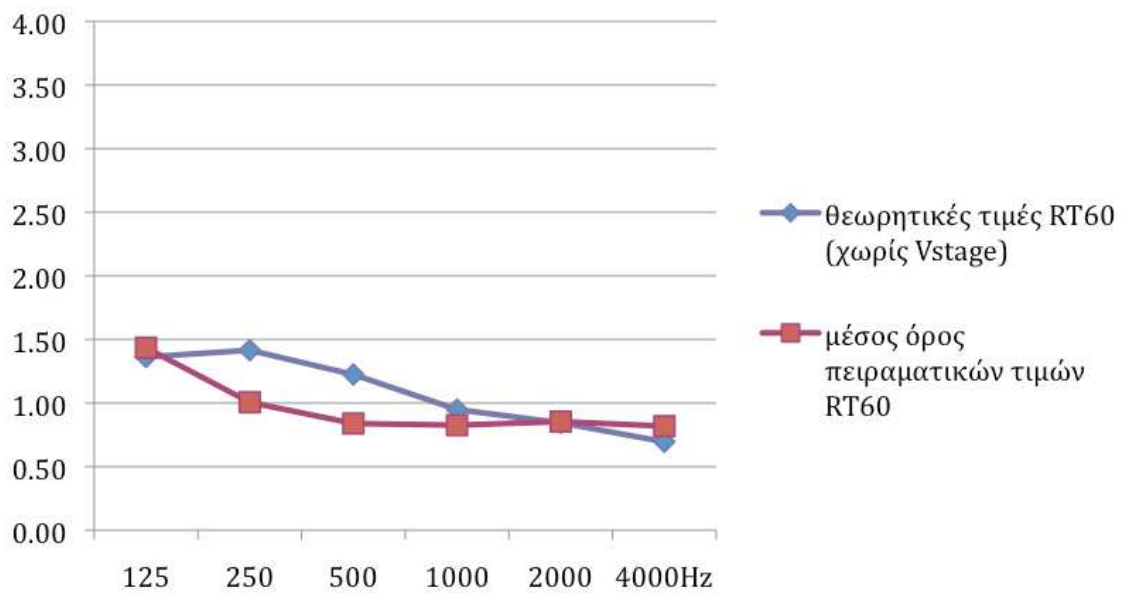
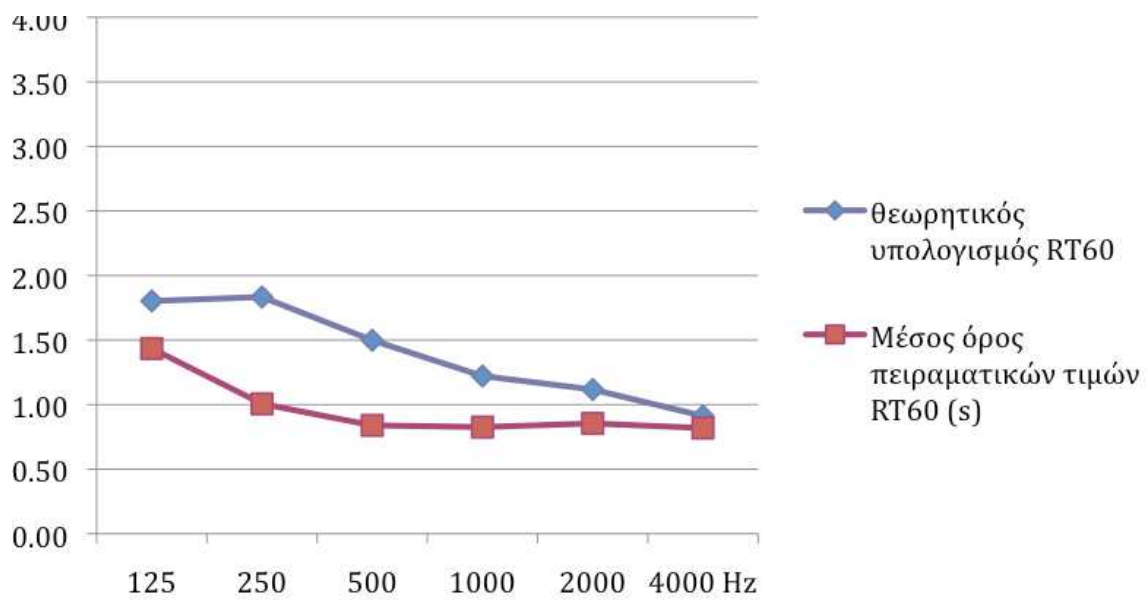
#### Συνδεσμολογία συσκευών:

