



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών  
Τμήμα Ηλεκτρολογίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΧΟΥ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΜΙΚΡΗ ΘΕΑΤΡΙΚΗ  
ΣΚΗΝΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΩΝ ΤΟΥ  
6ου ΕΠ.ΑΛ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ**

Σπουδαστής : ΜΥΛΩΝΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
Εισηγητής : ΚΑΖΓΚΟΥΤΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ



ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2009

## **Περιεχόμενα:**

<b><u>Πρόλογος</u></b> .....	σελ.5
<b><u>Περίληψη</u></b> .....	σελ.6
<b><u>Κεφάλαιο 1: ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ</u></b> ..	σελ.7
<i>Ενότητα 1.1: Ακουστικά Φαινόμενα Σε Κλειστούς Χώρους</i> .....	σελ.7
1.1.1: Ηχοανάκλαση.....	σελ.8
1.1.2: Ηχοαπορρόφηση.....	σελ.9
1.1.3: Ηχοδιάχυση.....	σελ.10
1.1.4: Ηχοπερίθλαση.....	σελ.11
<i>Ενότητα 1.2: Αντήχηση</i> .....	σελ.13
1.2.1: Υπολογισμός Χρόνου Αντήχησης.....	σελ.15
1.2.2: Φαινόμενο Echo.....	σελ.16
1.2.3: Φαινόμενο Haas.....	σελ.17
1.2.4: Κρίσιμη Απόσταση.....	σελ.18
1.2.5: Βέλτιστος Χρόνος Αντήχησης.....	σελ.18
<i>Ενότητα 1.3: Στάσιμα κύματα</i> .....	σελ.20
<i>Ενότητα 1.4: Ηχομόνωση</i> .....	σελ.23
<i>Ενότητα 1.5: Υλικά και Διάταξης Ακουστικής Βελτίωσης Χώρου</i> .....	σελ.25
1.5.1: Ηχοαπορροφητές.....	σελ.25
1.5.2: Ηχοανακλαστήρες.....	σελ.29
1.5.3: Ηχοδιαχυτές.....	σελ.30
1.5.4: Κατανομή του Ήχου.....	σελ.32
1.5.5: Παράμετροι Καλής Ακουστικής.....	σελ.32
<i>Ενότητα 1.6: Πρακτικό Μέρος</i> .....	σελ.33
<b><u>Κεφαλαίο 2: ΗΧΟΣ</u></b> .....	σελ.40
<i>Ενότητα 2.1: Ήχος και Άνθρωπος</i> .....	σελ.40
<i>Ενότητα 2.2: Τι είναι ο Ήχος (Χαρακτηριστικά)</i> .....	σελ.41

<i>Ενότητα 2.3: Τι ακούει ο Άνθρωπος</i> .....σελ.45	σελ.45
<i>Ενότητα 2.4 Διάδοση Ηχητικών Κυμάτων-Ο Ήχος ως Σύνθετο Σήμα</i> ...σελ.45	σελ.45
<i>Ενότητα 2.5: Αντίληψη Ήχου</i> .....σελ.47	σελ.47
2.5.1: Ένταση (Intensity).....σελ.47	σελ.47
<i>Ενότητα 2.6: Δομή και Λειτουργία Ανθρώπινου Αυτιού</i> .....σελ.49	σελ.49
2.6.1: Το Ακουστικό Ερέθισμα.....σελ.49	σελ.49
2.6.2: Το Εξωτερικό Αυτί.....σελ.49	σελ.49
2.6.3: Το Μέσο Αυτί.....σελ.50	σελ.50
2.6.4: Το Εσωτερικό Αυτί.....σελ.53	σελ.53
2.6.5: Τρόπος λειτουργίας του Αυτιού.....σελ.55	σελ.55
2.6.6: Ερμηνεία και Χαρακτηριστικά Ήχων.....σελ.58	σελ.58
<i>Ενότητα 2.7: Θόρυβος</i> .....σελ.63	σελ.63
2.7.1: Ακουστικός Θόρυβος.....σελ.64	σελ.64
2.7.2: Λειτουργία Ηχομέτρου.....σελ.64	σελ.64
<i>Ενότητα 2.8: Είδη και Χαρακτηριστικά Μικροφώνων</i> .....σελ.68	σελ.68
2.8.1: Γενικά.....σελ.68	σελ.68
2.8.2: Χαρακτηριστικά Μικρόφωνων.....σελ.68	σελ.68
2.8.3: Διάφορα Είδη Μικροφώνων.....σελ.75	σελ.75
2.8.3.1: Μικρόφωνα Άνθρακα.....σελ.75	σελ.75
2.8.3.2: Δυναμικό Πηνίο – Μικρόφωνο Κινουμένου Πηνίου.....σελ.76	σελ.76
2.8.3.3: Μικρόφωνο Ταινίας.....σελ.77	σελ.77
2.8.3.4: Κρυσταλλικό Μικρόφωνο.....σελ.78	σελ.78
2.8.3.5: Πιεζοηλεκτρικά Μικρόφωνα.....σελ.78	σελ.78
2.8.3.6: Πυκνωτικά Μικρόφωνα.....σελ.79	σελ.79
2.8.3.7: Ελεκτρέτ Μικρόφωνα.....σελ.80	σελ.80
2.8.3.8: Ultra Directional ή Shotgun Μικρόφωνα.....σελ.80	σελ.80
2.8.4: Τροφοδοτικό Πυκνωτικού Μικροφώνου.....σελ.80	σελ.80
2.8.5: Τροφοδοτικά Phantom.....σελ.81	σελ.81
2.8.6: Μικρόφωνα με περισσότερα από ένα πολικό διάγραμμα.....σελ.83	σελ.83

2.8.7: Εκτός Άξονα Απόκρισης Συχνότητας (Off-Axis).....	σελ.85
<i>Ενότητα 2.9: Μεγάφωνα.....</i>	<i>σελ.86</i>
2.9.1: Γενικά.....	σελ.86
2.9.2: Χαρακτηρίστηκα Μεγαφώνων.....	σελ.86
2.9.3: Μεγάφωνα Μόνιμου Μαγνήτη.....	σελ.87
2.9.4: Ηλεκτροδυναμικά Μεγάφωνα.....	σελ.89
2.9.5: Μεγάφωνα Χοάνης.....	σελ.89
2.9.6: Συνδεσμολογία Μεγαφώνων.....	σελ.92
2.9.7: Ηχεία Κρός Όβερ (Cross Over).....	σελ.94
2.9.8: Ηλεκτροστατικά Tweeter.....	σελ.95
2.9.9: Διαυγή Μπάσα για την Κινητική Ανάδραση (MFB).....	σελ.95
2.9.10: Αντικρηκτικά Ηχεία.....	σελ.97
<i>Ενότητα 2.10: Ηχεία.....</i>	<i>σελ.97</i>
2.10.1: Γενικά.....	σελ.97
2.10.2: Χαρακτηριστικά Κουτιών Ηχείων.....	σελ.97
2.10.3: Τύποι Κατασκευής Κουτιών Ηχείων.....	σελ.98
2.10.4: Συνδέσεις Μεγαφώνων.....	σελ.99
2.10.5: Crossover.....	σελ.99
<i>Ενότητα 2.11: Ισοστάθμιση Ηχητικού Σήματος (Equalization-EQ).....</i>	<i>σελ.102</i>
2.11.1: Γενικά.....	σελ.102
2.11.2: Ρύθμιση Equalizer.....	σελ.103
2.11.3: Χρήση Equalizer.....	σελ.104
<i>Ενότητα 2.12: Επεξεργαστές Σήματος.....</i>	<i>σελ.105</i>
<i>Ενότητα 2.13: Συμπιεστές.....</i>	<i>σελ.106</i>
<i>Ενότητα 2.14: Περιοριστές (Limiters).....</i>	<i>σελ.106</i>
<i>Ενότητα 2.15: Expanders.....</i>	<i>σελ.106</i>
<i>Ενότητα 2.16: Gates.....</i>	<i>σελ.107</i>
<i>Ενότητα 2.17: Γενικά για τα Εφέ-Χρονικός Καθυστερητής.....</i>	<i>σελ.107</i>
<i>Ενότητα 2.18: Τα Φίλτρα (Filters).....</i>	<i>σελ.108</i>

<i>Ενότητα 2.19: Τελικοί Ενισχυτές</i> .....σελ.110	σελ.110
<i>Ενότητα 2.20: Αναλογική Κονσόλα Μίξης Ήχου</i> .....σελ.116	σελ.116
2.20.1: Δυνατότητες Κονσόλας Ήχου.....σελ.120	σελ.120
2.20.2: Ανάλυση Συνδεσιμότητας της Κονσόλας και Επεξήγηση Λειτουργιών.....σελ.120	σελ.120
<i>Ενότητα 2.21: Ηχητικός Εξοπλισμός Αίθουσας</i> .....σελ.123	σελ.123
2.21.1: Εικονική Αναπαράσταση.....σελ.125	σελ.125
2.21.2: Αναλυτικό Σχέδιο Τοποθέτησης των Μηχανημάτων της Αίθουσας του 6 <sup>ου</sup> ΕΠ.ΑΛ. ....σελ.130	σελ.130
<b><u>Κεφαλαίο 3: Φωτισμός</u></b> .....σελ.131	σελ.131
<i>Ενότητα 3.1: DMX 512 Ιστορικά</i> .....σελ.131	σελ.131
3.1.1: Προδιαγραφές DMX 512.....σελ.131	σελ.131
3.1.1: Συνδέσεις DMX.....σελ.134	σελ.134
<i>Ενότητα 3.2: Dimmer – Ορθή Σύνδεση</i> .....σελ.137	σελ.137
<i>Ενότητα 3.3: Καλλιτεχνικός Φωτισμός</i> .....σελ.140	σελ.140
<i>Ενότητα 3.4: Περιγραφή Θεατρικών Φωτιστικών Σωμάτων</i> .....σελ.140	σελ.140
<i>Ενότητα 3.5: Καλωδίωση</i> .....σελ.143	σελ.143
<i>Ενότητα 3.6: Rack Dimmer</i> .....σελ.144	σελ.144
<i>Ενότητα 3.7: Προβολέας Παρακολούθησης</i> .....σελ.145	σελ.145
<i>Ενότητα 3.8: Κονσόλα Φωτισμού</i> .....σελ.147	σελ.147
<i>Ενότητα 3.9: Κατασκευές Τοποθέτησης Φωτιστικών Σωμάτων</i> .....σελ.148	σελ.148
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b> .....σελ.150	σελ.150

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το 1ο Σχολικό Εκπαιδευτικό Κέντρο (Σ.Ε.Κ.) Ηρακλείου βρίσκεται στην οδό Ιτάνου στην Κηπούπολη . Υπάγεται στη Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και σκοπό έχει την εργαστηριακή εξάσκηση των μαθητών του λυκείου που επιλέγουν τον τομέα των πολυμέσων .

Το αντικείμενο ασχολίας μας της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη εγκατάστασης ήχου και καλλιτεχνικού φωτισμού για να μετατρέψουμε ένα χώρο του σχολικού συγκροτήματος σε πολυχώρο εκδηλώσεων όπου θα πραγματοποιούνται θεατρικές παραστάσεις, live εκδηλώσεις, ομιλίες, απόνομες , προβολές κ.α.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η μελέτη του χώρου από πλευράς ήχου και καλλιτεχνικού φωτισμού ώστε να μετατρέψουμε μια υφιστάμενη αίθουσα σε μια μικρή θεατρική σκηνή αλλά και σε έναν πολυχώρο εκδηλώσεων.

Λόγω του ότι δεν υπάρχει σαφής οικονομικός προσδιορισμός για την προμήθεια εξοπλισμού, θα χρησιμοποιηθούν στην παρακάτω μελέτη μηχανήματα μέσης αξίας τα οποία όμως πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Ο εξοπλισμός που βρίσκεται ήδη εγκατεστημένος στην αίθουσα, θα αξιοποιηθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

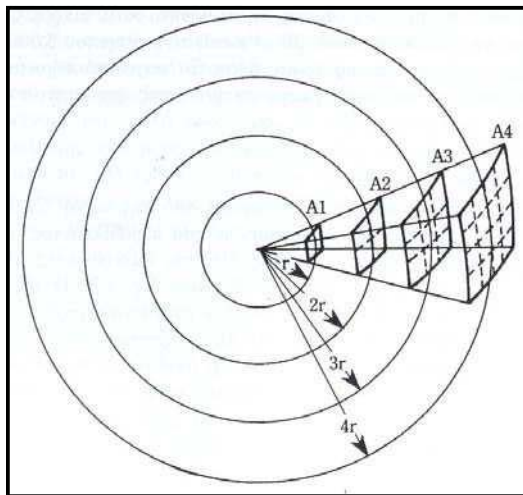
Η παρούσα πτυχιακή εργασία θα χωριστεί στις εξής κεντρικές ενότητες :

- Η πρώτη αποτελεί την ακουστική μελέτη του χώρου( ηχοαπορόφηση-ηχοανάκλαση - ηχομόνωση) ώστε να διορθώσουμε ακουστικά προβλήματα που υπάρχουν στον συγκεκριμένο χώρο .
- Στην δεύτερη ενότητα περιλαμβάνεται ο ήχος . Θα αναλυθεί ο ήχος, τα χαρακτηριστικά του, ο τρόπος με τον οποίο ο άνθρωπος δέχεται και αντιλαμβάνεται τα ηχητικά σήματα, θα διευκρινισθούν και θα αναλυθούν οι προδιαγραφές όλου του ηχητικού εξοπλισμού για την εγκατάσταση στο χώρο.
- Στην τρίτη ενότητα θα παρουσιαστεί η τεχνική μελέτη καλλιτεχνικού & θεατρικού φωτισμού, ώστε ο φωτισμός του χώρου να πληροί τις προδιαγραφές για την σωστή διεξαγωγή και παρουσίαση των παραπάνω αναφερόμενων δραστηριοτήτων.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

## ΕΝΟΤΗΤΑ 1.1: ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.

Αν κλείσουμε μια ηχητική πηγή μέσα σε ένα χώρο αυτόματα περιπλέκουμε την διάδοση του ήχου της. Αυτή πλέον θα διαφέρει κατά πολύ από αυτή των ηχητικών κυμάτων στο ανοιχτό πεδίο (ύπαιθρο). Για να καταλάβουμε την διαφορά της συμπεριφοράς του ήχου σε κλειστό και ανοιχτό χώρο αρκεί να φανταστούμε μια ηχητική πηγή να εκπέμπει τα ηχητικά της κύματα πρώτα στο ύπαιθρο που μακριά από την επίδραση αντικειμένων διαδίδονται ομοιογενώς προς όλες τις κατευθύνσεις και η ένταση τους διαμορφώνεται με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 1.1. και μετά αρκεί να φανταστούμε αυτή την πηγή σε ένα κλειστό χώρο απόλυτα ανακλαστικό, με αποτέλεσμα η ενέργεια των κυμάτων της να μην απορροφάται . Θεωρητικά αυτή η ενέργεια θα αυξηθεί τόσο πολύ που ο χώρος στο τέλος θα εκραγεί .



**Σχήμα 1.1:** Η ίδια ηχητική ενέργεια κατανέμεται σε σφαιρικές επιφάνειες αυξανόμενου εμβαδού καθώς αυξάνει το  $r$ . Η ένταση το  $v$  ήχου είναι αντίστροφα ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασης από την σημειακή πηγή . (Everest 1994 σελ .22)

Ας δούμε τις παραμέτρους ενός κλειστού χώρου:

- Ο όγκος μετρήσιμος σε κυβικά μέτρα ( $m^3$ ) .
- Ο αριθμός των επιφανειών του, κάθε μια μετρήσιμη σε τετραγωνικά μέτρα ( $m^2$ ).
- Η απορροφητικότητα της κάθε επιφάνειας ( $\alpha$ ), και ο μέσος συντελεστής του χώρου ( $\bar{\alpha}$ ) που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\bar{\alpha} = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + \alpha_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad \text{ή} \quad \bar{\alpha} = \frac{A}{S_0\lambda}$$



Όπου:

$S_1, S_2, \dots, S_n =$  τα εμβαδά των αντίστοιχων επιφανειών

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n =$  ο συντελεστής απορρόφησης ξεχωριστά για κάθε επιφάνεια

$A =$  η συνολική απορρόφηση όλων των υλικών

$S_{ολ} =$  το εμβαδόν όλων των επιφανειών

Μέσα σε ένα κλειστό χώρο έχουμε ακουστικά φαινόμενα που δεν υπάρχουν όταν μια πηγή εκπέμπει ήχο στο ύπαιθρο. Αυτά τα φαινόμενα είναι :

α) η Ανάκλαση ή αλλιώς ηχοανάκλαση

β) η Απορρόφηση ή αλλιώς ηχοαπορρόφηση

γ) η Διάχυση ή αλλιώς ηχοδιάχυση

δ) η Περίθλαση ή αλλιώς ηχοπερίθλαση

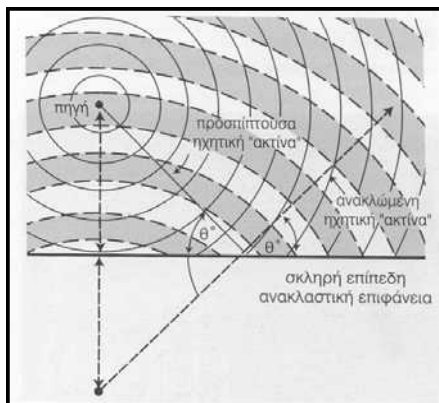
Ας τα δούμε τι είναι το καθένα ξεχωριστά .

### 1.1.1: Ηχοανάκλαση

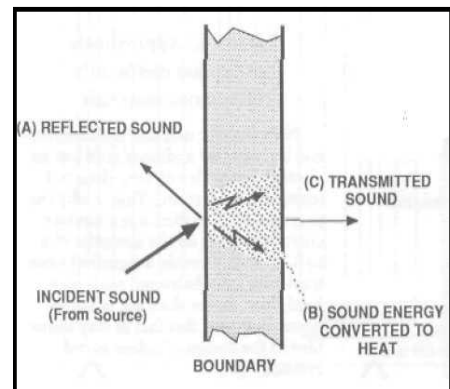
Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ηχητικό κύμα επιστρέφει (ανακλάται) από μια επιφάνεια όταν προσπίπτει σε αυτή . Γωνία πρόσπτωσης είναι η γωνία με την οποία προσπίπτει το ηχητικό κύμα στην επιφάνεια , ενώ γωνία ανάκλασης η γωνία με την οποία ανακλάται από την επιφάνεια . Κατά την ανάκλαση οι δυο αυτές γωνίες είναι ίσες. Προσπίπτον κύμα λέγεται το κύμα που εκπέμπεται από μια πηγή και έχει κατεύθυνση προς μια επιφάνεια, ενώ μετά την ανάκλαση λέγεται ανακλώμενο κύμα . Κάθε επιφάνεια ή υλικό έχει τον δικό του συντελεστή ηχοανάκλασης ( $r$ ) για ορισμένη συχνότητα και σε συγκεκριμένες συνθήκες. Αυτός ισούται με το λόγο της ισχύος του ανακλώμενου κύματος ( $P_r$ ) προς την ισχύ του προσπίπτοντος κύματος ( $P_i$ )

$$r = \frac{P_r}{P_i}$$

Σχήμα 1.2: Ηχοανάκλαση



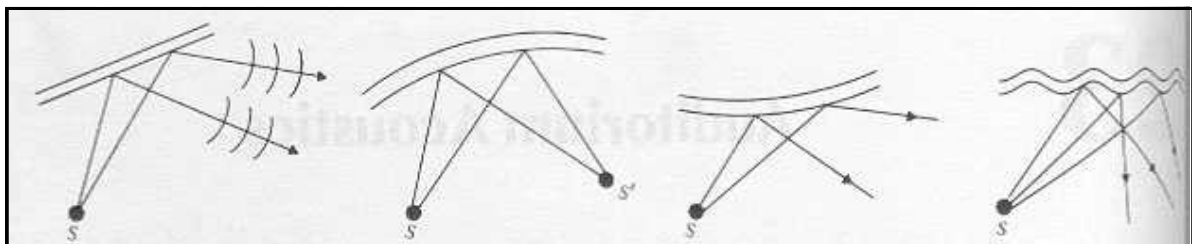
Σχήμα 1.3:  
Ηχοανακλαση (Gary Davis & Ralph Jones 1989 σελ:53)



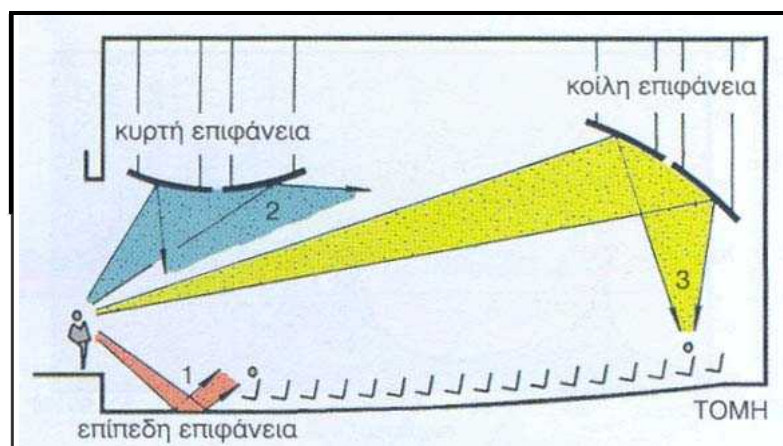
Όλες οι επιφάνειες που έχουν την ιδιότητα να ανακλούν τον ήχο όταν αυτός προσπίπτει πάνω τους, λέγονται ανακλαστές. Μεγάλη σημασία στο αν ανακλούν το κύμα που προσπίπτει σε αυτούς έχει το μήκος του κύματος, που αν είναι μεγαλύτερο από τον ανακλαστήρα τότε δεν αντανακλάται.

Επίσης μεγάλη σημασία έχει το σχήμα του ανακλαστήρα όσον αφορά στο ποια διεύθυνση θα πάρει το ανακλώμενο κύμα. Οι κυρτές επιφάνειες διασκορπίζουν τον ήχο στο χώρο ενώ οι κοίλες συγκεντρώνουν τον ήχο και συνήθως ευθύνονται για τη δημιουργία στάσιμων κυμάτων, ενώ οι ανώμαλες επιφάνειες διαχέουν τον ήχο προς όλες τις κατευθύνσεις.

**Σχήμα 1.4:** Από αριστερά προς τα δεξιά : α) επίπεδη επιφάνεια λειτουργεί σαν καθρέφτης β) κοίλη επιφάνεια συγκεντρώνει τον ήχο γ) κυρτή επιφάνεια διαχέει τον ήχο δ) ανώμαλη επιφάνεια διαχέει τον ήχο ακανόνιστα. (Rossing , Moore , Wheeler 2002 σελ .526)



**Σχήμα 1.5:** Ηχοανάκλαση, 1)επίπεδος Ανακλαστήρας, 2)κυρτός ανακλαστήρας – διάχυση, 3)κοίλος ανακλαστήρας - εστίαση του ήχου. (Τσινίκας 2005 σελ .34)

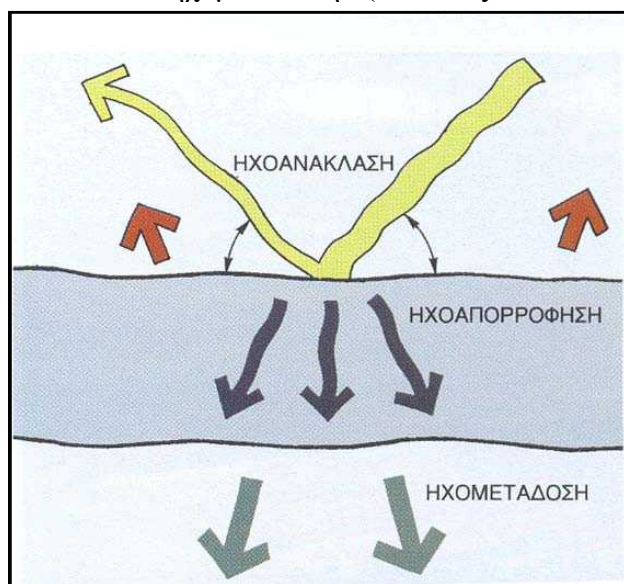


### **1.1.2: Ηχοαπορρόφηση**

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο τα υλικά απορροφούν την ηχητική ενέργεια και την μετατρέπουν σε άλλη μορφή ενέργειας, συνήθως

θερμότητα . Κάθε επιφάνεια έχει τον δικό της συντελεστή απορρόφησης ( $\alpha$ ) που είναι ο λόγος της ηχητικής ισχύος που απορροφάται προς την ισχύ του προσπίπτον κύματος. Η τιμή του συντελεστή απορρόφησης κυμαίνεται από 0 έως 1 ή αν το εξετάσουμε ποσοστιαία από 0% έως 100%. Π .χ. συντελεστής  $\alpha = 0,5$  ενός υλικού σε συχνότητα 1KHz σημαίνει ότι το υλικό απορροφά το 50% της ηχητικής ενέργειας του 1KHz που προσπίπτει και αντανακλά το υπόλοιπο 50%.

Σχήμα 1.6 : Ηχοανάκλαση, ηχοαπορρόφηση , ηχομετάδοση . (Τσινίκας 2005 σελ .35)



### 1.1.3: Ηχοδιάχυση

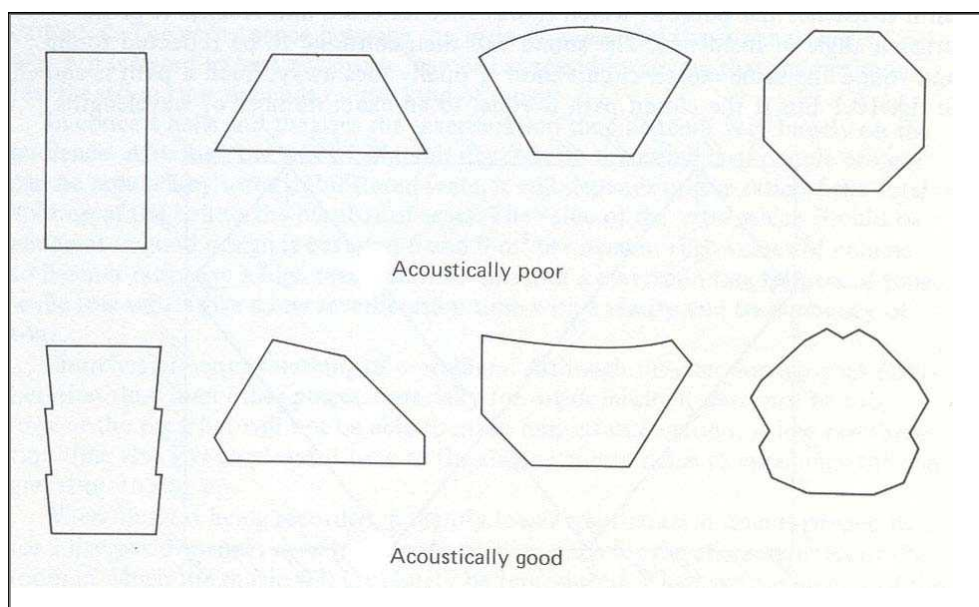
Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο ήχος έχει την ίδια πυκνότητα ηχητικής έντασης παντού, δηλαδή ο ήχος φτάνει σε όλα τα σημεία του χώρου το ίδιο και έχει την ίδια κατανομή . Η ηχοδιάχυση είναι απαραίτητη συνθήκη για να ισχύουν οι κανόνες της γεωμετρικής ακουστικής σε μεγάλες αίθουσες συναυλιών και σε στούντιο ηχογράφησης. Αυτή πετυχαίνεται με την τοποθέτηση ηχοδιαχυτών που ουσιαστικά είναι ηχοανακλαστικές επιφάνειες με πολλά και ποικίλα σχήματα (π .χ . κύβοι , ορθογώνια, πλάγια παραλληλεπίπεδα , ημισφαίρια , πυραμίδες, ημικύλινδροι κ .α .) και είναι συνήθως κυρτά για την αποφυγή στάσιμων κυμάτων . Κατασκευάζονται από σκληρά και λεία υλικά που καταλήγουν σε μορφή έτσι ώστε να είναι πλήρως ανακλαστικά και να μην δονούνται σε κάποιες συχνότητες τις οποίες θα απορροφούσαν.

Οι ηχοδιαχυτές τοποθετούνται στο χώρο έτσι ώστε τα ηχητικά κύματα να παίρνουν τελείως διαφορετικές διευθύνσεις και να εξυπηρετούν την ίδια αναλογία ηχοαπορρόφησης των επιφανειών του χώρου, κάτι που χρειάζεται μεγάλη προσοχή στις μεγάλες αίθουσες καθώς έχουν μεγάλο

εύρος απορροφητικών συντελεστών λόγω των πολλών διαφορετικών αντικειμένων και επιφανειών . Αν δεν εξεταστεί καλά αυτός ο παράγοντας τότε μπορεί να οδηγηθούμε σε άλλα μη επιθυμητά αποτελέσματα , όπου η ένταση του ήχου κοντά στις πολύ απορροφητικές επιφάνειες είναι πολύ πιο ελαττωμένη από την ένταση που υπάρχει κοντά σε όχι τόσο απορροφητικές επιφάνειες.

Άλλος τρόπος να πετύχουμε καλή ηχοδιάχυση είναι να κατασκευάσουμε τον χώρο δίνοντας του ασύμμετρο σχήμα , ελαχιστοποιώντας έτσι την πιθανότητα δημιουργίας στάσιμων κυμάτων που συμβαίνει στους συμμετρικούς χώρους οι οποίοι έχουν παράλληλες επιφάνειες. Παρακάτω βλέπουμε τις κατόψεις κάποιων χώρων με καλή και κακή ηχοδιάχυση η οποία καθορίζει αν ο χώρος είναι ακουστικά καλός ή κακός.

Σχήμα 1.7 : Σχήματα αιθουσών ( καλών , κακών ).



#### **1.1.4: Ηχοπερίθλαση**

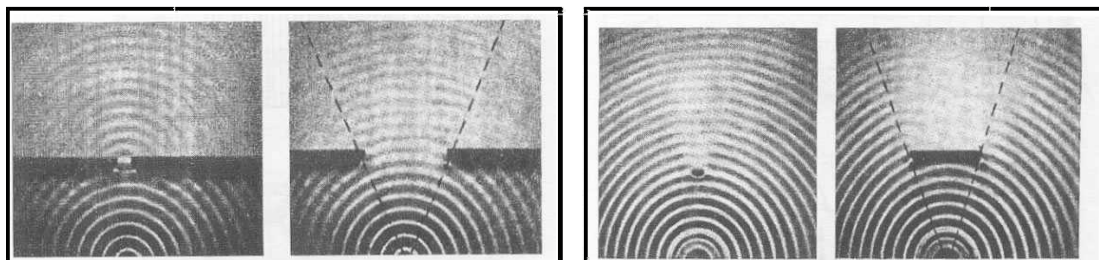
Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο ήχος αλλάζει διεύθυνση όταν συναντήσει κάποιο εμπόδιο ή σχισμή και αν έχει συγκρίσιμο μήκος κύματος με αυτά φθάνει σε σημεία που βρίσκονται στην "γεωμετρική σκιά". Για να καταλάβουμε καλύτερα πως λειτουργεί το φαινόμενο αυτό αρκεί να φανταστούμε πώς περνάει ο ήχος από μισάνοιχτα παράθυρα και πόρτες ή πώς παρακάμπτει ένα τοίχο και μια γωνία ενός κτιρίου. Αποτέλεσμα της ηχοπερίθλασης είναι η δημιουργία ασαφούς "ηχητικής σκιάς" όπως συμβαίνει στους εξώστες μεγάλου βάθους σε αίθουσες

συναυλιών όπου ακούγονται μόνο οι χαμηλές συχνότητες επειδή κάτω από τα 250Hz δεν συμβαίνει ηχοπερίθλαση .

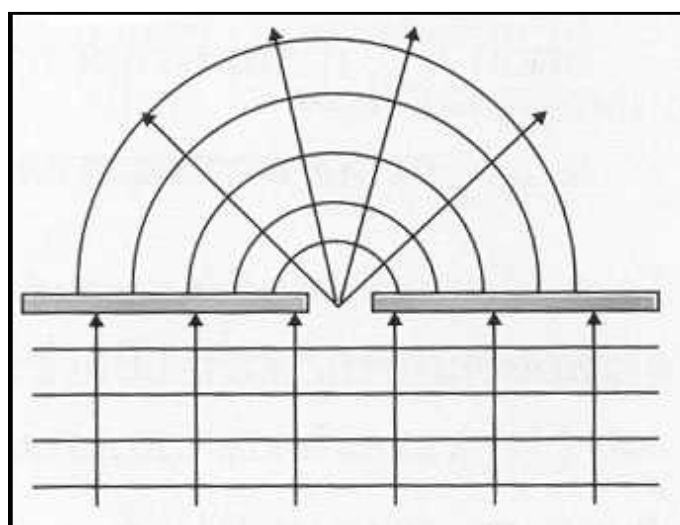
Σχήμα 1.8 :Ηχοπερίθλαση



Σχήμα 1.9 : Φωτογραφία κυμάτων νερού που προσπίπτουν πάνω σε ανακλαστική επιφάνεια . Η μικρή οπή σε σχέση με το μεγάλο μήκος κύματος δημιουργεί μια νέα ηχητική πηγή . Η μεγάλη οπή με το μεγάλο μήκος κύματος δεν επηρεάζει. Στα δύο τρίγωνα ηχητικής σκιάς δημιουργούνται δύο νέες πηγές ήχου στην κορυφή των τριγώνων , δηλαδή εκεί που τέμνει η διακεκομμένη γραμμή την ανακλαστική επιφάνεια . (Τσινίκας 2005 σελ . 37)



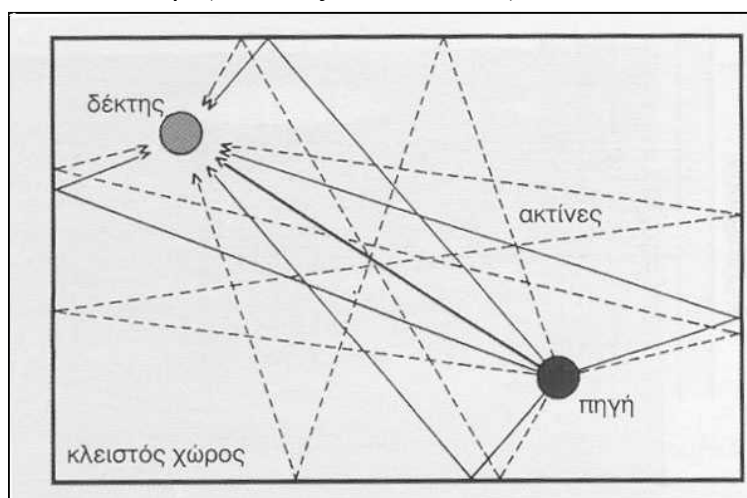
Σχήμα 1.10 : Περίθλαση των ηχητικών κυμάτων από τα ανοίγματα . (Σκαρλάτος 2003 σελ.117)



## ΕΝΟΤΗΤΑ 1.2: ΑΝΤΗΧΗΣΗ

Ένα σημαντικό αποτέλεσμα των ανακλάσεων είναι το φαινόμενο της αντήχησης ενός χώρου. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα μεγάλο χώρο που περιλαμβάνει μια πηγή εκπομπής ηχητικής ενέργειας σταθερής στάθμης και στο χώρο δεν υπάρχει καθόλου ηχητική ενέργεια. Η πηγή αρχίζει να εκπέμπει ήχο όπου διαχέεται στο χώρο. Ένα μέρος της ενέργειας του ήχου απορροφάται, ένα άλλο μεταδίδεται μέσω των επιφανειών και το υπόλοιπο και μεγαλύτερο μέρος αντανακλάται από τα τοιχώματα πίσω στο δωμάτιο. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε μια προοδευτική αύξηση της ηχητικής ενέργειας στο χώρο μέχρι να αποκατασταθεί η ισορροπία. Στη συνέχεια η πηγή μηδενίζεται. Η ηχητική ενέργεια στο χώρο δεν μηδενίζεται απότομα αλλά διαρκεί για όσο χρόνο υπάρχουν οι καθυστερημένες ανακλάσεις από τα τοιχώματα. Το φαινόμενο αυτό το αντιλαμβανόμαστε σε συνάρτηση με το χρόνο γι' αυτό και το ονομάζουμε χρόνο αντήχησης και το μετράμε σε δευτερόλεπτα.

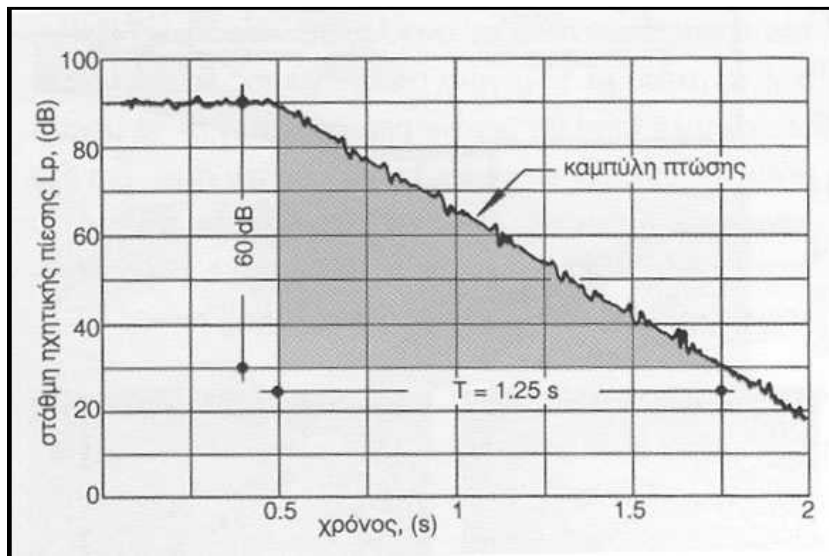
Σχήμα 1.11 : Αντήχηση είναι οι πολλαπλές ανακλάσεις διαφορετικής χρονικής καθυστέρησης και διαφορετικής ισχύος προς έναν δέκτη. (Τσινίκας 2005 σελ. 38)



### Ορισμός Χρόνου Αντήχησης.

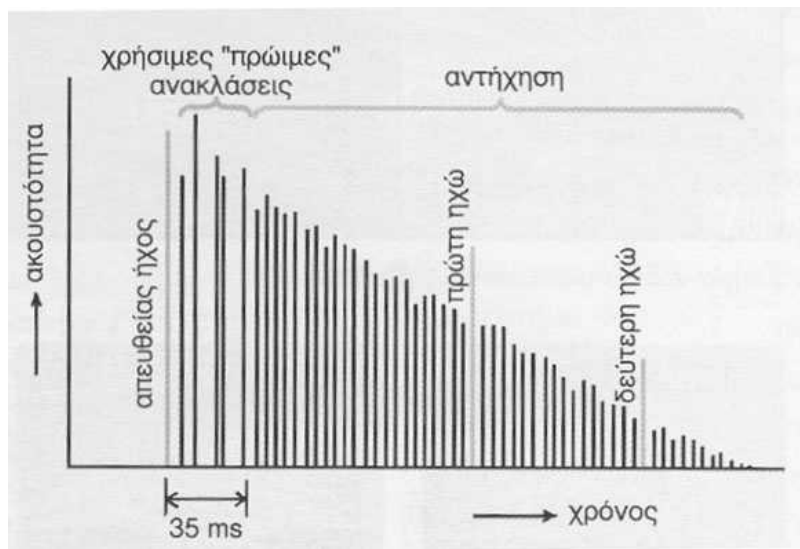
Χρόνος αντήχησης RT60 είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε η στάθμη του ήχου σε κάποιο σημείο να ελαττωθεί κατά 60 dB, μετά το μηδενισμό του εκπεμπόμενου ήχου από την πηγή.

Σχήμα 1.12 :Χρόνος αντήχησης  $T=1,25\text{sec}$



Λόγω αυτού του φαινομένου ακούμε μια πηγή να ακούγεται διαφορετικά σε δυο διαφορετικούς χώρους. Μεγάλη επίσης σημασία στη χροιά που δίνει η αντήχηση στον χώρο είναι οι πρώτες ανακλάσεις οι οποίες είναι και οι πιο σημαντικές στο να αποδώσουμε το πώς συμπεριφέρεται ο χώρος.

Σχήμα 1.13 : Ακουστότητα του απευθείας ήχου και των πρώτων ανακλάσεων σε συνάρτηση με τον χρόνο . (Τσινίκας 2005 σελ . 38)



Ένας χώρος με χαμηλή απορρόφηση και μεγάλο χρόνο αντήχησης χαρακτηρίζεται ως «ζωντανός χώρος» (live) ενώ ένας άλλος με μεγάλη απορρόφηση και μικρό χρόνο αντήχησης χαρακτηρίζεται ως «νεκρός χώρος» (dead).

### 1.2.1: Υπολογισμός Χρόνου Αντήρησης

Υπάρχουν πολλές εξισώσεις που υπολογίζουν τον χρόνο αντήρησης διαφορετικά. Οι κυριότερες είναι οι παρακάτω:

1) Εξίσωση του Sabine:

$$RT_{60} = \frac{0.161 V}{A}$$

Όπου:  $V$  = ο όγκος της αίθουσας σε  $m^3$ .