Το ηχόμετρο και σε αυτήν την μέτρηση τοποθετήθηκε στο ίδιο ύψος με τις προηγούμενες μετρήσεις με την βοήθεια του τριπόδου, στο ύψος του καθισμένου ακροατή. Η έξοδος της γεννήτριας που παράγει τον ροζ θόρυβο συνδέθηκε στην είσοδο ενός καναλιού από την κονσόλα του ήχου και μέσο αυτού οδηγήθηκε στο ηχείο το οποίο ήταν τοποθετημένο στην σκηνή στις 3 προαναφερθείσας θέσεις (κέντρο σκηνής, αριστερά και δεξιά του κέντρου της σκηνής)

**Πίνακας μετρήσεων 6.4**

<b>Θέσεις μικροφώνου</b>	<b>125HZ</b>	<b>250HZ</b>	<b>500HZ</b>	<b>1000HZ</b>	<b>2000HZ</b>	<b>4000HZ</b>	<b>ΦΙΛΤΡΟ A</b>
1θέση στην αίθουσα	70,5	66	68	67,5	69,1	68	68
2θέση στην αίθουσα	69,5	65,1	68,1	64,3	64,1	62,1	71,6
3θέση στην αίθουσα	68	63,1	66,9	60	58	57.2	67,3
4θέση στην αίθουσα	67,3	64	61,1	61	63	63,1	70
5θέση στην αίθουσα	69,8	63,1	61	61	60	61,2	68,2
Εξώστης1	62,1	69	61,1	61	58,1	60,1	67,4
Εξώστης 2	63	64,1	59	60,1	57,4	58	65,4
Ύψος στο 1,30m	83,2	79,4	76,4	76,5	71,5	75	87





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 7.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια έγιναν υπολογισμοί για τις πιο κάτω ποσότητες και μεγέθη:

- **L/W**
- **H/W**
- **V/seat**
- **Area/seat**
- **Μέγιστη απόσταση σκηνής - ακροατή**
- **Κλίση δαπέδου (seating area)**

#### Λόγος μήκους ως προς πλάτος

$$L/W = 0.4$$

Η τιμή του λόγου του πλάτους ως προς το ύψος θα πρέπει να είναι για τις ορθογώνιες αίθουσες μικρότερη από 2 (βλπ πίνακα 3-4). Στην περίπτωση της αίθουσας του ωδείου που μελετάται η τιμή που προκύπτει είναι 0.4 και άρα είναι μια πολύ καλή τιμή.

#### Λόγος ύψους ως προς πλάτος

$$H/W = 0.73$$

Η τιμή του λόγου του ύψους ως προς το πλάτος στην περίπτωση του βενιζέλειου ωδείου Χανίων είναι 0.73, ικανοποιητική τιμή για θεατρική αίθουσα λιγότερο ικανοποιητική ωστόσο, σε περίπτωση που η συγκεκριμένη αίθουσα χρησιμοποιείται σαν αίθουσα η οποία θα φιλοξενεί όπερα ή κάποια κινηματογραφική προβολή.

#### Λόγος όγκου ανά ακροατή (θέση)

Η σχέση όγκου ανά ακροατή έχει πολύ σημαντικό ρόλο, αφού εξασφαλίζει την χρυσή τομή ανάμεσα στις ηχοαπορροφητικές και στις ανακλαστικές επιφάνειες<sup>7</sup>

### Προτεινόμενες τιμές όγκου/ακροατή

πίνακας

	ΟΓΚΟΣ /ΑΚΡΟΑΤΗ ΣΕ m <sup>3</sup>		
	Ελάχιστος	Βέλτιστος	Μέγιστος
Αίθουσες συναυλιών	6.2	7.8	10.8
Χώροι ομιλίας	2.3	3.1	4.3
Όπερες	4.5	5.7	7.4
Κινηματογράφοι	2.8	3.5	5.1
Εκκλησίες	5.4	7.8	10.5
Αίθουσα πολλαπλών εκδηλώσεων	5.1	7.1	8.5

### V/seat =7,15

Ο όγκος της αίθουσας του ωδείου χανίων ανέρχεται στο 1574,195m<sup>3</sup>.