$A$  = η συνολική απορρόφηση του χώρου που ισούται με το άθροισμα των επιφανειών του χώρου ( $S$ ) επί τον συντελεστή απορρόφησης κάθε επιφάνειας ( $\alpha$ )

$$A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + S_n\alpha_n$$

Η εξίσωση του Sabine ισχύει ικανοποιητικά για μικρούς χώρους που οι επιφάνειες έχουν παρόμοιους συντελεστές παραμόρφωσης.

2) Εξίσωση του Norris – Eyring:

$$RT_{60} = \frac{0.161 V}{S \ln\left(\frac{1}{1-a}\right)}$$

Όπου:  $a$  = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης:  $a = (S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + S_n\alpha_n) / S$

$S$  = η συνολική επιφάνεια του χώρου:  $S = S_1 + S_2 + \dots + S_n$

Η εξίσωση αυτή ισχύει ικανοποιητικά για κλειστούς χώρους, όταν η απορρόφηση όλων των επιφανειών είναι η ίδια. Στην περίπτωση που υπάρχουν έντονες διαφορές στην απορρόφηση των επιφανειών, οι αποκλίσεις από τις μετρούμενες τιμές είναι σημαντικές και τότε χρησιμοποιούμε τον τύπο του Fitzroy. Επίσης για πολύ μεγάλους χώρους όπως εκκλησίες, θέατρα κ.α. ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$RT_{60} = \frac{0.161V}{S \ln\left(\frac{1}{1-a}\right) + 4mV}$$

Όπου:  $m$  = ο συντελεστής εξασθένησης της ενέργειας που η τιμή του εξαρτάται από την υγρασία και την συχνότητα

$V$  = ο όγκος του χώρου



3) Εξίσωση του Fitzroy: Ο Fitzroy παρατήρησε πως η αντήχηση ενός χώρου είναι το άθροισμα των αντηχήσεων που παράγονται μεταξύ :

- πατώματος και ταβανιού
- πλαϊνών τοίχων
- μπροστά και πίσω τοίχων.

Ο τύπος του Fitzroy:

$$RT_{60} = \frac{0.049V}{S^2} \left( \frac{2(XY)}{\bar{a}_{xy}} + \frac{2(XZ)}{\bar{a}_{xz}} + \frac{2(YZ)}{\bar{a}_{yz}} \right)$$

Όπου:  $a_{xy}$  = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών xy

$a_{xz}$  = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών xz

$a_{yz}$  = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών yz

Η εξίσωση αυτή έχει καλά αποτελέσματα σε χώρους με ανομοιόμορφη απορρόφηση και είναι εφαρμόσιμος στις περισσότερες πραγματικές περιπτώσεις.

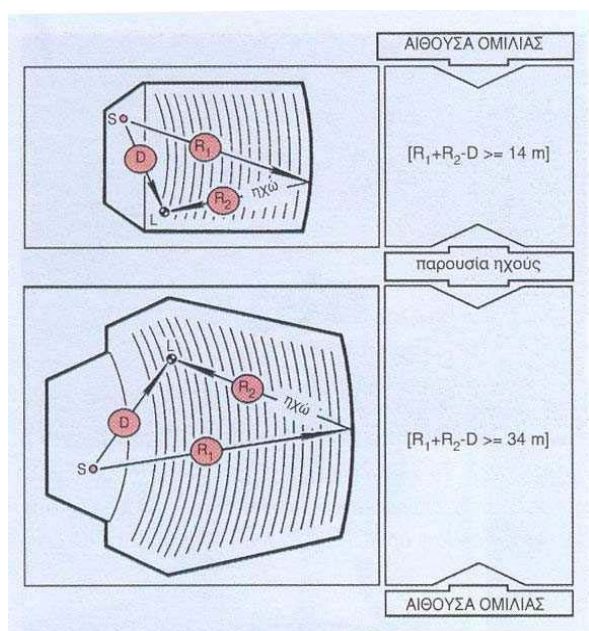
#### **4 ECT (Early Decay Time):**

Όταν η κλίση του ρυθμού πτώσης δεν είναι ομαλή , όπως συμβαίνει συνήθως, χρησιμοποιούμε τον πρώιμο ρυθμό μείωσης EDT. Αυτός ο χρόνος ορίζεται ως έξι φορές ο χρόνος που χρειάζεται ο ήχος για να μειωθεί κατά 10dB μετά τον μηδενισμό της πηγής και έτσι λαμβάνει περισσότερο υπόψη τις πρώτες ανακλάσεις. Ο χρόνος EDT είναι μικρότερος του RT60 και έχει καλά αποτελέσματα σε χώρους με ανισόρροπη απορρόφηση . Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε πως για να μετρήσουμε σωστά τον χρόνο αντήχησης ενός χώρου, όποια εξίσωση και αν χρησιμοποιήσουμε, θα πρέπει να πάρουμε μετρήσεις σε πολλά διαφορετικά σημεία του χώρου και να υπολογίσουμε το μέσο όρο του χρόνου αντήχησης γιατί ο χρόνος αντήχησης έχει διαφορετικές τιμές σε διαφορετικές θέσεις του δέκτη.

#### **1.2.2: ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ECHO**

Φαινόμενο echo ή ελληνιστί ηχώ , είναι η καθαρότατη και ανεπιθύμητη επανάληψη του ήχου και δεν πρέπει να συγχέεται με την αντήχηση που είναι η επιθυμητή παράταση του ήχου . Η ηχώ είναι ουσιαστικά ένα ακουστικό λάθος αναγνωρίσιμο πολύ εύκολα . Γίνεται αντιληπτό όταν φτάνει στον ακροατή ανάκλαση καθυστερημένη από τα 40ms και πάνω όταν πρόκειται για ομιλία και 100ms και πάνω όταν πρόκειται για μουσική . Για να προσδιορίσουμε την απόσταση που θα παρουσιαστεί η ηχώ αρκεί να αφαιρέσουμε την απόσταση του απευθείας ήχου από την απόσταση του ανακλώμενου. Αν η ηχητική πηγή είναι ομιλία , η ηχώ εμφανίζεται από τα 14m και πάνω , ενώ για

μουσική εμφανίζεται από τα 34m και πάνω , όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.14 : Παρουσία ηχούς σε αίθουσες ακροατηρίου . D= απευθείας ήχος, R1 και R2 = ανακλώμενος ήχος. (Τσινίκας 2005 σελ . 74)

Η ηχώ καταστρέφει την καλή ακουστική ενός χώρου και κάνει την επικοινωνία πιο δύσκολη ενώ αλλοιώνει τον ρυθμό της μουσικής. Στους κρουστούς ήχους έχουμε το φαινόμενο της πολλαπλής ηχούς (*Flutter Echo*), δηλαδή πολλές μικρές επαναλαμβανόμενες ανακλάσεις. Αυτό συμβαίνει όταν η πηγή βρίσκεται ανάμεσα σε 2 παράλληλες επιφάνειες . Το φαινόμενο της ηχούς και της πολλαπλής ηχούς το εξαλείφουμε τοποθετώντας ηχοαπορροφητές, ανακλαστήρες και διαχυτές οδοντωτής διάταξης.

### **1.2.3: ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ HAAS**

Το φαινόμενο της ηχούς μπορεί να παρατηρηθεί και για μικρότερες καθυστερήσεις των 100ms για μουσική και 40ms για ομιλία , αρκεί αυτοί οι καθυστερημένοι ήχοι να έχουν μεγαλύτερη στάθμη από τον αρχικό σήμα κατά 10dB. Γεγονός το οποίο μπορεί να συμβεί όταν ο δευτερογενής ήχος δεν προέρχεται από ανάκλαση αλλά από αναπαραγωγή μέσω μιας μεγαφωνικής εγκατάστασης, ενώ όταν η καθυστέρηση είναι μεγαλύτερη των 100ms το φαινόμενο υπάρχει ανεξάρτητα από την στάθμη του καθυστερημένου ήχου . Εάν η ένταση αυτή δεν είναι τόσο μεγάλη τότε απλώς ενισχύεται το απευθείας σήμα και αυτές οι πρώτες ανακλάσεις ορίζονται σαν *PreDelay*.

### 1.2.4: Κρίσιμη απόσταση (Critical Distance)

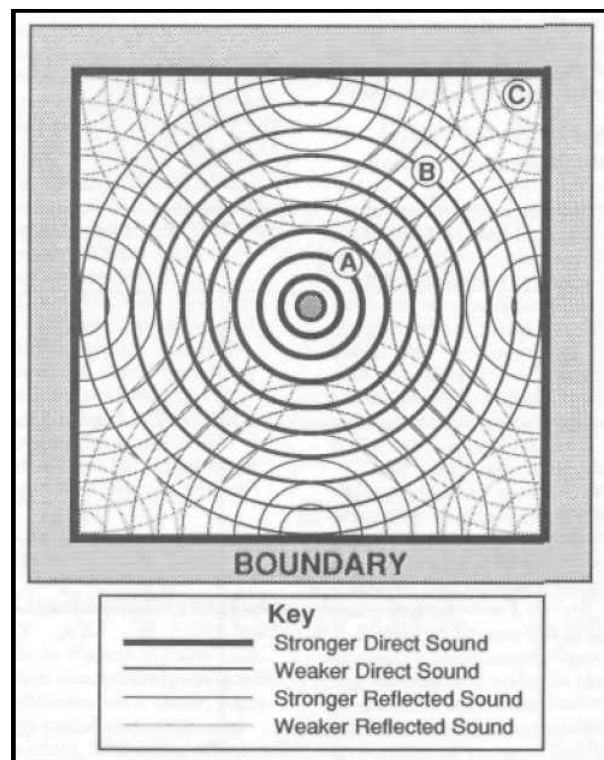
Όταν έχουμε μια ηχητική πηγή μέσα σε ένα χώρο που δημιουργεί αντήχηση, τότε όσο πιο κοντά είμαστε στην πηγή ακούμε τον απευθείας ήχο ενώ όσο απομακρυνόμαστε από αυτή ακούμε περισσότερο τον ανακλώμενο ήχο. Υπάρχει ένα σημείο όμως το οποίο έχει την ίδια ένταση απευθείας και ανακλώμενου σήματος. Αυτό το σημείο λέγεται κρίσιμη απόσταση και είναι η απόσταση αυτού του σημείου από την πηγή. Μπορεί να υπολογιστεί και από τον τύπο:

$$r_c = 0.21 \sqrt{\frac{V}{RT_{60}}}$$

Όπου :  $V$  = ο όγκος του χώρου (  $m^3$  )

$RT_{60}$  = ο χρόνος αντήχησης του χώρου σε (sec)

Σχήμα 1.15: A) Ο απευθείας ήχος κυριαρχεί επί του ανακλώμενου, B) Η ένταση απευθείας και ανακλώμενου ήχου είναι ίδια (κρίσιμη απόσταση), C) Μακριά από την πηγή και κοντά στους τοίχους η ένταση του ανακλώμενου ήχου υπερिशύει επί του απευθείας. (Gary Davis & Ralph Jones 1989 σελ.58)

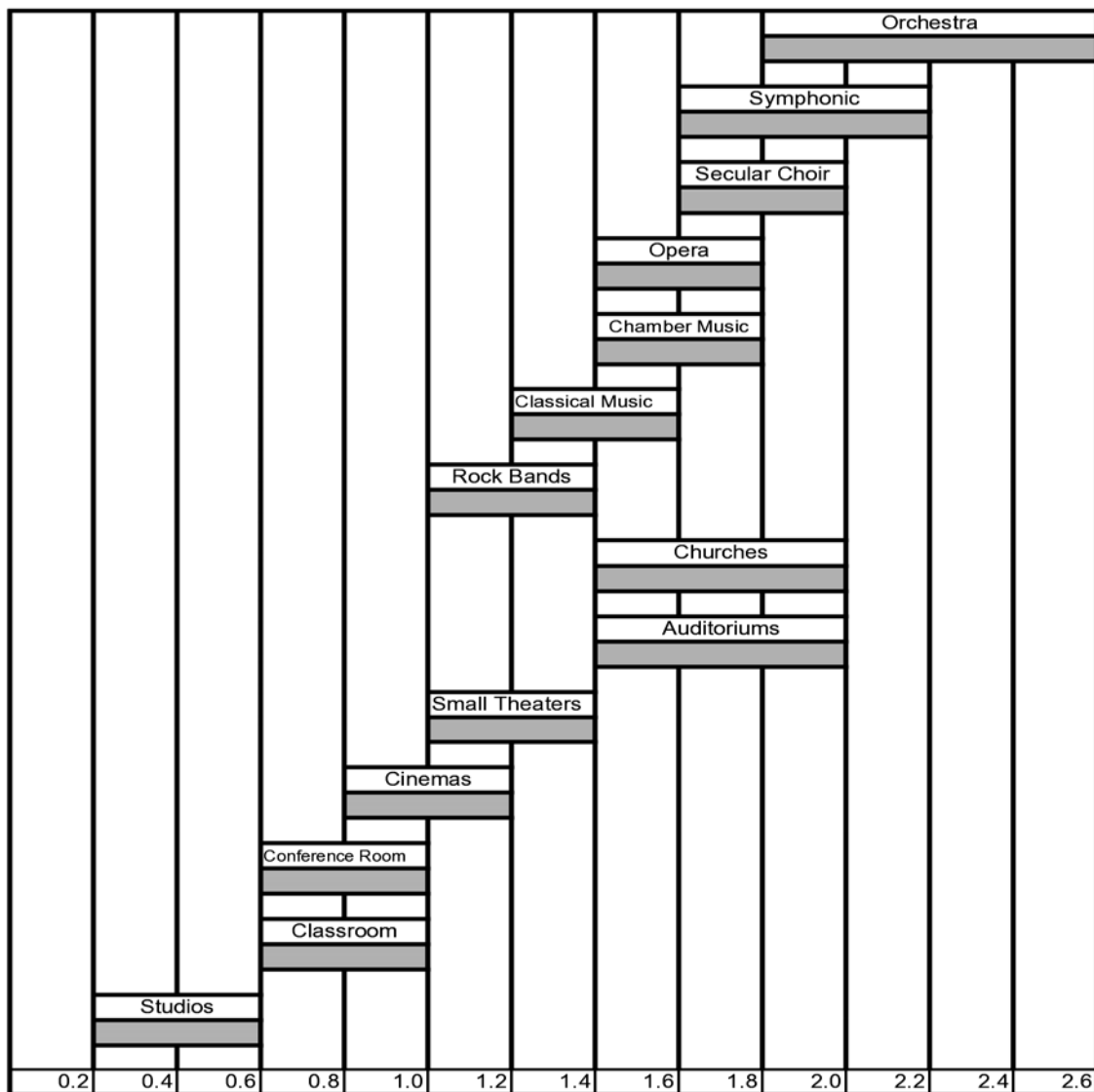


### 1.2.5 : Βέλτιστος Χρόνος Αντήχησης

Κάθε χώρος χρησιμοποιείται για διαφορετικούς σκοπούς και αυτό απαιτεί διαφορετικό χρόνο αντήχησης για κάθε έναν από αυτούς. Για παράδειγμα άλλο χρόνο αντήχησης έχουν χώροι που γίνονται ομιλίες και άλλο χρόνο αντήχησης χώροι που γίνονται συναυλίες. Ο βέλτιστος χρόνος αντήχησης μας δείχνει τις προτεινόμενες τιμές του χρόνου αντήχησης για

έναν χώρο ανάλογα με τον όγκο του και τον σκοπό που εξυπηρετεί. Έγινε ύστερα από μελέτη διάφορων θεωρητικών ακουστικολόγων και βασίζεται πάνω σε υποκειμενικά κριτήρια εκτίμησης της απόδοσης της μουσικής και της ομιλίας. Οι διαφορετικές απαιτήσεις για βέλτιστο χρόνο αντήχησης οδήγησαν αναπόφευκτα στην δημιουργία χώρων με μεταβλητή ακουστική που εξυπηρετούν πολλούς σκοπούς. Σε αυτή την περίπτωση ο χρόνος αντήχησης μεταβάλλεται με την χρήση μετακινούμενων απορροφητών, αυξάνοντας η ελαττώνοντας την απορρόφηση του χώρου. Ας δούμε τώρα το εύρος του χρόνου αντήχησης που μπορεί να έχουν κάποιοι χώροι και χρήσεις τους.

Πίνακας 1.16 : Βέλτιστος Χρόνος Αντήχησης RT60 σε (sec)



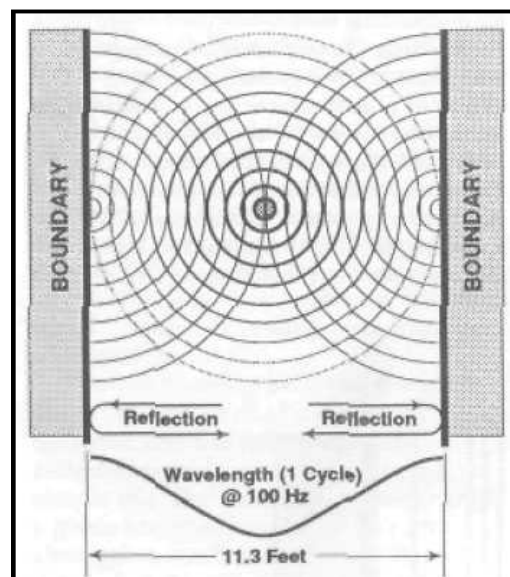
Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ένα μικρό θέατρο πρέπει να έχει χρόνο αντήχησης από 1,00 έως 1,4 sec περίπου . Ο μεγάλος χρόνος αντήχησης σε ένα τέτοιο χώρο θα είχε ως συνέπεια την απώλεια αντιληπτότητας των συλλαβών μειωμένη διακριτότητα και απώλεια συμφώνων. Από αυτό βγαίνει το συμπέρασμα ότι όσο πιο μικρός είναι ο χρόνος αντήχησης τόσο πιο καταληπτή γίνεται η ομιλία .

Οι περισσότερες αίθουσες εκδηλώσεων έχουν πολύ μικρό χρόνο αντήχησης και γι' αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται ως «νεκρές αίθουσες» όπως είπαμε προηγουμένως. Γενικά οι πρώτες ανακλάσεις που δημιουργούνται σε μια αίθουσα συναυλιών είναι χρήσιμες καθώς κάνουν το χώρο να ηχεί φυσικά. Αντίθετα σε μια κινηματογραφική αίθουσα δεν είναι επιθυμητές και πρέπει να εξαλείφονται οι πρώτες ανακλάσεις. Γενικά γνωρίζουμε ότι στις χαμηλές συχνότητες ο χρόνος αντήχησης είναι μεγαλύτερος από αυτόν στις υψηλές και αυτό συμβαίνει διότι πολλές επιφάνειες είναι απορροφητικές στις μεσαίες και στις υψηλές συχνότητες. Επίσης από το γεγονός ότι ο αέρας απορροφά τις υψηλές συχνότητες μειώνοντας τον χρόνο αντήχησης σε αυτές. Επομένως ο τεχνικός που μελετάει την σχεδίαση και την κατασκευή ενός χώρου εκδηλώσεων θα πρέπει με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων υλικών να πετύχει την επιπλέον απορρόφηση των χαμηλών συχνοτήτων, ώστε να έχει τον μικρότερο χρόνο αντήχησης σε όλο το συχνοτικό φάσμα.

### **ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3 : ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ**

Έστω ότι σε ένα χώρο έχουμε δυο παράλληλες επιφάνειες και στο μέσο τους τοποθετούμε μια πηγή ήχου. Η πηγή παράγει ήχο σταθερής ηχητικής ενέργειας προς όλες τις κατευθύνσεις. Έτσι κάποιο ποσοστό της ενέργειας θα απορροφηθεί από τις επιφάνειες ενώ το υπόλοιπο, αν το μήκος κύματος του ήχου ταιριάζει με την απόσταση των δύο παράλληλων επιφανειών, θα σχηματίσει μια ζώνη εναλλασσόμενης ηχητικής πίεσης, τα λεγόμενα στάσιμα κύματα.

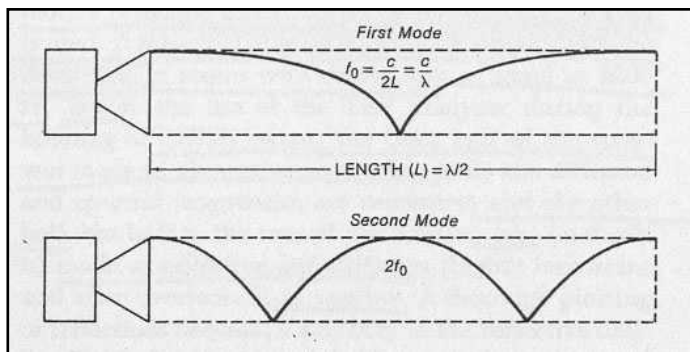
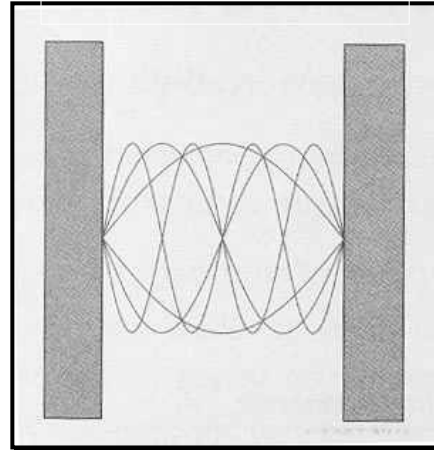
Σχήμα 1.16 : Δημιουργία στάσιμου κύματος 100Hz ανάμεσα σε δυο τοίχους απόστασης  $3,4\text{m} \cdot 1\text{m}=3,3\text{ft}$ . (Gary Davis & Ralph Jones 1989 σελ.56)



Αν κάνουμε μια βόλτα ανάμεσα στις δύο αυτές επιφάνειες θα παρατηρήσουμε ότι σε κάποια σημεία του χώρου ο ήχος έχει μεγάλη στάθμη (μέγιστη πίεση - κοιλίες), ενώ σε άλλα σημεία ο ήχος είναι ανεπαίσθητος (μηδενική πίεση - δεσμοί). Οι εναλλαγές της ηχητικής

πίεσης μέσα στο χώρο είναι σε αποστάσεις συμμετρικές μεταξύ τους και εξαρτώνται από το μήκος κύματος του ήχου . Επομένως για συχνότητες πολλαπλάσια του συγκεκριμένου ήχου θα έχουμε πάλι τη δημιουργία στάσιμων κυμάτων με διαφορετική όμως ζώνη ελαχίστων και μεγίστων σημείων ηχητικής πίεσης.

Σχήμα 1.17: Συντονισμός σε παράλληλους τοίχους.  
(Σκαρλάτος 2003 σελ.111)



Σχήμα 1.18: Πρώτος τρόπος ταλάντωσης First Mode  $f_0 = c/\lambda$  , δεύτερος τρόπος ταλάντωσης Second mode  $= 2f_0$  , τρίτος τρόπος ταλάντωσης Third mode  $= 3f_0$ .  
(Davis 1997 σελ .214)

Ο χώρος σε αυτή την περίπτωση συμπεριφέρεται σαν συντονιστής και σχηματίζει στάσιμα κύματα με συγκεκριμένους τρόπους δόνησης (modes) που προκύπτουν απ' τον τύπο:

$$F_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2L}$$

Όπου:  $F_0$  = η συχνότητα του πρώτου τρόπου δόνησης (Hz).

$\lambda$  = το μήκος κύματος που ισούται με δύο φορές την L απόσταση των δύο απομακρυσμένων επιφανειών του δωματίου .

c = η ταχύτητα του ήχου στον αέρα (m/sec).

Παράδειγμα : Η πρώτη συχνότητα συντονισμού ενός δωματίου μήκους  $L = 4,5\text{m}$  είναι :

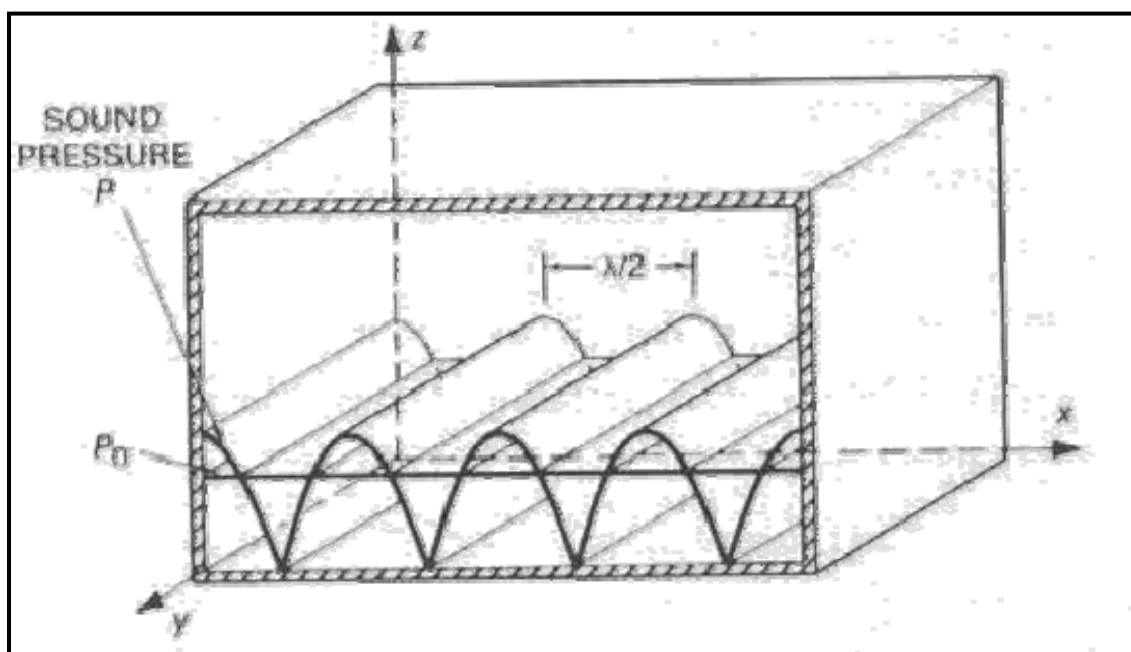
$$F_0 = \frac{c}{2L} = \frac{340}{9} = 38\text{Hz}$$

Ακολούθως η δεύτερη συχνότητα συντονισμού θα είναι  $2f_0 = 76\text{Hz}$   
 η τρίτη συχνότητα συντονισμού θα είναι  $3f_0 = 114\text{Hz}$   
 η τέταρτη συχνότητα συντονισμού θα είναι  $4f_0 = 152\text{Hz}$

Σε ένα παραλληλεπίπεδο δωμάτιο όμως υπάρχουν τριών ειδών στάσιμα κύματα (modes). Αυτά είναι :

- Τα Αξονικά στάσιμα κύματα (axial mode) που δημιουργούνται ανάμεσα σε δύο απέναντι επιφάνειες για αυτό και είναι μονοδιάστατα . Έχουν την μεγαλύτερη ενέργεια για αυτό και μας ενδιαφέρουν περισσότερο και είναι τα  $(N_x, 0, 0)$ ,  $(0, N_y, 0)$  και  $(0, 0, N_z)$ .
- Τα εφαπτομενικά στάσιμα κύματα (tangential mode) που δημιουργούνται μεταξύ τεσσάρων επιφανειών δηλαδή σε δύο διαστάσεις και έχουν το μισό της ενέργειας των αξονικών. Είναι τα  $(N_x, N_y, 0)$ ,  $(N_x, 0, N_z)$  και  $(0, N_y, N_z)$ .
- Τα πλάγια στάσιμα κύματα (Oblique Mode) που δημιουργούνται μεταξύ έξι επιφανειών γι' αυτό και είναι τρισδιάστατα και έχουν μόνο το ένα τέταρτο της ενέργειας των αξονικών . Είναι τα  $( N_x , N_y , N_z )$ .

Σχήμα 1.19: Διάγραμμα ηχητικής πίεσης, mode (4,0,0) (Davis 1997 σελ .214)

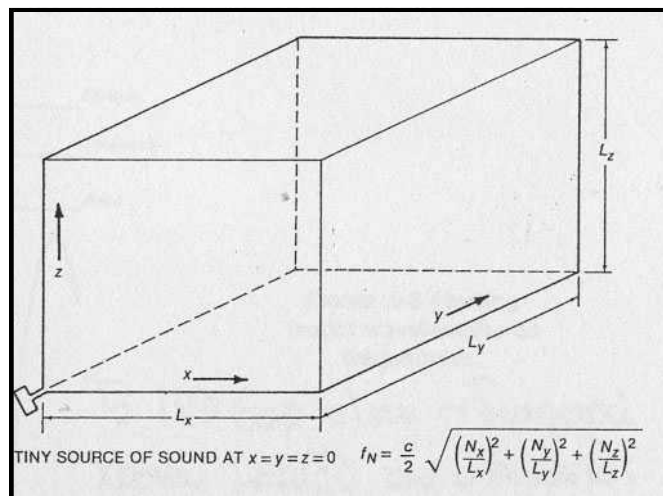


Οι φυσικές συχνότητες δόνησης ενός χώρου βρίσκονται από τη σχέση:

$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{N_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{N_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{N_z}{L_z}\right)^2}$$

Όπου:  $N_x, N_y, N_z$  = σταθερές που παίρνουν ανεξάρτητα η κάθε μία τις ακέραιες τιμές 0, 1, 2, 3.....έως το άπειρο  
 $L_x$  = το μήκος δωματίου  
 $L_y$  = το πλάτος δωματίου  
 $L_z$  = το ύψος δωματίου :  
 $c$  = η ταχύτητα του ήχου στον αέρα

Σχήμα 1.20: Υπολογισμός των modes σε ορθογώνιο δωμάτιο . (Davis 1997 σελ .214)



Στάσιμα κύματα συμβαίνουν κυρίως σε ορθογώνιους χώρους αλλά και σε χώρους με μη παράλληλες επιφάνειες με μικρότερα προβλήματα όμως αφού γίνεται κατανομή της ηχητικής ενέργειας με ασύμμετρο τρόπο και έτσι είναι πιο δύσκολο να βρεθούν οι δεσμοί και οι κοιλίες των στάσιμων κυμάτων. Επίσης αυτές οι κοιλίες έχουν μικρότερη ηχητική πίεση από τις κοιλίες των στάσιμων κυμάτων που δημιουργούνται σε ορθογώνιους χώρους. Από όλα αυτά καταλαβαίνουμε ότι τα στάσιμα κύματα παίζουν μεγάλο ρόλο στην ακουστική των κλειστών χώρων και αποτελούν βασικό παράγοντα μελέτης στην αρχιτεκτονική ακουστική .

#### **ΕΝΟΤΗΤΑ 1.4: ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ**

Η ηχομόνωση ενός χώρου διακρίνεται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- α ) από έξω προς τα μέσα
- β) από μέσα προς τα έξω

Ας δούμε κάθε μία ξεχωριστά .



α ) *Από Έξω Προς Τα Μέσα:* Όπως είπαμε προηγουμένως ένας χώρος και συγκεκριμένα στην περίπτωση μας ένα θέατρο, όταν βρίσκεται σε μια περιοχή που υπάρχει πολύς εξωτερικός θόρυβος θα πρέπει να προστατεύεται από αυτόν αλλιώς οι θεατές χάνουν την προσοχή τους από το έργο .

Προφανές είναι ότι η δυνατότητα να κατασκευαστεί ο χώρος σε ήσυχο μέρος, ώστε να αποφευχθούν οι θόρυβοι του εξωτερικού περιβάλλοντος, είναι πολυτέλεια και εξαρτάται και από άλλους παράγοντες. Επομένως για το πρόβλημα του θορύβου βάθους θα πρέπει να στραφούμε σε λύσεις πιο εφικτές. Ένας συμπαγής τοίχος θα μειώνει σημαντικά την στάθμη του εξωτερικού θορύβου και την εισροή του στον εσωτερικό χώρο . Όσο η μάζα του υλικού αυξάνεται τόσο καλύτερος είναι ο τοίχος σαν εμπόδιο από τους εξωτερικούς θορύβους. Επειδή αυξάνεται όμως το βάρος της κατασκευής καταφεύγουμε στην χρήση διπλών και τριπλών τοιχωμάτων με ελαστικά υλικά ανάμεσα για μείωση των κραδασμών πετυχαίνοντας έτσι πολύ καλή ηχομόνωση και παράλληλα ελαφριές κατασκευές.

Επίσης για να αποφύγουμε τους κτυπογενείς θορύβους στα πατώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτά ως μόνωση , υλικά όπως το μπετόν, το λάστιχο, το ξύλο, ο υαλοβάμβακας και το χαλί . Αυτά είναι καλό να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό γιατί όταν αλλάζει η σύνθετη αντίσταση των υλικών ο διαδιδόμενος ήχος μειώνεται καλύτερα .

Η χρησιμοποίηση μικρών θαλάμων με δυο πόρτες είναι μια πολύ καλή λύση στο να μην εισχωρεί εξωτερικός θόρυβος μέσα στην αίθουσα και προτιμάται από την τοποθέτηση μιας αεροστεγούς πόρτας μεγάλου βάρους, λόγω χαμηλότερου κόστους και ευκολίας στο άνοιγμα και στην συντήρηση . Ο τρόπος σύνδεσης των πορτών με τους τοίχους θέλει προσοχή καθώς ο ήχος μπορεί να διεισδύσει μέσα και από πολύ μικρά ανοίγματα και σχισμές.

Άλλος ένας τρόπος για την αντιμετώπισή του εξωτερικού θορύβου είναι η τοποθέτηση βλάστησης έξω από την αίθουσα ως θάμνοι και δέντρα με μεγάλη πυκνότητα φυλλώματος που επηρεάζουν θετικά το ποσοστό απορρόφησης του ήχου .

β ) *Από Μέσα Προς Τα Έξω:* Για να πετύχουμε ηχομόνωση από μέσα προς τα έξω χρησιμοποιούμε τις ίδιες μεθόδους που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη περίπτωση μείωσης του μεταδιδόμενου θορύβου από έξω προς τα μέσα . Επίσης η τοποθέτηση ενός χαλιού στο χώρο του ακροατηρίου θα βοηθήσει στην απορρόφηση των δονήσεων που προκαλούνται από τον βηματισμό των ανθρώπων. Η μελέτη του συστήματος εξαερισμού είναι πολύ σημαντική γιατί μας βοηθάει να εξασφαλίζουμε τον σωστό εξαερισμό της αίθουσας, διατηρώντας την σωστή υγρασία και αποφεύγοντας την διείσδυση του αερόφερτου θορύβου .

Γενικά ο εξοπλισμός ενός καλλιτεχνικού χώρου θα πρέπει να λειτουργεί με χαμηλές στάθμες θορύβου , καθώς επίσης να επιβλέπεται και να συντηρείται τακτικά.

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 1.5: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ**

### **1.5.1: Ηχοαπορροφητές**

Τα ηχοαπορροφητικά υλικά είναι εκείνα τα υλικά τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλη ικανότητα ηχοαπορρόφησης και χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική ακουστική . Ο συντελεστής απορρόφησης αποτελεί το μέτρο ικανότητας της κάθε επιφάνειας ή του υλικού να απορροφά τον ήχο. Αν από την προσπίπτουσα ηχητική ενέργεια απορροφάται το 40% σε επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου λέμε ότι ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης είναι 0,40 (Sabin). Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης ενός υλικού μεταβάλλεται με τη συχνότητα και τη γωνία πρόσπτωσης του ήχου . Όλοι οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης που δίνουν οι κατασκευαστές για υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για αρχιτεκτονικούς ακουστικούς υπολογισμούς μετρούνται με τη μέθοδο του θαλάμου αντήχησης. Ο θάλαμος αντήχησης είναι ένα μεγάλο δωμάτιο με πολύ ανακλαστικά τοιχώματα , οροφή και πάτωμα , με πολύ μεγάλο χρόνο αντήχησης, ειδικά κατασκευασμένος ώστε να υπάρχουν πολλοί τρόποι δόνησης (modes) σε πολλές συχνότητες. Η μέθοδος του θαλάμου αντήχησης μετρά αυτόματα τη μέση τιμή του συντελεστή ηχοαπορρόφησης των ηχοαπορροφητικών υλικών.

Συνήθως τα πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά που χρησιμοποιούνται κατασκευάζονται από βαμβάκι (που είναι εξαιρετικός απορροφητής ήχου ) και χνουδωτά ινώδη υλικά σε μορφή ταμπλό, υφασμάτων , χαλιών κ .α . Καθώς ο ήχος προσκρούει σε μια τέτοια επιφάνεια κάποιο μέρος της ηχητικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα λόγω της τριβής καθώς οι ίνες αρχίζουν να κινούνται . Στη συνέχεια ο ήχος εισχωρεί όλο και βαθύτερα ανάμεσα στο πορώδες υλικό και χάνει διαρκώς ενέργεια καθώς όλο και περισσότερες ίνες ταλαντώνονται μετατρέποντας την ηχητική ενέργεια σε θερμική . Υπάρχουν δυο όρια ανάμεσα στα οποία βρίσκονται τα καλά ηχοαπορροφητικά υλικά . Αν οι ίνες είναι πολύ αραιές θα απορροφηθεί λίγη ηχητική ενέργεια σαν θερμότητα, ενώ αντίθετα , αν οι ίνες είναι πολύ πυκνές η εισχώρηση του ήχου δεν θα είναι επαρκής ώστε να προκαλέσει την απαιτούμενη τριβή . Μεταξύ αυτών των δυο ορίων βρίσκονται ηχοαπορροφητικά υλικά που είναι καλοί ηχοαπορροφητές και αποτελούνται από κυτταρίνη ή ορυκτές ίνες.

Άλλα γνωστά ηχοαπορροφητικά υλικά είναι το υαλόνημα σε μορφή ταμπλό (με ίνες από γυαλί που αποτελούνται από ειδικά υλικά μεγάλης

πυκνότητας), οι αφροί από πολυουρεθάνη (αφρολέξ) γνωστά και ως Sonex, και οι κουρτίνες που λειτουργούν σαν ηχοπορροφητές ήχου ανάλογα με το βάρος του υλικού που είναι κατασκευασμένες, τον βαθμό πτύχωσης (ζάρες) και την απόσταση τους από τον τοίχο. Τα χαλιά τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως για την αισθητική στο χώρο απορροφούν τον ήχο συνήθως στις υψηλές συχνότητες και αυτό δημιουργεί ένα πρόβλημα στην ισοστάθμιση της ηχοαπορρόφησης.

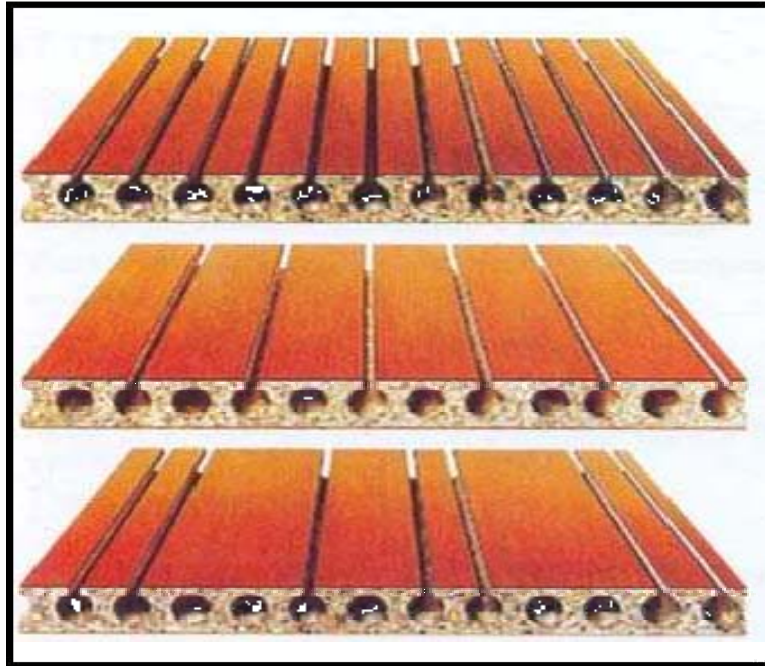
Τέλος οι ηχοαπορροφητές με διαφράγματα ή αλλιώς "συνηχητές μεμβράνης" σε αντίθεση με τους πορώδεις απορροφητές οι οποίοι απορροφούν τον ήχο σε υψηλές και μεσαίες συχνότητες, έχουν τη δυνατότητα απορρόφησης του ήχου σε χαμηλές συχνότητες. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στη μηχανική δόνηση της επιφάνειας που πάλλεται, όταν ο ήχος προσπίπτει πάνω της και έτσι αποσβένει τον κραδασμό. Η ανάγκη για την παρουσία ηχοαπορροφητών με διάφραγμα σε χώρους ακροατηρίου είναι απαραίτητη αφού οι ακροατές και τα περισσότερα υλικά απορροφούν μεσαίες και υψηλές συχνότητες. Τα υλικά κατασκευής των συνηχητών είναι συνήθως υποπροϊόντα του ξύλου όπως νοβοπάν και κόντρα πλακέ.

Η επίδραση του πάχους των ηχοαπορροφητικών υλικών μετά από κάποια τιμή, αν και θα περιμέναμε να μας δίνει μεγάλο συντελεστή ηχοαπορρόφησης για μεγαλύτερο πάχος, ισχύει μόνο για τις χαμηλές συχνότητες κάτω από τα 500Hz. Σε αυτή την περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων παρατηρούμε βελτίωση όσο αυξάνεται το πάχος του υλικού, αντίθετα πάνω από τα 500Hz ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης παραμένει σχεδόν σταθερός.