Η αίθουσα επίσης διαθέτει 220 θέσεις.

Η βέλτιστη τιμή του όγκου ανά ακροατή για αίθουσες πολλαπλών χρήσεων είναι 7.1m<sup>3</sup> ανά ακροατή. Στην περίπτωση του ωδείου Χανίων που μελετούμε ο όγκος ανά ακροατή βρέθηκε να είναι 7.15 m<sup>3</sup>. Η τιμή αυτή είναι η βέλτιστη τιμή για αίθουσες πολλαπλών χρήσεων.

Προκειμένου για αίθουσες κινηματογραφικές, θεατρικές, διαλέξεων, ή εκκλησιαστικές η τιμή αυτή είναι η διπλάσια από την βέλτιστη.

---

<sup>7</sup> Τσινίκας 1990 σελίδα 45



## **Λόγος επιφάνειας ανά ακροατή (θέση)**

**Area/seat =**

Η βέλτιστη τιμή του λόγου της επιφάνειας ανά ακροατή στην περίπτωση των αιθουσών συναυλιών κυμαίνεται μεταξύ 0.6 - 0.8 m<sup>2</sup> ανά ακροατή. Στην περίπτωση της αίθουσας που μελετάμε η τιμή του λόγου επιφάνειας ανά ακροατή, δεν είναι ικανοποιητική.

## **Μέγιστη απόσταση της σκηνής από τον ακροατή**

**L<sub>max</sub> = 19 m**

Η μέγιστη απόσταση που πρέπει να κυμαίνεται από την σκηνή μέχρι τον πιο απομακρυσμένο ακροατή είναι μεταξύ 10 με 30 m.

Οπότε τα 19 μέτρα όπου είναι η μέγιστη απόσταση της σκηνής από τον πλέον απομακρυσμένο ακροατή στην αίθουσα του ωδείου, είναι μια πολύ ικανοποιητική τιμή.

## **Κλίση δαπέδου (seating area)**

Οι θέσεις των ακροατών όπως και το δάπεδο απορροφούν μέρος της απευθείας ηχητικής ενέργειας. Μέρος της ενέργειας αυτής απορροφά επίσης το διάστημα μεταξύ των διαδοχικών θέσεων λόγω του ότι συντονίζεται στην περιοχή των 100 με 200Hz.

Έτσι για να υπάρξει καλύτερη διάδοση του απευθείας ήχου σε όλο το μήκος των θέσεων, δίνεται μια κλίση στο δάπεδο ώστε να μην διακόπτεται από τις μπροστινές θέσεις.<sup>8</sup>

Επίσης η κλίση αυτή εξασφαλίζει καλύτερο οπτικό πεδίο στους θεατές. Η κλίση που πρέπει να έχει το δάπεδο στην περίπτωση αιθουσών που χρησιμοποιούνται για παραστάσεις που αφορούν το λόγο (αίθουσες διαλέξεων, θέατρα) θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 7°.

Στο θέατρο του ωδείου Χανίων η κλίση του δαπέδου είναι 9° άρα και αρκετά καλή.

---

<sup>8</sup> Σκαρλάτος 2003 σελίδα 202

## **7.2 Προκήρυξη διαγωνισμού για το ωδείο Χανίων**

**3/8/07, Διαγωνισμός για την 'προμήθεια και εγκατάσταση συστημάτων φωτισμού και ήχου' από τη ΔΗΠΕΧ**

**ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ: Προμήθεια και εγκατάσταση συστημάτων φωτισμού και ήχου.**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΡΟΚΗΡΥΞΗΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ Δ.Σ. ΤΗΣ ΔΗ.Π.Ε.Χ.**