Επίδραση του κενού πίσω από τον ηχοαπορροφητή: Η απορρόφηση ενός απορροφητικού υλικού μπορεί να βελτιωθεί στις χαμηλές συχνότητες αν τοποθετηθεί σε απόσταση από τον τοίχο. Ανάλογα με τη συχνότητα που θέλουμε να απορροφήσουμε τοποθετούμε το απορροφητικό υλικό σε απόσταση ενός τετάρτου μήκος κύματος ή σε περιττά πολλαπλάσια του ενός τετάρτου. Αυτός είναι ένας εύκολος τρόπος να πάρουμε μεγαλύτερη ηχοαπορρόφηση σε χαμηλές συχνότητες.

Η επίδραση της πυκνότητας που μεταβάλλεται σχεδόν 4 προς 1 επηρεάζει πάρα πολύ λίγο τον συντελεστή ηχοαπορρόφησης του ηχοαπορροφητικού υλικού. Σε πολύ μικρές πυκνότητες η τριβή μεταξύ των ινών και του ήχου που προσπίπτει δεν είναι ικανή ώστε να απορροφήσει τον ήχο και σε πολύ μεγάλες πυκνότητες έχουμε μικρή εισχώρηση του ήχου στο πορώδες υλικό με μεγάλη ανάκλαση. Οι δύο παραπάνω περιπτώσεις αφορούν τα όρια μεταξύ πυκνότητας υλικών και συντελεστή ηχοαπορρόφησης.

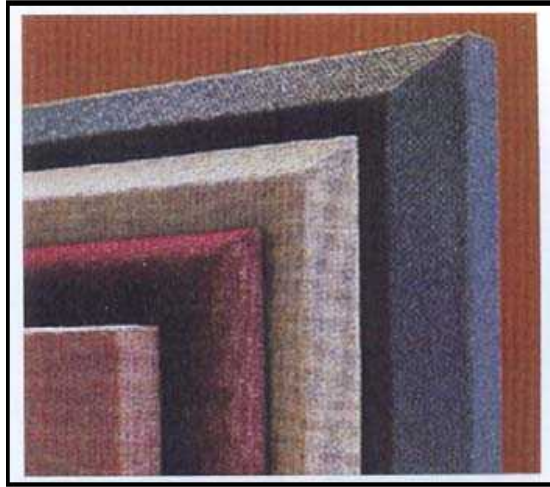
Σχήμα 1.21: Συνηχητής κοιλότητας dewewton. (Τσινίκας 2005 σελ .61)



Σχήμα 1.22: Πορώδη ηχοαπορροφητικά από αφρώδη πολουρεθάνη με εξογκώματα για την αύξηση της επιφάνειας ηχοαπορρόφησης. (Τσινίκας 2005 σελ .61)



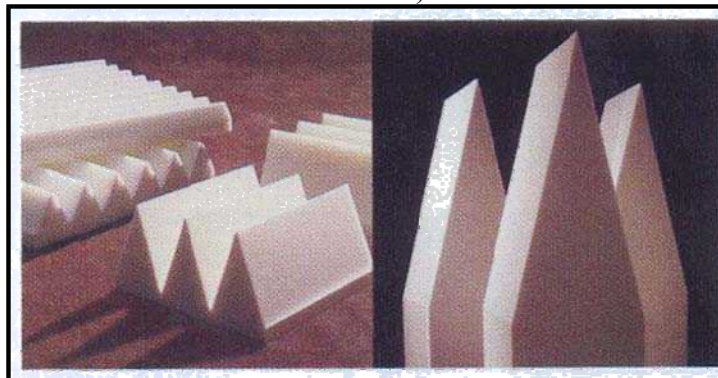
Σχήμα 1.23: Φινίρισμα πλαισίων που επικαλύπτουν πορώδη υλικά. (Τσινίκας 2005 σελ .61)



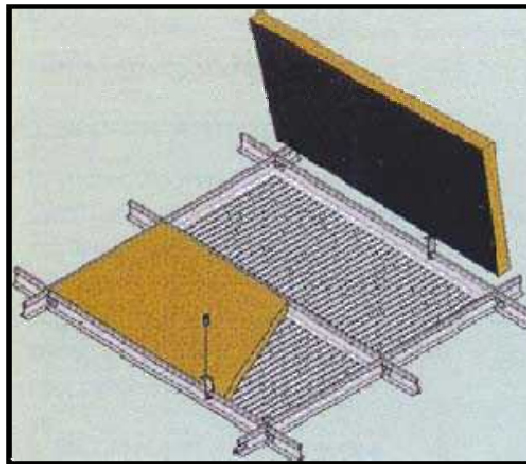
Σχήμα 1.24: Σύνθεση αναρτημένων στοιχείων ηχοαπορρόφησης, ηχοδιάχυσης και φωτισμού . (Τσινίκας 2005 σελ.61)



Σχήμα 1.25: Πορώδη ηχοαπορροφητικά sonex από αφρώδη πολυουρεθάνη (Τσινίκας 2005 σελ.61)



Σχήμα 1.26: Πορώδης ηχοαπορροφητική πλάκα από ύαλο-πετρο-ορυκτο-βάμβακα που επικαλύπτεται από ειδικό επίστρωμα υαλοπιλήματος, που τοποθετείται πίσω από μεταλλικό διάτρητο ηχοδιαπερατό πλέγμα ψευδοροφής. (Τσινίκας 2005 σελ .61 )



### **1.5.2: Ηχοανακλαστήρες**

Ηχοανακλαστήρας είναι η επιφάνεια εκείνη η οποία έχει την ιδιότητα να αντανακλά τον ήχο που προσπίπτει σε αυτήν. Το επιφανειακό βάρος και το υλικό που είναι κατασκευασμένη η επιφάνεια επηρεάζουν την ανακλαστικότητα του ηχοανακλαστήρα. Επίσης το μήκος κύματος του ήχου που προσπίπτει θα πρέπει να είναι μικρότερο από την επιφάνεια του ηχοανακλαστή. Συνήθως χρησιμοποιούμε κυρτές ανακλαστικές επιφάνειες οι οποίες έχουν την τάση να διαχέουν τον ήχο που προσπίπτει σε αυτές προς όλες τις κατευθύνσεις μέσα στο χώρο, αντίθετα με τις κοίλες ανακλαστικές επιφάνειες οι οποίες έχουν την τάση να συγκεντρώνουν τον ήχο που προσπίπτει πάνω τους.

Σχήμα 1.27: Ανακλαστήρες που συμβάλουν και στην καλή αισθητική του χώρου σε αίθουσα της Βενεζουέλας. (Τσινίκας 2005 σελ .36)



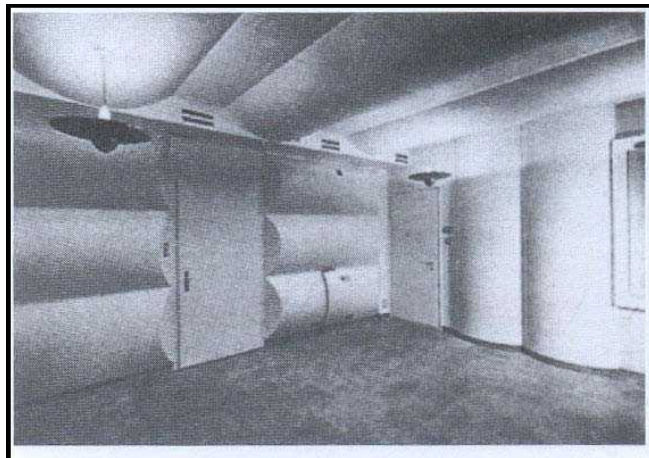
### 1.5.3: Ηχοδιαχυτές

Ηχοδιαχυτές είναι τα υλικά εκείνα τα οποία διαχέουν τον ήχο που προσπίπτει πάνω τους προς όλες τις διευθύνσεις. Αυτό είναι και το ζητούμενο σε ένα χώρο, ώστε να έχουμε τον ίδιο χρόνο αντήχησης σε όλες τις θέσεις του δωματίου καθώς και ισόποση ηχητική πυκνότητα και ένταση προς όλες τις διευθύνσεις.

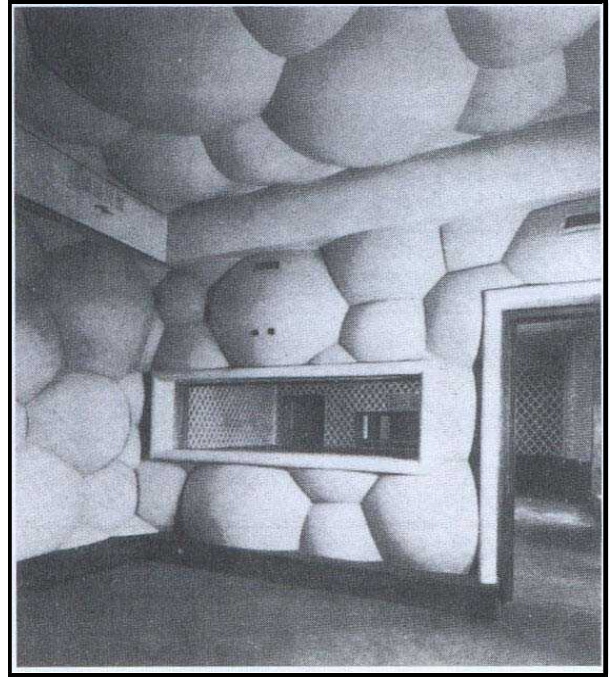
Ο πρώτος ηχοδιαχυτής ήταν του Schroeder. Ο Schroeder παράγγειλε ένα μεταλλικό φύλλο με αυλακώσεις οι οποίες είχαν βάθος ενός τετάρτου του μήκος κύματος της συχνότητας που πρόσπιπτε πάνω στο φύλλο και παρατήρησε ότι ο ήχος είχε μεγαλύτερη διάχυση στο χώρο, σε σχέση με προηγούμενες αυλακώσεις που είχαν τυχαία βάθη ανάλογα με το μήκος κύματος της συχνότητας. Το πείραμα αυτό ήταν σημείο καμπής για την ακουστική, καθώς μέχρι τότε η διάχυση αναζητούνταν με στρέβλωση των τοίχων, με χρήση υλικών διαφόρων γεωμετρικών προεξοχών κ.α.

Άλλοι τύποι ηχοδιαχυτών είναι οι ηχοδιαχυτές φράγματος περίθλασης. Σε να μεγάλο χώρο η ηχητική ποιότητα της αίθουσας εξαρτάται και επηρεάζεται πολύ από τις ανακλάσεις των πλευρικών τοίχων. Μια σειρά από ηχοδιαχυτές φράγματος περίθλασης στο κέντρο της αίθουσας, στη στάθμη της οροφής, μπορεί να διαχέει τον ήχο από την σκηνή πλάγια προς το ακροατήριο. Επίσης οποιαδήποτε ενοχλητική ανάκλαση μπορεί να ελεγχθεί με την κατάλληλη θέση των ηχοδιαχυτών. Σε ένα μεγάλο χώρο είναι χρήσιμο να γίνεται καταληπτή η ομιλία αλλά και οι συνθήκες να μην επηρεάζουν την απόλαυση και ποιότητα της μουσικής. Συνήθως ο πίσω τοίχος με τις ανακλάσεις δημιουργεί ηχώ. Αν τοποθετηθούν ηχοδιαχυτές εξαλείφεται η ηχώ και διατηρείται πολύτιμη ενέργεια για τη μουσική αλλά και για την ομιλία. Άλλοι τύποι διαχυτών είναι οι διαχυτές τετραγωνικού υπολοίπου (QRD) και οι διαχυτές πρωτεύουσας ρίζας. Οι ηχοδιαχυτές είναι συνήθως σχήματα όπως κύβοι, ορθογώνια παραλληλεπίπεδα, ημικύλινδροι και συνδυασμοί αυτών που εξέχουν από τους τοίχους. Είναι κατασκευασμένοι από σκληρά λεία υλικά για να εξασφαλίζεται έντονη ανακλατικότητα. Τέλος δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, έτσι ώστε να μην δονούνται και απορροφούν χαμηλές συχνότητες.

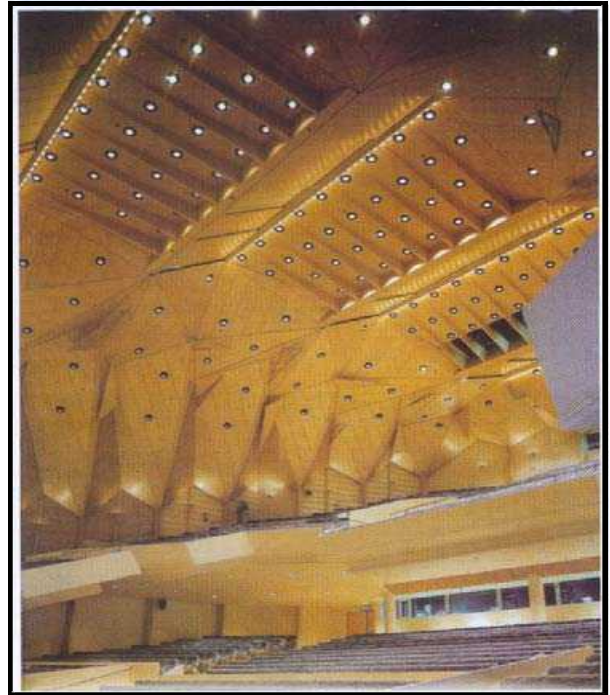
Σχήμα 1.28 : Ηχοδιαχυτές κυλινδρικού σχήματος. (Τσινίκας 2005 σελ .71)



Σχήμα 1.29: Ηχοδιαχυτές σφαιρικού σχήματος.



Σχήμα 1.30: Ηχοδιαχυτές - πρίσματα σε πλαϊνούς τοίχους σε αίθουσα συναυλιών στην Φινλανδία .

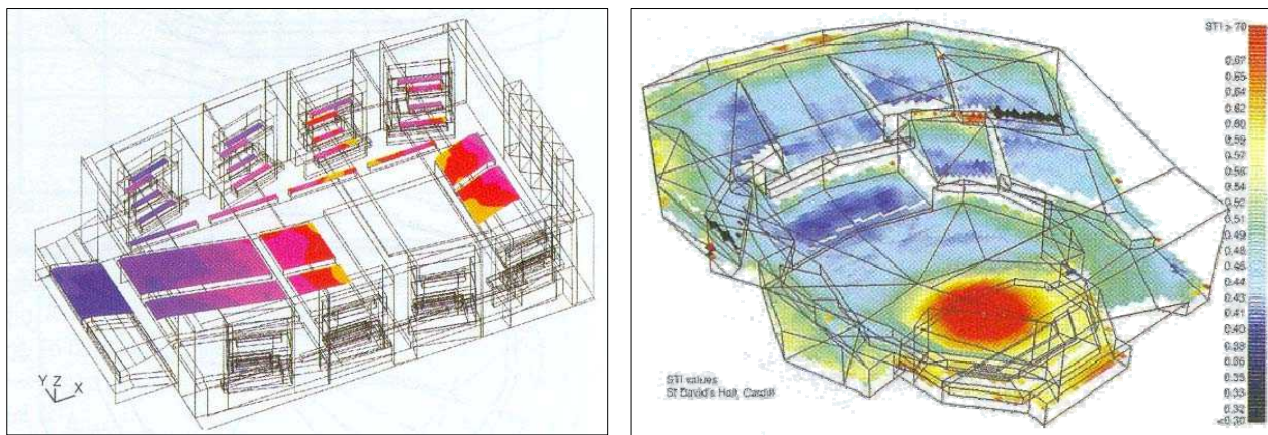




### **1.5.4 :Κατανομή του Ήχου (Ισοσταθμικές καμπύλες)**

Όσο μικρότερες διαφορές έντασης υπάρχουν σε ένα ακροατήριο τόσο αδιάφορο είναι που θα κάτσει κάποιος για να ακούει καλύτερα. Οι ισοσταθμικές καμπύλες κατανομής ήχου παρουσιάζουν τις στάθμες από την πρώτη σειρά ακροατών έως και την τελευταία σειρά ακροατών. Μια διαφορά στάθμης των 3dBΑ θεωρείται άριστη.

Παρακάτω βλέπουμε τις ισοσταθμικές καμπύλες δύο χώρων.



Σχήμα 1.31: Κατανομή του ήχου σε ισοσταθμικές καμπύλες. (Τσινίκας 2005 σελ . 82)

### **1.5.5: Παράμετροι Καλής Ακουστικής**

Γενικότερα λέμε ένας χώρος έχει καλή ακουστική όταν ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Ο ήχος έχει την ίδια κατανομή παντού, δηλαδή είναι διάχυτος.
- Το φαινόμενο της επικάλυψης δεν εμφανίζεται ή είναι περιορισμένο .
- Ο ρυθμός μείωσης του ήχου είναι βέλτιστος με αποτέλεσμα την καθαρότητα της ομιλίας και την βελτίωση της μουσικής. Ισχύει δηλαδή ο βέλτιστος χρόνος αντήχησης.
- Δεν υπάρχουν δυσάρεστες καταστάσεις όπως ηχώ , πολλαπλή ηχώ ,φαινόμενο Haas, ηχητικές σκιές, παραμορφώσεις και ηχητικές συγκεντρώσεις.
- Ο χώρος διαθέτει επαρκή ηχομόνωση .

## ΕΝΟΤΗΤΑ 1.6 : ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στην συγκεκριμένη αίθουσα την οποία διαμορφώνουμε έχουν τοποθετηθεί ήδη κάποια ηχοαπορροφητικά panel τα οποία όμως δεν αρκούν για την σωστή ακουστική της αίθουσας. Με δεδομένο ότι το σχολείο συγκρότημα έχει ήδη προμηθευτεί πετροβάμβακα. φωτ. 1.32.



Φωτ. 1.32 : Τα υπάρχον τοποθετημένα ηχοαπορροφητικά panel και αριστερά στο βάθος ο πετροβάμβακας

Η πρόταση μας είναι να κατασκευαστούν panel 200 x 100 cm με ξύλινο σκελετό (μουρουλιάνα) 50 x 50 mm τα οποία από την μπροστινή πλευρά θα επενδυθούν με ύφασμα αραιής ραφής και στο πίσω μέρος θα τοποθετήσουμε τον πετροβάμβακα αρκετά μεγάλης πυκνότητας ( 60-100 Kgr/m<sup>3</sup> ) στερεωμένο με σύρμα φωτ. 1.33.

Τα panels θα πρέπει να καλύψουν όλη την επιφάνεια του τοίχου, από το πάτωμα μέχρι την οροφή στα σημεία επιφανειών 1-2-3-4 στο σχήμα 1.35 .Στις επιφάνειες 5 και 6 θα τοποθετήσουμε panels από ύψος 1.80 m έως την οροφή. Η τοποθέτηση των panels γίνεται κατά αυτόν τον τρόπο, γιατί είναι απέναντι από την σκηνή, όπου μεταδίδεται ο ήχος και είναι η πιο μακρινή απόσταση, όπου δημιουργείτε μεγάλος χρόνος αντήχησης.

Μπορούμε βέβαια για καλύτερα ηχητικά αποτελέσματα αλλά και λόγους φθοράς στα σημεία επιφανειών 1-2-3-4 από το πάτωμα έως ύψος 1.80 m όπου είναι αρκετά προσβάσιμο, μπροστά από τα panels να τοποθετήσουμε ξύλινη επιφάνεια με κόντρα πλακέ θαλάσσης κομμένο σε φύλλα σε απόσταση μεταξύ τους πλάτους 25mm και 15mm εναλλάξ με διάκενο μεταξύ τους στους δυο

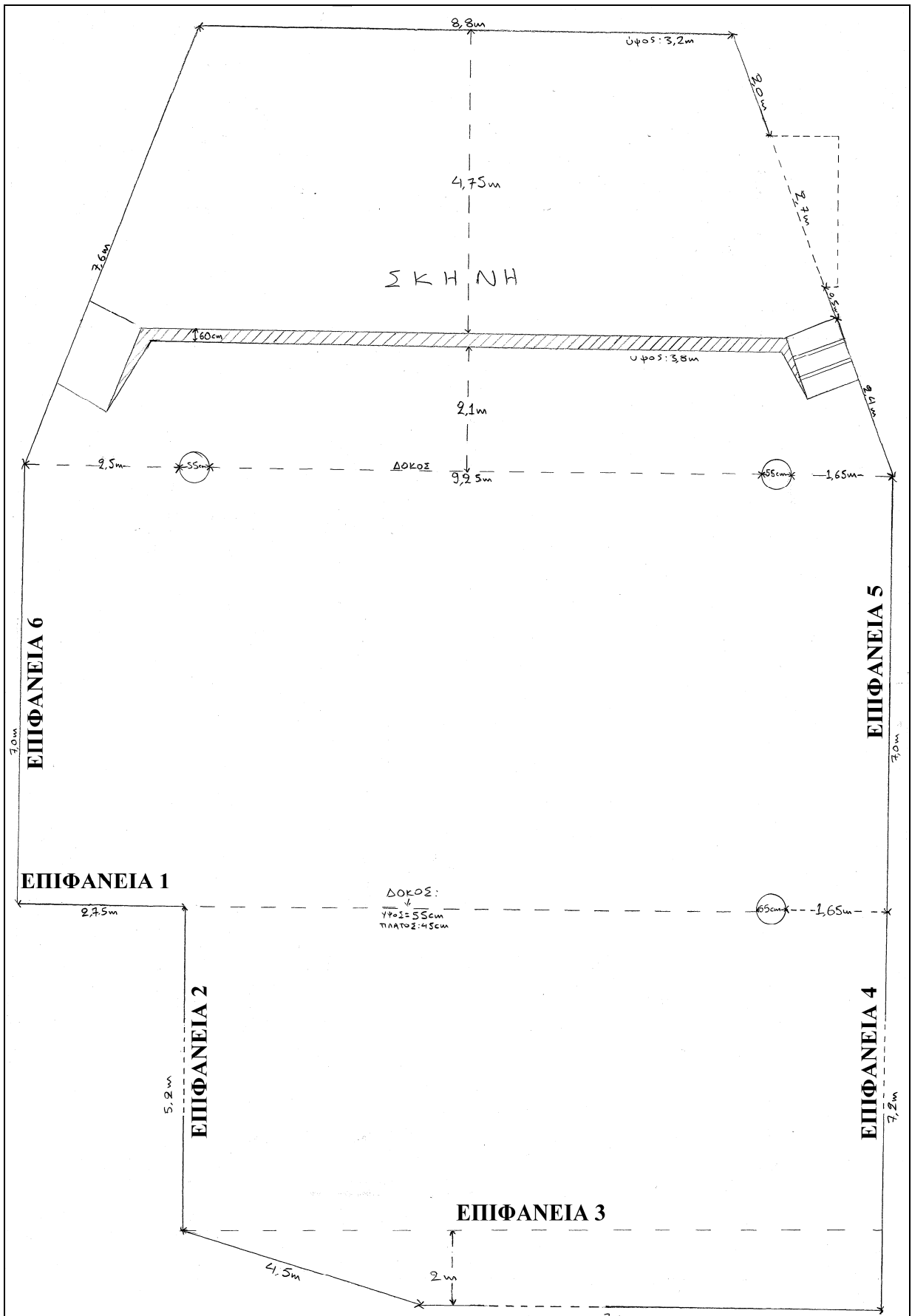
πόντους, δημιουργώντας έτσι ένα φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων τύπου Helmholtz.  
Φωτ. 1.34.



Φωτ. 1.33 : Panels στερεωμένα σε τοίχο



Φωτ. 1.34 : Φίλτρο HELMHOLTZ



Σχήμα 1.35 : Κάτοψη του χώρου και προβολή των επιφανειών για την σωστή τοποθέτηση των panels

Στις γωνίες όπου εφάπτεται η οροφή με τους πλαϊνούς τοίχους θα τοποθετηθεί κόντρα πλακέ θαλάσσης 8 mm με γωνία 45° πλάτους 30cm φωτ. 1.36. για την ανάκλαση των χαμηλών συχνοτήτων.



Φωτ. 1.36 : Τοποθέτηση ξύλινων επιφανειών στις γωνίες της οροφής

Στα παράθυρα πρέπει να κρεμαστούν κουρτίνες ηχοαπορροφητικού υφάσματος (βελούδινες μεγάλης πυκνότητας) ώστε αφενός μεν να αποφύγουμε τις ανακλάσεις των υαλοπινάκων και αφετέρου να μπορούμε να δημιουργήσουμε συσκότιση τις στιγμές που είναι αυτό απαραίτητο (π.χ σε μια θεατρική παράσταση). Με τον ίδιο τρόπο θα καλύψουμε και τις πόρτες εισόδου-εξόδου της αίθουσας.

Στην οροφή πρέπει να κωλυθεί με βενζινόκολλα ηχοαπορροφητικό πολυουρεθάνης 3 mm φωτ. 1.37 ,καλύπτοντας πέντε μέτρα μετά από την αυλαία μέχρι το τέλος του χώρου στο βάθος ( έως την επιφάνεια 3 ).

(σας γνωρίζουμε ότι τα φύλα πολυουρεθάνης τα οποία είναι διαστάσεων 100x100cm υπάρχουν στο εμπόριο βαμμένα σε πολλά χρώματα από την εταιρεία μονωτικών ISELCO τηλ.2105317141) και για καλύτερη στατική επάρκεια μπορούμε να περιχαρακώσουμε το κάθε φύλο πολυουρεθάνης με πηχάκια ξύλινα ραμποταρισμένα 40 mm βιδωμένα στην οροφή με ξυλόβιδες και ούπα.



Φωτ. 1.37 :Τοποθέτηση ηχοαπορροφητικού πολυουρεθάνης στην οροφή

Οι τοίχοι που περιτριγυρίζουν την σκηνή (έως την αυλαία ) θα πρέπει να γίνουν σκούρο μαύρο χρώμα, και τα αποδυτήρια στον χώρο της σκηνής, λόγω ότι δεν πρέπει να είναι εμφανή απο το κοινό, να καλυφθούν με μαύρη κουρτίνα η οποία να είναι σε δυο κομμάτια για να υπάρχει εύκολη πρόσβαση.

### **ΜΠΟΥΚΑ ( ΑΥΛΑΙΑ )**

Η χρησιμότητα της αυλαίας σε ένα θέατρο παίζει πρωταρχικό ρόλο στο να μπορούμε να απομονώσουμε τον χώρο της σκηνής από τους θεατές.

Η αυλαία κατασκευάζεται από ειδικό βελούδινο ύφασμα το οποίο είναι άκαυστο και στο κάτω μέρος πρέπει να φέρει εσωτερική ραφή στην οποία θα περάσουμε μολυβδόνημα για να μπορεί να μένει τεντωμένη. Η αυλαία έχει ραμμένο στο πάνω μέρος ειδικό σιρίτι κουρτίνας βαρέως τύπου για να μπορεί να κρεμαστεί στον δρόμο. Προτείνουμε δρόμο δύο κατευθύνσεων της εταιρείας sirtex διότι έχει τις καλύτερες μηχανικές αντοχές. Για την κίνηση ανοίγματος – κλεισίματος της αυλαίας μπορούμε στον μηχανισμό να προσαρμόσουμε moter δύο κινήσεων ή να πραγματοποιούμε τις κινήσεις με το χέρι. Στην δική μας περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε την χειροκίνητη κυρίως για οικονομικούς λόγους. Η κατασκευή και η τοποθέτηση της είναι απλή. Η αυλαία κινείται πάνω σε έναν

σιδηρόδρομο ο οποίος είναι τοποθετημένος περίπου 10 cm μέσα από την μπούκα της σκηνής. Φωτ. 1.37. έως 1.43.



Φωτ. 1.37 : Εμφανές το σημείο ύψους μπροστά στην σκηνή



Φωτ. 1.38-39 : Τοποθέτηση της βελούδινης αυλαίας πάνω στο σιδηρόδρομο



Φωτ. 1.40-41 : Μηχανισμός κίνησης με σχοινί ( άνοιγμα - κλείσιμο )



Φωτ. 1.42 :Άποψη από την τοποθέτηση αυλαίας στο πολύκεντρο Νέας Κούταλης στην Λήμνο.



Φωτ. 1.43 : Η τελική μορφή της μπουκάς στο εσωτερικό της σκηνής.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :ΗΧΟΣ

### ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1: Ήχος και άνθρωπος

Ο ήχος αποτελεί ένα τόσο συνηθισμένο κομμάτι της καθημερινής ζωής, ώστε σπανίως λαμβάνονται υπόψη όλες του οι επιδράσεις, τόσο οι θετικές όσο και οι αρνητικές. Ο ήχος βελτιώνει τη ζωή του ανθρώπου με διάφορους τρόπους:

- Προσφέρει ευχάριστες εμπειρίες, όπως είναι το άκουσμα της μουσικής ή η απόλαυση του κελαδήματος των πουλιών
- Καθιστά δυνατή την επικοινωνία του ανθρώπου με τους γύρω του
- Ειδοποιεί για την ανάγκη πληροφόρησης, όπως π.χ. με το κουδούνισμα του τηλεφώνου ή προειδοποιεί για επικείμενο κίνδυνο, π.χ. με τον ήχο μίας σειρήνας.
- Παρέχει την ευχέρεια ποιοτικής εκτίμησης και διάγνωσης βλαβών π.χ. εργοστασιακού εξοπλισμού, αυτοκινήτων ή οργάνων του ανθρωπίνου σώματος, λόγω διαφοροποίησής του υπό φυσιολογικές συνθήκες παραγόμενου ήχου.

*Υπάρχει δυστυχώς και η αρνητική πλευρά. Συχνά, στη σύγχρονη κοινωνία ο ήχος ενοχλεί τον άνθρωπο. Πολλοί ήχοι είναι δυσάρεστοι ή ανεπιθύμητοι. Οι ήχοι αυτοί καλούνται **θόρυβος**. Ανεπιθύμητοι είναι συνήθως δυνατοί και απρόβλεπτοι ήχοι. Με βάση αυτόν τον ορισμό, μπορούμε να ορίσουμε τον θόρυβο ως τον ήχο που παρεμποδίζει ή ενοχλεί κάποια άλλη δραστηριότητα της καθημερινής ζωής όπως είναι η εργασία ή η ανάπαυση. Το επίπεδο ενόχλησης δεν εξαρτάται μόνο από το είδος του ήχου, αλλά και από τη στάση του ανθρώπου απέναντι στο πρόβλημα. Για παράδειγμα, ο ήχος ενός καινούριου αεριοθούμενου αεροπλάνου την ώρα που απογειώνεται μπορεί να προκαλέσει ιδιαίτερη ευχαρίστηση στο μηχανικό που το σχεδίασε, αλλά σίγουρα προξενεί φρικτή ενόχληση σε εκείνους των οποίων τα σπίτια βρίσκονται κοντά στο αεροδρόμιο. Πάντως ο ήχος δεν χρειάζεται να είναι δυνατός για να προκαλέσει ενόχληση. Ένα πάτωμα που τρίζει ή μια βρύση που στάζει μπορεί να προκαλέσει εξίσου έντονη ενόχληση, όσο και μία δυνατή βροντή.*

Εκτός από απλή ενόχληση ο ήχος μπορεί να αποβεί ζημιογόνος. Για παράδειγμα, μια ισχυρή ηχητική δέσμη μπορεί να σπάσει τα τζάμια. Η δυσμενέστερη όμως περίπτωση είναι όταν ο ήχος καταστρέφει τον ευαίσθητο μηχανισμό αντίληψής του μέσα στο ανθρώπινο αυτί.

## 2.2: Τι είναι ήχος-Χαρακτηριστικά

**Ήχος** είναι μία μηχανική διαταραχή που διαδίδεται μέσα σε ένα ελαστικό μέσο, με ορισμένη ταχύτητα, ώστε να διεγείρει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλέσει ακουστικό αίσθημα.

Πιο απλά ο ήχος είναι οποιαδήποτε μεταβολή της πίεσης (στον αέρα, το νερό, ή οποιοδήποτε άλλο ελαστικό μέσο) που μπορεί να ανιχνεύσει το ανθρώπινο αυτί.

Το πιο γνωστό όργανο για την μέτρηση των μεταβολών της πίεσης στον αέρα είναι το *βαρόμετρο*. Ωστόσο οι μεταβολές της πίεσης του αέρα που σημειώνονται με κάθε αλλαγή των βαρομετρικών συστημάτων είναι πάρα πολύ βραδείες για να τις ανιχνεύσει το ανθρώπινο αυτί και ως εκ τούτου δεν ανταποκρίνονται στον προηγούμενο ορισμό. Αν όμως αυτές οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης συμβαίνουν ταχύτερα – τουλάχιστον 20 φορές το δευτερόλεπτο – μπορούν να γίνουν ακουστές και, ως εκ τούτου αποκαλούνται ήχος. Πάντως, ένα βαρόμετρο δεν μπορεί να ανταποκριθεί πολύ γρήγορα και, κατά συνέπεια, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση του ήχου.

**Συγκεντρωτικά**, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός ήχου μπορούν να χωριστούν σε 2 κατηγορίες, αυτά τα οποία είναι ανεξάρτητα από την προσωπική αντίληψη του ακροατή και αποκαλούνται αντικειμενικά, ενώ άλλα είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον ακροατή και λέγονται υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου. *Τέτοια αντικειμενικά χαρακτηριστικά, είναι η συχνότητα και η ένταση και ως υποκειμενικά η ακουστικότητα, το ύψος και η χροιά.*

Ο αριθμός των μεταβολών της πίεσης ανά δευτερόλεπτο καλείται **συχνότητα** του ήχου και μετράται σε χερτζ (Hz). Υποκειμενικό χαρακτηριστικό του ήχου, αντίστοιχο της συχνότητας, είναι το **ύψος** του. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο οξύτερος είναι και ο ήχος. Οι χαμηλές συχνότητες γίνονται αντιληπτές ως βαθύς ήχος. Για παράδειγμα, το μπουμπουνητό ενός μακρινού κεραυνού έχει χαμηλή συχνότητα, ενώ το σφύριγμα υψηλή συχνότητα.

Το ωτολογικά φυσιολογικά άτομο αντιλαμβάνεται συχνότητες από 20 έως 20.000 Hz (ή αλλιώς 20 kHz). (Ως ωτολογικά φυσιολογικό άτομο ορίζεται κάθε υγιές άτομο του οποίου τα αυτιά δεν εμφανίζουν κανένα σύμπτωμα αρρώστιας, οι ακουστικοί του πόροι είναι απαλλαγμένοι από κυψελίδα και δεν έχει προΐστορία επιβλαβούς έκθεσης σε θόρυβο). Ας σημειωθεί ότι το φάσμα συχνοτήτων από τη χαμηλότερη έως την υψηλότερη νότα του πιάνου εκτείνεται από 27,5 έως 4.18Hz.

Οι μεταβολές της πίεσης διαδίδονται μέσα σε κάθε ελαστικό μέσο, π.χ. στον αέρα, από την πηγή παραγωγής του ήχου έως τα αυτιά του ακροατή.

Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα, είναι 344 m/sec. Τα όρια των ακουστών ήχων για διάφορα πλάσματα του πλανήτη μας είναι τα εξής:

**Άνθρωπος: 20-20.000 Hz**  
**Σκύλος: 15- 50.000 Hz**  
**Γάτα: 60-65.000 Hz**  
**Τζιτζίκας: 100-15.000 Hz**  
**Δελφίνι: 150-150.000 Hz**  
**Νυχτερίδα: 1000-120.000 Hz**

**Για να γίνει αντιληπτός από τον άνθρωπο ένας ήχος θα πρέπει να τηρούνται δύο προϋποθέσεις: Πρώτο να είναι αρκετά ισχυρός και δεύτερο να έχει κατάλληλη συχνότητα.**

Η πρώτη προϋπόθεση βέβαια είναι κάτι που εξαρτάται και από την ποιότητα της ακοής μας (υποκειμενικό γνώρισμα). Ήχος που μόλις ακούγεται έχει ακουστότητα ενός *phon*. Ως μια δεύτερη προϋπόθεση θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το τύμπανο ενός αυτιού πολύ καλής ακουστικής ικανότητας είναι δυνατό να αντιληφθεί ήχους με *ακραίες* συχνότητες από 16Hz-20.000Hz (1Hz εκφράζει μία ταλάντωση ανά δευτερόλεπτο). Έξω από τα όρια αυτών των συχνοτήτων δεν μπορεί η ακουστική μεμβράνη να συντονισθεί με τη συχνότητα του ήχου. Έτσι υπάρχουν ήχοι αρκετά ισχυροί που δεν ακούγονται όμως γιατί οι συχνότητές τους είναι έξω από τα όρια που αναφέρθηκαν. Οι ήχοι αυτοί αν έχουν συχνότητες μεγαλύτερες από 20.000 Hz ονομάζονται *υπέρηχοι*, ενώ αν έχουν συχνότητες μικρότερες από 16 Hz ονομάζονται *υπόηχοι*. Παρ' όλο που τα όρια ακουστών ήχων για τους ανθρώπους είναι γενικά τα παραπάνω, η ακοή κάθε ανθρώπου εξαρτάται και από την ποιότητα της ακοής μας (υποκειμενικό γνώρισμα). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι τους ήχους αυτούς τους ακούν άλλα ζώα των οποίων τα αυτιά συλλαμβάνουν διαφορετικές συχνότητες.

Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί πως οι ήχοι είναι κύματα τα οποία μεταφέρουν ενέργεια όχι όμως και ύλη. Για την κατανόηση της μεταφοράς ενέργειας μέσω του ήχου είναι ίσως χρήσιμο να αναφερθούν τα εξής: Πολλές φορές με τις εκρήξεις κανονιών ή με το πέραςμα αεροπλάνων σπάνε τζάμια σε κοντινές αποστάσεις εξ αιτίας του ισχυρού ηχητικού κύματος που προκαλείται. Ακόμη διάφοροι τενόροι μπορούν με τη φωνή τους να σπάσουν κρυστάλλινα αντικείμενα. Τέλος χτυπώντας παλαμάκια μπορούμε να δώσουμε εντολή μέσω του ήχου σε κάποιο ηλεκτρικό κύκλωμα να ενεργοποιηθεί. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις δημιουργήθηκε ήχος σε κάποιο σημείο και προκλήθηκε ένα αποτέλεσμα σε διαφορετικό σημείο που απαιτούσε οπωσδήποτε ενέργεια. Άρα οι ήχοι μεταφέρουν ενέργεια.

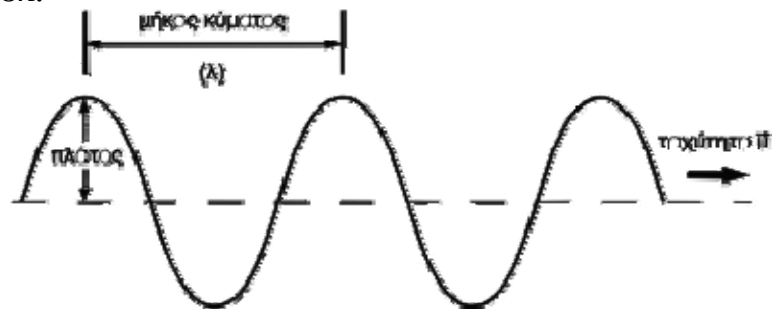
Οι ήχοι κινούνται με διαφορετική ταχύτητα στα διάφορα υλικά μέσα. Οι ήχοι κινούνται γρήγορα στα στερεά, αργά στα αέρια και με ενδιάμεσες ταχύτητες στα υγρά. Δείχνουν δηλαδή διάθεση να κινηθούν γρηγορότερα στα πυκνότερα υλικά. Π.χ. στο ατσάλι ο ήχος διαδίδεται με ταχύτητα 6100 μέτρα ανά δευτερόλεπτο, στο νερό με ταχύτητα 1480 περίπου μέτρα ανά δευτερόλεπτο, ενώ στον αέρα με 344 περίπου μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Ακόμη θα πρέπει να σημειώσουμε ότι 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.

Γνωρίζοντας την ταχύτητα και την συχνότητα ενός ήχου υπολογίζουμε το μήκος κύματος ( $\lambda$ ) αυτού, δηλαδή, την απόσταση από μία κορυφή του κύματος ως την επόμενη ή από μία κορυφοτιμή της πίεσης ως την επόμενη, εφαρμόζοντας την σχέση:

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

Από αυτή την εξίσωση υπολογίζουμε το μήκος κύματος σε διάφορες συχνότητες. Υψηλής συχνότητας ήχοι έχουν μικρό μήκος κύματος και χαμηλής συχνότητας ήχοι έχουν μεγάλο μήκος κύματος. Για παράδειγμα στα 20 Hz προκύπτει ότι το μήκος κύματος είναι πάνω από 17 μέτρα , ενώ στα 20 kHz το μήκος κύματος είναι μόνο 1,7 εκ.



Εικόνα 2.1 : Μήκος κύματος ( $\lambda$ ) και πλάτος ενός κύματος

Ήχος που περιλαμβάνει μόνο μία συχνότητα ονομάζεται *απλός ήχος* ή *απλός καθαρός τόνος*. Στην πράξη σπανίως απαντώνται απλοί τόνοι. Οι περισσότεροι ήχοι είναι σύνθετοι και μπορούν να αναλυθούν σε πολλαπλές συχνότητες. Ακόμα και μία απλή νότα στο πιάνο έχει μια σύνθετη κυματομορφή. Ο βιομηχανικός θόρυβος είναι, ως επί το πλείστον, ιδιαίτερα σύνθετος και οι συνιστώσες του κατανέμονται σε μια ευρεία περιοχή συχνοτήτων. Ο θόρυβος αυτού του τύπου καλείται *ευρυζωνικός θόρυβος*. Γνωστά παραδείγματα είναι ο θόρυβος που παράγεται από αργαλειούς, εκτυπωτικές πρέσες ή από ένα αεριοθούμενο αεροπλάνο. Εάν ο θόρυβος έχει συνεχές ηχητικό φάσμα και συχνότητες ομοιόμορφα κατανεμημένες σε περιοχή του ακουστικού ηχητικού φάσματος, καλείται *λευκός θόρυβος*.