Προκηρύσσει δημόσιο ανοικτό διαγωνισμό με σφραγισμένες προσφορές και κριτήριο κατακύρωσης τη συμφερότερης προσφοράς για την «προμήθεια και εγκατάσταση συστημάτων φωτισμού και ήχου» του δεύτερου (2ου) υποέργου της πράξης «Επιχορήγηση της ΔΗ.Π.Ε.Χ. για την προμήθεια εξοπλισμού του Βενιζελείου Ωδείου, στην περιοχή Σπλάντζια Δήμου Χανίων», συνολικής προϋπολογισθείσης αξίας 93.010,00 € μη συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α.. Το έργο συγχρηματοδοτείται από το Γ' Κ.Π.Σ. στα πλαίσια του μέτρου 4.4 «ολοκληρωμένες παρεμβάσεις αστικής ανάπτυξης σε τοπικές ζώνες μικρής κλίμακας» του Π.Ε.Π. Κρήτης 2000-2006, κατά 80% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (Ε.Τ.Π.Α.) και κατά 20% από Εθνικούς πόρους (Σ.Α.Ε.Π. 002/3 της Περιφέρειας Κρήτης). Ο διαγωνισμός θα διενεργηθεί στα γραφεία της ΔΗ.Π.Ε.Χ., Υψηλαντών 15, 73135 Χανιά, την Τρίτη 28 Αυγούστου 2007 και ώρα 11.00 – 11.30 , κατά την οποία λήγει η προθεσμία παραλαβής των προσφορών και αρχίζει η διαδικασία της αποσφράγισης.

Για τη συμμετοχή στο διαγωνισμό υποβάλλεται μαζί με την προσφορά εγγύηση συμμετοχής, για ποσό που αντιστοιχεί σε ποσοστό 5% της προϋπολογισθείσης δαπάνης, συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ. Αντίγραφα της διακήρυξης και πληροφορίες για το διαγωνισμό παρέχονται κατά τις εργάσιμες ημέρες και ώρες, από τη ΔΗ.Π.Ε.Χ., κος Μανωλικάκης Λεωνίδα

Ταχυδρ. δ/νση: Υψηλαντών 15, 73135 Χανιά, τηλέφωνο 2821087098, e-mail: [dipeh@otenet.gr](mailto:dipeh@otenet.gr).

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ Δ.Σ. της ΔΗΠΕΧ Γεώργιος Βούρβαρης

## ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΧΟΥ

- 1) Πολυκαλώδιο (multi cable) 32 balanced γραμμών. Κάθε γραμμή θα έχει αρίθμηση στην εξωτερική επένδυση της, ενώ θα αποτελείται από 2 καλώδια συνεστραμμένα, έκαστο με διατομή 014mm<sup>2</sup> επενδυμένα με θωράκιση (μπλεντάζ).  
Όλα τα ζεύγη θα είναι καλυμμένα συνολικά με εξωτερική θωράκιση και άνωθεν αυτής θα φέρουν επένδυση από PVC. Στην μια άκρη να υπάρχουν βύσματα και στην άλλη άκρη το κουτί με τα βύσματα πλήρως συνδεδεμένα.
- 2) Τελικοί ενισχυτές για την οδήγηση των ηχείων  
1 τεμάχιο ισχύος 2\*2000 wrms@4Ω και 2\*1250 wrms@8Ω  
3 τεμάχια ισχύος 2\*1200 wrms@4Ω και 2\* 650 wrms@8Ω  
Όλοι οι ενισχυτές να έχουν ευαισθησία εισόδου 1,4 volt για το μέγιστο της ισχύς τους και θα έχουν XLR βύσματα στις εισόδους και SPEAKER για την σύνδεση των ηχείων.  
Όλοι οι ενισχυτές να διαθέτουν ενσωματωμένα δικά τους DSP processors για τον πλήρη έλεγχο τους.
- 3) Ηχεία SUB Woofer Bass Reflex.  
Συνεχόμενη ισχύ  $\geq 1200$  wrms για 2 ώρες κατά AES standard.  
Αντίσταση 8 Ω με 2 Woofer 18".  
Καμπύλη απόκρισης 35HZ- 200HZ  $\pm 3$ db και ευαισθησία  $\geq 98$ db/w/m και maximum SPL Peak  $\geq 135$  db.
- 4) Ηχεία Full range Bass Reflex 2 δρόμων.  
Συνεχόμενη ισχύ για 2 ώρες κατά AES standard.  
Αντίσταση 8Ω με Woofer 15" και driver 1.5" με μαγνήτη νεοδυμίου.  
Καμπύλη απόκρισης 65 HZ- 20000HZ  $\pm 3$ db και ευαισθησία  $\geq 98$ db/w/m και maximum SPL Peak  $\geq 130$  db.
- 5) Ηχεία monitors full range Bass Reflex 2 δρόμων.  
Συνεχόμενη ισχύ για 2 ώρες κατά AES standard.