Το δεύτερο βασικό γνώρισμα του ήχου είναι η *ένταση*, στενά συνδεδεμένη με την ισχύ του ηχητικού σήματος που διεγείρει το αυτί μας. Αλλιώς η ένταση περιγράφεται και με τον όρο «εύρος μεταβολών της πίεσης». Η κύρια αιτία που οι ήχοι έχουν διαφορετικές εντάσεις είναι ότι πιέζουν με διαφορετική δύναμη το τύμπανο του αυτιού μας, δηλαδή το πόσο έντονες είναι οι αναταράξεις που προκαλεί το σώμα που παράγει τον ήχο. Όσο πιο μεγάλη ισχύ διαμορφώνουν τα ηχητικά κύματα ολοένα και περισσότερη δύναμη εξασκούν στο μηχανισμό του αυτιού μας. Για παράδειγμα, κτυπώντας απλά την χορδή μιας κιθάρας τότε αυτή

πάλλεται με μια συχνότητα, δημιουργώντας αναταράξεις που όμως δεν είναι έντονες. Αντίθετα αν κτυπήσουμε την ίδια χορδή με δύναμη παρατηρείται πως πάλλεται με την ίδια συχνότητα αλλά με πολύ εντονότερες διαταραχές. Άρα, ένταση ορίζεται από το πλάτος της δόνησης με αποτέλεσμα όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος τόσο ισχυρότερος είναι ο ήχος. Ο ασθενέστερος ήχος (ελάχιστος ακουστός) που μπορεί να αντιληφθεί ένα υγιές ανθρώπινο αυτί έχει εύρος 20  $\mu\text{Pa}$  το οποίο ισοδυναμεί με 5 δις φορές λιγότερο από την κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Αυτή η μεταβολή της πίεσης των 20  $\mu\text{Pa}$  είναι τόσο μικρή που προκαλεί μια απόκλιση του τυμπάνου του ανθρώπινου αυτιού μικρότερη από τη διάμετρο ενός μορίου υδρογόνου. Κατά θαυμαστό τρόπο, το αυτί αντέχει ηχητικές πιέσεις πάνω από ένα εκατομμύριο φορές υψηλότερες των 20  $\mu\text{Pa}$ . ( Το Pascal είναι μονάδα μέτρησης πίεσης και είναι ίσο με  $1 \text{ N/m}^2$ . Η μέση ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι 1013,25 mbar, όπου  $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$ . ) Εάν, λοιπόν, η μέτρηση του ήχου γινόταν σε Pa θα προέκυπταν πολύ μεγάλα και δύσχρηστα αριθμητικά ποσά. Για αυτό χρησιμοποιείται η κλίμακα των ντεσιμπέλ ή κλίμακα dB. Το ντεσιμπέλ δεν είναι μία απόλυτη μονάδα μέτρησης. Είναι μία αναλογία μεταξύ ενός μετρούμενου μεγέθους και ενός συμφωνημένου επιπέδου αναφοράς. Η κλίμακα dB είναι λογαριθμική και χρησιμοποιεί τα 20  $\mu\text{Pa}$  ως ηχητική πίεση αναφοράς. Το **κατώφλι ακοής** ορίζεται ως 0 dB. Κάθε φορά που πολλαπλασιάζεται, επομένως, η ηχητική πίεση εκφρασμένη σε  $\mu\text{Pa}$  επί 10, προστίθενται 20 dB στη στάθμη των dB. Έτσι, τα 200  $\mu\text{Pa}$  αντιστοιχούν σε 20 dB (ως προς 20  $\mu\text{Pa}$ ), τα 2000  $\mu\text{Pa}$  σε 40 dB κ.ο.κ. Κατ' αυτόν τον τρόπο η κλίμακα dB συμπιέζει την ευρύτατη κλίμακα τιμών μέχρι πάνω από  $1.000.000 * 20 \mu\text{Pa}$  (=20.000.000  $\mu\text{Pa}$ ), σε δεδομένο μήκος άξονα, όπου οι διαδοχικές δυνάμεις του 10 ευρίσκονται σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις. Με χρήση λοιπόν της λογαριθμικής αυτής κλίμακας καθίσταται δυνατό να περιληφθεί επί του άξονα των σταθμών ηχητικής πίεσης η ευρύτατη περιοχή των εντάσεων μεταξύ των μόλις ακουστών ήχων και των ισχυρότατων ήχων. Τα 20.000.000  $\mu\text{Pa}$  αντιστοιχούν σε 120 dB. Ο πόνος για το ανθρώπινο αυτί αρχίζει στα 120 dB.

Η κλίμακα των dB παρέχει μία πολύ καλύτερη προσέγγιση της αντίληψης από τον άνθρωπο της σχετικής ακουστότητας του ήχου, συγκριτικά με την κλίμακα των  $\mu\text{Pa}$ . Αυτό συμβαίνει επειδή το ανθρώπινο αυτί αντιδρά σε λογαριθμική μεταβολή της στάθμης ηχητικής πίεσης, γεγονός που απεικονίζεται στη κλίμακα των ντεσιμπέλ, στην οποία το 1 dB αντιστοιχεί στην ίδια σχετική μεταβολή οπουδήποτε στην κλίμακα. Στην κλίμακα αυτή κάθε διαδοχική αύξηση της ηχητικής πίεσης κατά 3 dB αντιπροσωπεύει διπλασιασμό της ηχητικής ενέργειας. Είναι δυνατόν όμως δύο ήχοι να έχουν την ίδια συχνότητα και την ίδια ένταση και να διαφέρουν μεταξύ τους. Το ιδιαίτερο αυτό χαρακτηριστικό που μας επιτρέπει να ξεχωρίζουμε δύο, κατά τα άλλα, ίδιους ήχους μεταξύ τους, είναι η **χρoιά**. Π.χ. αν ακούσουμε δύο ήχους ίδιας συχνότητας και ίδιας έντασης αλλά από δύο διαφορετικά μουσικά όργανα τους ξεχωρίζουμε αμέσως! Το παραπάνω εξηγείται από το ότι οι παραγόμενοι ήχοι είναι σύνθετοι και αποτελούνται από ένα θεμελιακό ήχο και πολλούς άλλους αρμονικούς που βρίσκονται σε μια

ορισμένη σχέση με το θεμελιακό. Έτσι η συχνότητα κάθε αρμονικού είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της συχνότητας του θεμελιακού. Αν δηλαδή 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. Στην περίπτωση αυτή οι ήχοι δεν ξεχωρίζουν κατά τη χροιά, γιατί δεν έχουν αρμονικούς.

### **2.3: Τι ακούει ο άνθρωπος**

Όπως έχει ήδη ορισθεί, ήχος είναι οποιαδήποτε μεταβολή της πίεσης που μπορεί να γίνει ακουστή από το ανθρώπινο αυτί. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η ζώνη συχνοτήτων που αντιλαμβάνεται ένας υγιής, νέος άνθρωπος εκτείνεται από 20 Hz έως 20 KHz. Σε όρους ηχητικής πίεσης οι ακουστοί ήχοι περιλαμβάνονται από το κατώφλι ακοής των 0 dB έως το όριο του πόνου που υπερβαίνει τα 130 dB. Το ανθρώπινο αυτί δεν είναι εξίσου ευαίσθητο σε όλες τις συχνότητες. Μεγαλύτερη ευαισθησία παρουσιάζει σε ήχους μεταξύ 2 και 5 KHz ενώ είναι λιγότερο ευαίσθητο σε χαμηλότερες και υψηλότερες συχνότητες. Το γεγονός αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία κατά τη μέτρηση του θορύβου, δεδομένου ότι δύο ήχοι ίσης έντασης αλλά διαφορετικών συχνοτήτων κρίνονται υποκειμενικά ως ήχοι διαφορετικής ακουστότητας.

**Ακουστότητα** ενός ήχου είναι μέγεθος που σχετίζεται άμεσα με το μέτρο του υποκειμενικού αισθήματος της έντασης του ήχου που αντιλαμβάνεται ο φυσιολογικός ακροατής.

Η διαφοροποίηση της ευαισθησίας ανάλογα με τη συχνότητα, είναι πιο έντονη στις χαμηλές στάθμες ηχητικής πίεσης σε σύγκριση με τις υψηλές. Οι παλμικοί θόρυβοι δημιουργούν ακόμα ένα πρόβλημα κατά την αξιολόγηση της ακουστότητας. Ως παλμικός θόρυβος ορίζεται ο μεταβλητός θόρυβος που αποτελείται από μία ή περισσότερες εξάρσεις ηχητικής ενέργειας (ηχητικούς παλμούς) κάθε μία με διάρκεια μικρότερη από ένα δευτερόλεπτο.

Λόγω της μικρής διάρκειας των παλμικών ήχων (λιγότερο του 1 δευτερολέπτου) το αυτί παρουσιάζει μειωμένη ευαισθησία στην αντίληψη της ακουστότητάς τους. Οι ερευνητές συμφωνούν γενικά στο εξής: η υποκειμενικά αντιληπτή ακουστότητα ήχων βραχύτερης διάρκειας των 70 msec είναι μικρότερη από εκείνη που παράγουν ήχοι της ίδιας στάθμης ηχητικής πίεσης αλλά μεγαλύτερης διάρκειας.

### **2.4: Διάδοση ηχητικών κυμάτων – Ο ήχος ως σύνθετο σήμα**

Όταν ένα ηχογόνο σώμα παράγει 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

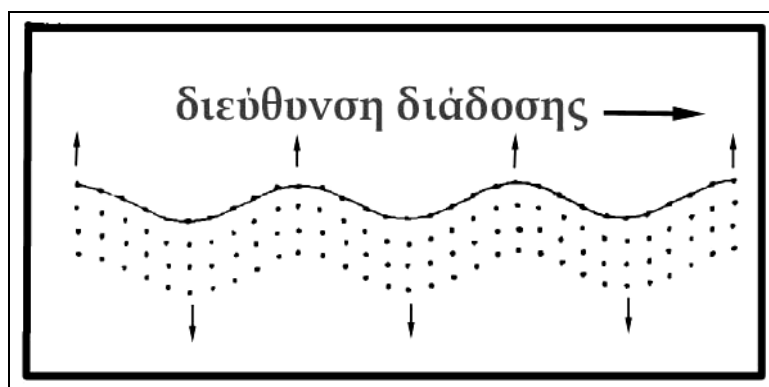
ορατά. Αν όμως σταθούμε κοντά σ' ένα ηχογόνο σώμα καταλαβαίνουμε τον ήχο. Όσο πιο κοντά στο κέντρο εκπομπής βρισκόμαστε, τόσο δυνατότερος είναι και ο ήχος. Εάν απομακρυνθούμε πολύ από το κέντρο εκπομπής, θα φτάσει στιγμή που δε θα ακούμε πια τον ήχο, γιατί τα ηχητικά κύματα θα σβήνουν πριν φτάσουν σ' αυτά μας. Τα ηχητικά κύματα παράγονται από σώματα που εκτελούν μηχανικές ταλαντώσεις (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 (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**.

**Διαμήκη κύματα** ονομάζονται τα κύματα εκείνα των οποίων η διεύθυνση διάδοσής των συμπίπτει με την διεύθυνση της ταλάντωσης.



Εικόνα 2.2 : Στιγμιότυπο διαμήκους κύματος

**Εγκάρσια κύματα** ονομάζονται εκείνα τα κύματα των οποίων η διεύθυνση διάδοσής των είναι κάθετη στη διεύθυνση της ταλάντωσης.



Εικόνα 2.3: Στιγμιότυπο εγκάρσιου κύματος

Για να ακουστεί ένας ήχος, θα πρέπει μεταξύ ηχογόνου σώματος και δέκτη 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. Στα υγρά είναι μεγαλύτερη και στα

στερεά ακόμη πιο μεγάλη. Στο νερό των ποταμών π.χ φτάνει τα 1.440 m/sec και στο θαλασσινό νερό τα 1.500 m/sec. Στο ξύλο είναι 4.000 και στο σίδηρο 5.100 m/sec.

Όταν τα ηχητικά κύματα στην πορεία τους συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, αναγκάζονται να γυρίσουν πίσω. Το φαινόμενο αυτό λέγεται ανάκλαση. Αν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από 17 m, έχουμε το φαινόμενο της **ηχούς**, κατά το οποίο αν βρισκόμαστε σ' αυτήν την απόσταση από κάποιο εμπόδιο και φωνάζουμε, τότε ακούμε τη φωνή μας να επαναλαμβάνεται. Εάν υπάρχουν πολλά τέτοια εμπόδια τριγύρω, τότε ακούμε τη φωνή μας να επαναλαμβάνεται περισσότερες από μια φορές. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πολλαπλή ηχώ. Αν όμως το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από 17m, τότε ο ήχος απλώς δυναμώνει. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **αντήχηση** και στηρίζεται στο ότι τα ηχητικά κύματα ανακλώνται και επιστρέφουν ενισχυμένα, όταν συναντήσουν ένα πολύ κοντινό εμπόδιο. Ο ήχος είναι σύνθετο σήμα και ουσιαστικά αντιστοιχεί στο άθροισμα περιοδικών σημάτων ή διαφορετικά περιοδικών μεταβολών πίεσης. Ο συνδυασμός των σημάτων αυτών σε κάποιο σημείο του χώρου μας δίνει το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα.

Ο ήχος μπορεί να διαχωριστεί σε 3 κατηγορίες :

- Τόνοι
- Αρμονικοί τόνοι
- Θόρυβος

Ανάλυση του ήχου είναι η αντίστροφη διαδικασία προσδιορισμού των βασικών συνιστωσών του ηχητικού κύματος. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της ανάλυσης Fourier, η οποία είναι η αναπαράσταση του ηχητικού κύματος στο πεδίο της συχνότητας. Η απεικόνισή του σήματος στο πεδίο της συχνότητας ονομάζεται φάσμα του σήματος. Οι συνιστώσες της φασματικής απεικόνισης για περιοδικούς ήχους είναι η **θεμελιώδης συχνότητα** και τα **ακέραια πολλαπλάσια** της θεμελιώδους συχνότητας. Ενώ οι συνιστώσες της φασματικής απεικόνισης για μη περιοδικούς ήχους είναι το **φάσμα** το οποίο στην πράξη είναι διακριτό, εφόσον έχουμε δειγματοληψία του σήματος εισόδου.

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 2.5: Αντίληψη ήχου**

### **2.5.1: Ένταση (Intensity)**

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρόπο διάδοσης ενός ηχητικού κύματος, θεωρούμε την ύπαρξη μιας σημειακής ηχητικής πηγής. Η σημειακή ηχητική πηγή εκπέμπει ηχητικά κύματα προς όλες τις κατευθύνσεις σε μια συνεχώς αναπτυσσόμενη σφαίρα από την πηγή. Όσο αυτή η σφαίρα μεγαλώνει, η



επιφάνεια της όλο και απομακρύνεται από την σημειακή πηγή, με αποτέλεσμα η ίδια ποσότητα ηχητικής ενέργειας να διασκορπίζεται σε μεγαλύτερη περιοχή και η ένταση του ήχου να μειώνεται. Αυτή είναι η αιτία εξασθένησης του ήχου σε μεγάλες αποστάσεις. Ακόμα και διαισθητικά καταλαβαίνουμε ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος του κύματος τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ένταση. Στην πραγματικότητα η ένταση είναι ανάλογη του τετραγώνου του πλάτους του κύματος. Η **ένταση** του ηχητικού κύματος ορίζεται ως η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που μεταδίδεται από το κύμα ανά μονάδα επιφανείας κάθετης στη φορά διάδοσης του κύματος. Μονάδα μέτρησης της έντασης είναι Watts ανά τετραγωνικό μέτρο. Υπενθυμίζουμε ότι 1 Watt=1 Joule/sec. Παρόλα αυτά η ένταση του ήχου τις περισσότερες φορές εκφράζεται ως προς μια τιμή αναφοράς σε λογαριθμική κλίμακα και μετριέται σε decibels (dB). Αυτή η κλίμακα προσομοιάζει περισσότερο με την υποκειμενική αντίληψη του ανθρώπου για την ένταση του ήχου και μας παρέχει μεγάλη ευχέρεια σε πρακτικούς υπολογισμούς. Ως τιμή αναφοράς χρησιμοποιείται η ελάχιστη τιμή έντασης που μπορεί να ακούσει ο άνθρωπος η οποία είναι  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  και αντιστοιχεί σε 0 dB. Το μέγεθος αυτό ονομάζεται Στάθμη Έντασης Ήχου (Intensity Level) και η ακριβής σχέση που το συνδέει, με την ένταση είναι:

$$\text{Intensity level as dB} = 10 \text{ (dB)} \times \log \left( \frac{\text{ένταση σε } \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \right)$$

Ακολουθεί πίνακας με εντάσεις συνηθισμένων ήχων:

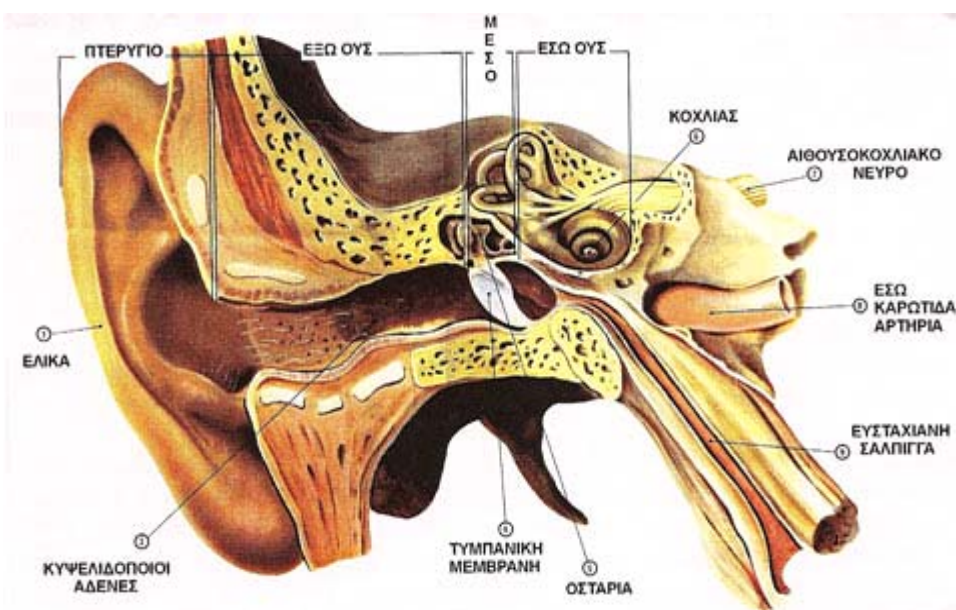
Ήχος	Intensity level (dB)	Ένταση (W/m <sup>2</sup> )
Κατώφλι ακοής	0	$10^{-12}$
Ψίθυρος	10	$10^{-11}$
Φυσιολογική συζήτηση	60	$10^{-6}$
Rock μουσική	115	0,3
Πόνος αυτιού	120	1
Ρήξη τυμπάνου αυτιού	160	$10^4$

## 2.6: Δομή και λειτουργία του ανθρώπινου αυτιού

### 2.6.1: Το ακουστικό ερέθισμα

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει και σε άλλη ενότητα, ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί ένα ορισμένο φάσμα ήχων που βρίσκονται μέσα σε περιοχή συχνοτήτων μεταξύ 20 έως 20,000 Hz. Οι χαμηλές συχνότητες γίνονται αντιληπτές από το ανθρώπινο αυτί ως ένας βαθύς ήχος ή ήχος μικρούς ύψους, ενώ οι υψηλές συχνότητες ως ένας οξύς ήχος ή ήχος μεγάλου ύψους (το ύψος εκφράζει την υποκειμενική αίσθηση ή αντίληψη της συχνότητας του ήχου). Οι υπόηχοι και υπέρηχοι αν και δεν γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο, μπορεί να έχουν βλαπτική επίδραση στην υγεία του.

Το αισθητήριο όργανο της ακοής, **το αυτί**, περικλείεται στο κροταφικό οστό και διαιρείται σε τρία μέρη: **το εξωτερικό αυτί**, το οποίο αποτελείται από το πτερύγιο και τον έξω ακουστικό πόρο, **το μέσον αυτί**, που περιλαμβάνει το τυμπανοσταριώδες σύστημα και την ευσταχιανή ακουστική σάλπιγγα και **το εσωτερικό αυτί**, που αποτελείται από τον κοχλία και τους ημικύκλιους σωλήνες. Το αυτί διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αίσθηση ισορροπίας του ανθρώπινου σώματος.



Εικόνα 2.4 : Το ανθρώπινο αυτί

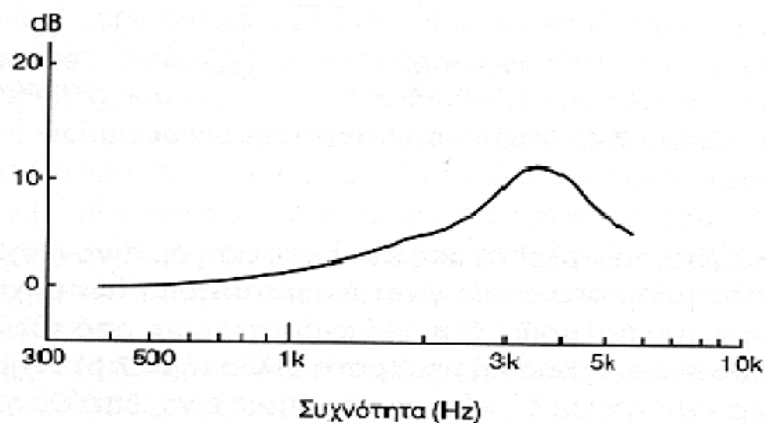
### 2.6.2: Το εξωτερικό αυτί

Το έξω αυτί περιλαμβάνει το πτερύγιο και τον ακουστικό πόρο. Ο ακουστικός πόρος έχει διαστάσεις κατά μέσο όρο 3 εκατοστά μήκος και διάμετρο 0,7 εκατοστά. Στο τέλος του υπάρχει η τυμπανική μεμβράνη ή τύμπανο η οποία χωρίζει το έξω από το μέσο ους. Με την είσοδο του ηχητικού σήματος στον έξω ακουστικό πόρο τα ηχητικά κύματα που αντηχούν στις διάφορες πλευρές και στο πέρας του έξω ακουστικού πόρου γεμίζουν το έξω αυτί με συνεχείς δονήσεις

κυμάτων πίεσης. Μετά, φτάνουν στον τυμπανικό υμένα ο οποίος εκτείνεται στο τέλος του έξω ακουστικού πόρου, τον οποίο και αποφράσσει. Ο τυμπανικός υμένας διαχωρίζει τον έξω ακουστικό πόρο από την κοιλότητα του μέσου αυτιού και είναι εξαιρετικά ευαίσθητος. Όταν δονείται αργά έχουμε χαμηλής συχνότητας ήχους. Όταν δονείται γρήγορα έχουμε υψηλής συχνότητας ήχους.



Εικόνα 2.5 : Το εξωτερικό αυτί



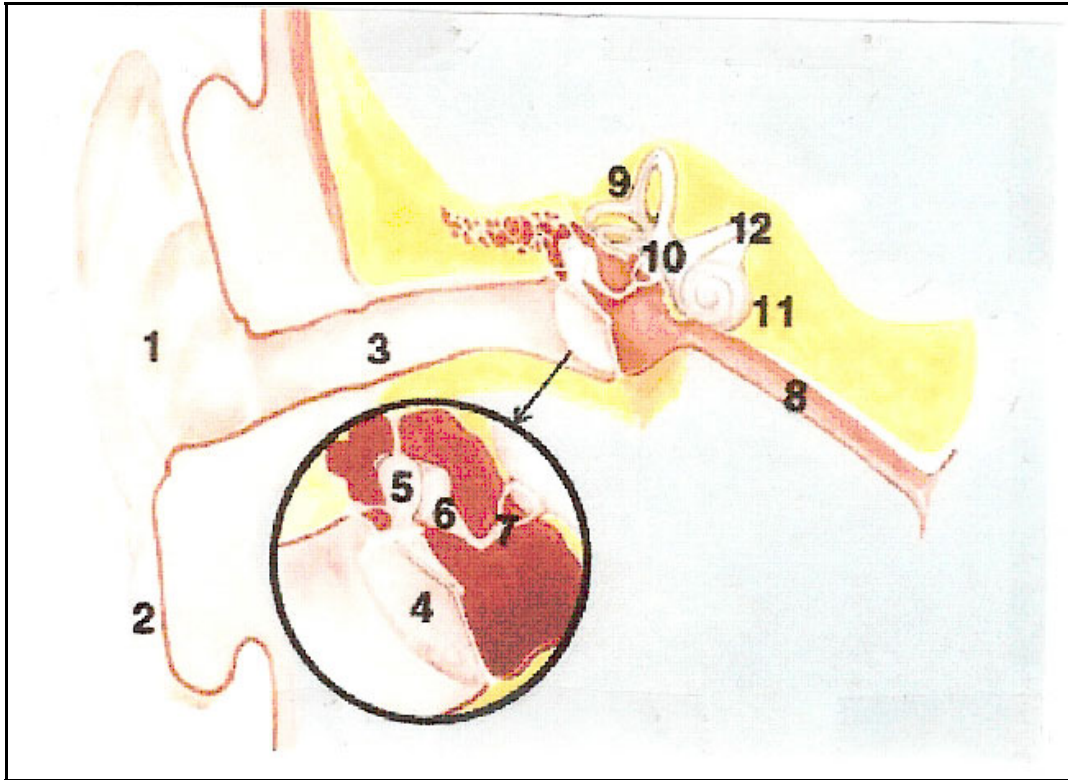
Εικόνα 2.6 : Απόκριση συχνότητας ακουστικού πόρου

### 2.6.3: Το μέσο αυτί

Το μέσο αυτί αποτελείται από την ευσταχιανή σάλπιγγα, τη σφύρα, τον άκμονα και τον αναβολέα. Η μετάδοση της ενέργειας από ένα μέσο με χαμηλή χαρακτηριστική αντίσταση σε ένα άλλο με πολύ μεγαλύτερη είναι ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα. Αυτό ακριβώς είναι το πρόβλημα που καλείται να λύσει η φύση με την μεταφορά ήχου από την αέρια οδό του ακουστικού πόρου στο υγρό του κοχλίου. Η λύση δίνεται και μάλιστα με καταπληκτικό τρόπο με την παρεμβολή του **μέσου αυτιού**. Στην πραγματικότητα ο ρόλος του μέσου αυτιού είναι η προσαρμογή των χαρακτηριστικών αντιστάσεων του αέρα του έξω ους

και του υγρού του κοχλίου. Σε περίπτωση απουσίας του τότε το ηχητικό κύμα θα έπεφτε απ' ευθείας πάνω στο υγρό του κοχλίου και σαν αποτέλεσμα θα είχαμε την σχεδόν ολοκληρωτική ανάκλαση του. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το ένα χιλιοστό της συνολικής ηχητικής ενέργειας θα μπορούσε να διαταράξει το λεμφικό υγρό. Ο λογαριθμικός λόγος αυτών των ποσοστών μας δίνει μία συνολική ακουστική απώλεια 30db. Είπαμε ότι το έξω αυτί τελειώνει στην τυμπανική μεμβράνη. Ακριβώς από την πίσω πλευρά της είναι κολλημένο το πρώτο από τα τρία μικρά οστάρια που σχηματίζουν τη μηχανική σύνδεση μεταξύ τυμπάνου και ελλειψοειδούς παραθύρου. Αυτό είναι η σφύρα. Το δεύτερο οστό είναι ο άκμονας ο οποίος συνδέεται με το τρίτο, τον αναβολέα. Στη βάση του αναβολέα είναι το ελλειψοειδές παράθυρο. Αυτό είναι επίσης ένας υμένας που μοιάζει με τον τυμπανικό αλλά είναι πολύ μικρότερος. Από την μια πλευρά του είπαμε είναι κολλημένη η βάση του αναβολέα και από την άλλη υπάρχει το υγρό του κοχλίου. Η επιφάνεια του τυμπανικού υμένα είναι κατά προσέγγιση  $0,595\text{cm}^2$  και η επιφάνεια του ελλειψοειδούς παραθύρου είναι  $0,032\text{cm}^2$ . Η πρώτη δηλαδή είναι κατά 18,5 φορές μεγαλύτερη από τη δεύτερη. Καθώς τα ηχητικά κύματα πέφτουν στο τύμπανο και το ταλαντώνουν, ανάλογα με την ένταση και τη συχνότητα, η ταλάντωση αυτή μεταφέρεται μέσω του συστήματος των οστών στη μεμβράνη της βάσης του αναβολέα. Δηλαδή στο ελλειψοειδές παράθυρο. Η τελευταία είναι αυτή που διαταράσσει τα υγρά του κοχλίου.

Η σχέση ανισότητας των δύο μεμβρανών όμως μας δίνει μια αύξηση της πίεσης στη δεύτερη κατά 25db περίπου. Όσον αφορά το μηχανικό σύστημα των οστών, η σφύρα είναι μεγαλύτερο οστό από τον άκμονα κατά λόγο 1,3 προς ένα. Αυτό σημαίνει πώς έχουμε περιορισμό της κίνησης της μεμβράνης του ελλειψοειδούς παραθύρου σε σχέση με τον τυμπανικό υμένα. Συμπερασματικά λοιπόν βάση της όλης λειτουργίας του μέσου αυτιού έχουμε μια αύξηση της πίεσεως πάνω στη μεμβράνη του αναβολέα σε σχέση με την τυμπανική ενώ ταυτόχρονα έχουμε και ένα περιορισμό του εύρους της μετακίνησης της πρώτης σε σχέση με την δεύτερη. *Επίσης ένας πολύ σημαντικός ρόλος του μέσου αυτιού είναι η προστασία του όλου ακουστικού συστήματος από ήχους πολύ δυνατής εντάσεως, πολύ υψηλής συχνότητας ή πολύ χαμηλής συχνότητας.* Η προστασία παρέχεται με την βοήθεια δύο πολύ μικρών μυών (των μικρότερων στο ανθρώπινο σώμα). Είναι ο διατείνων του τυμπάνου και ο μυς του αναβολέα. Όταν αυτοί συστέλλονται η λειτουργία του συστήματος των οσταρίων περιορίζεται σημαντικά. Η προστασία αυτή είναι ανακλαστική και τίθεται σε λειτουργία κάθε φορά που εκτιθέμαστε σε έναν ήχο τέτοιας συχνότητας ή εντάσεως που δεν πρέπει να διοχετευθεί στο έσω αυτί.

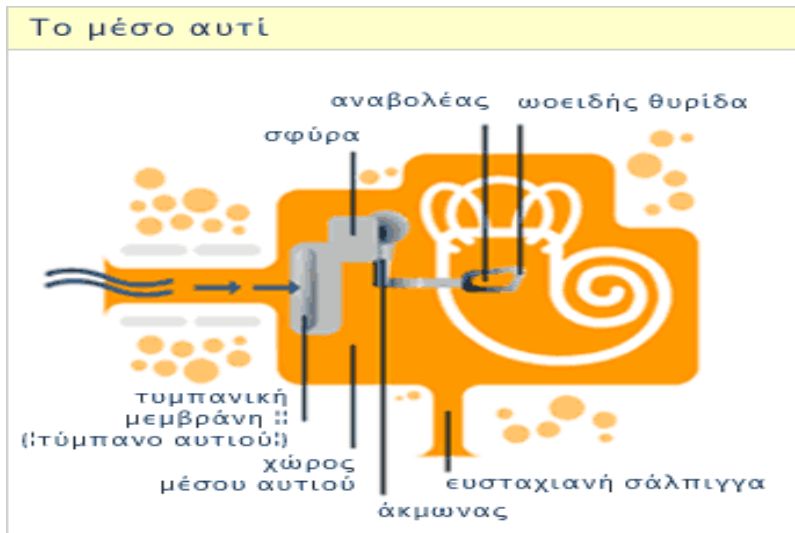


Εικόνα 2.5 : Σχηματική διάταξη του αυτιού καθώς και των οσταρίων του μέσου

Αναλυτικότερα για την παραπάνω εικόνα:

1. Πτερύγιο,
2. Λοβός,
3. Ακουστικός πόρος,
4. Τυμπανική μεμβράνη,
5. Σφύρα,
6. Άκμονας,
7. Αναβολέας,
8. Ευσταχιανή σάλπιγγα,
9. Λαβύρινθος,
10. Ελλειψοειδές παράθυρο,
11. Κοχλίας,
12. Ακουστικό νεύρο.

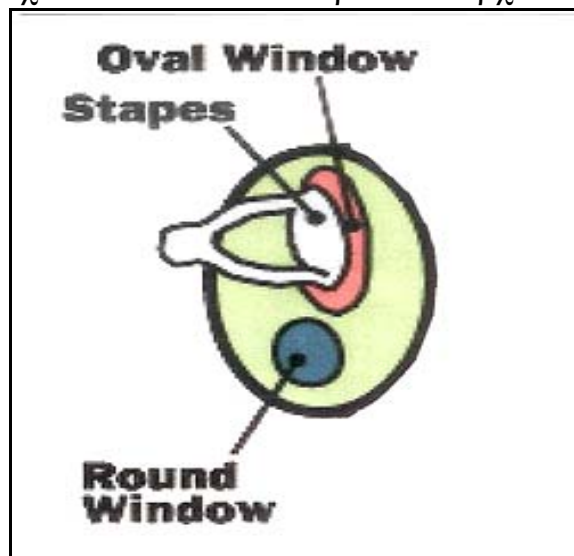
Εκτός από την οστική αλυσίδα που περιέχεται στο μέσο αυτί υπάρχει και ένα σωληνάκι, η ευσταχιανή σάλπιγγα. Η χρησιμότητά της είναι στο να εξισορροπεί την πίεση του αέρα που υπάρχει στο έξω αυτί και αυτής που υπάρχει στο έσω. Επίσης συμβάλλει στην απομάκρυνση υγρών από το μέσο αυτί σε περιπτώσεις μόλυνσης. Η ευσταχιανή σάλπιγγα ξεκινάει από το μέσο αυτί και καταλήγει στον ρινοφάρυγγα. Το αμέσως επόμενο και πιο πολυσύνθετο μέρος του αυτιού είναι το έσω αυτί.



Εικόνα 2.6 : Το μέσο αυτί

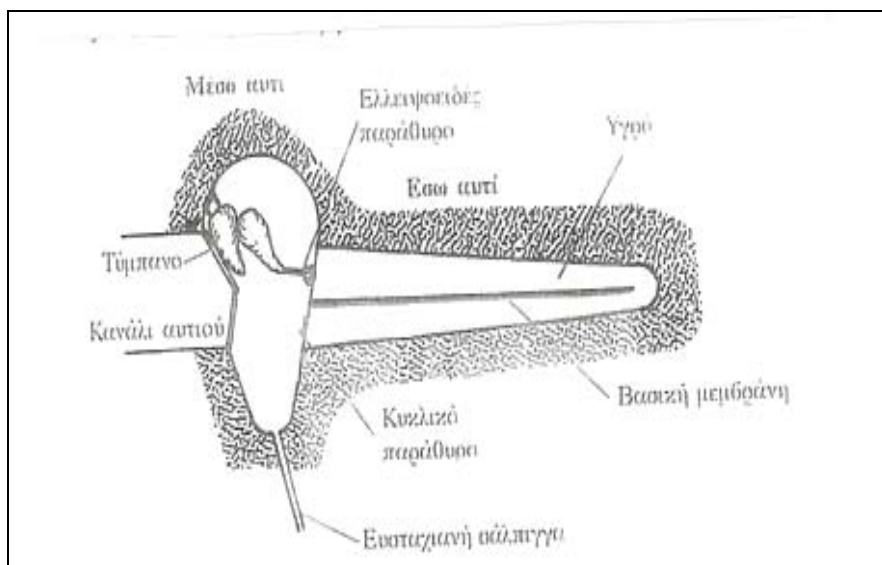
#### 2.6.4: Το εσωτερικό αυτί

Το έσω αυτί αποτελείται από τον κοχλία, το κοχλιακό νεύρο, και τους ημικύκλιους πόρους - σωλήνες. Όπως έχει γίνει κατανοητό ως τώρα η πίεση ενός ακουστικού ερεθίσματος, θα προκαλέσει μια ταλάντωση στον τυμπανικό υμένα και αυτός με την σειρά του μία δόνηση του μηχανικού συστήματος του μέσου αυτιού με τελικό αποδέκτη όλης αυτής της ενέργειας το ελλειψοειδές παράθυρο της βάσης του αναβολέα. Αυτό είπαμε είναι μία μεμβράνη σαν την τυμπανική αλλά πολύ μικρότερη, που βρίσκεται πάνω στον κοχλία. Από την πίσω πλευρά του βρίσκεται το υγρό του κοχλία. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε σε μεγέθυνση την σύνδεση του μέσου αυτιού με το έσω. Βλέπουμε το σημείο επαφής του αναβολέα (Stapes) με την μεμβράνη που λέγεται ελλειψοειδές παράθυρο (oval window), και ακριβώς από κάτω υπάρχει μια άλλη τρίτη μικρή μεμβράνη που λέγεται στρογγυλό παράθυρο (round window). Το πράσινο σημείο είναι το κομμάτι εκείνο του κοχλία στο οποίο τα παραπάνω έρχονται σε επαφή.



Εικόνα 2.7 : Τρόπος σύνδεσης του μέσου αυτιού με το έσω (σε μεγέθυνση)

Ο κοχλίας έχει το μέγεθος ενός μπιζελιού και είναι στριμμένος σαν σαλιγκάρι. Από το σχήμα αυτό παίρνει και το όνομα του. Στην παρακάτω εικόνα που για περιγραφικούς λόγους είναι απλοποιημένη, το στρίψιμο των 2,75 στροφών ξεδιπλώνεται και έχει μήκος 2,5 περίπου εκατοστά. Ο γεμάτος υγρό κοχλίας χωρίζεται από δύο μεμβράνες. Η μία είναι η μεμβράνη του **Reissner** που εκτός από το να την αναφέρουμε δεν θα μας απασχολήσει άλλο γιατί δεν σχετίζεται με την ακοή, και η άλλη η **βασική μεμβράνη**. Αυτή βέβαια σχετίζεται άμεσα με τον ήχο γιατί είναι η αφετηρία της μετατροπής των ηχητικών κυμάτων σε ηλεκτρικά και την προώθηση τους στο ακουστικό νεύρο. Από το ακουστικό νεύρο μεταφέρεται η πληροφορία στον εγκέφαλο με την μορφή ηλεκτρικών σημάτων και εκεί αφού αναλυθεί αποθηκεύεται.



Εικόνα 2.8 : Το εσωτερικό αυτί και οι μεμβράνες

Η ταλάντωση του τυμπάνου από την συχνότητα ενός εισερχομένου ηχητικού κύματος ενεργοποιεί τα οστάρια. Δηλαδή το τύμπανο κουνάει τη σφύρα, η σφύρα τον άκμονα και ο άκμονας με τη σειρά του τον αναβολέα. Η κίνηση του αναβολέα που έχει κολλημένο στη βάση του το ελλειψοειδές παράθυρο προκαλεί την ταλάντωση του υγρού του κοχλίας. Τα υγρά του κοχλίας είναι πρακτικά ασυμπίεστα. Δηλαδή επειδή ο κοχλίας είναι γεμάτος με υγρά και δεν υπάρχει καθόλου αέρας, δεν έχουν καμία ελαστικότητα. Μία κίνηση του ελλειψοειδούς παραθύρου προς τα μέσα έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση ροή υγρού γύρω από το πέρα άκρο της βασικής μεμβράνης με αποτέλεσμα μια κίνηση της μεμβράνης του κυκλικού παραθύρου προς τα έξω. Το κυκλικό παράθυρο όπως βλέπουμε στην εικόνα που παρατέθηκε παραπάνω βρίσκεται κάτω από το ελλειψοειδές και από την κάτω πλευρά της βασικής μεμβράνης. Η μεταφορά του υγρού ανάλογα με την ταλάντωση έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία στάσιμων κυμάτων στη βασική μεμβράνη. Η θέση που έχουν τα στάσιμα κύματα πάνω σε αυτή έχει σχέση με την συχνότητα ταλάντωσης και μεταβάλλονται καθώς αλλάζει η

συχνότητα. Ένας ήχος χαμηλής συχνότητας έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία στάσιμων κυμάτων κοντά στο πέρα άκρο της βασικής μεμβράνης ενώ ένας ήχος υψηλής συχνότητας δημιουργεί μέγιστα πλάτη κοντά στο ελλειψοειδές παράθυρο. Σε περίπτωση σύνθετου κύματος όπως είναι η ομιλία ή η μουσική τότε έχουμε πολλές στιγμιαίες κορφές οι οποίες μετακινούνται διαρκώς σε θέση και πλάτος κατά μήκος της βασικής μεμβράνης. Τα κύματα που δημιουργούνται στο υγρό του κοχλία ερεθίζουν τις άκρες νεύρων ψιλές σαν τρίχες οι οποίες μεταφέρουν τα σήματα μέσω του ακουστικού νεύρου στον εγκέφαλο με την μορφή εκκένωσης νευρώνων. Στην βασική μεμβράνη υπάρχουν 15000 εξωτερικά κύτταρα με περίπου 140 μικροσκοπικές τρίχες το καθένα. Επίσης υπάρχουν 3500 εσωτερικά κύτταρα με περίπου 40 μικροσκοπικές τρίχες το καθένα. Οι μικροσκοπικές αυτές τρίχες ονομάζονται στερεοβλεφαρίδες. Αυτές είναι οι μετατροπείς της ηχητικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Καθώς ο ήχος αναγκάζει το υγρό του κοχλία και την βασική μεμβράνη να κινούνται, οι στερεοβλεφαρίδες λυγίζουν και με αυτό τον τρόπο αποστέλλονται ηλεκτρικά σήματα προς τον φλοιό του εγκεφάλου. Τα ηλεκτρικά αυτά σήματα ονομάζονται ακουστικά δυναμικά.