Αντίσταση  $8\Omega$  με Woofer 12" και driver 1.5" με μαγνήτη νεοδυμίου.  
Καμπύλη απόκρισης 90 HZ- 20000HZ  $\pm 3\text{db}$  και ευαισθησία  $\geq 97\text{db/w/m}$  και  
maximum SPL Peak  $\geq 129\text{ db}$ .

- 6) Κονσόλα μίξης ήχου 24 mono mic/line, 4 stereo line, 8 group out, 2 master out (left-right), 1 mono ή center out, 8 aux send και matrix 8\*4 minimum.  
Όλες οι εισοδοι (mono & stereo) θα έχουν EQ τεσσάρων περιοχών, εκ των οποίων

στις μονοφωνικές εισόδους, τουλάχιστον τα δύο θα είναι ημιπαραμετρικά στην περιοχή των μεσαίων συχνοτήτων.

Τα faders όλων των εισόδων, mono & stereo καθώς και τα group out & master out θα είναι ποτενσιόμετρα των 100 mm.

Όλες οι εισοδοι και όλες οι εξοδοι θα είναι balanced με βύσματα XLR στις εισόδους των μικροφώνων και με XLR ή Jack TRS ¼ στις υπόλοιπες.

Καμπύλη απόκρισης θα έχει από κάθε είσοδο σε κάθε έξοδο minimum 20-20000HZ  $\pm 1\text{db}$ .

Αρμονική παραμόρφωση 0,006%

Μέγιστη στάθμη εξόδου  $\geq 20\text{ dbu}$ .

Η κονσόλα θα διαθέτει επιπλέον:

δυνατότητα προακρόασης (PFL)

ένδειξη στάθμης και Clip για κάθε είσοδο

Στις κύριες εξόδους( group out & master out ) τροφοδοσία phantom 48 volt σε κάθε κανάλι εισόδου (mono mic-line) καθώς και εξόδους ακουστικών και monitor με ρυθμιστικά έντασης.

- 7) Ψηφιακό επεξεργαστή 2 εισόδων και 6 εξόδων.

Να διαθέτει έτοιμα εργοστασιακά set up για τα ηχεία καθώς και για τους ενισχυτές που θα προσφέρονται από τον προμηθευτή.

Στέρεο περιοριστή μικροφωνισμών με 12 notch φίλτρα.

Να διαθέτει Stereo παραμετρικό eq 2 περιοχών.

Καμπύλη απόκρισης 20-20000HZ

Αρμονική παραμόρφωση  $\leq 0,004\%$ .

- 8) ασύρματο σύστημα μικροφώνου κεφαλής(παρουσιάσεων) αποτελούμενο από πομπό, δέκτη και μικρόφωνο.

Το σύστημα θα εργάζεται στην περιοχή των UHF τουλάχιστον σε δύο διαφορετικές συχνότητες.

Το μικρόφωνο του συστήματος θα είναι πυκνωτικό, καρδιοειδές με ευαισθησία 7 mv/ra.

Καμπύλη απόκρισης από 20-20000HZ  
Δυναμική περιοχή από 135-150db για 3%THD.