Εικόνα 2.9 : Το εσωτερικό αυτί

### **2.6.5: Τρόπος λειτουργίας του αυτιού**

Στη μεταφορά των ηχητικών μηνυμάτων συμμετέχουν και συνεργάζονται όλα τα τμήματα και οι δομές του αυτιού. Η συνεργασία αυτή έχει σα στόχο όχι μόνο την αγωγή των ηχητικών κυμάτων, αλλά συγχρόνως και την ενίσχυση της έντασης του ήχου, έτσι ώστε να εξουδετερωθεί η ακουστική αντίσταση των στερεών ανατομικών στοιχείων και κυρίως των υγρών του λαβυρίνθου και συγκεκριμένα, της περιλήμφου, που παρουσιάζει μεγάλη ακουστική αντίσταση. Με τον τρόπο αυτό η ηχητική ενέργεια καθίσταται ικανή να δημιουργήσει

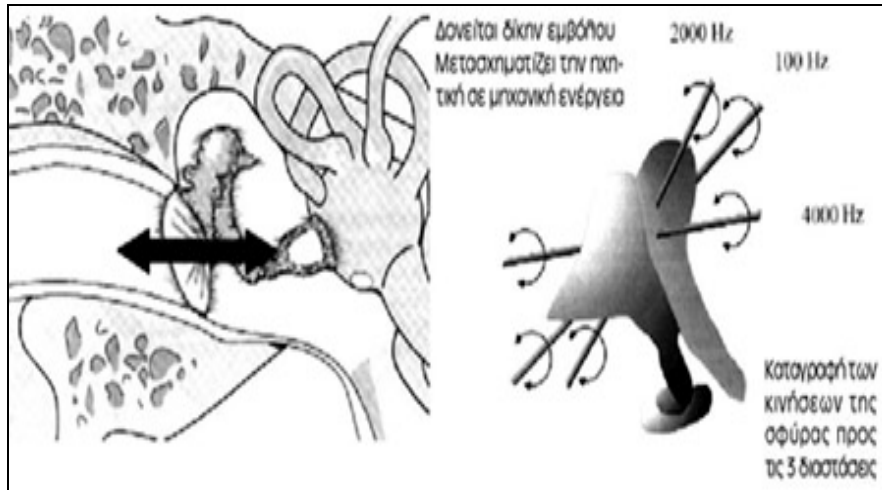


κυματισμό της περιλέμφου. Μέσω του έξω ακουστικού πόρου, η ηχητική ενέργεια θέτει σε κίνηση, υπό μορφή δονήσεων, το τυμπανοσταριώδες σύστημα του μέσου αυτιού και λαμβάνει χώρα μετασχηματισμός της ηχητικής σε μηχανική ενέργεια. Αυτή φέρεται διαδοχικά στη βάση του αναβολέα, την περίλεμφο του κοχλία και τέλος, στα τριχωτά αισθητικά κύτταρα, όπου λαμβάνει χώρα δεύτερος μετασχηματισμός ενέργειας, της μηχανικής σε βιο-ηλεκτρική. Η ενίσχυση της έντασης του ήχου προς εξουδετέρωση της ακουστικής αντίστασης επιτυγχάνεται με:

- Την γεωμετρία του έξω ακουστικού πόρου
- Την υφή και την γεωμετρία της τυμπανικής μεμβράνης
- Την δομή της ακουστικής αλυσίδα

Επίσης, το τυμπανοσταριώδες σύστημα προστατεύει τις θυρίδες του ακρωτηρίου από την απ' ευθείας επ' αυτών πρόσκρουση των ηχητικών κυμάτων και εξασφαλίζει μία διαφορά πίεσης μεταξύ της κλίμακας της αίθουσας και της κλίμακας του τυμπάνου. Ο έξω ακουστικός πόρος, πλην της αγωγής των ηχητικών κυμάτων, δρα παράλληλα σαν αντηχείο και ενισχύει την ένταση του προσπίπτοντος επί του τυμπάνου ήχου μέχρι και 20 dB στις συχνότητες από 2800 έως 3000 Hz. Η δράση αυτή του έξω ακουστικού πόρου εξαρτάται από τη γεωμετρία του, δηλαδή το μήκος, τη χωρητικότητα και το εύρος της εισόδου αυτού. Το πιο αξιολόγο ανατομικό στοιχείο που εξυπηρετεί την ακοή είναι η τυμπανική μεμβράνη. Η θέση, το σχήμα και η υφή αυτής προσδίδουν σε αυτήν ιδιαίτερες δονητικές ικανότητες που είναι αδύνατον να παραχθούν από οποιαδήποτε άλλη μεμβράνη.

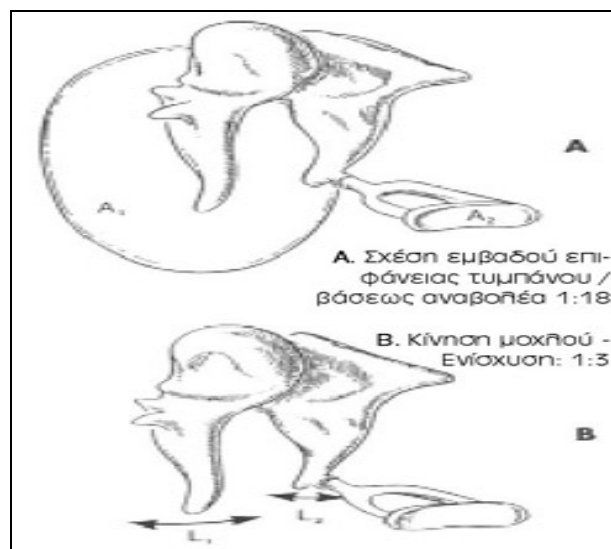
Το σχήμα της τυμπανικής μεμβράνης παρουσιάζει κωνική μορφή με το βαθύτερο σημείο στον ομφαλό και εκατέρωθεν, μπροστά και πίσω αυτού, είναι κυρτό με την κυρτότητα προς τον έξω ακουστικό πόρο. Τόσο το σχήμα, όσο και η υφή καθιστούν το τύμπανο αναντικατάστατο μέσο στη μετάδοση των ηχητικών κυμάτων και στην προστασία του αυτιού έναντι των μεγάλων ηχητικών πιέσεων και μεταβολών. Με νεότερες τεχνικές έχουν καταγραφεί οι δονήσεις της τυμπανικής μεμβράνης και έχει διαπιστωθεί ότι η μορφή αυτών εξαρτάται από τη συχνότητα των ηχητικών κυμάτων. Η αλυσίδα των ακουστικών οσταρίων δέχεται τις δονήσεις της τυμπανικής μεμβράνης και πρακτικά δονείται σαν ενιαίο σύνολο δίκημ εμβόλου, μεταφέροντας την κίνηση στη βάση του αναβολέα. Ειδικότερα η σφύρα, υπό την επίδραση των δονήσεων της τυμπανικής μεμβράνης, εκτελεί ένα σύμπλεγμα κινήσεων προς τις 3 διαστάσεις του χώρου, ο άξονας των οποίων μεταβάλλεται ανάλογα με τη συχνότητα του προσπίπτοντος ήχου.



Εικόνα 2.10 : Δομή ακουστικής αλυσίδας

Ο κατ' αυτόν τον τρόπο μετασχηματισμός της ηχητικής σε μηχανική ενέργεια εξασφαλίζει την ασφαλή μεταφορά των ηχητικών μηνυμάτων προς τον κοχλία, ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται μία σημαντική ενίσχυση της εντάσεως του ήχου προς εξουδετέρωση της ακουστικής αντίστασης και η οποία προκύπτει:

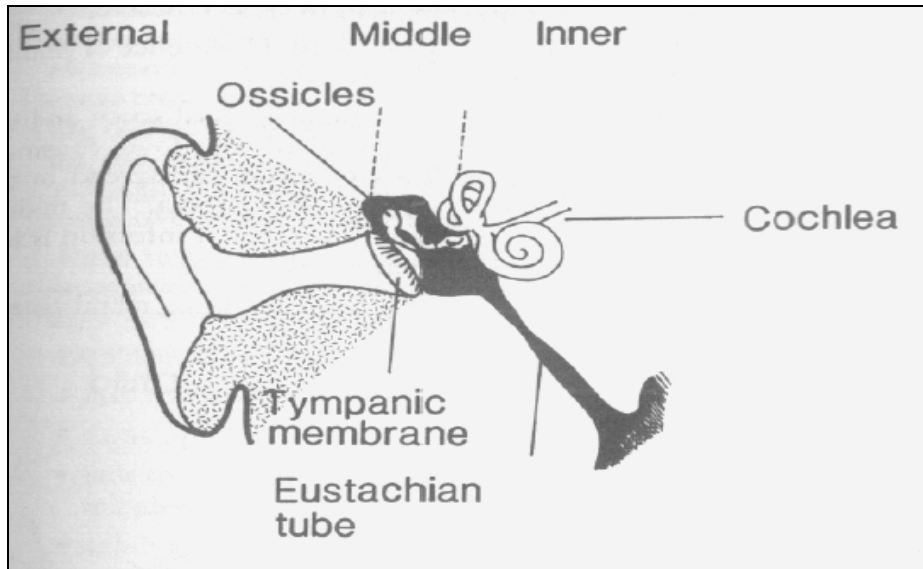
- 1) Από τη σχέση εμβαδού μεταξύ της τυμπανικής μεμβράνης και της βάσεως του αναβολέα 1:18. Η δε ενίσχυση του ήχου εξαρτάται από τη συχνότητα του ήχου ανερχόμενη στα 20 dB επί 500 Hz, στα 25 dB επί 1000 Hz και στις υψηλότερες συχνότητες κατά 6 dB ανά οκτάβα.
- 2) Μία μικρότερη ενίσχυση του ήχου, που υπολογίζεται στο 1:3, επιτυγχάνεται μέσω της ιδιαίτερης, δίκην μοχλού, κίνησης της ακουστικής αλύσου.



Εικόνα 2.11 : Η ενίσχυση της εντάσεως του ήχου μέσω του τυμπανοσταριώδους συστήματος

Αλλά όλα αυτά δεν θα γίνονταν εάν δεν υπήρχε η ευσταχιανή σάλπιγγα. Αυτή βασικά ρυθμίζει τη συμπεριφορά του μέσου αυτιού έναντι των μεταβολών της ατμοσφαιρικής πίεσης. Συγκεκριμένα:

- Εξισορροπεί τις πιέσεις μεταξύ ατμόσφαιρας και μέσου αυτιού.
- Προστατεύει το μέσο αυτί από ηχητικές πιέσεις και εκκρίσεις του ρινοφάρυγγα.



Εικόνα 2.12 : Ευσταχιανή σάλπιγγα (Eustachian Tube)

### **2.6.6: Ερμηνεία και χαρακτηριστικά ήχων**

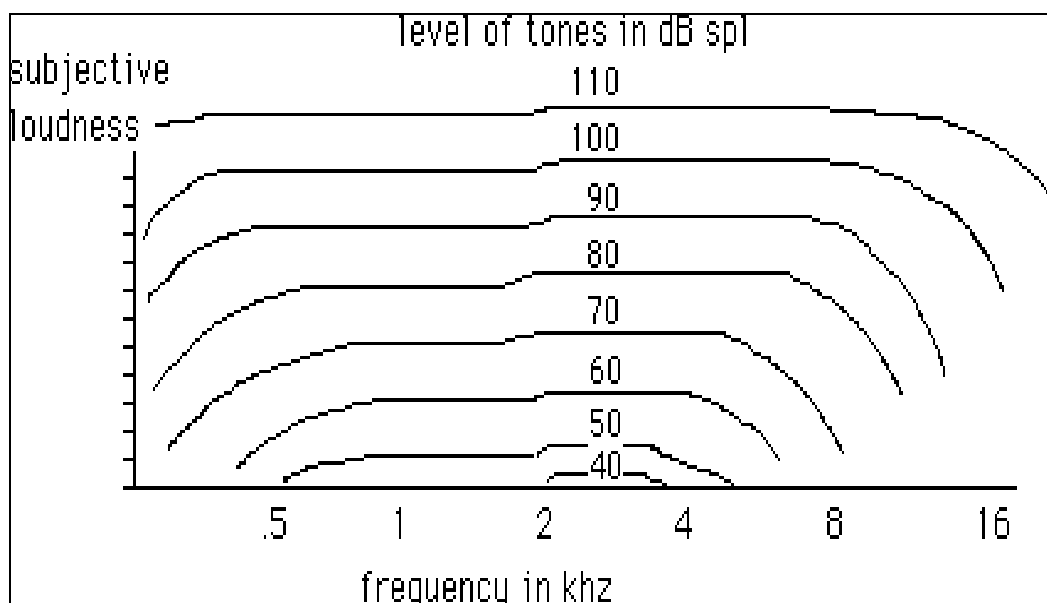
Η διαδικασία που έχει περιγραφεί έως τώρα είναι μόνο η αρχή της ανθρώπινης αντίληψης του ήχου. Οι μηχανισμοί ερμηνείας του ήχου δεν έχουν αποσαφηνιστεί ακόμα, ούτε είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε αν όλοι οι άνθρωποι ερμηνεύουν τους ήχους με τον ίδιο τρόπο. Μέχρι πρόσφατα δεν είχε βρεθεί τρόπος ανίχνευσης της αντίδρασης του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος σε ηχητικό ερέθισμα. Στις μέρες μας διεξάγονται σοβαρές έρευνες για την αποσαφήνιση κάποιων τουλάχιστον μυστηρίων του θέματος αυτού.

Οι περισσότερες έρευνες στην ψυχοακουστική ασχολούνται με την ευαισθησία και την ακρίβεια της ακοής. Οι ερευνητές ενδιαφέρονται για την λειτουργία της ακοής του μέσου ανθρώπου και για αυτό το λόγο αποκλείονται από τις έρευνές τους π.χ. μουσικοί ή άλλες ομάδες πληθυσμού με «εξασκημένη ακοή». Τα αποτελέσματα που εξάγουν χρησιμοποιούνται στην ιατρική, στις τηλεπικοινωνίες καθώς και σε άλλους τομείς της επιστήμης.

Παρακάτω θα εξετάσουμε πιο εκτεταμένα μερικά χαρακτηριστικά των ήχων τα οποία αναφέρθηκαν στο εισαγωγικό κεφάλαιο και θα δούμε πως ερμηνεύει το ανθρώπινο αυτί τους ήχους σε σχέση με αυτά τα χαρακτηριστικά:

## Ακουστότητα (Loudness)

Το πλάτος του ηχητικού κύματος αντιστοιχεί σε αυτό που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ως ακουστότητα. Το αυτί ανταποκρίνεται σε ένα πολύ μεγάλο φάσμα πλατών ηχητικών κυμάτων. Η αναλογία ανάμεσα στο κατώφλι του πόνου του αυτιού και στο κατώφλι της αίσθησης ενός ήχου είναι της τάξεως των 130dB! Η διακριτική ικανότητα του αυτιού όσον αφορά την ακουστότητα εκτείνεται από τα 3 dB για ήχους κοντά στο κατώφλι της ακοής ως το εντυπωσιακό 0,5 dB για ηχηρούς ήχους. Είναι ενδεικτικό ότι ο άνθρωπος δεν έχει καταφέρει να κατασκευάσει ηλεκτρομηχανικά συστήματα συλλογής ηχητικών σημάτων με τέτοιες επιδόσεις στην διακριτικότητα. Μονάδα μέτρησης της ακουστότητας είναι το phon. Τόνος συχνότητας 1kHz έχει ακουστότητα τόσα phons, όσο και η στάθμη ηχητικής πίεσης σε dB. Η αίσθηση της ακουστότητας επηρεάζεται και από την συχνότητα του λαμβανομένου ηχητικού κύματος. Μια σειρά ερευνών έχουν οδηγήσει στο ακόλουθο διάγραμμα:



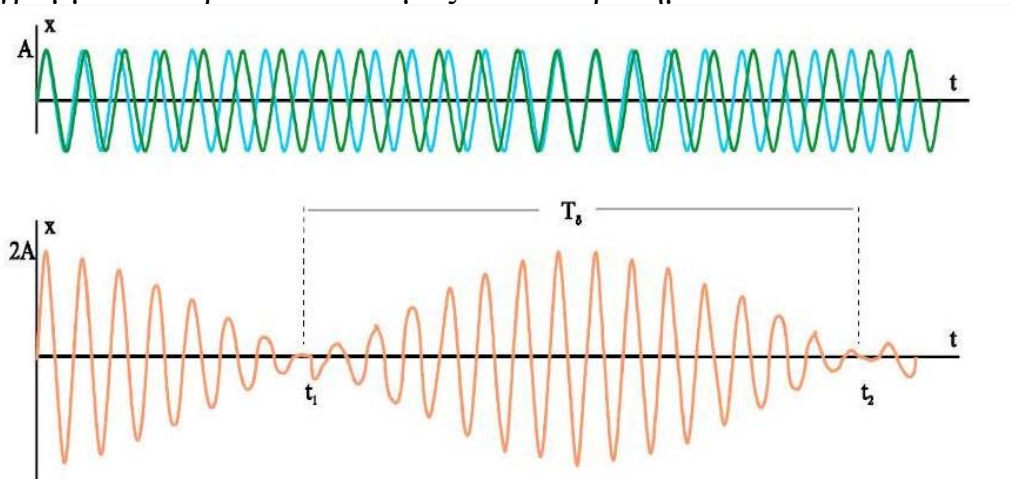
Εικόνα 2.13 : Αντιλαμβανόμενη ακουστότητα των ήχων σε συνάρτηση με την συχνότητα

Κοντά στο κάτω φράγμα του φάσματος των ακουστικών συχνοτήτων, το αυτί είναι λιγότερο ευαίσθητο σε απαλούς ήχους αντίθετα με το κατώτερο όριο πόνου και την ικανότητα διάκρισης ηχηρών ήχων που δεν επηρεάζονται σημαντικά. Στις υψηλές συχνότητες η αλλαγή στην ευαισθησία είναι πιο απότομη, με την αίσθηση να διακόπτεται εξ ολοκλήρου στην περιοχή των 20 kHz. Η ανθρώπινη ικανότητα διάκρισης της ακουστότητας των ήχων περιορίζεται για ήχους διάρκειας μικρότερης των 200 msec. Κάτω από αυτό το όριο η αντίληψη της ακουστότητας επηρεάζεται από τη διάρκεια. Μικρότερη διάρκεια σημαίνει και

μικρότερη ακουστότητα. Ηχητικά σήματα διάρκειας μεγαλύτερης των 200 msec δεν επηρεάζουν την διακριτική ικανότητα του ανθρώπου για την ακουστότητα, αν εξαιρέσουμε το γεγονός ότι ο άνθρωπος τείνει να αγνοεί ηχητικά σήματα μεγάλης διάρκειας αμετάβλητου τόνου.

### Τονικό ύψος (Pitch)

Το ύψος είναι η «υποκειμενική» απόκριση του αυτιού μας στη συχνότητα και μας επιτρέπει να κατατάξουμε τους ήχους σε οξείς, μέσους και βαρείς. Το ύψος μεταβάλλεται μη γραμμικά με τη συχνότητα, δηλαδή ίσες μεταβολές στη συχνότητα δεν προκαλούν ίδιες μεταβολές στην «αίσθηση» του ύψους. Επίσης καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει και η στάθμη του ήχου. Αν η στάθμη ενός τόνου 180Hz αυξηθεί χωρίς αλλαγή της συχνότητας, η αίσθηση του ύψους χαμηλώνει. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα ισχυρό για συχνότητες μικρότερες των 300Hz. Αντίθετα, στην περιοχή από 500 έως 3000 Hz η στάθμη δεν επηρεάζει ιδιαίτερα το ύψος. Τέλος, στην περιοχή άνω των 4000 Hz η αίσθηση του ύψους για την ίδια συχνότητα αυξάνει με τη στάθμη. Μονάδα μέτρησης του ύψους είναι το Mel. Ήχος συχνότητας 1kHz και στάθμης 60dB έχει ύψος 1000 Mel. Ο άνθρωπος έχει περιορισμένη διακριτική ικανότητα συχνοτήτων. Εάν οι κεντρικές συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  δύο ήχων είναι πολύ κοντινές, ο διαχωρισμός τους είναι δύσκολος έως αδύνατος. Αυτό συμβαίνει διότι οι περιοχές της βασικής μεμβράνης που διεγείρονται είναι πολύ κοντά. Ο εγκέφαλος «αναγνωρίζει» ήχο με συχνότητα  $(f_1+f_2)/2$  και πλάτους που μεταβάλλεται με συχνότητα  $(f_1+f_2)/2$ . Το διάγραμμα που προκύπτει ονομάζεται διακρότημα.



Εικόνα 2.14 : Από τη σύνθεση δύο ταλαντώσεων που οι συχνότητές τους διαφέρουν πολύ λίγο (πράσινη και μπλε γραμμή) προκύπτει ιδιόμορφη περιοδική κίνηση (κόκκινη γραμμή) που παρουσιάζει διακροτήματα.

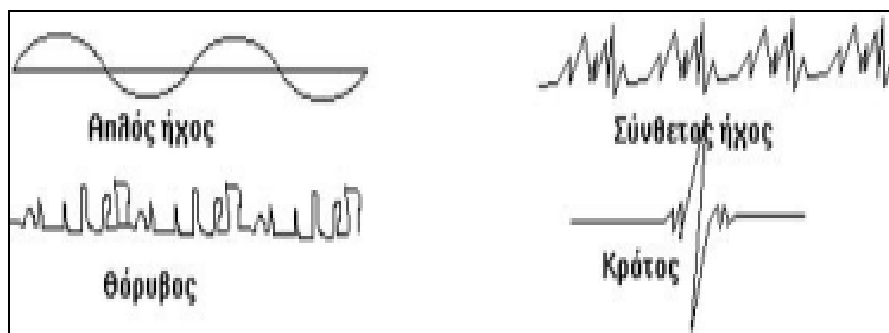
Όπως και με την αντίληψη της ακουστότητας, έτσι και η αντίληψη του ύψους γίνεται δυσκολότερη όταν η διάρκεια του ηχητικού σήματος είναι μικρότερη από 200 msec και αδύνατη για σήματα διάρκειας μικρότερα από 50 msec. Τέλος, η

αντίληψη του τονικού ύψους επηρεάζεται και από το φασματικό περιεχόμενο του ηχητικού σήματος. Όσο το φασματικό περιεχόμενο παρεκκλίνει από το αρμονικό μοντέλο, η αίσθηση του τόνου μειώνεται.

### **Χροιά (Timbre):**

Χροιά είναι τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου που κάνουν δυνατό το διαχωρισμό δύο τόνων της ίδιας έντασης και θεμελιώδους συχνότητας. Χρησιμοποιείται κυρίως για τον χαρακτηρισμό ήχων μουσικών οργάνων και της ανθρώπινης φωνής. Π. χ. φλάουτο και όμποε ακούγονται διαφορετικά αν και παίζουν την ίδια νότα. Η διαφοροποίηση της χροιάς οφείλεται κυρίως στη διαφορά του πλήθους και της σχετικής στάθμης των αρμονικών ως προς τη στάθμη της θεμελιώδους συχνότητας. Ο αντίστοιχος φυσικός όρος για τη χροιά είναι το φάσμα.

Για να καταλάβουμε τη φύση της χροιάς πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής: Υπάρχουν τέσσερα είδη ήχων: ο απλός που μεταβάλλεται ημιτονοειδώς μετά του χρόνου, ο σύνθετος, που αποτελείται από δύο ή περισσότερους απλούς, ο θόρυβος που αποτελείται από τυχαία μεταβολή των συχνοτήτων του και ο κρότος που είναι μια απότομη ηχητική μεταβολή. Οι γραφικές παραστάσεις των ήχων αυτών μοιάζουν κάπως έτσι:

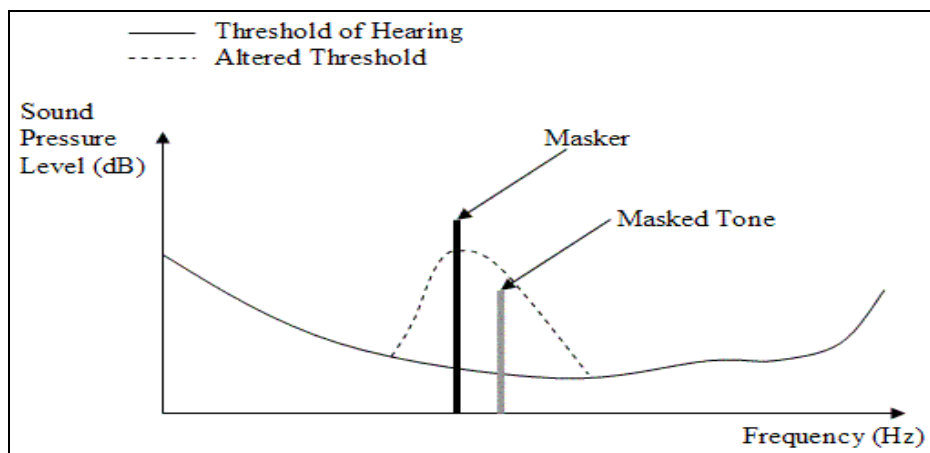


Εικόνα 2.15 : Γραφικές παραστάσεις τυχαίων ήχων

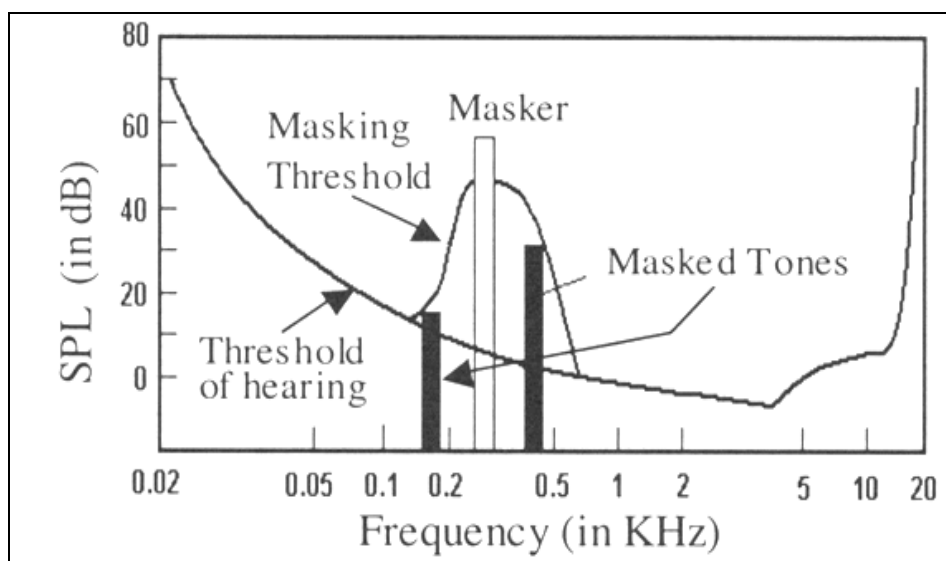
Με μαθηματικό τρόπο μπορούμε να αναλύσουμε τον κάθε σύνθετο ήχο στους επιμέρους απλούς που τον συνθέτουν. Τα χαρακτηριστικά που θα πάρουμε θα είναι η ένταση και η συχνότητα των συνιστούντων ήχων. Η ανάλυση αυτή ονομάζεται ανάλυση κατά **Fourier**. Από τους ήχους αυτούς, αυτόν με τη μικρότερη συχνότητα ονομάζουμε πρώτο αρμονικό ή θεμελιώδη. Ο τρίτος πχ. αρμονικός θα έχει τριπλάσια συχνότητα από τον θεμελιώδη. Η χροιά εξαρτάται από το πλήθος των απλών ήχων που αποτελούν τον ήχο που ακούμε καθώς το αυτί μας πραγματοποιεί μια ιδιότυπη "ανάλυση κατά Fourier". Όταν πρωτακούμε έναν ήχο, το αποτέλεσμα της ανάλυσης είναι η χροιά, το χρώμα, η ποιότητα του ήχου.

### Ακουστική επικάλυψη (Masking Effect):

Ακουστική Επικάλυψη ή αλλιώς Masking Effect ονομάζεται η περίπτωση κατά την οποία η ύπαρξη ενός ήχου μεταβάλλει το κατώφλι ακουστότητας. Το φαινόμενο αυτό γίνεται περισσότερο κατανοητό μέσω των παρακάτω διαγραμμάτων: Στα παρακάτω σχήματα, βλέπουμε την ακουστική επικάλυψη η οποία συμβαίνει σε ένα ημιτονικό σήμα. Στον οριζόντιο άξονα παριστάνεται η συχνότητα (Frequency) και στον κάθετο άξονα, η ηχητική πίεση (Sound Pressure). Με την συνεχή γραμμή συμβολίζουμε το κατώφλι ακουστότητας (Threshold of Hearing) και με την διακεκομμένη γραμμή συμβολίζουμε το κατώφλι επικάλυψης (Altered Threshold). Το ανθρώπινο αυτί είναι ευαίσθητο σε ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων. Όταν, όμως, σε μία συχνότητα υπάρχει μεγάλη ενέργεια σήματος, το αυτί δεν μπορεί να ακούσει τα σήματα των διπλανών χαμηλών συχνοτήτων. Έτσι, η μεγαλύτερη συχνότητα (Masker) επικαλύπτει τις χαμηλότερες συχνότητες (Masked Tones).



Εικόνα 2.16 : Φαινόμενο ακουστικής επικάλυψης

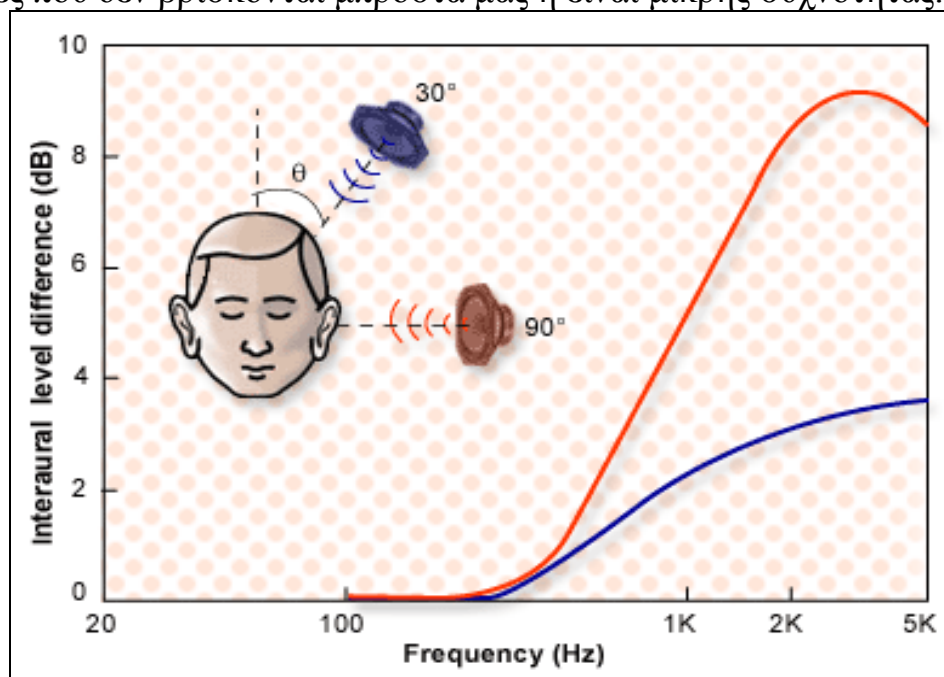


Εικόνα 2.17 : Φαινόμενο ακουστικής επικάλυψης

### Εντοπισμός θέσης πηγής (Localization):

Ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να αντίληφθει την θέση της ηχητικής πηγής με σχετική ακρίβεια. Η κρίση για το αν η πηγή βρίσκεται δεξιά μας ή αριστερά μας βασίζεται στην αντίληψη της διαφοράς των χρόνων άφιξης ή της διαφοράς φάσης των ηχητικών σημάτων σε κάθε αυτί. Εάν συμβαίνουν παραπάνω από δύο αφίξεις, επιλέγουμε την κατεύθυνση του πρώτου ηχητικού σήματος που φτάνει. Ο εντοπισμός της θέσης της πηγής είναι ακριβέστερος όταν έχουμε ήχους μεγάλης συχνότητας.

Η κρίση για το ύψος της θέσης της πηγής βασίζεται στη γεωμετρία των αυτιών μας. Όταν ένας ήχος μεγάλης συχνότητας καταφθάνει από θέση που βρίσκεται μπροστά μας, μια μικρή ποσότητα ενέργειας αντανακλάται από την πίσω ακμή του λοβού του αυτιού. Αυτή η αντανάκλαση δεν είναι σε φάση για μια συγκεκριμένη συχνότητα. Λόγω του σχήματος του λοβού η συχνότητα αυτή εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης και έτσι ανιχνεύουμε το ύψος της πηγής. Η ανίχνευση του ύψους της πηγής δεν είναι ακριβής για ήχους που προέρχονται από πηγές που δεν βρίσκονται μπροστά μας ή είναι μικρής συχνότητας.



Εικόνα 2.18 : Διαφορά στην αντίληψη της θέσης της ηχητικής πηγής στο χώρο σε συνάρτηση με την συχνότητα. Η ανίχνευση του ύψους της πηγής είναι πιο ακριβής σε ήχους μεγάλης συχνότητας.

### 2.7: Θόρυβος

Η λέξη θόρυβος έχει ευρεία έννοια και στις μέρες μας χρησιμοποιείται σε πολλές επιστήμες. Στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ύπαρξη ενός ανεπιθύμητου ήχου ή την ηχορρύπανση. Στην επιστήμη της



ηλεκτρονικής, ο θόρυβος είναι ένα ηλεκτρονικό σήμα το οποίο, σε αναλογία με τον ακουστικό θόρυβο, αλλοιώνει ή παραμορφώνει το ηλεκτρονικό σήμα που αναμένουμε. Η χρησιμοποίηση της λέξης είναι ατέρμονη. Στην θεωρία πληροφορίας ο όρος θόρυβος μπορεί να αναφέρεται σε μια άχρηστη πληροφορία. Ακόμα και οι διαφημίσεις που δεν μας ενδιαφέρουν σε κάποιες ιστοσελίδες μπορούν να χαρακτηριστούν ως θόρυβος. Γενικά, ο θόρυβος μπορεί να αλλάξει ή να διαστρεβλώσει το περιεχόμενο ενός μηνύματος σε όλες τις μορφές της ανθρώπινης επικοινωνίας. Στην παρούσα διπλωματική αυτό που θα μας απασχολήσει είναι ο ακουστικός θόρυβος και οι τρόποι μέτρησής του.

### **2.7.1: Ακουστικός θόρυβος**

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι να αναπτύξουμε όλες τις πτυχές γύρω από τον ορισμό του ακουστικού θορύβου, την μέτρηση του σε πολλά σημεία ενδιαφέροντος μας, καθώς και να επιδείξουμε τα προβλήματα που δημιουργούνται από τα υψηλά επίπεδα που επικρατούν σε χώρους εργασίας καθώς και στο περιβάλλον γύρω μας.

Όταν αναφερόμαστε σε ακουστικό θόρυβο στην καθημερινότητα συνήθως εννοούμε έναν ανεπιθύμητο ήχο, ο οποίος υπάρχει ταυτόχρονα με έναν άλλον ήχο που μας ενδιαφέρει, ή κάποιο ήχο χωρίς νόημα. Παρόλα αυτά υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες η λέξη «θόρυβος» δεν παίρνει αρνητικό νόημα, και αποτελεί χρήσιμο ήχο, όπως π.χ. σε μία συνομιλία πολλών ατόμων στην οποία δεν συμμετέχουμε.

Σύμφωνα με τον ΕΛ.Ο.Τ. (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης) δίνονται δύο ορισμοί του ακουστικού θορύβου:

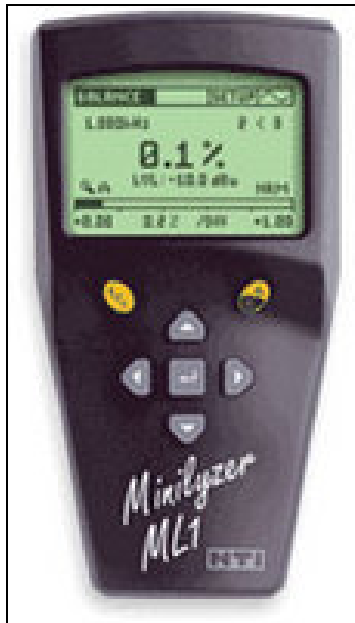
- 1ο) 'Θόρυβος ονομάζεται κάθε δυσάρεστος ή ανεπιθύμητος ήχος'.
- 2ο) 'Θόρυβος ονομάζεται κάθε απεριοδικός σύνθετος ήχος που η στιγμιαία τιμή του αυξομειώνεται με τυχαίο τρόπο'.

### **2.7.2: Λειτουργία ηχόμετρου**

Κάθε ηχόμετρο αποτελείται, κατά βάση, από τα ίδια επί μέρους τμήματα:

- Μικρόφωνο
- Μονάδα επεξεργασίας
- Μονάδα απεικόνισης αποτελεσμάτων μετρήσεων

Το μικρόφωνο μετατρέπει το ηχητικό σήμα σε ισοδύναμο ηλεκτρικό. Ο καταλληλότερος τύπος μικροφώνου είναι το μικρόφωνο πυκνωτικού τύπου, το οποίο συνδυάζει την ακρίβεια με την σταθερότητα και την αξιοπιστία. Πριν αρχίσει η επεξεργασία του, το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από το μικρόφωνο, ενισχύεται από έναν προενισχυτή.



Εικόνα 2.14 : Τυπικό δείγμα ηχόμετρου που χρησιμοποιείται για μετρήσεις θορύβων σε χώρο.

Το σήμα είναι δυνατόν να υποστεί διαφόρων τύπων επεξεργασία. Συνήθως, διέρχεται από κατάλληλο σταθμιστικό κύκλωμα, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η ιδιαίτερα περίπλοκη απόκριση του ανθρώπινου αυτιού κατά συχνότητα του ακουστού ηχητικού φάσματος.

Σταθμιστικό κύκλωμα είναι το κύκλωμα που παρεμβάλλεται στα όργανα μέτρησης του ήχου και έχει την ιδιότητα να περιορίζει ή και να ενισχύει, κατά πλάτος και σε διαφορετικό βαθμό, τις διάφορες συνιστώσες του ηχητικού σήματος. Είναι, δηλαδή, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα του οποίου η ευαισθησία μεταβάλλεται με την συχνότητα κατά τον ίδιο τρόπο όπως συμβαίνει με το ανθρώπινο αυτί, προσομοιάζοντας δηλαδή τις ισοακουστικές καμπύλες που έχουν περιγραφεί παραπάνω. Έτσι, προέκυψαν τα διεθνώς τυποποιημένα κυκλώματα A, B, C, D, προοριζόμενα για χρήση σε διάφορες περιπτώσεις. Εκτός από τα προαναφερόμενα σταθμιστικά κυκλώματα, ορισμένα ηχόμετρα έχουν επίσης γραμμικό κύκλωμα ('Lin'), το οποίο επιτρέπει στο ηχητικό σήμα να διέλθει αδιαμόρφωτο.

Ειδικά σε βιομηχανικούς χώρους εργασίας οι μετρήσεις θορύβου πραγματοποιούνται μέσω σταθμιστικού κυκλώματος A, οπότε τα αποτελέσματα των μετρήσεων ηχητικής πίεσης παρέχονται ως **A – ηχοστάθμη** ή ως **A – στάθμη ηχητικής πίεσης** και εκφράζονται σε ντεσιμπέλ (A) (dB(A)).

Το **σταθμιστικό κύκλωμα A** παρέχει την δυνατότητα ταχείας εκτίμησης των κινδύνων για την ακοή και των επιπέδων ενόχλησης. Δρα ως φίλτρο επιλογής συχνοτήτων και καθιστά το ηχόμετρο λιγότερο ευαίσθητο στις υψηλές και τις χαμηλές συχνότητες σε σχέση με την μεσαία περιοχή του ακουστού ηχητικού φάσματος. Έτσι, το όργανο μετρά το θόρυβο με τρόπο ώστε το αποτέλεσμα της μέτρησης να είναι πιο αντιπροσωπευτικό των επιπτώσεων του θορύβου στην ακοή. Η **D-στάθμιση** έχει ειδικά χαρακτηριστικά και προορίζεται για μέτρηση

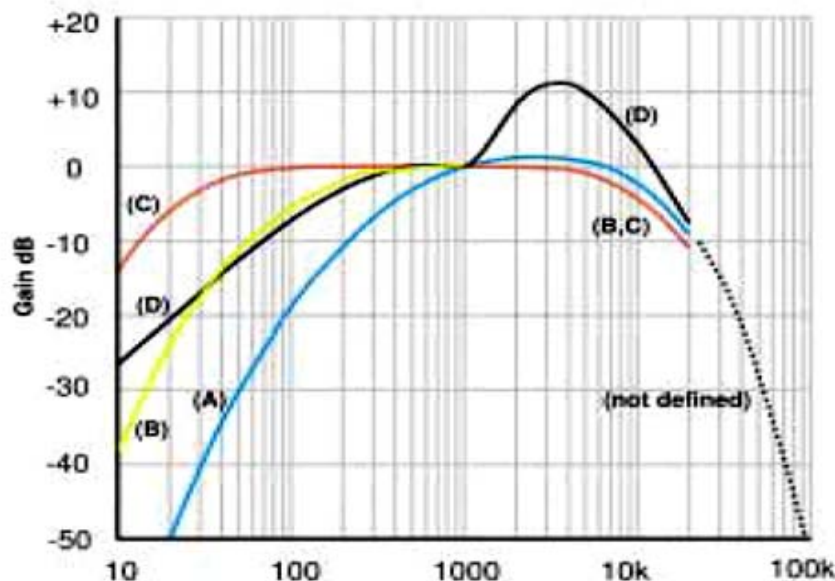
θορύβου των αεροπλάνων.

Η **στάθμη Lin** αντιστοιχεί σε σταθερή απόκριση σε συνάρτηση με τη συχνότητα. Το σταθμιστικό **κύκλωμα A** είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο για όλες τις στάθμες ηχητικής πίεσης. Η **B-στάθμιση** σπανίως χρησιμοποιείται, ενώ η **C-στάθμιση** ενίοτε χρησιμοποιείται, δεδομένου ότι παρέχει μια σχεδόν σταθερή απόκριση συναρτήσει της συχνότητας. Έτσι, η αντίστοιχη μονάδα μέτρησης dB(C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της συνολικής ηχητικής πίεσης.

Είναι δυνατόν να γίνει μία και μόνο μέτρηση της συνολικής ηχητικής πίεσης η οποία γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο, αλλά η μέτρηση αυτού του τύπου, έχει περιορισμένη χρήση, δεδομένου ότι, όπως έχει ήδη αναφερθεί το αυτό είναι περισσότερο ευαίσθητο σε ορισμένες συχνότητες συγκριτικά με άλλες. Κατά συνέπεια, είναι επιθυμητό να γνωρίζουμε τον τρόπο κατανομής της ηχητικής ενέργειας σε όλο το αντιληπτό ηχητικό φάσμα. Αυτό επιτυγχάνεται υποδιαιρώντας το θόρυβο σε οκτάβες και μετρώντας τη στάθμη ηχητικής πίεσης κάθε οκταβικής ζώνης συχνοτήτων. Είναι ευνόητο ότι για να επιτευχθεί αυτή η υποδιαίρεση του θορύβου, το ηχόμετρο πρέπει να διαθέτει ειδικά ηλεκτρονικά φίλτρα, τα οποία απομονώνουν κάθε σύνθετο ήχο με συχνότητες εκτός της επιλεγείσας ζώνης.

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, οκτάβα είναι κάθε ζώνη συχνοτήτων της οποίας η τελική συχνότητα είναι διπλάσια της αρχικής. Έτσι, η ζώνη 90-180 Hz είναι μία οκτάβα και το αυτό ισχύει και για τη ζώνη 1400-2800 Hz. Μερικές φορές, απαιτείται λεπτομερέστερη πληροφόρηση για το ηχητικό φάσμα που εκπέμπει κάθε πηγή θορύβου. Σ' αυτήν ειδικά την περίπτωση στον εργασιακό χώρο ο θόρυβος αναλύεται σε στενότερες ζώνες συχνοτήτων, δηλαδή σε κλασματο-οκτάβες. Η παραπάνω διαδικασία της υποδιαίρεσης ενός σύνθετου ήχου καλείται φασματική ανάλυση (ανάλυση σε συχνότητες).

Τα παραπάνω φίλτρα (ή αλλιώς σταθμιστικά κυκλώματα) που περιγράψαμε έχουν τις εξής καμπύλες και συναρτήσεις μεταφοράς:



Εικόνα 2.15 : Καμπύλες φίλτρων A, B, C, D σε συνάρτηση με την συχνότητα

Για το φίλτρο A η συνάρτηση μεταφοράς είναι:

$$G_A(s) = \frac{k_A * s^4}{(s + 129.4)^2 * (s + 676.7) * (s + 4636) * (s + 76655)^2}$$

$$\text{με } k_A = 7,39705 * 10^9$$

Για το φίλτρο B η συνάρτηση μεταφοράς είναι:

$$G_B(s) = \frac{k_B * s^3}{(s + 129.4)^2 * (s + 995.9) * (s + 76655)^2}$$

$$\text{με } k_B = 5,99185 * 10^9$$

Για το φίλτρο C η συνάρτηση μεταφοράς είναι:

$$G_C(s) = \frac{k_C * s^2}{(s + 129.4)^2 * (s + 76655)^2}$$

$$\text{με } k_C = 5,91797 * 10^9$$

Για το φίλτρο D η συνάρτηση μεταφοράς είναι:

$$G_D(s) = \frac{k_D * s * (s^2 + 6532s + 4.0975 * 10^7)}{(s + 1776.3) * (s + 7288.5) * (s^2 + 21514s + 3.8836 * 10^8)}$$

$$\text{με } k_D = 91,10432 * 10^3$$

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 2.8: ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ**

### **2.8.1: ΓΕΝΙΚΑ**

Το μικρόφωνο είναι ένα από τα πρώτα μηχανήματα που συναντάμε στο χώρο τη ηχοληψίας, σε Ραδιοφωνικούς και Τηλεοπτικούς Σταθμούς . Το μικρόφωνο είναι ένας μετατροπέας μιας μορφής ενέργειας (ηχητικής )σε μια άλλη μορφή ενέργειας (ηλεκτρική). Αποτελεί το συνδυαστικό κρίκο της κλασσικής ακουστικής και της ηλεκτροακουστικής. Γι' αυτό είναι αδύνατη η τελειοποίηση συστημάτων της ραδιοφωνίας και των Hi-Fi χωρίς την παράλληλη βελτίωση των μικροφώνων αφού αποτελούν τον πρώτο αποδέκτη του ηχητικού σήματος. Στην καρδιά κάθε μικροφώνου υπάρχει ένα διάφραγμα το οποίο τίθεται σε εναλλασσόμενη ταλάντωση από τα ηχητικά κύματα τα οποία το αναγκάζουν να κινείται παλινδρομικά μέσα - έξω. Το διάφραγμα είναι συνδεδεμένο με μηχανισμό ( μια μικρή γεννήτρια ), ο οποίος μετατρέπει τις παλινδρομικές κινήσεις του διαφράγματος σε μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Η ένταση δηλαδή του ρεύματος μεταβάλλεται ανάλογα με τη στιγμιαία πίεση επάνω στο διάφραγμα.

Συνηθισμένα προβλήματα που πρέπει κάθε φορά να αντιμετωπίζονται παρουσιάζονται αρκετά .Η απόσβεση των ηχητικών σημάτων που προκαλείται από το ίδιο το μικρόφωνο όταν αυτό βρίσκεται μέσα σ' ένα πεδίο διαταραχής. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας περίπτωσης είναι η παραμόρφωση του σήματος αφού στο διάφραγμα θα επιδρούν και άλλα ανεπιθύμητα σήματα. Ο βαθμός επίδρασης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η γωνία πρόσπτωσης την οποία σχηματίζουν η φανταστική νοητή γραμμή που διέρχεται από το κέντρο του μικροφώνου με την ευθεία που ενώνει την ηχητική πηγή του ήχου με το κέντρο του μικροφώνου. Ο βαθμός της απόσβεσης καθορίζεται από το μέγεθος και το σχήμα του κάθε μικροφώνου. Οι συντονισμοί που παρουσιάζονται στον ευαίσθητο χώρο του διαφράγματος. (Όταν η κοιλότητα του διαφράγματος είναι μικρή, ο συντονισμός που δημιουργείται μπορεί να επιδράσει στην καμπύλη απόκρισης δηλαδή στην συχνότητα του μικρόφωνου.) Η μηχανική και ηλεκτρική αντίσταση του μικροφώνου μεταβάλλεται με την συχνότητα, με αποτέλεσμα να αλλάζει η πίεση της δρώσας πίεσης στο διάφραγμα και της τάσης εξόδου του μικροφώνου .Τα περισσότερα μικρόφωνα τέλος, με εξαίρεση τα μικρόφωνα άνθρακα, έχουν γενικά κακό βαθμό αποδόσεως, δηλ. η έξοδός τους υπό μορφή ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μικρότερη από την ακουστική.

### **2.8.2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ**

Τέσσερα είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των μικροφώνων :

- α) Η απόκρισή τους στις διάφορες συχνότητες
- β) Η σύνθετη αντίστασή τους
- γ) Η ευαισθησία τους
- δ) Η πιστότητα

## **ΑΠΟΚΡΙΣΗ**

Για να είναι καλό ποιοτικά το μικρόφωνο, πρέπει να μας δίνει στην έξοδό του ένα ηλεκτρικό κύμα το οποίο θα ισοδυναμεί σε ένταση και συχνότητα με το ηχητικό κύμα που το προκαλεί. Η περιοχή συχνοτήτων του μικροφώνου ( η περιοχή δηλαδή συχνοτήτων που μπορεί να αποδώσει το μικρόφωνο ) δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τα όρια του συστήματος ή του ενισχυτή με τον οποίο θα το χρησιμοποιήσουμε. Η απόκρισή του στην περιοχή συχνοτήτων που θα λειτουργήσει πρέπει να είναι ομαλή, ευθύγραμμη και ελεύθερη από αιχμές ή βυθίσεις όπως αυτές που προκαλούνται από μηχανικούς συντονισμούς.

Για να επιτύχουμε καλή απόκριση χρησιμοποιούμε συνήθως κάποια διάταξη καταπνίξεως ή αποσβέσεως των μηχανικών ταλαντώσεων ώστε να μην παρουσιάζονται συντονισμοί. Μια πιστή αναπαραγωγή της μουσικής και της ανθρώπινης φωνής είναι η χρήση μικροφώνου με ευθεία απόκριση συχνότητας από τους 20 Hz μέχρι τους 20 KHz με μέγιστη απόκλιση +/-1dB.

## **ΣΥΝΘΕΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ**

Τα κρυσταλλικά μικρόφωνα έχουν σύνθετες αντιστάσεις αρκετών εκατοντάδων χιλιάδων Ω, ενώ τα μαγνητικά και τα δυναμικά μικρόφωνα έχουν σύνθετες αντιστάσεις που κυμαίνονται από 20 ως 600 Ω .Η σύνθετη αντίσταση ενός μικροφώνου μετρείται με μια πηγή ακουστικής συχνότητας, π. χ. 1000 Hz, και με τη μέτρηση της τάσεως και εντάσεως μεταξύ των ακροδεκτών του .Η σύνθετη αντίσταση των μαγνητικών και δυναμικών μικροφώνων μεταβάλλεται ανάλογα με τη συχνότητα της πηγής, με τον ίδιο τρόπο που μεταβάλλεται η σύνθετη αντίσταση ενός πηνίου ή αυτεπαγωγής. Με άλλα λόγια η σύνθετη αντίσταση αυξάνει ανάλογα με την αύξηση της συχνότητας. Η σύνθετη αντίσταση του μικροφώνου έχει μεγάλη σημασία, γιατί προσδιορίζει το κύκλωμα με το οποίο μπορεί να συνεργαστεί το μικρόφωνο.

Για πολύ μεγάλη μμεταφορά ενέργειας μεταξύ μικροφώνου και κυκλώματος πρέπει η εσωτερική αντίσταση του μικροφώνου να είναι ίση με την αντίσταση του φορτίου. Αν το φορτίο παρουσιάζει μεγάλη σύνθετη αντίσταση, πρέπει να επιλεγεί μικρόφωνο με μεγάλη σύνθετη αντίσταση και το αντίθετο. Η αντίσταση αυτή είναι συνδυασμός ωμικής, χωρητικής και αυτεπαγωγικής συμπεριφοράς. Τα μικρόφωνα μικρής αντίστασης είναι αναίσθητα στα ηλεκτροστατικά πεδία. Από την άλλη η χρήση των μικροφώνων μεγάλης αντίστασης πραγματοποιείται σε συνδυασμό με θωρακισμένο καλώδιο για την αποφυγή δημιουργίας ηλεκτροστατικού θορύβου. Το μήκος όμως θα πρέπει να είναι περιορισμένο για να μην υπάρξουν προβλήματα αποκοπής των υψηλών συχνοτήτων εξαιτίας της χωρητικότητας που συνεπάγεται η ύπαρξη του θωρακισμένου καλωδίου. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν διατάξεις προσαρμογής των αντιστάσεων των μικροφώνων.

## ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ

Η ευαισθησία ή η απόδοση του μικροφώνου εκφράζεται συνήθως με την ηλεκτρική ισχύ που το μικρόφωνο μπορεί να δώσει στο φορτίο. Η σύνθετη αντίσταση του φορτίου πρέπει, όπως είναι γνωστό, να είναι ίση με την αντίσταση του μικροφώνου. Η ηλεκτρική ισχύς που αποδίδει το μικρόφωνο εξαρτάται από την ακουστική πίεση που εφαρμόζεται σ' αυτό από τα ηχητικά κύματα. Έχουμε λοιπόν να συγκρίνουμε ακουστική ενέργεια με ηλεκτρική ενέργεια. Για τη σύγκριση αυτή εφαρμόζεται μια μέθοδος, η οποία συνίσταται στην παραδοχή ότι ένα μικρόφωνο έχει ευαισθησία 0 dB (decibel) αν μια πίεση 1 dyne / cm<sup>2</sup> στο διάφραγμα παράγει μια τάση 1 V στους ακροδέκτες του μικροφώνου σε ανοικτό κύκλωμα. Η πίεση 1 dyne / cm<sup>2</sup> είναι η πιο κατάλληλη, γιατί αντιστοιχεί σε πίεση που ασκείται από ομιλία όταν το στόμα του ομιλητή απέχει 10 cm περίπου από το μικρόφωνο. Όμως η πιο σωστή και συνηθισμένη μέθοδος μέτρησης της ευαισθησίας ενός μικροφώνου είναι να ορίσουμε ότι η ευαισθησία 0 dB αντιπροσωπεύει πίεση 1 dyne/cm στην είσοδο και ηλεκτρική ισχύ στην έξοδο 1 mW. Αν ακόμα παραδεχτούμε ότι η ισχύς αναπτύσσεται σε αντίσταση 600 Ω μπορούμε να εκφράσουμε την ευαισθησία σε dbm. Αν υποθέσουμε ότι ένα μικρόφωνο έχει ευαισθησία -80 dB, σημαίνει ότι η έξοδός του είναι πολύ μικρή.

$$dB = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

Η σχέση που δίνει την ευαισθησία είναι η εξής :

Επιθυμούμε βέβαια τα μικρόφωνα να είναι όσο γίνεται πιο ευαίσθητα, γιατί αυτό σημαίνει μεγαλύτερη ηλεκτρική ισχύ στην έξοδο για δεδομένη ένταση ήχου στην είσοδο. Έτσι έχουμε ανάγκη ενισχυτών μικρότερης ενισχύσεως και επομένως μεγαλύτερα περιθώρια έναντι θερμικού θορύβου, βόμβου ενισχύσεως και γενικά μικρότερη επίδραση από θόρυβο εξ επαγωγής που μπορεί να πάρει η γραμμή η οποία χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του μικροφώνου με τον ενισχυτή.

## ΠΙΣΤΟΤΗΤΑ

Πιστότητα λέμε την ικανότητα ενός μικροφώνου να μετατρέπει τα ακουστικά κύματα σε αντίστοιχα ηλεκτρικά χωρίς παραμορφώσεις, δηλ. πρέπει να παρέχει την δυνατότητα αναγνώρισης του ομιλητή από την φωνή του. Με λίγα λόγια η απόκριση του μικροφώνου να είναι ανεξάρτητη κατά το δυνατό από την συχνότητα. Ισοδύναμη στάθμη θορύβου – Equivalent Noise Level καθορίζει τη στάθμη του συνολικού θορύβου στην έξοδο του μικροφώνου που προέρχεται από το ίδιο. Στα δυναμικά μικρόφωνα ο θόρυβος αυτός είναι θερμικός και προέρχεται από την κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στο πηνίο, ενώ για τα πυκνωτικά ο θόρυβος αυτός προέρχεται από τον ενσωματωμένο προενισχυτή. Η στάθμη αναφοράς είναι τα 0dB που αντιστοιχεί στο κατώφλι της ακοής 20μPa. Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου σε συνδυασμό με την ευαισθησία αποτελούν το

γνωστό λόγω σήματος προς θόρυβο.

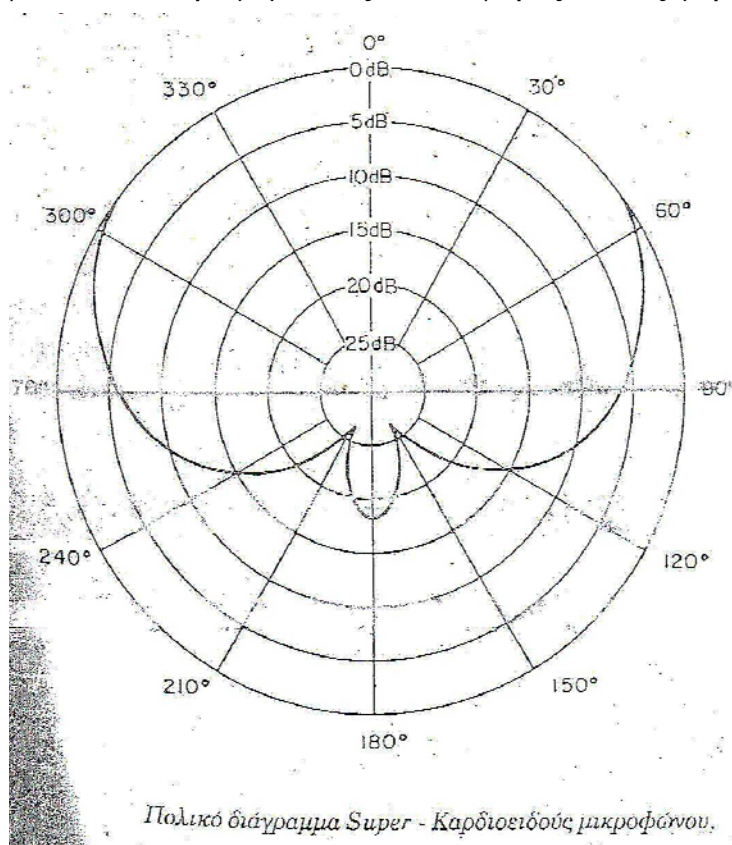
### **ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ**

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των μικροφώνων που έχει σχέση με την ευαισθησία τους είναι η κατευθυντικότητα προς την πηγή του ήχου. Όταν ένα μικρόφωνο μπορεί να είναι ευαίσθητο στους ήχους, οποιαδήποτε κι αν είναι η κατεύθυνση της πηγής του ήχου, λέγεται πανκατευθυντικό. Μια άλλη κατηγορία μικροφώνων σε σχέση με την κατευθυντικότητα είναι τα δικατευθυντικά. Αυτά είναι εξίσου ευαίσθητα σε παραγόμενους ήχους κατευθείαν μπροστά ( $0^\circ$ ). Είναι ελάχιστα ευαίσθητα σε ήχους που φθάνουν από τα πλάγια ( $90^\circ$  και  $270^\circ$ ). Αντίθετα όταν το μικρόφωνο είναι ευαίσθητο σε ήχους που έρχονται από μία μόνο κατεύθυνση και όχι από την αντίθετη, λέγεται μονοκατευθυντικό. Τέλος είναι δυνατό με συνδυασμό μικροφώνων να έχουμε ευαισθησία σε διάφορες κατευθύνσεις. Ένα τέτοιο μικρόφωνο είναι αυτό που η απόκρισή του ακολουθεί διάγραμμα καρδιοειδές.

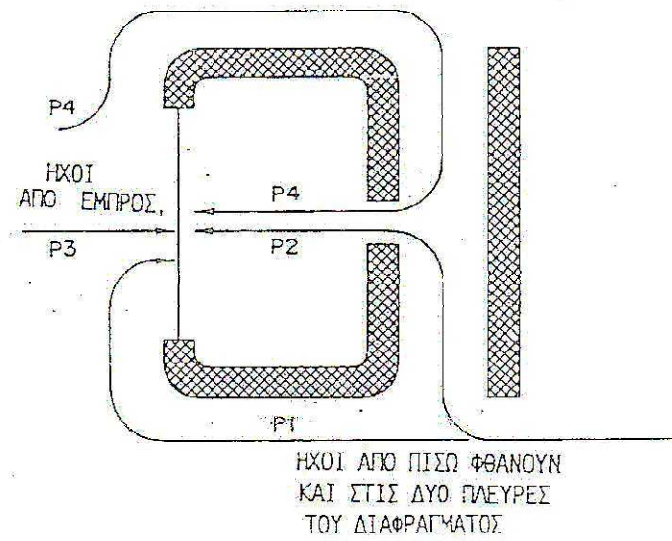
Υπάρχουν επίσης μικρόφωνα που είναι κατάλληλα για θορυβώδεις περιοχές. Τα μικρόφωνα αυτά είναι ευαίσθητα σε ηχητικές πηγές που είναι πολύ κοντά και αναισθητα σε όλες τις άλλες ηχητικές πηγές. Όταν χρησιμοποιούνται τέτοια μικρόφωνα κρατούνται πολύ κοντά στα χείλη. Αυτά είναι χρήσιμα στα εξωτερικά συνεργεία, όταν πρόκειται για εξωτερική μετάδοση.

### **ΠΟΛΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ**

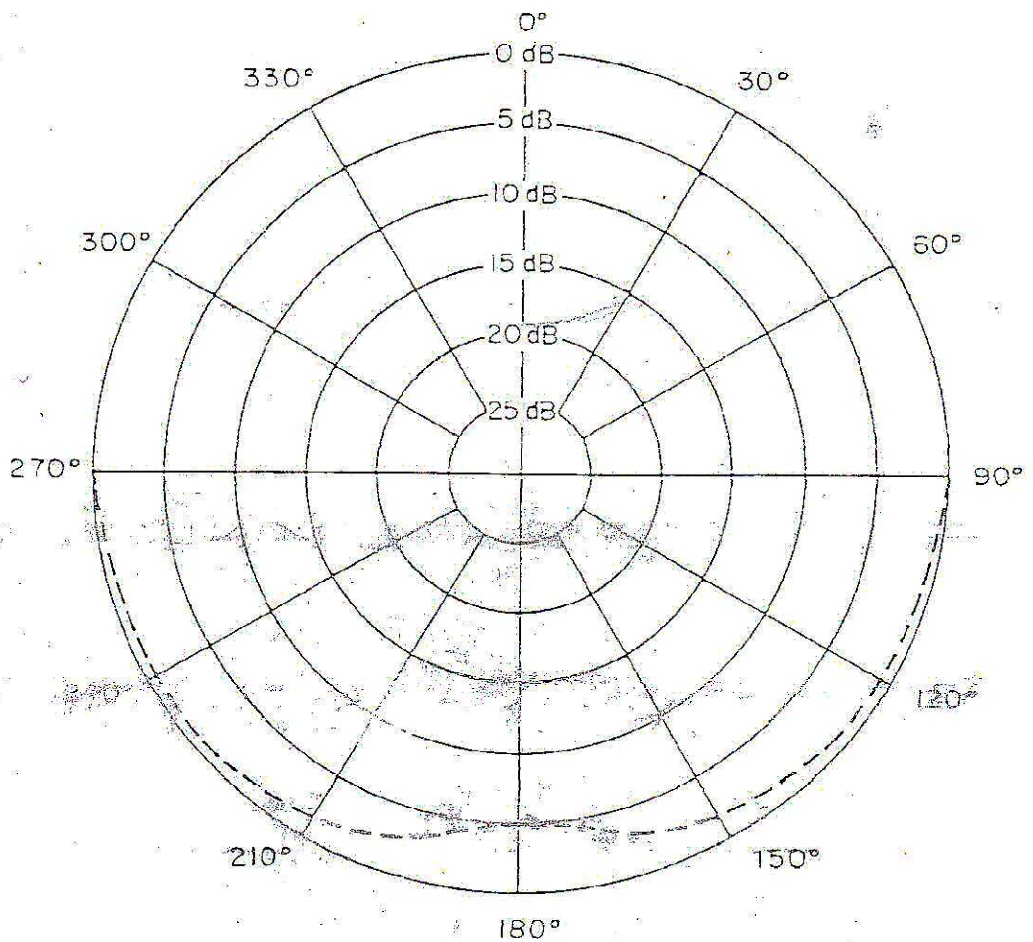
Το πολικό διάγραμμα είναι μια απλή παράσταση που αναφέρεται στην ευαισθησία του μικροφώνου σε παραγόμενους σε διάφορες θέσεις γύρω από αυτό.



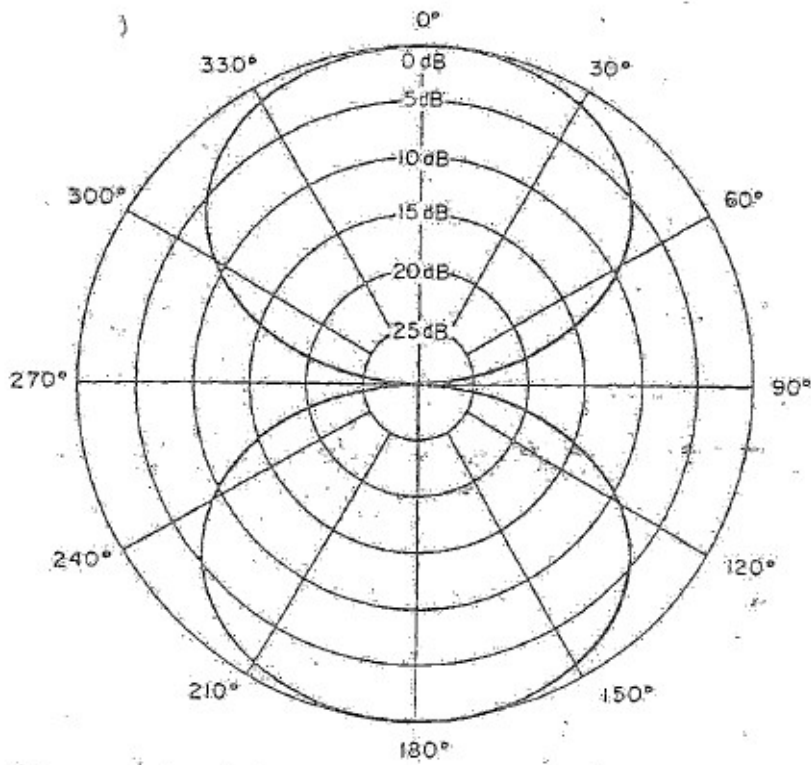




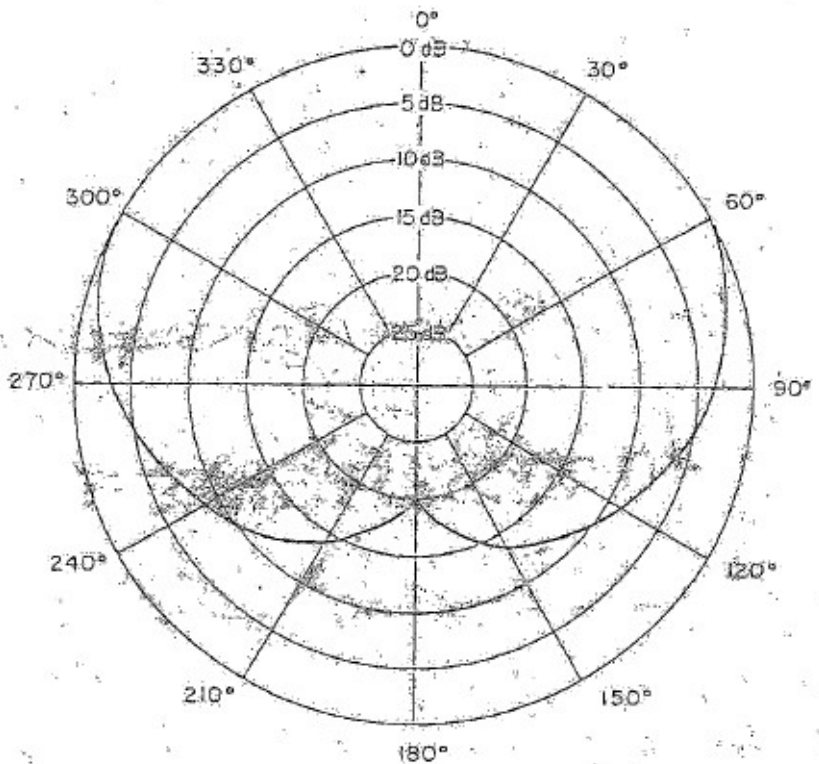
Σχεδιάγραμμα μονοκατευθυντικού μικροφώνου



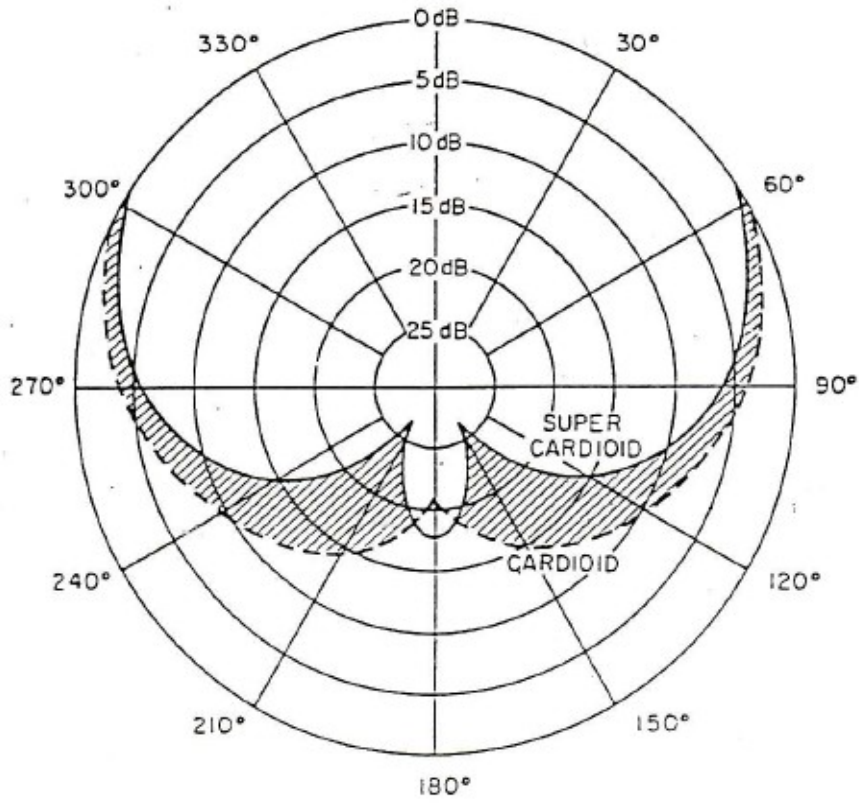
Πολικό διάγραμμα παντοκατευθυντικού μικροφώνου.



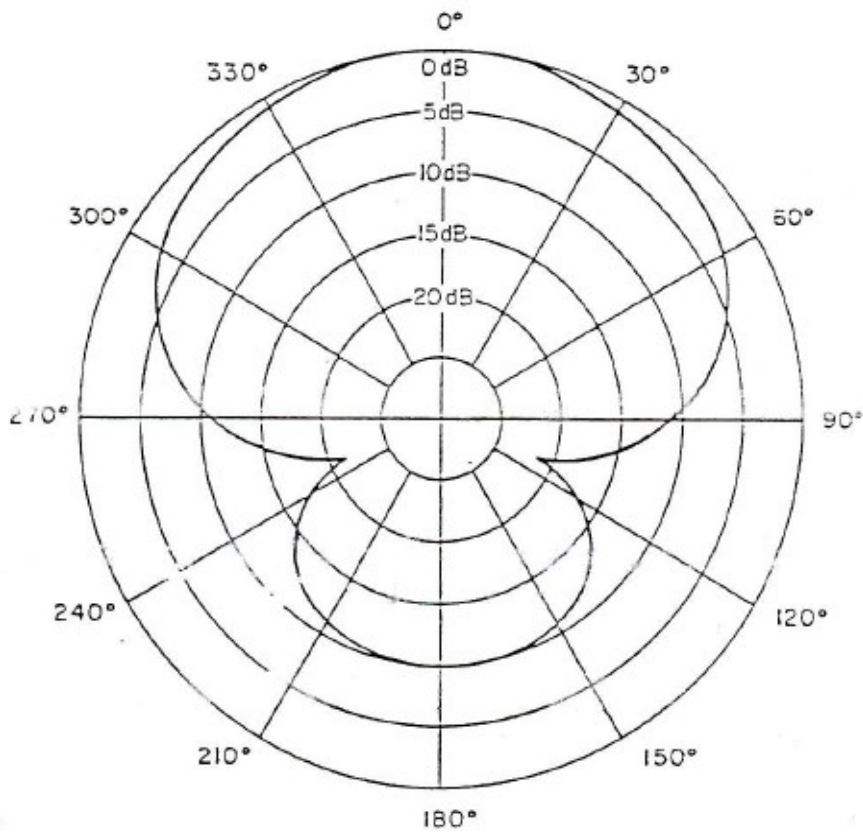
Πολικό διάγραμμα δικατευθυντικού μικροφώνου.



Πολικό διάγραμμα μονοκατευθυντικού μικροφώνου.



Σύγκριση καρδιοειδούς και Super - καρδιοειδούς μικροφώνου.



Πολικό διάγραμμα hyper - καρδιοειδούς μικροφώνου.

Μια μεγάλη πληθώρα μικροφώνων βρίσκονται στη διάθεση του ηχολήπτη, ο οποίος έχοντας την γνώση καλείται να κάνει την κατάλληλη για κάθε περίπτωση επιλογή.

### **2.8.3: ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ**

ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ:

- α) Το μικρόφωνο άνθρακα
- β) Το δυναμικό μικρόφωνο ή το μικρόφωνο κινούμενου πηνίου.
- γ) Το μικρόφωνο ταινίας
- δ) Το κρυσταλλικό μικρόφωνο
- ε) Το πιεζοηλεκτρικό μικρόφωνο
- στ) Το ηλεκτροστατικό μικρόφωνο ή πυκνωτικό μικρόφωνο.
- ζ) Ειδικής κατηγορίας (θερμικά, οπτικά )

#### **2.8.3.1: ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ ΑΝΘΡΑΚΑ**

Είναι ο απλούστερος τύπος μικροφώνου. Η λειτουργία του βασίζεται στην αρχή σύμφωνα με την οποία αν ασκήσουμε πίεση πάνω σ' ένα διάφραγμα το οποίο βρίσκεται πάνω σε μικρό όγκο ψηγγμάτων γραφίτη, θα έχουμε μεταβολή της ηλεκτρικής αντιστάσεως των ψηγγμάτων. Η μεταβολή γίνεται αντιληπτή σαν μεταβολή τάσης στα άκρα της αντίστασης του κυκλώματος του μικροφώνου. Όταν το μικρόφωνο είναι απενεργοποιημένο το ρεύμα υπολογίζεται ως:

$$I_0 = \frac{V}{R} \quad (\text{όπου } I_0 \text{ είναι το ρεύμα ηρεμίας})$$

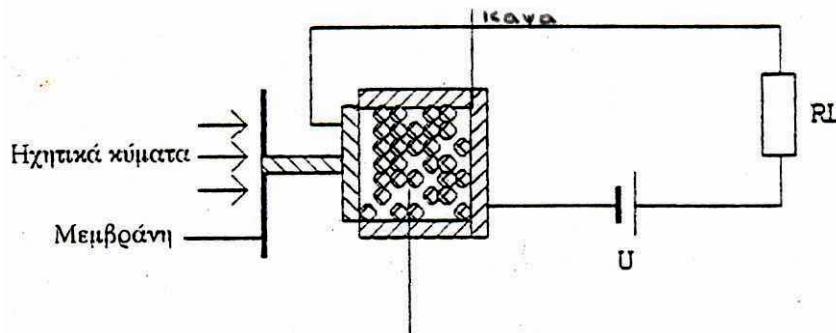
Στην περίπτωση της λειτουργίας τότε μια αντίσταση  $r$  μεταβάλλεται ημιτονικά με άμεση επίδραση στο ρεύμα λειτουργίας. Ως προς την ευαισθησία το είδος αυτού του μικροφώνου είναι το βέλτιστο δυνατό όταν η αντίσταση  $R$  μικραίνει με συνέπεια αύξησης του ρεύματος.

Άρα

$$I = I_0 \left( \frac{r}{R} \right) = I_0 r_0 \sin \frac{\omega t}{R}$$

Το μικρόφωνο άνθρακα παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι για μια δεδομένη

ακουστική ενέργεια στην είσοδό του, δίνει μεγαλύτερη ηλεκτρική ενέργεια στην έξοδό του. Επίσης έχει μικρό βάρος, χαμηλό κόστος, και ανθεκτική κατασκευή. Τα μειονεκτήματά του είναι η χαμηλή πιστότητα και η εμφάνιση θορύβων από τυχαίες δονήσεις των κόκκων του άνθρακα. Χρησιμοποιείται όπου απαιτείται μεγάλη ευαισθησία και αναπαραγωγή ομιλίας παρά μουσικής.



### 2.8.3.2: ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΗΝΙΟ-ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΠΗΝΙΟΥ

Τα δυναμικά μικρόφωνα αποτελούνται από το κυρίως σώμα και την κάψα. Πίσω και πάνω από το διάφραγμα, το οποίο βρίσκεται μέσα στην κάψα, είναι ένα πηνίο το οποίο αιωρείται σ' ένα μόνιμο μαγνητικό πεδίο. Όταν τα ηχητικά κύματα πέσουν πάνω στο διάφραγμα, τότε το διάφραγμα, εκτελεί ταλαντώσεις με αποτέλεσμα να προκαλεί την κίνηση του πηνίου δια μέσου των σταθερών γραμμών της μαγνητικής ροής η οποία εφοδιάζεται από το μαγνήτη. Κάθε φορά που το πηνίο εκτελεί κινήσεις μέσα στις σταθερές μαγνητικές γραμμές προκαλείται μια ηλεκτρική τάση μέσα στο σύρμα την οποία παίρνουμε από την έξοδο του μικροφώνου. Το μέγεθος της ηλεκτρικής τάσης που προκαλείται από το πηνίο είναι ανάλογο του αριθμού των γραμμών της ροής του πηνίου και της ταχύτητας με την οποία αυτό κινείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Οι εναλλασσόμενες ταλαντώσεις του διαφράγματος προσδιορίζονται από τη συχνότητα του σήματος. Αυτή η ηλεκτρική τάση ονομάζεται μικροφωνικό ρεύμα. Το μέγεθος της επαγόμενης ηλεκτρικής τάσης είναι  $U$

$$U = B \times l \times u$$

όπου:

$B$  = μαγνητική ροή

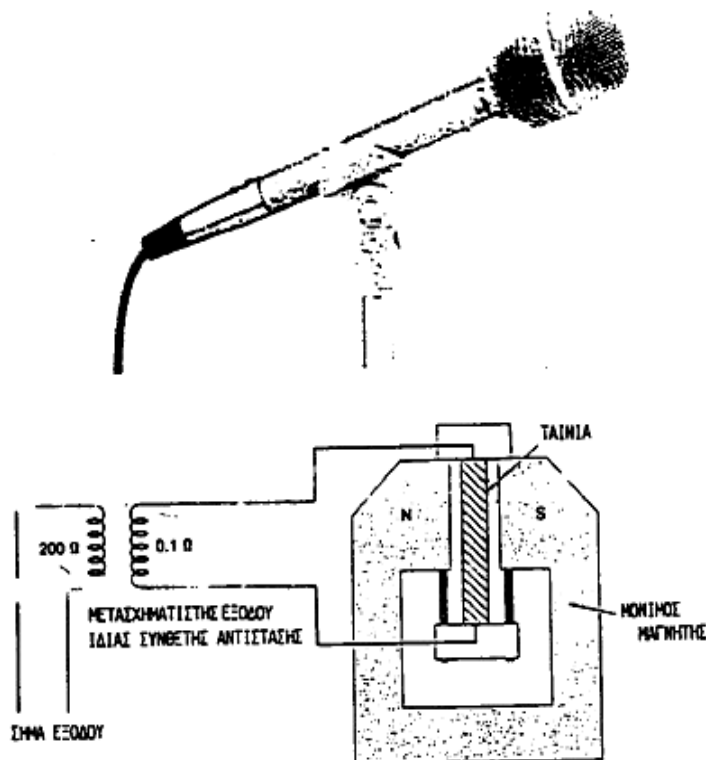
$U$  = ταχύτητα μετακίνησης

Το δυναμικό μικρόφωνο παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα :Δε χρειάζεται εξωτερική πηγή τάσης. Έχει καλή απόκριση (περίπου 20 - 9000 Hz με σωστή απόσβεση ).Έχει κατευθυντικότητα στις υψηλές συχνότητες και μια έξοδο της

τάξης των - 85db. Η σύνθετη αντίστασή του είναι χαμηλή ( 50 Ω ή και μικρότερη). Επομένως μπορεί να συνδεθεί με σχετικά μεγάλου μήκους γραμμές χωρίς υπέρμετρη απόσβεση των υψηλών συχνοτήτων. Μειονέκτημα του δυναμικού μικροφώνου αποτελεί η ανάγκη χρησιμοποίησης ενισχυτή Α.Σ. για την ενίσχυση της φωνής. Τα δυναμικά μικρόφωνα χρησιμοποιούνται σε μικροφωνικές εγκαταστάσεις, σε Ραδιοφωνικούς θαλάμους κ.λπ.