- 9) Μικρόφωνο χειρός πυκνωτικό, καρδιοειδές με ευαισθησία 7 mV/pa.  
Καμπύλη απόκρισης από 20-20000HZ  
Δυναμική περιοχή από  $\geq 144$ db για 3% THD.
- 10) Flight Case, κατασκευασμένα από κόντρα πλακέ θαλάσσης, επενδυμένα με αλουμίνιο και καπάκια τα οποία θα κλείνουν με ασφάλεια μπροστά και πίσω. Συνολικά απαιτούνται τα εξής τεμάχια:  
Α) δυο τεμάχια 16 ή 18 unit για τους ενισχυτές και τους επεξεργαστές του κυρίου συστήματος.(FOH front of house).  
Β) ένα τεμάχιο 8 unit για τον ενισχυτή και επεξεργαστή του συστήματος των ηχείων monitor.  
Γ) δύο τεμάχια unit για τα dimmers( στο καθένα τοποθετούνται από 2 dimmers).  
Δ) 3 τεμάχια για τους προβολείς φωτισμού (το μέγεθος να ανταποκρίνεται στα είδη που προαναφέρονται).  
Ε) ένα τεμάχιο κατάλληλο για την κονσόλα ήχου των 24 καναλιών  
ΣΤ) ένα τεμάχιο κατάλληλο για την κονσόλα ήχου των 16 καναλιών  
Η) ένα τεμάχιο κατάλληλο για την κονσόλα φωτισμού 1024.  
Τα Flight case των προδιαγραφών α,β,γ,δ να είναι τροχήλατα με καπάκια ασφαλείας μπροστά και πίσω.  
Τα Flight case των προδιαγραφών ε,στ,η να είναι με καπάκια ασφαλείας(χωρίς να είναι τροχήλατα).
- 11) Κονσόλα μίξης ήχου, όμοια με αυτήν που αναφέρεται στην παράγραφο με αριθμό 6, αλλά έχοντας 16 mono mic/line, 2 stereo line, 4 group out, 2 master out (left-right), 1 mono ή center out, 8 aux send και matrix 4\*4 minimum. Όλες οι εισοδοί (mono & stereo) θα έχουν EQ τεσσάρων περιοχών, εκ των οποίων στις μονοφωνικές εισόδους, τουλάχιστον τα δύο θα είναι ημιπαραμετρικά στην περιοχή των μεσαίων συχνοτήτων.  
Τα faders όλων των εισόδων, mono & stereo καθώς και τα group out & master out θα είναι με ποτενσιόμετρα των 100 mm.  
Όλες οι εισοδοί και όλες οι εξοδοί θα είναι balanced με βύσματα XLR στις εισόδους των μικροφώνων και με XLR ή Jack TRS ¼ στις υπόλοιπες.

Καμπύλη απόκρισης θα έχει από κάθε είσοδο σε κάθε έξοδο minimum 20-20000HZ  $\pm$ 1db.

Αρμονική παραμόρφωση 0,006%

Μέγιστη στάθμη εξόδου  $\geq$  20 dbu.

Η κονσόλα θα διαθέτει επιπλέον:

δυνατότητα προακρόασης (PFL)

ένδειξη στάθμης και Clip για κάθε είσοδο

Στις κύριες εξόδους( group out & master out ) τροφοδοσία phantom 48 volt σε

κάθε κανάλι εισόδου (mono mic-line) καθώς και

εξόδους ακουστικών και monitor με ρυθμιστικά έντασης.

12) Καλώδια και υλικά σύνδεσης μηχανημάτων τα οποία θα αποτελούνται από:

7 τεμάχια XLR male σε XLR female μήκους 10 μέτρων για τα μικρόφωνα χειρός.

4 τεμάχια XLR male σε XLR female μήκους 3 μέτρων για τα ασύρματα μικρόφωνα.

8 τεμάχια XLR male σε XLR female μήκους 1,5 μέτρων για την σύνδεση των ενισχυτών με τους επεξεργαστές.

4 τεμάχια XLR male σε XLR female μήκους 4,5 μέτρων για την σύνδεση των κονσόλων με τους επεξεργαστές.

2 τεμάχια XLR male σε jack TRSV4 μήκους 3 μέτρων για την σύνδεση της κονσόλας με την μονάδα effect.

4 τεμάχια 50 μέτρων με βύσματα speakon και καλώδιο ηχείου διατομής 4,00 mm<sup>2</sup>.

4 τεμάχια 1,5 μέτρου με βύσματα speakon και καλώδιο ηχείου διατομής 2,50 mm<sup>2</sup>.

2 πολύπριζα rack mount για την συνδεσμολογία και την τροφοδοσία των μηχανημάτων μέσα στα flight cases.

**ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΧΟΥ ΚΑΙ  
FLIGHT CASES**

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΔΟΥΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1	Πολυκαλώδιο(multi cable) 32 γραμμών balanced	100	15.00	1.500,00
2 α	Ενισχυτής 2*1250wrms@4Ω και 2*1250wrms@8Ω με ενσωματωμένο DSP	1 τεμάχιο	3.300,00	3.300,00
β	Ενισχυτής 2*1250wrms@4Ω και 2*650wrms@8Ω με ενσωματωμένο DSP	3 τεμάχια	1.100,00	3.300,00

3	Sub woofer Bass Reflex με 2 Woofer 18'' 1200 wrms@4Ω 135 db max SPL	2 τεμάχια	1.400,00	2.800,00
4	Ηχείο Full Range 2 δρόμων 400WRMs@130 db max SPL woofer15'' και driver 1,5''	6 τεμάχια	675,00	4.050,00
5	Ηχείο Full Range 2 δρόμων 400WRMs@129 db max SPL woofer12'' και driver 1,5'' MONITOR	2 τεμάχια	650,00	1.300,00
6	Κονσόλα μίξης ήχου με 24 κανάλια, mono, 4stereo, 8group, 8aux, matrix 8*4 και Left-center-right	1 τεμάχιο	3.750,00	3.750,00
7	Digital Signal Processor(για ενισχυτές και για ηχεία) 2 in - 6 out	3 τεμάχια	550,00	1.650,00
8	Ασύρματο σύστημα μικροφώνου πλήρες.(πομπός, δέκτης και μικρόφωνο κεφαλής)	4 τεμάχια	265,00	1.060,00



9		Μικρόφωνα χειρός πυκνωτικά με καρδιοειδές πολικό διάγραμμα	7 τεμάχια	200,00	1.400,00
10	α	Flight case τροχήλατο με καπάκι ασφαλείας μπρός πίσω για τους ενισχυτές	2 τεμάχια	4.950,00	4.950,00
	β	Flight case τροχήλατο για τους ενισχυτές monitor	1 τεμάχιο		
	γ	Flight case τροχήλατο με καπάκι ασφαλείας μπρός πίσω 12 unit για 2 τεμάχια DIMMER	2 τεμάχια		
	δ	Flight case τροχήλατο για τους προβολείς	3 τεμάχια		
	ε	Flight case τροχήλατο για την κονσόλα ήχου των 24 καναλιών	1 τεμάχιο		
	στ	Flight case τροχήλατο για την κονσόλα ήχου των 16 καναλιών	1 τεμάχιο		

	ζ	Flight case τροχήλατο για την κονσόλα φωτισμού των 12-14 καναλιών	1 τεμάχιο		
--	---	-------------------------------------------------------------------------------	-----------	--	--

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Barron, M (1993). Auditorium acoustics and architectural design, e fn spon, London
- [2] Beranek , Leo L.(1988) Acoustical Measurements, Acoustical Society of America , Cambridge, Massachusetts
- [3] Crocker, Malcolm (1997).Encyclopedia of Acoustics, Wiley, New York
- [4] Everest f. Alton (1998). Εγχειρίδιο Ακουστικής, Εκδοσεις Τζιόλα, Θεσσαλονικη.  
<http://www.scribd.com/doc/50267219/SpyrosKostopoulos-akoustiki>
- Σκαρλατος, 4, <εφαρμοσμένη ακουστική>, Φιλοάθεια, Πατρα, 2003
- [5] Hall, Donald E. ,(1991). Musical Acoustics, Brooks/Cole Publishing company, Pacific Groove, California
- [6]. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ‘ΕΜΒΑΘΥΝΣΗ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΧΩΡΩΝ ΑΚΡΟΑΣΗΣ’ (1996)
- [7]. ΣΚΑΡΛΑΤΟΣ Δ. ‘ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ’ (1998)
- [8] F . Alton Everest, ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ, 3Η ΕΚΔΟΣΗ (2003)
- [9]. SABINE, WC , Collected papers on Acoustics Harvard University Press Cambridge Mass (1922)
- [10]. SOTIROPOULOU A.G., POULAKOS G., CAMBOURAKIS G. , TYPICAL ERRORS IN THE DESIGN OF MODERN LECTURE THEATERS, Proceeding of the Institute of Acoustics of England, 8th International Conference on Editorium Acoustics, Oslo Norway (Oct. 2008)
- [11]. ACUSTICA Volume 85 (January / February 1999), No1. Pp. 1 152
- [12] Ευθυμιάτος Διονύσιος(2007). Ακουστική και κτηριακές εφαρμογές, θεωρία και πράξη,Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα

[13] Τσινίκας Νίκος(2005). Ακουστικός σχεδιασμός χώρων, University Studio Press  
Θεσσαλονίκη