### 2.8.3.3: ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ ΤΑΙΝΙΑΣ

Τα μικρόφωνα ταινίας είναι ένας τύπος δυναμικού μικροφώνου τα οποία χρησιμοποιούν μια ευαίσθητη ταινία, η οποία παίρνει τη θέση του συνδυασμού διάφραγμα / κινητό πηνίο. Η μεταλλική αυτή ταινία βρίσκεται διπλωμένη ανάμεσα στους πόλους ενός μαγνήτη και είναι αυτή πλέον που δέχεται τα ηχητικά κύματα. Όταν η ταινία κινείται από την κίνηση των ηχητικών μεταβολών διαπερνούν τις γραμμές που παράγονται από τη διαρκή μαγνητική ροή και έτσι προκαλείται τάση στην ταινία. Αυτή η ηλεκτρική τάση γίνεται σήμα εξόδου. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα μικρόφωνα ταινίας περιέχουν ένα ενσωματωμένο μετασχηματιστή εξόδου. Η σύνθετη αντίσταση είναι πολύ μικρή, συνήθως της τάξης κλάσματος Ohm, γι' αυτό το λόγο ένας μετασχηματιστής κρίνεται απαραίτητος για να αυξήσει την αντίσταση εξόδου του μικροφώνου ούτως ώστε αυτή να χρησιμοποιηθεί. Μπορεί να σημειωθεί η παρουσία και άλλων μικροφώνων από μεταλλικό έλασμα αλλά χωρίς την παρουσία μαγνητικού. Αυτά είναι τα μικρόφωνα πίεσης και τα μικρόφωνα ταχύτητας.



#### **2.8.3.4: ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ**

Το κρυσταλλικό μικρόφωνο αποτελείται από ένα διάφραγμα το οποίο είναι κολλημένο απ' ευθείας ή μέσω συνδέσμου σ' έναν κρύσταλλο. Μια μεταλλική επιφάνεια ή ένα ηλεκτρόδιο επικολλάται στην άλλη επιφάνεια του κρυστάλλου. Όταν τα ηχητικά κύματα προσπίπτουν στο διάφραγμα, προκαλούν δονήσεις οι οποίες αναπτύσσουν στα ηλεκτρόδιά του μια ηλεκτρεγερτική δύναμη της ίδιας κυματομορφής με την προσπίπτουσα ηχητική κύμανση.

*Τα πλεονεκτήματα των κρυσταλλικών μικροφώνων είναι :*

- α) ομαλή καμπύλη απόκρισης για συχνότητες από 500 - 1000 c/s
- β) καλή πιστότητα
- γ) λειτουργία χωρίς εξωτερική πηγή
- δ) μικρό βάρος

*Τα μειονεκτήματά τους είναι :*

- α) χαμηλή ευαισθησία
- β) μικρή μηχανική αντοχή
- γ) είναι ακατάλληλα για χρήση στην ύπαιθρο. Χρησιμοποιούνται πολύ στη Ραδιοφωνία.

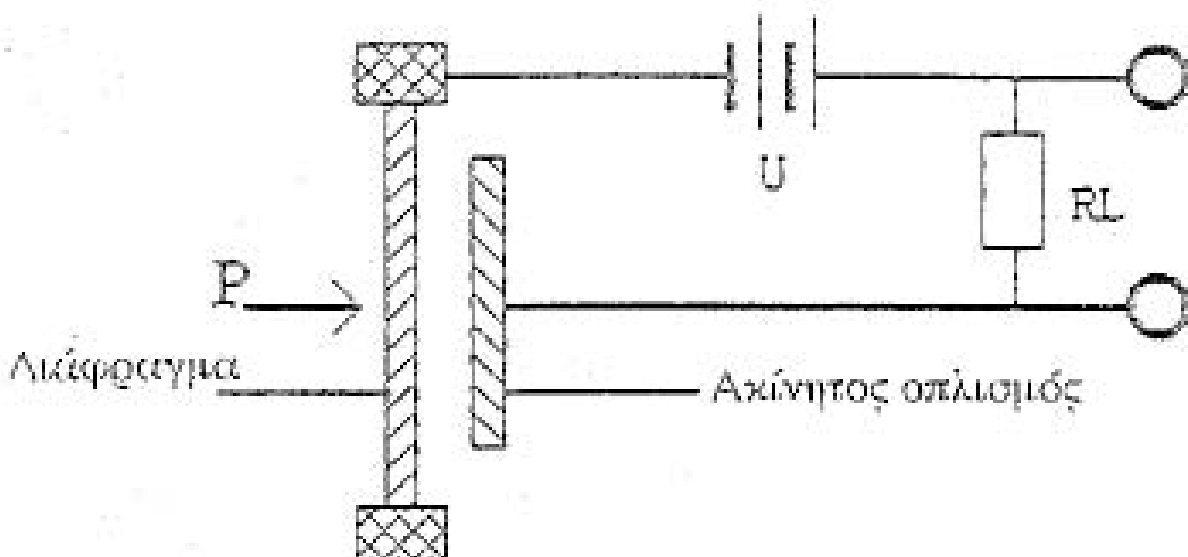
#### **2.8.3.5: ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ**

Μια ειδική κατηγορία κρυσταλλικών μικροφώνων είναι τα πιεζοηλεκτρικά. Η δομή τους στηρίζεται στην ιδιαίτερη συμπεριφορά των κρυστάλλων όταν αυτοί βρεθούν κάτω από την επιρροή μαγνητικών πιέσεων. Ο κρύσταλλος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους είναι ο χαλαζίας. Η μορφή που του δίνεται είναι να κρυσταλλωθεί σε εξαγωνικό σύστημα οπότε όταν ασκηθεί πίεση σε κάποια από τις πλευρές της θα αναπτυχθεί ηλεκτρεγερτική δύναμη σε κάθετη διεύθυνση.

Βέβαια τα επικρατέστερα άλατα χαλαζία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του διαφράγματος είναι το άλας Rochelle ή το άλας Seignette και αυτό γιατί η περιεκτικότητα σε χαλαζία είναι 200 φορές πιο μεγάλη. Τα μικρόφωνα αυτά είναι υψηλής ευαισθησίας και χρησιμοποιούνται σε εγγραφές δίσκων, ειδικά μεγάφωνα και άλλες λειτουργίες υψηλής απόδοσης και πιστότητας.

### 2.8.3.6: ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

Την καλύτερη απόκριση στις υψηλές συχνότητες, την παρουσιάζουν τα μικρόφωνα πυκνωτή. Απαιτούν συνήθως τροφοδοσία, ειδικά καλώδια και είναι αρκετά ακριβά. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην μεταβολή της χωρητικότητας μιας ειδικής κάψας. Το ηλεκτροστατικό μικρόφωνο ή μικρόφωνο πυκνωτή έχει έναν πυκνωτή του οποίου ο ένας από τους δύο οπλισμούς είναι σταθερός ενώ ο άλλος μετακινείται κάτω από την επίδραση των κυμάτων που προσπίπτουν πάνω του, παρακολουθώντας τις ηχητικές πιέσεις και προκαλώντας έτσι μεταβολές της χωρητικότητας. Ο πυκνωτής είναι υπό συνεχή τάση και οι μεταβολές της χωρητικότητας συνεπάγονται μεταβολές της φορτίσεως. Το ρεύμα φορτίσεως του λοιπόν παρακολουθεί τις ηχητικές ταλαντώσεις. Αυτό το είδος μικροφώνου έχει το πλεονέκτημα της πιστότητας του ήχου, αλλά αντίθετα έχουν μικρή ευαισθησία. Η σύνθετη εσωτερική αντίσταση είναι μεγάλη, και καθώς οι ηλεκτρικές του ταλαντώσεις είναι πολύ ασθενείς, γίνεται αδύνατη η μετάδοση του σήματος με μικροφωνική γραμμή. Απαιτείται λοιπόν η ενσωμάτωση στο μικρόφωνο ενός ενισχυτή. Αυτός εμποδίζει το βόμβο και μια 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.





### 2.8.3.7: ΕΛΕΚΤΡΕΤ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

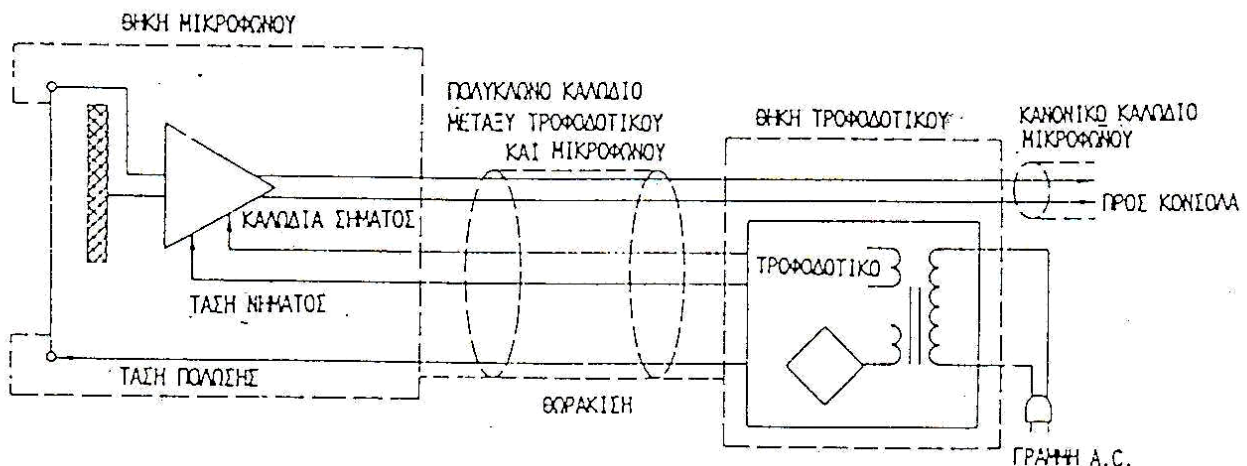
Τα έλεκτρετ μικρόφωνα λειτουργούν με βάση τις ίδιες αρχές χωρητικότητας με τα πυκνωτικά εκτός του ότι η πολική τάση είναι διαρκώς αποθηκευμένη στις πλάκες της κάψας με τη μορφή ενός ηλεκτροστατικού φορτίου έτσι ώστε δεν χρειάζεται ηλεκτρικό τροφοδοτικό. Η υψηλή αντίσταση της εξόδου απαιτεί επιπλέον ένα προενισχυτή για να αυξήσει το επίπεδο και να χαμηλώσει την αντίσταση, εν τούτοις όμως μια εσωτερική μπαταρία τροφοδοτικού απαιτείται συχνά.

### 2.8.3.8: ULTRA DIRECTIONAL ή SHOT GUN

Το μικρόφωνο αυτό παρουσιάζει έντονη ευαισθησία στους απευθείας ήχους ενώ για τους πλευρικούς οι λοβοί είναι αισθητά πιο μικροί περιορίζοντας την ευαισθησία του. Ένα τέτοιο δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί σε Studio ηχογράφησης αλλά είναι πολύ χρήσιμο σε περιπτώσεις μακρινών λήψεων στην τηλεόραση, θέατρο, χορωδίες και κατ' αυτόν τον τρόπο συνεπάγεται ότι στις εκτός-άξονα θέσεις το μικρόφωνο παρουσιάζεται το ίδιο.

### 2.8.4: ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΠΥΚΝΩΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ

Κάθε προενισχυτής που βρίσκεται μέσα σε κάποιο μικρόφωνο, σαν ενεργός βαθμίδα, χρειάζεται κάποια πηγή τροφοδότησης. Αν υποθεθεί ότι υπάρχει εξωτερικό τροφοδοτικό για πυκνωτικό μικρόφωνο, αυτό θα πρέπει να παρέχει τάση όχι μόνο στον ενσωματωμένο προενισχυτή στο μικρόφωνο, αλλά και μια πολική τάση στο διάφραγμα. Αυτό δεν σημαίνει ότι χρειάζεται ξεχωριστός αγωγός για κάθε μια απ' αυτές τις τάσεις. Συνήθως οι κατασκευαστές των σύγχρονων πυκνωτικών μικροφώνων σχεδιάζουν τα μικρόφωνα τους έτσι ώστε να απαιτείται μια μόνο τιμή τάσης για την τροφοδοσία τους. Ξεχωριστή πολική τάση τροφοδότησης χρησιμοποιείται όταν απαιτείται μεταβολή του πολικού διαγράμματος σε απόσταση από το μικρόφωνο. Αυτό συμβαίνει σε ορισμένους τύπους μικροφώνων. Στο σχήμα φαίνεται ότι το καλώδιο μεταξύ του μικροφώνου και τροφοδοτικού περιέχει επιπλέον αγωγούς για να εφοδιάζουν το μικρόφωνο με την τάση που απαιτείται:



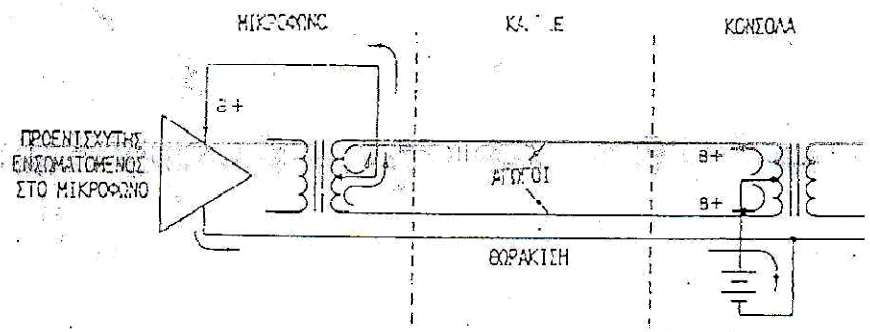
Απλουστευμένο σχήμα ενός συστήματος πυκνωτικού μικροφώνου με εξωτερικό τροφοδοτικό.

### **2.8.5: ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ PHANTOM**

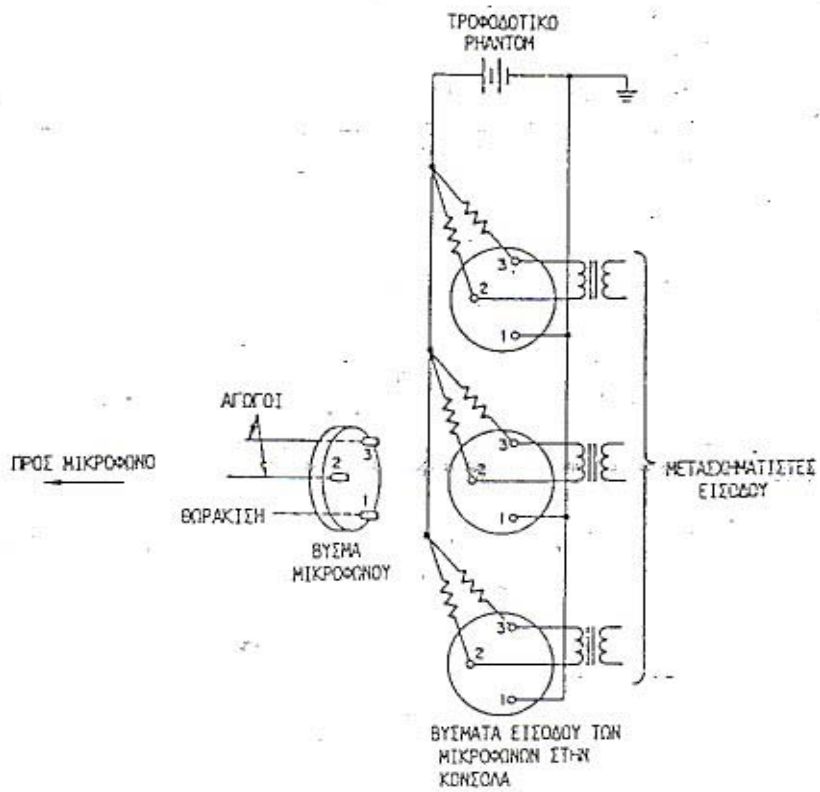
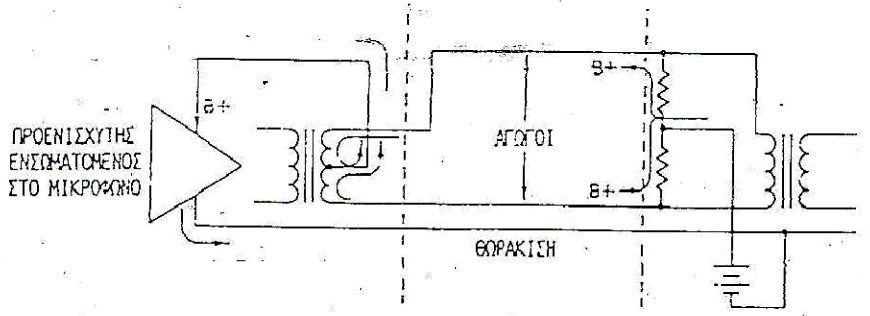
Σχεδόν όλα τα σύγχρονα πυκνωτικά μικρόφωνα, τροφοδοτούνται με τάση από την κονσόλα κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε η τάση τροφοδότησης του μικροφώνου να συνυπάρχει με το σήμα στους αγωγούς μεταφοράς του ακουστικού σήματος. Το σύστημα αυτό τροφοδότησης του μικροφώνου από την κονσόλα ονομάζεται PHANTOM POWER και δεν επηρεάζει τη λειτουργία των δυναμικών μικροφώνων. Έτσι η χρησιμοποίηση των πυκνωτικών μικροφώνων μπορεί να γίνει χωρίς να απαιτούνται εσωτερικές ή εξωτερικές μπαταρίες, ή ατομικά τροφοδοτικά με πολύπλοκες συνδέσεις και επιπλέον αγωγούς. Το καλώδιο σύνδεσης μικροφώνου - κονσόλας περιέχει δύο αγωγούς και μια θωράκιση που είναι η γείωση. Δύο μέθοδοι τροφοδότησης με σύστημα PHANTOM POWER σε πυκνωτικά μικρόφωνα.

Εάν η κονσόλα για τα μικρόφωνα χρησιμοποιεί στην είσοδο μετασχηματιστές με κεντρική λήψη, η απαιτούμενη θετική τάση τροφοδότησης, εφαρμόζεται όπως παρουσιάζεται στο σχήμα. Αφού από το μετασχηματιστή δεν περνά συνεχές ρεύμα από το ένα τύλιγμα στο άλλο, ο μόνος δρόμος για την παρεχόμενη τάση είναι δια μέσω δύο αγωγών στο μικροφωνικό καλώδιο, με κατεύθυνση προς το μικρόφωνο. Ένας άλλος μετασχηματιστής ενσωματωμένος στο μικρόφωνο επίσης με κεντρική λήψη, διοχετεύει την παρεχόμενη τάση στον προενισχυτή. Στην τροποποίηση μιας κονσόλας για τροφοδότηση μικροφώνων με σύστημα PHANTOM, μια κοινή πρακτική για τη δημιουργία ενός υποκατάστατου της κεντρικής λήψης, είναι η χρήση δύο επιπλέον αντιστάσεων, όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Το εξωτερικό πλέγμα του μικροφωνικού καλωδίου συνδέεται στο (-) αρνητικό του τροφοδοτικού.

Το μπλεντάζ, εξασφαλίζει στο συνεχές ρεύμα μια οδό επιστροφής στο τροφοδοτικό τόσο καλά όσο και στην εκπλήρωση του πρωταρχικού του σκοπού, της θωράκισης δηλαδή του μεταφερόμενου σήματος από θορύβους. Ένα σύστημα PHANTOM τροφοδότησης, δεν θα πρέπει απαραίτητως να αντικαθιστά όλα τα ατομικά τροφοδοτικά πυκνωτικών μικροφώνων που βρίσκονται σε κάποιο STUDIO. Οι απαιτήσεις τροφοδότησης ενός τύπου μικροφώνου διαφέρουν από αυτές ενός άλλου και μπορεί να μην συμβιβάζονται.



Σχ. 4-9a,

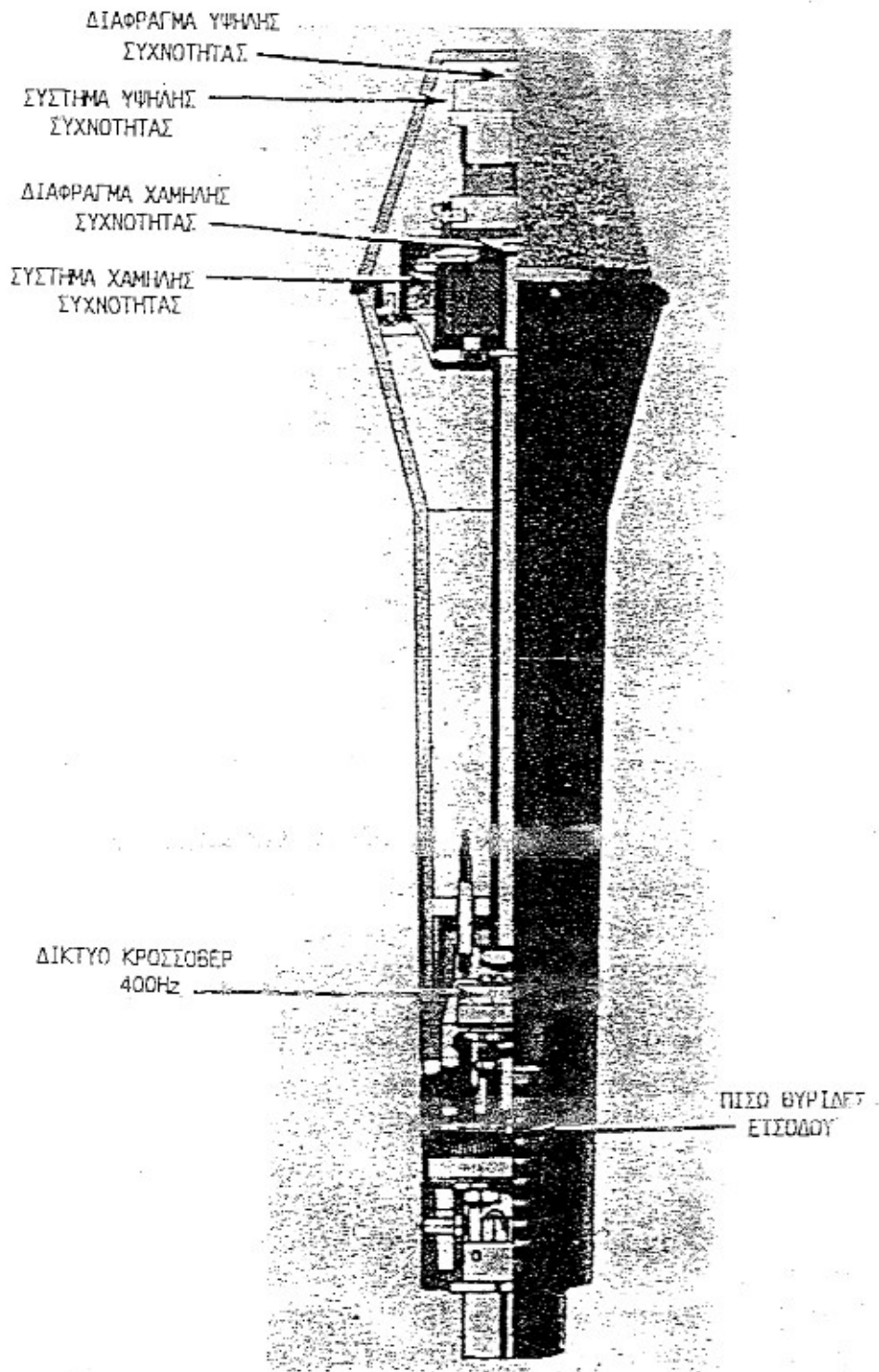


Τυπικό διάγραμμα καλωδίωσης για ένα σύστημα phantom power supply.

## **2.8.6: ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΝΑ ΠΟΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ**

### **ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΜΕ ΔΥΟ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ.**

Ένας συχνός σχεδιασμός πυκνωτικών μικροφώνων χρησιμοποιεί δύο διαφράγματα για να μπορεί ο ηχολήπτης να επιλέγει τα πολικά διαγράμματά τους. Τα σχεδιασμένο δυαδικό διάφραγμα επωφελείται από το γεγονός ότι δύο καρδιοειδή διαγράμματα μπορούν να συνδυαστούν ώστε να παράγουν είτε ένα δικατευθυντικό ή ένα πανκατευθυντικό διάγραμμα. Τα δύο διαφράγματα είναι τοποθετημένα στις δύο πλευρές μιας κοινής πλάκας. Κάθε διάφραγμα χρησιμοποιούμενο μόνο του, προμηθεύει ένα καρδιοειδές πολικό διάγραμμα. Μ' ένα διακόπτη επιλογής πολλών θέσεων δίνεται η δυνατότητα συνδυασμού λειτουργίας των διαφραγμάτων. Μ' αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται το επιθυμητό κάθε φορά πολικό διάγραμμα. Σε μερικά πυκνωτικά μικρόφωνα με πολυδιαγράμματα ο διακόπτης για τα διαγράμματα έχει αντικατασταθεί από ένα ποτενσιόμετρο, επιτρέποντας έτσι μια μεταβλητή πολική τάση να εφοδιάζεται στο πίσω διάφραγμα. Με αυτόν τον τρόπο το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου είναι συνεχώς μεταβλητό από δικατευθυντικό σε πανκατευθυντικό με πολλά ενδιάμεσα διαφράγματα. Συχνά το συνεχές μεταβλητό ποτενσιόμετρο είναι τοποθετημένο στο τροφοδοτικό του μικροφώνου επιτρέποντας αλλαγές στο πολικό διάγραμμα χωρίς την αναγκαιότητα να το κάνει το μικρόφωνο. Αυτό είναι μεγάλη ευκολία όταν το μικρόφωνο είναι τοποθετημένο ψηλά στον αέρα. Τα δύο διαφράγματα σ' ένα μικρόφωνο είναι πολύ χρήσιμα σε μερικές περιπτώσεις γιατί το ένα διάφραγμα χρησιμοποιείται για χαμηλές συχνότητες και το άλλο για υψηλές, έτσι ώστε να καλύπτουν όλο το ακουστικό φάσμα.



### **2.8.7: ΕΚΤΟΣ ΑΞΟΝΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (OFF - AXIS)**

Τα πολικά διαγράμματα των μικροφώνων δείχνουν σχηματικά την απόκριση των μικροφώνων στις διάφορες συχνότητες. Είναι όμως ανεπηρέαστο σε όλους τους ήχους, ανεξάρτητα συχνότητας. Στην πραγματικότητα αυτό δεν ισχύει ειδικά

με τα φθηνά καρδιοειδή μικρόφωνα. Λαμβάνοντας υπ' όψη μας το διάγραμμα ενός τέτοιου μικροφώνου και σχεδιάζοντας τη γραφική παράσταση της απόκρισης συχνότητας του μικροφώνου σε ποικίλες γωνίες εκτός φάσης, παρατηρούμε ότι η απόκριση κάνει καμπύλη, αποδεικνύοντας ότι αν και το μικρόφωνο «παίζει» ικανοποιητικά τους εντός- άξονα ήχους, η απόκριση των εκτός-άξονα είναι αρκετά ακανόνιστη. Αυτή η κατάσταση είναι γνωστή σαν εκτός-άξονα (off-axis) χρωματισμός. Ο χρωματισμός αυτός μπορεί να πάρει το σχήμα ενός δυσάρεστου μουντού ήχου από τη στιγμή που η υψηλή συχνότητα του μικροφώνου ελαττώνεται πολύ περισσότερο από απ' ότι οι χαμηλές συχνότητες. Τα πανκατευθυντικά μικρόφωνα δεν έχουν αυτό το ελάττωμα. Ένα πανκατευθυντικό μικρόφωνο μπορεί να παρουσιάσει κάποιες ελαττώσεις υψηλών συχνοτήτων που φθάνουν από το πίσω μέρος αν η θέση του μικροφώνου από μόνη της λειτουργεί σαν ένα ακουστικό εμπόδιο. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των καρδιοειδών μικροφώνων είναι και η επίδραση εγγύτητας, δηλαδή η μεταβολή της απόκρισης σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της απόστασης του μικροφώνου από την ηχητική πηγή. Καθώς οι αποστάσεις μειώνονται, η απόκριση του μπάσου αυξάνεται σημαντικά. Αυτή η αύξηση του μπάσου μπορεί να φανεί χρήσιμη στο να επιτυγχάνει ένα απότομο ήχο σε μια φωνή εντούτοις η ελαφριά κίνηση του τραγουδιστή ή του εκφωνητή μπροστά ή μακριά από το μικρόφωνο θα αλλάξει την απόκριση της συνολικής συχνότητας, με αξιοσημείωτο τρόπο. Μερικά καρδιοειδή μικρόφωνα έχουν ένα ενσωματωμένο διακόπτη χαμηλών συχνοτήτων μ' ένα κυλιόμενο φίλτρο για να αντιδρά στα αποτελέσματα εγγύτητας. Τέλος υπάρχουν και άλλοι δυο τύποι μικροφώνων που εντάσσονται κάπου ανάμεσα των δικατευθυντικών και καρδιοειδών εξαιτίας της διαφοράς που παρουσιάζεται στο πολικό τους διάγραμμα. Με βάση τα πολικά διαγράμματά τους παρατηρείται ότι στο μεν υπερκαρδιοειδές ο πίσω λοβός παρουσιάζει μια ευαισθησία μεταξύ των 15000 ενώ για το super – καρδιοειδές το άνοιγμα ευαισθησίας είναι μεγαλύτερο από 110 έως 250 και παρουσιάζει μικρότερη ευαισθησία στα πλάγια .

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 2.9: ΜΕΓΑΦΩΝΑ**

### **2.9.1: ΓΕΝΙΚΑ**

Το μεγάφωνο είναι ένας μαγνητικός μετατροπέας δύο βαθμίδων και μετασχηματίζει ηλεκτρικά σήματα σε μηχανικές ταλαντώσεις και στη συνέχεια σε ήχους. Υπάρχουν δύο είδη μεγαφώνων απευθείας ακτινοβολίας. Εκείνα των οποίων η ταλαντούμενη επιφάνεια (διάφραγμα ή κώνος) ακτινοβολεί απ' ευθείας στον αέρα και εκείνα στα οποία τοποθετείται μεταξύ του διαφράγματος και του αέρα μια κórνα. Τα μεγάφωνα τύπου κώνου, χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις. Τα μεγάφωνα τύπου κórνας, χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα προηγούμενα σε μεγαφωνικές, μεγάλης ισχύος εγκαταστάσεις εξωτερικών χώρων και σε ηχητικά συστήματα θεάτρων και κινηματογράφων.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι :

- Μικρό μέγεθος και χαμηλό κόστος
- Ικανοποιητική απόκριση σε ευρεία περιοχή συχνοτήτων

Σαν μειονεκτήματα αναφέρονται:

- Μικρή απόδοση
- Κακή ανταπόκριση πολύ συχνά στις υψηλές συχνότητες

### **2.9.2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΑΦΩΝΩΝ**

Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των μεγαφώνων ή συνδεσμολογίας μεγαφώνων είναι:

α) απόκριση συχνότητας: κατασκευαστικά κάθε μεγάφωνο ανάλογα με τον τύπο του ανταποκρίνεται άριστα μόνο σε καθορισμένη περιοχή συχνοτήτων. Αυτή η μεταβολή και ανταπόκριση εκφράζεται σε απόλυτες μονάδες ή σε dB πάντοτε σε συνάρτηση με τη συχνότητα. Η καμπύλη απόκρισης κάθε μεγαφώνου είναι κατασκευαστικά σταθερή και δύσκολα βελτιώνεται.

β) πιστότητα : είναι η ικανότητα του μεγαφώνου να αναπαράγει πιστά τα ηλεκτρικά σήματα σε ηχητικά χωρίς παραμορφώσεις.

γ) ευαισθησία: είναι η ικανότητα του μεγαφώνου να αναπαράγει τα μικρότερα ηλεκτρικά σήματα για όλες τις περιοχές συχνοτήτων που έχει κατασκευαστεί. Η ευαισθησία εκφράζεται σε  $\text{bar/V}$ .

δ) κατευθυντικότητα: κάθε μεγάφωνο κατασκευαστικά ακτινοβολεί ηχητικά κύματα σχηματίζοντας κάποιο επίπεδο γύρω του. Γίνεται δηλαδή μια επιλογή στα σημεία ακτινοβολίας στο χώρο προς ορισμένη κατεύθυνση. Η τυχαία αλλά ορισμένη κατανομή εκπεμπόμενης ακτινοβολίας στα σημεία του χώρου προς ορισμένη κατεύθυνση σχηματίζει μια ενέργεια η οποία είναι συνάρτηση της

γωνίας που σχηματίζει η κάθετος στη μεμβράνη του μεγαφώνου και κάποιας τυχαίας διεύθυνσης.

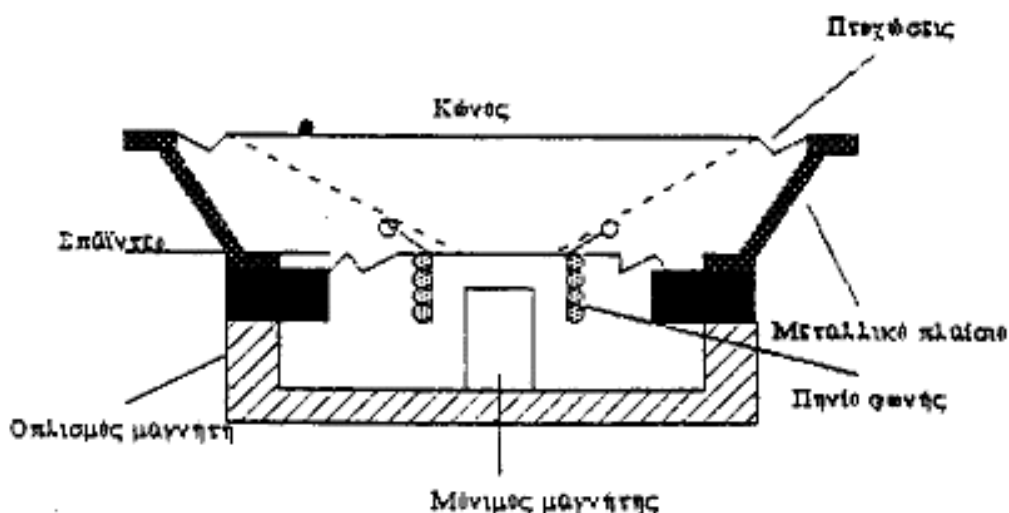
ε) σύνθετη αντίσταση: τα μεγάφωνα που συναντάμε σήμερα στο εμπόριο αναγράφουν τις τιμές 4Ω, 8Ω, 16Ω με εξαίρεση τα λεγόμενα δυναμικά μεγάφωνα που χρησιμοποιούν M/T προσαρμογής. Η γνώση της είναι απαραίτητη γιατί πρέπει να γίνεται προσαρμογή μεταξύ της σύνθετης αντίστασης εξόδου του ενισχυτή και της σύνθετης αντίστασης του μεγαφώνου και αυτό για να έχουμε μέγιστη μεταφορά σήματος από τον ενισχυτή στο μεγάφωνο.

στ) ακουστική ισχύς εξόδου: η τιμή που αν υπερβούμε κάποιο όριο ισχύος πάνω στο μεγάφωνο αυτό θα καταστραφεί. Την ισχύ αυτή που είναι πάντα συνάρτηση της συχνότητας τη διακρίνουμε σε RMS και σε στιγμιαία τιμή ισχύος. Η στιγμιαία τιμή ακουστικής ισχύος είναι πολύ μεγαλύτερη από την RMS. Για να έχουμε σωστά ακουστικά αποτελέσματα θα πρέπει ο ενισχυτής να «ντύνεται» με μεγάφωνα - ηχεία διπλάσιας ακουστικής ισχύος για να μην κινδυνεύσουν να καταστραφούν τα μεγάφωνα αφενός και αφετέρου η μεμβράνη να μην ταλαντώνεται στα όριά της.

Τα μεγάφωνα κώνου από πλευράς κατασκευής διακρίνονται σε :

### **2.9.3: ΜΕΓΑΦΩΝΑ ΜΟΝΙΜΟΥ ΜΑΓΝΗΤΗ**

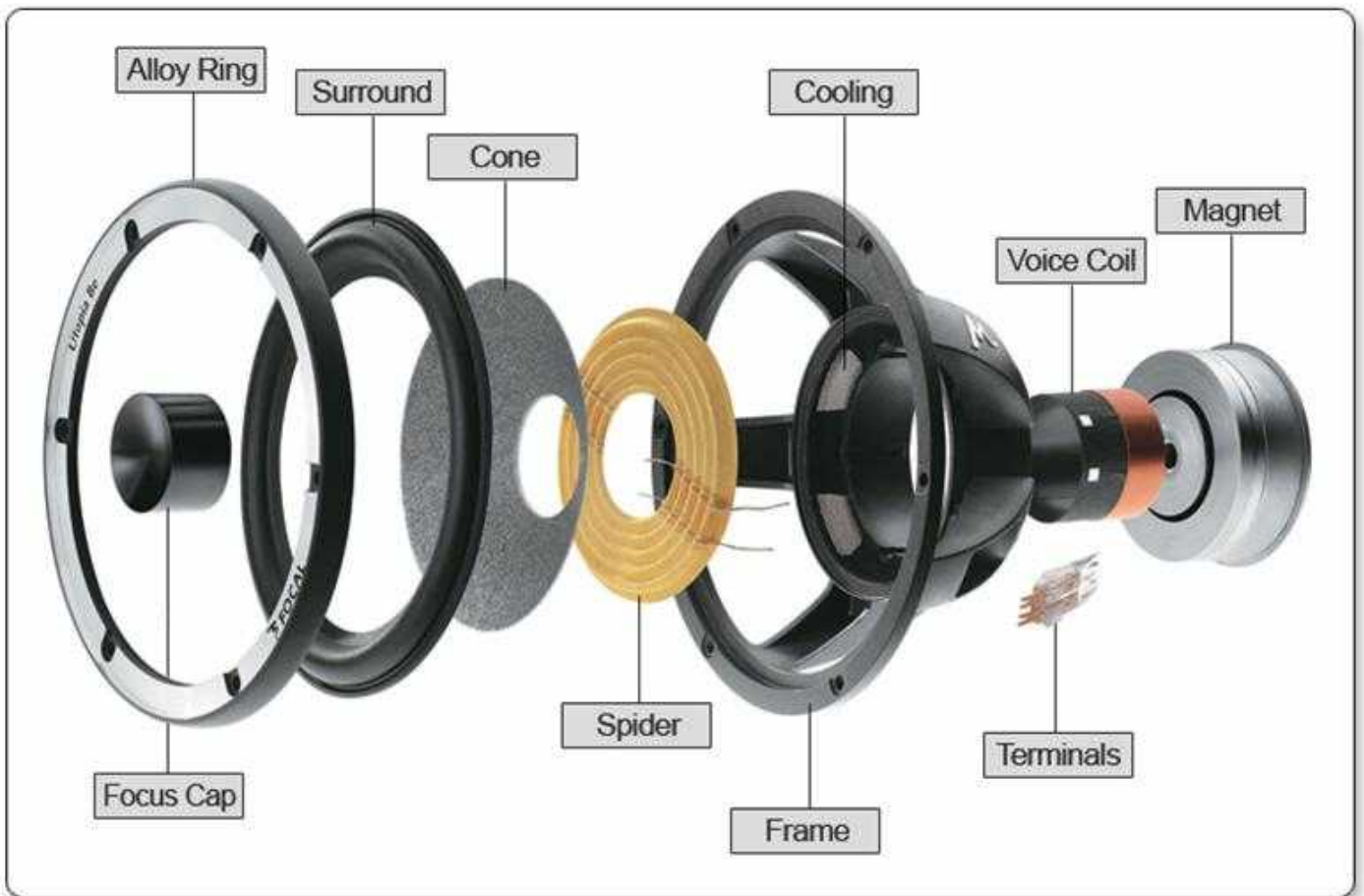
Αυτά αποτελούνται από ένα μόνιμο μαγνήτη, ένα πηνίο τυλιγμένο σε κύλινδρο από βακελίτη ή στέρεο χαρτί ( πηνίο φωνής ) και ένα χάρτινο κώνο.







Φωτ. 2.16: Μεγάφωνο μόνιμου μαγνήτη και η μορφή του κατασκευαστικά



Όταν το ρεύμα διαρρέει το πηνίο, δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο το οποίο συνδυαζόμενο με το μαγνητικό πεδίο του μόνιμου μαγνήτη, προκαλεί παλινδρομική κίνηση του πηνίου φωνής με αποτέλεσμα τη δημιουργία ήχων. Η κίνηση του πηνίου φωνής στο κέντρο του διάκενου γίνεται με τη βοήθεια του σπάιντερ (αράχνη). Το σπάιντερ είναι μια λεπτή κυκλική και πτυχωτή μεμβράνη από ευλύγιστο υλικό. Στο κέντρο του έχει ένα άνοιγμα με διάμετρο ίση με εκείνη του πηνίου φωνής. Σ' αυτό το άνοιγμα τοποθετείται ο κύλινδρος του πηνίου. Η εξωτερική περιφέρεια του σπάιντερ στερεώνεται στον οπλισμό του μαγνήτη. Το πηνίο δέχεται το εναλλασσόμενο ρεύμα ακουστικής συχνότητας που διατρέχει το μόνιμο μαγνήτη. Η μεταβολή αυτή του ρεύματος εφαρμόζεται στο πηνίο φωνής το οποίο εξαναγκάζει τον κώνο σε κίνηση ανάλογης μετατόπισης με την ένταση του ρεύματος σύμφωνα πάντα με τον νόμο του Laplace που διέπει το φαινόμενο. Η περιγραφή αυτή της κίνησης δίδεται από την εξίσωση Laplace:  $F = B \cdot I \cdot l \cdot \eta \mu \phi$ . Άρα η ακουστική ισχύς εξόδου για το μεγάφωνο με μόνιμο μαγνήτη είναι ανάλογη της έντασης του μαγνητικού πεδίου του μόνιμου μαγνήτη και επίσης ανάλογος της έντασης του ρεύματος που διατρέχει το πηνίο φωνής.

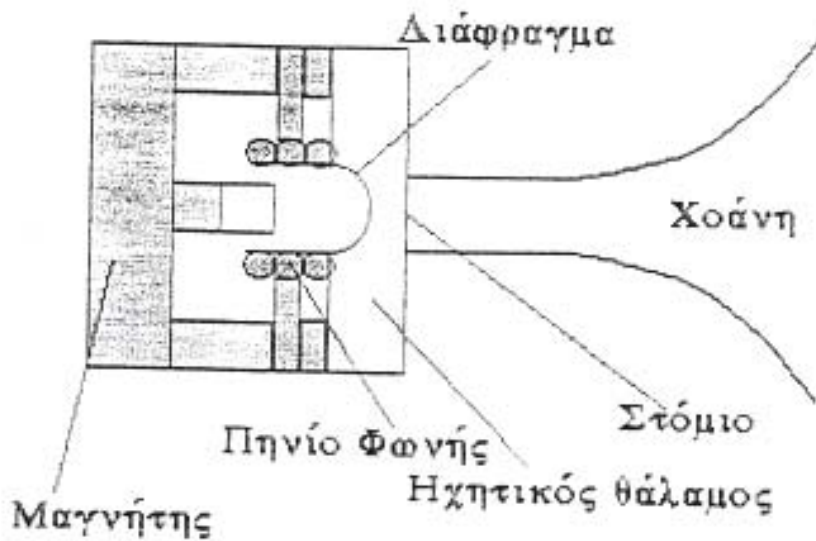
#### **2.9.4: ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΕΓΑΦΩΝΑ**

Είναι όμοια με τα μεγάφωνα μόνιμου μαγνήτη με μόνη διαφορά ότι αντί για μόνιμο μαγνήτη, έχουν ηλεκτρομαγνήτη. Ο μαγνητισμός εξασφαλίζεται από ξεχωριστό πηνίο που διαρρέεται από συνεχές ρεύμα και λέγεται πηνίο διέγερσης. Το συνεχές ρεύμα εξασφαλίζεται με τη σύνδεση του πηνίου στο κύκλωμα ανόρθωσης του ενισχυτή ή του δέκτη. Στη θέση αυτή όμως το μεγάφωνο αποδίδει ένα θόρυβο 50 ή 100c/s ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη ανόρθωση (απλή ή διπλή). Η κατάργηση αυτού του βόμβου γίνεται με το πηνίο εξουδετέρωσης που το αποτελεί ένα πηνίο με λίγες σπείρες από χοντρό σύρμα που τυλίγεται πάνω από το πηνίο διέγερσης και συνδέεται σε σειρά με το πηνίο φωνής.

#### **2.9.5: ΜΕΓΑΦΩΝΑ ΧΟΑΝΗΣ**

Ένας τύπος μεγαφώνου με μεγάλη απόδοση είναι το μεγάφωνο χοάνης. Χρησιμοποιείται σε συναυλίες – ομιλίες υπαίθριες και γενικά ανοιχτούς χώρους, εκεί δηλαδή που χρειάζεται μεγάλη ακουστική ισχύς και όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόδοση. Όπως φαίνεται από το σχήμα 2.17 τα μέρη από τα οποία αποτελείται το μεγάφωνο χοάνης είναι:

- α) Το πηνίο φωνής
- β) Ο ηχητικός θάλαμος
- γ) Ο μόνιμος μαγνήτης
- δ) Το διάφραγμα
- ε) Το στόμιο
- στ) Η χοάνη

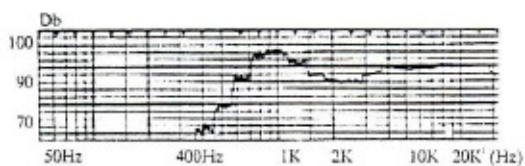


σχήμα 2.17: Τα μέρη που αποτελείτε το μεγάφωνο χοάνης

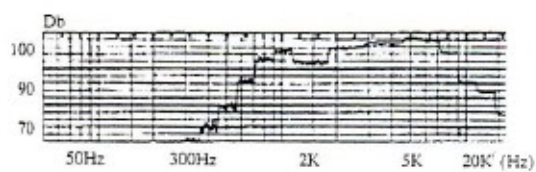
Ο ρόλος της χοάνης είναι να μετατρέπει την ενέργεια του ηχητικού θαλάμου που είναι υψηλής πίεσης με χαμηλή ταχύτητα σε χαμηλής πίεσης και υψηλής ταχύτητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης του μεγαφώνου χοάνης γιατί η χοάνη ενεργεί σαν ένα σύστημα προσαρμογής του ελεύθερου χώρου με τον ηχητικό θάλαμο. Αυτή η απόδοση μπορεί να ξεπεράσει το 40 - 50 %. Στην περίπτωση που ενεργοποιούνται ημιτονοειδή κύματα έχουμε περιοχές συχνοτήτων που ανακόπτονται λόγω της κατασκευής της χοάνης. Η κόρνα λοιπόν λειτουργεί σαν φίλτρο αποκοπής των χαμηλής συχνοτήτων. Άρα οι κόρνες δεν πρέπει να αναπαράγουν χαμηλές συχνότητες διότι κινδυνεύει άμεσα να καταστραφεί η μεμβράνη τους αφού δεν αναπαράγει και συνεπώς η ενέργεια δεν μεταφέρεται αλλά συσσωρεύεται.

Διάφοροι τύποι μεγαφώνων.

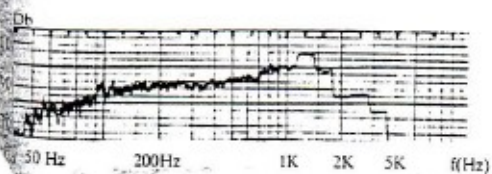
TWEETER



MID - RANGE

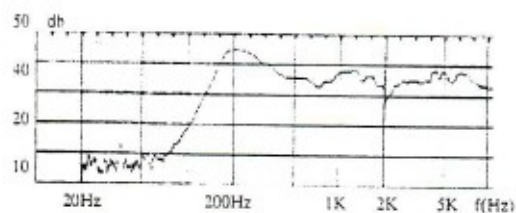


WOOFER

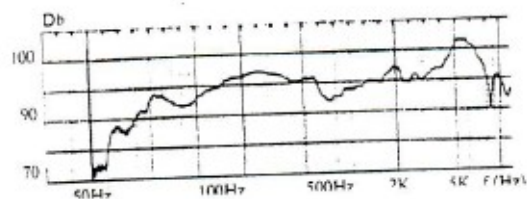


Επίμα 4.4.2. Καμπύλη απόκρισης του Woofer

AUTO



ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ



### 2.9.6: ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕΓΑΦΩΝΩΝ

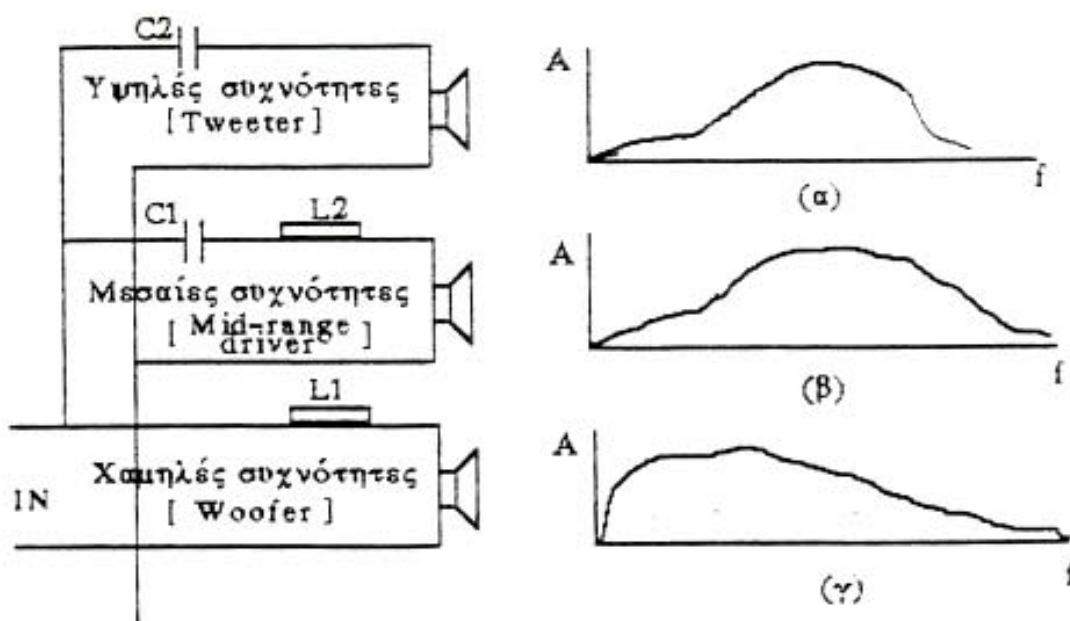
Γενικά οι περιοχές στις οποίες ανταποκρίνονται τα μεγάφωνα έχουν χωριστεί σε τρεις ακουστικές ζώνες.

*Χαμηλή ακουστική ζώνη*

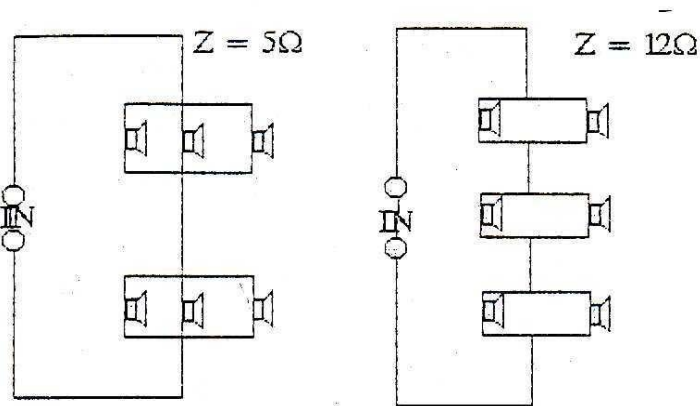
*Μεσαία ακουστική ζώνη*

*Υψηλή ακουστική ζώνη*

Επίσης εκτός από την απόκριση σε κάποια περιοχή συχνοτήτων τα μεγάφωνα χαρακτηρίζουν η ισχύς αλλά και η σύνθετη αντίσταση. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις δημιουργούμε συστοιχίες συνδεσμολογίες μεταξύ των μεγαφώνων (παράλληλα – σειρά) για να αντιμετωπίσουμε παρόμοιες ανάγκες. Για να αυξήσουμε τη συνολική ισχύ των μεγαφώνων μας, συνδέουμε παράλληλα τόσα μεγάφωνα όσα χρειάζονται έτσι ώστε αθροιστικά η ισχύς του ενισχυτή να είναι η μισή της συνδεσμολογίας που παρέχουν τα μεγάφωνα. Στην περίπτωση που η αντίσταση εξόδου του ενισχυτή είναι μεγαλύτερη της αντίστασης που παρουσιάζει το μεγάφωνο τότε σε σειρά συνδέουμε μεγάφωνα έτσι ώστε να γίνουν ίσες οι δύο τιμές των αντιστάσεων και να έχουμε προσαρμογή. Για τις προαναφερόμενες βελτιώσεις – συνδεσμολογίες μεγαφώνων παρουσιάζουμε διάφορα κύκλωμα. Στο κύκλωμα του σχήματος 9.3 παρουσιάζεται ισοδύναμο κύκλωμα βελτίωσης της ποιότητας της καμπύλης απόκρισης. Στο ίδιο σχήμα φαίνεται και η λειτουργία κάθε μεγαφώνου με την βοήθεια των καμπυλών απόκρισης συχνότητας  $\alpha$ ,  $\beta$ , και  $\gamma$ .

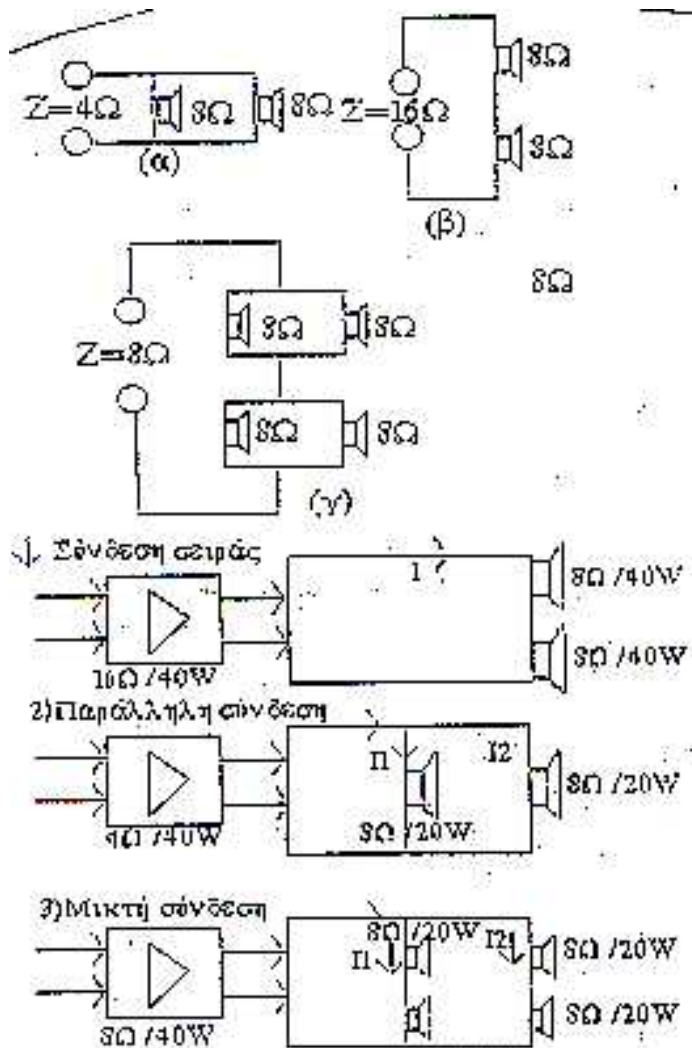


Στο κύκλωμα του σχήματος 2.17. παρουσιάζεται μια συνδεσμολογία μεγαφώνων για την αύξηση της σύνθετης αντίστασης εξόδου από  $5\Omega$  σε  $12\Omega$  με τον ίδιο αριθμό μεγαφώνων. Το κάθε μεγάφωνο παρουσιάζει αντίσταση  $8\Omega$ .



σχημ. 2.17: Συνδεσμολογία μεγαφώνων για την αύξηση της σύνθετης αντίστασης

Στο σχήμα 2.18 ( α, β ) παρουσιάζονται τρεις συνδεσμολογίες με μεγάφωνα των  $8\Omega$  για να πετύχουμε είτε μείωση της συνολικής ισχύος διατηρώντας την ίδια σύνθετη αντίσταση για προσαρμογή (σχήμα 2.18 γ).



Σχημ. 2.18:

### 2.9.7: ΗΧΕΙΑ ΚΡΟΣ ΟΒΕΡ (Cross over)

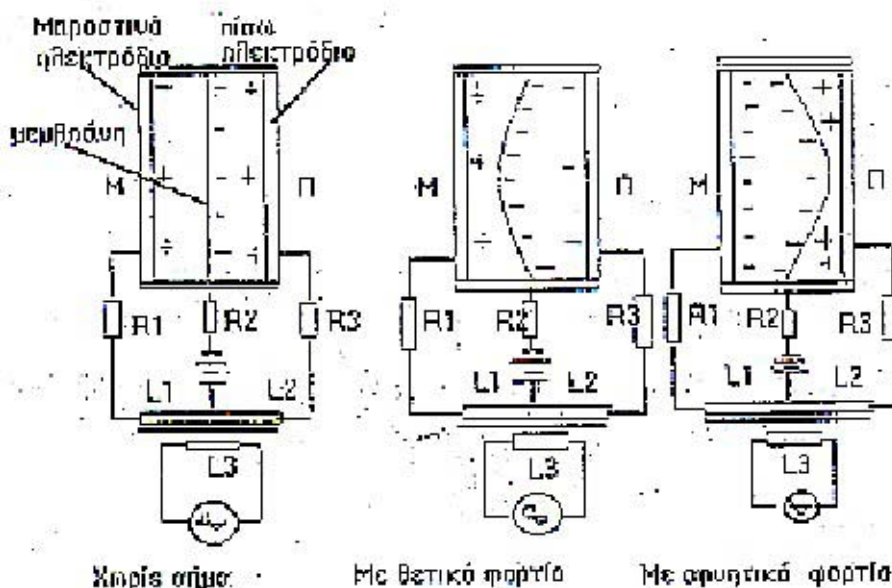
Τα ηχεία είναι κατασκευές και συνδεσμολογίες μεγαφώνων που σκοπός τους είναι να μετατρέπουν το ηλεκτρικό σήμα χαμηλής συχνότητας σε άριστο ηχητικό αποτέλεσμα, βελτιώνοντας την καμπύλη απόκρισής τους σε όλο το ακουστικό φάσμα συχνοτήτων. Τα περισσότερα ηχεία περιέχουν ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα και φίλτρα διαχωρισμού ζώνης συχνοτήτων τα οποία ονομάζονται crossover. Οι περιοχές τις οποίες καλύπτουμε ακουστικά ονομάζονται:

- α ) Υψηλές συχνότητες (tweeter)
- β ) Μεσαίες συχνότητες (midrange)
- γ ) Χαμηλές συχνότητες (woofer)

Ένας τρόπος βελτίωσης της ποιότητας αναπαραγωγής του ήχου είναι η χρησιμοποίηση τέτοιων συνδεσμολογιών με μεγάφωνα και των τριών περιοχών καθώς επίσης και φίλτρων αντίστοιχων για το διαχωρισμό αυτών των περιοχών - ζωνών συχνοτήτων. Όλο αυτό το σύστημα είναι κλεισμένο μέσα σε μια ξυλοκατασκευή - καμπίνα (ή κάτι παρόμοιο) ώστε ο ήχος να πολλαπλασιάζεται σαν ηχητικό αποτέλεσμα.

### 2.9.8: ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΑ TWEETER.

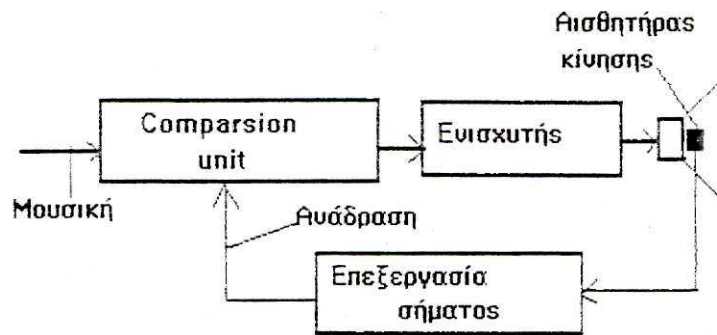
Τα ηλεκτροστατικά tweeter χρησιμοποιούνται σε σύγχρονα συστήματα. Το διάφραγμα αποτελείται από μια λεπτή σαν ιστό, ηλεκτρικά επαγωγική μεμβράνη ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια στο σχήμα 9.6.



Όταν εφαρμόζεται στα ηλεκτρόδια τάση από το μουσικό σήμα, η πολικότητα του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται προκαλεί την ταλάντωση της μεμβράνης. Επειδή η μεμβράνη είναι περίπου 32 φορές πιο ελαφριά από τα συμβατικά διαφράγματα των ηχείων, διαθέτει εξαιρετικά παλμικά χαρακτηριστικά, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει ουσιαστικά ιδεώδη απόκριση συχνότητας και αναπαραγωγή χαμηλής παραμόρφωσης σε οποιαδήποτε ένταση.

### **2.9.9: ΔΙΑΥΓΗ ΜΠΑΣΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΑΝΑΔΡΑΣΗ (M FB)**

Τα μικρά ηχεία έχουν από τη φύση τους, περιορισμένες δυνατότητες αναπαραγωγής μπάσων λόγω του περιορισμένου όγκου τους, της επαναφοράς του διαφράγματος και της έκτασης της επιφάνειάς τους. Για να αντιμετωπιστεί το μειονέκτημα αυτό γίνεται χρήση της κινητικής ανάδρασης (Motion Feedback, M FB). Το σύστημα κινητικής ανάδρασης διαθέτει έναν αισθητήρα κίνησης που παρακολουθεί συνεχώς τις μετακινήσεις του διαφράγματος μπάσων και το συγκρίνει με το σήμα ελέγχου του ενισχυτή. Στην περίπτωση που υπάρχει ανομοιότητα το σύστημα κινητικής ανάδρασης στέλνει ένα σήμα στο διάφραγμα για να διορθώσει τη διαφορά. Έτσι αυξάνεται σημαντικά η κλίμακα των επιδράσεων στα ηχεία, προσφέροντας διαυγή, ισχυρά μπάσα όπως αυτά που συνήθως παράγονται από πολύ μεγαλύτερα ηχεία. Στο παρακάτω σχήμα 2.19 φαίνεται ένα τέτοιο σύστημα.



Σχήμα 2.19:

### **2.9.10: ΑΝΤΙΕΚΡΗΚΤΙΚΑ ΗΧΕΙΑ**

Λόγω της σημαντικότητας της χρήσης του συστήματός μας στο μεγάλο πεδίο βολής Κρήτης, η εγκατάσταση αυτή έχει κάποιες απαιτήσεις όσων αφορούν την επιλογή των ηχείων. Θεωρούμε δεδομένο ότι απλά ηχεία/κόρνες δεν μπορούν να τοποθετηθούν γιατί η λειτουργία τους σε καμιά περίπτωση δε θα είναι ορθή και συνέχεια θα χρειάζονται αντικατάσταση απο τις βλάβες που θα τους επιφέρουν τα ωστικά κύματα ίσως και οι αναφλέξεις. Για τον παραπάνω λόγο πρέπει να χρησιμοποιήσουμε εντιεκρηκτικά ηχεία τα οποία έχουν υλικά τα οποία αποτρέπουν, σήματα απο δυνατους κρότους να εισέρχονται μέσω των μεμβρανών στο σύστημα καταστρέφοντας και τα ηχεία αλλα και σε πολλές περιπτώσεις και κάποιες απο τις μονάδες του συστήματός μας. Τα ηχεία αυτά είναι κατάλληλα τόσο για μεμονωμένα συστήματα όσο και για συστήματα επικοινωνίας όπως είναι το δικό μας και είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν σε χώρους σαν αυτόν



που αναφέραμε παραπάνω. Είναι εργοστασιακά διαθέσιμα με εσωτερικό πλαίσιο και ενσωματωμένο μετασχηματιστή, ο οποίος μπορεί σε άλλες περιπτώσεις να είναι και ξεχωριστός. Τα περισσότερα μοντέλα διαθέτουν ταιριαστή βάση και είναι εφοδιασμένα με αγωγό διαμέτρου μισής ίντσας. Μπορούμε να επιλέξουμε μεταξύ 60 ή 30 Watt με υψηλή ευκρίνια και είναι καλυπτόμενα με προστατευτικό περίβλημα αλουμινίου. Αυτά τα ηχεία είναι αποτελεσματικά σε δημιουργίες ανακλάσεων με μεγάλη γωνία ή κυκλική διασπορά του σήματος. Μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά και με ασφάλεια σε εύφλεκτες και γεμάτες σκόνη περιοχές. Όλοι οι οδηγοί υπακούουν με ρυθμίσεις και κανόνες σε επικίνδυνους χώρους σύμφωνα με εθνικό ηλεκτρικό κώδικα. Τα ηχεία αυτού του είδους συνιστώνται στο να καθοδηγούν σε σειρά την επικοινωνία του σήματος και της φωνής σε χημική διεργασία πετρελαίου και αναφέραμε παραπάνω. Είναι εργοστασιακά διαθέσιμα με εσωτερικό πλαίσιο και ενσωματωμένο μετασχηματιστή, ο οποίος μπορεί σε άλλες περιπτώσεις να είναι και ξεχωριστός. Τα περισσότερα μοντέλα διαθέτουν ταιριαστή βάση και είναι εφοδιασμένα με αγωγό διαμέτρου μισής ίντσας. Μπορούμε να επιλέξουμε μεταξύ 60 ή 30 Watt με υψηλή ευκρίνια και είναι καλυπτόμενα με προστατευτικό περίβλημα αλουμινίου. Αυτά τα ηχεία είναι αποτελεσματικά σε δημιουργίες ανακλάσεων με μεγάλη γωνία ή κυκλική διασπορά του σήματος. Μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά και με ασφάλεια σε εύφλεκτες και γεμάτες σκόνη περιοχές. Όλοι οι οδηγοί υπακούουν με ρυθμίσεις και κανόνες σε επικίνδυνους χώρους σύμφωνα με εθνικό ηλεκτρικό κώδικα. Τα ηχεία αυτού του είδους συνιστώνται στο να καθοδηγούν σε σειρά την επικοινωνία του σήματος και της φωνής σε χημική διεργασία πετρελαίου και φυσικής διεργασίας της πορείας αυτού. Οι κόρνες αυτού του είδους είναι διαθέσιμες σε δύο τύπους ανάλογα με τον τρόπο διάδοσης τους. Ο πρώτος τύπος υψηλής ποιότητας, λειτουργεί με υλικά πολυκαρβονικά και δημιουργεί ένα μοντέλο  $120^\circ \times 60^\circ$  για καλυψη χώρου. Ο δεύτερος τύπος είναι κουδούνι τεχνολογίας περιστρεφόμενου αλουμινίου προσφέροντας μια έμφαση με  $95^\circ$  καταμερισμό. Για μία κόρνα στα 60-watt ο εσωτερικός μόνιμος μετασχηματιστής πρέπει να έχει στο πρωτεύον διαθέσιμη εμπέδηση στα 2000, 1000, 500, 250, 125 και 85 ohm με 45 ohm εμπέδηση για την γραμμή μονο. Η αντίστοιχη διαθέσιμη ισχύς για τάση της γραμμής στα 70.7 volts πρέπει να είναι 2.5, 5, 10, 20, 40 και 60W. Η εμπέδηση στο δευτερεύον πρέπει να είναι 4, 8 και 16 ohm. Για τις απαιτήσεις κυκλώματος πηνίου φωνής 60-watt πρέπει να καθοριστεί 16 ohm πηνίο φωνής. Για μία κόρνα στα 30-watt ο εσωτερικός μόνιμος μετασχηματιστής 30-watt των πρέπει να έχει στο πρωτεύον του διαθέσιμη εμπέδηση στα 2500, 1300, 666, 333, 167, 89 και 45 ohm. Η αντίστοιχη διαθέσιμη ισχύς για τάση της γραμμής στα 70.7 volts πρέπει να είναι 1.8, 3.7, 7.5, 15 και 30 W. Στα 25 volts τάση γραμμής πρέπει να είναι 1.89, 3.7, 7 και 15. Η εμπέδηση στο δευτερεύον πρέπει να είναι 8 ohm. Για τις απαιτήσεις κυκλώματος πηνίου φωνής 30-watt πρέπει να καθοριστεί 8 ohm πηνίο φωνής.

## **2.10: ΗΧΕΙΑ**

### **2.10.1:ΓΕΝΙΚΑ**

Το ηχείο είναι ξύλινη κατασκευή στην οποία προσαρμόζεται το ή τα μεγάφωνα μαζί με το κροσόβερ (Crossover) και σκοπό έχει τη μετατροπή των ηλεκτρικών σημάτων σε ηχητικά . Η δημιουργία πυκνωμάτων και αραιωμάτων του ελαστικού μέσου (αέρα ) παρέχεται από την κίνηση της μεμβράνης του μεγαφώνου.

Τα ηχητικά κύματα , που εμφανίζονται στο εμπρός μέρος του μεγαφώνου, έχουν διαφορά φάσης  $180^\circ$  από εκείνα που δημιουργούνται στην πίσω πλευρά . Είναι επομένως δυνατό , σε ορισμένα σημεία , άλλα κύματα να αθροίζονται με την ίδια φάση και άλλα να αναιρούνται με αποτέλεσμα την απώλεια περιοχής συχνοτήτων.

Για την αποφυγή τέτοιων συμπτωμάτων κατασκευάζονται ξύλινες ακουστικές διατάξεις , οι οποίες είτε εμποδίζουν το πίσω κύμα του μεγαφώνου να διαδοθεί στο χώρο , είτε φέρνουν το πίσω κύμα σε φάση με το εμπρος.

### **2.10.2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΟΥΤΙΩΝ ΗΧΕΙΩΝ**

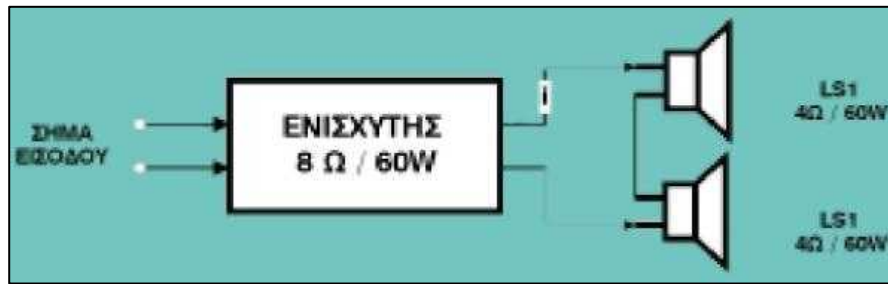
- Είδος χρησιμοποιούμενου ξύλου. Το ξύλο που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι αρκετά σκληρό. Συνήθως τα απλά κουτιά κατασκευάζονται από νοβοπάν, ενώ τα καλύτερης ποιότητας είναι από κόντρα πλακέ θαλάσσης (πλακάς) και βεβαίως για ακριβές κατασκευές ξύλο δρυός.
- Ενίσχυση της κατασκευής . Άσχετα από το είδος του χρησιμοποιούμενου ξύλου , πρέπει κατά τη διάρκεια της κατασκευής να προβλέπεται και η εσωτερική ενίσχυση των πλευρών μεταξύ τους με 'τραβέρσες " και "μπράτσα ".
- Πάχος χρησιμοποιούμενου ξύλου . Στις κατασκευές των ηχείων το πάχος του χρησιμοποιούμενου ξύλου δεν καθορίζεται από κάποιο κανόνα . Με εμπειρικούς τρόπους έχει καθιερωθεί ότι το πάχος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2cm. Η αύξηση του πάχους του ξύλου δίνει καλύτερα ηχητικά αποτελέσματα αλλά το ηχείο αποκτά πολύ μεγάλο βάρος .
- Χρήση ηχοαπορροφητικού υλικού. Η απαίτηση από ένα ηχείο είναι να αποδίδει την ηχητική του ισχύ από το εμπρός μέρος χωρίς να δέχονται οι πλευρές του ηχητικές πιέσεις από τα μεγάφωνα και φυσικά χωρίς αυτά να δονούνται . Γι ' αυτό το λόγω στο εσωτερικό του κουτιού του ηχείου , τοποθετείται ηχοαπορροφητικό υλικό (υαλοβάμβακας), το οποίο απορροφά τα προς τα πίσω και πλάγια εκπεμπόμενα ηχητικά κύματα .

### **2.10.3: ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΟΥΤΙΩΝ ΗΧΕΙΩΝ**

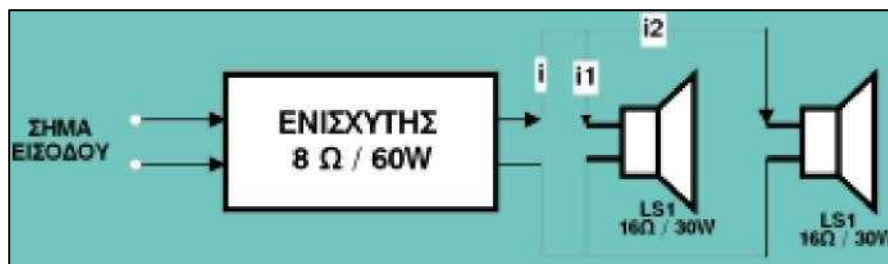
- Ακουστικής ανάρτησης. Είναι απλή κατασκευή στην οποία το ηχείο είναι ένα κλειστό κουτί στη μία πλευρά , του οποίου ανοίγονται οι τρύπες , όπου θα τοποθετηθούν τα μεγάφωνα . Σε αυτές τις περιπτώσεις το ξύλινο κουτί παίζει διπλό ρόλο . Από τη μια κόβει την πίσω εκπομπή των ηχητικών κυμάτων των μεγαφώνων και από την άλλη αναπτύσσει μία ποσότητα ελαστικού μέσου (αέρας ) στο πίσω μέρος του μεγαφώνου , η οποία δρα σαν ανακλαστήρας αυξάνοντας την απόδοση και την απόκριση συχνότητας στις χαμηλές συχνότητες (μπάσα ) . Οι μεσαίες και υψηλές συχνότητες , που εκπέμπονται από το πίσω μέρος των μεγαφώνων απορροφούνται πλήρως από αυτά τα ηχεία .
- Ανάκλασης χαμηλών συχνοτήτων (Bass Reflex). Στις κατασκευές αυτές εκτός από τις τρύπες , όπου τοποθετούνται τα μεγάφωνα , ανοίγεται μία στρογγυλή τρύπα στην οποία προσαρμόζεται προς το εσωτερικό του ηχείου ένας σωλήνας ειδικών διαστάσεων , που μεταφέρει τα ηχητικά κύματα του πίσω μέρους των μεγαφώνων προς τα εμπρός , σε φάση μετά ηχητικά κύματα του εμπρός μέρους . Επειδή η φάση των πίσω ηχητικών κυμάτων αναστρέφεται , γι' αυτό αυτά τα ηχεία θα τα συναντήσουμε και ως ηχεία αναστροφής φάσης . Αυτού του τύπου τα ηχεία εξασφαλίζουν μεγαλύτερη απόδοση επειδή η πίσω ηχητική ακτινοβολία δεν απορροφάται . Λόγω όμως των μεγαλύτερων διαδρομών κίνησης του πίσω μετώπου του ηχητικού κύματος, εμφανίζουν και μεγαλύτερες παραμορφώσεις .

## 2.10.4: ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕΓΑΦΩΝΩΝ

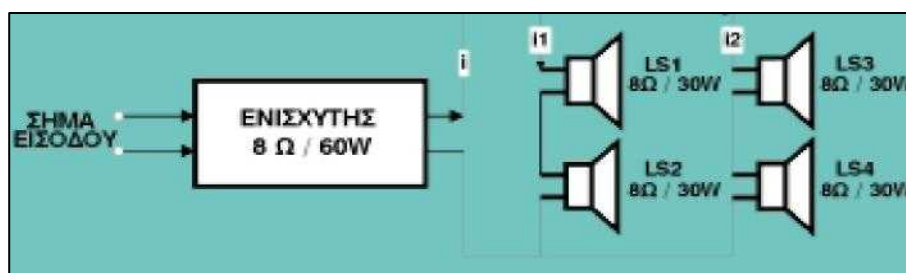
Σύνδεση σε σειρά



Σύνδεση παράλληλα



Μικτή σύνδεση



## 2.10.5: CROSSOVER

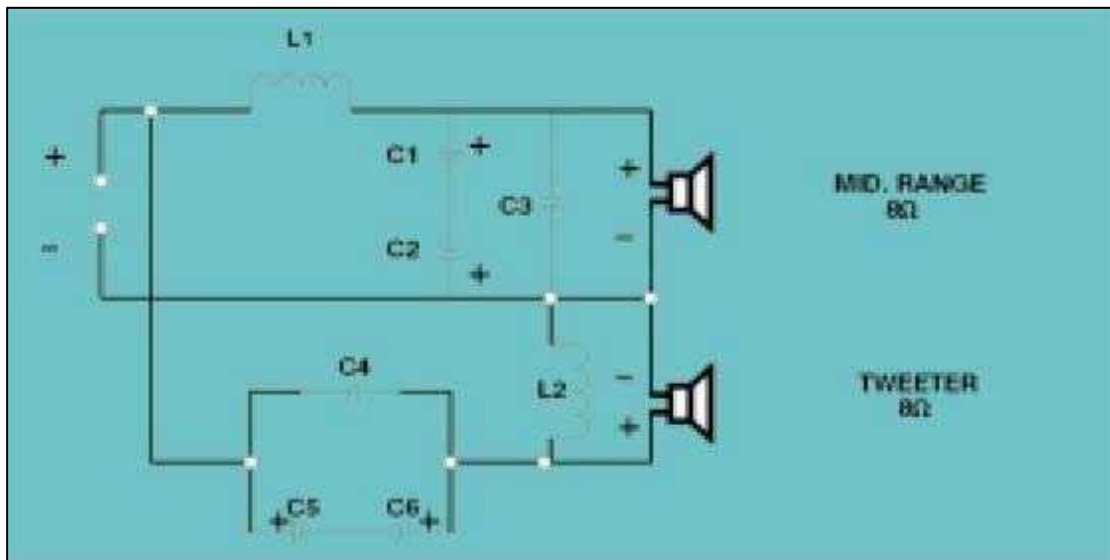
Το crossover είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα, τα οποία τοποθετούνται μέσα στα ηχεία και σκοπό έχουν να διαχωρίσουν το ακουστικό φάσμα σε ζώνες και να οδηγήσουν αυτές τις ζώνες σε αντίστοιχα μεγάφωνα .

Στην πράξη πρόκειται για διάφορα φίλτρα τύπου διέλευσης ζώνης (Band Pass), υπερπερατά (High pass), βαθυπερατά (Low pass) και διακοπής ζώνης (Band Stop), δηλαδή φίλτρα , που επιτρέπουν σε συγκεκριμένες περιοχές του ακουστικού φάσματος να διέρχονται ή να αποκόπτονται. Κλασικές περιπτώσεις Cross Over είναι αυτές δύο δρόμων και τριών δρόμων.

### CROSSOVER ΔΥΟ ΔΡΟΜΩΝ

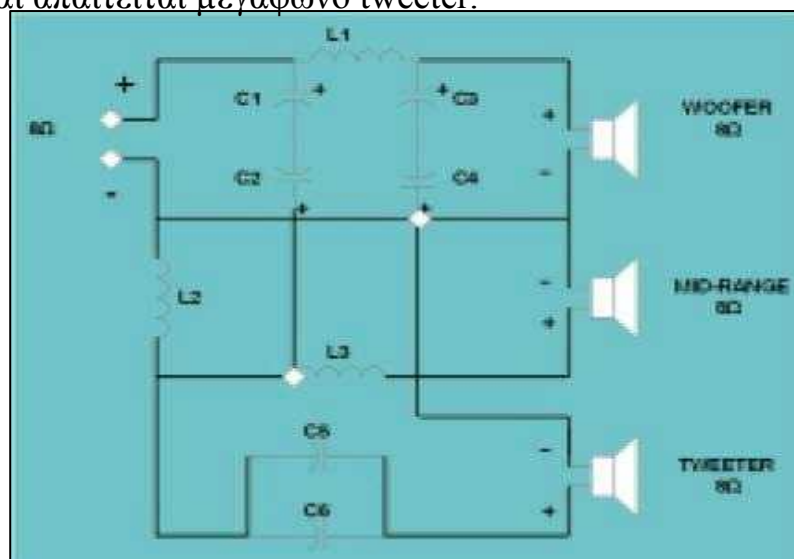
Διαθέτει μία είσοδο , η οποία συνδέεται στην έξοδο του ενισχυτή ισχύος ακουστικών συχνοτήτων και δύο εξόδους . Στη μία έξοδο αναπτύσσονται οι χαμηλές και μεσαίες συχνότητες και στην άλλη έξοδο αναπτύσσονται οι υψηλές συχνότητες . Σαν χαμηλές συχνότητες εννοούνται οι συχνότητες μέχρι 600HZ , σαν μεσαίες συχνότητες οι συχνότητες από 600HZ - 5000HZ και σαν υψηλές

συχνότητες οι συχνότητες από 5000HZ και άνω. Έτσι στο Crossover 2 δρόμων απαιτούνται δύο μεγάφωνα , ένα mid - range για χαμηλές και μεσαίες συχνότητες και ένα tweeter για τις υψηλές συχνότητες .

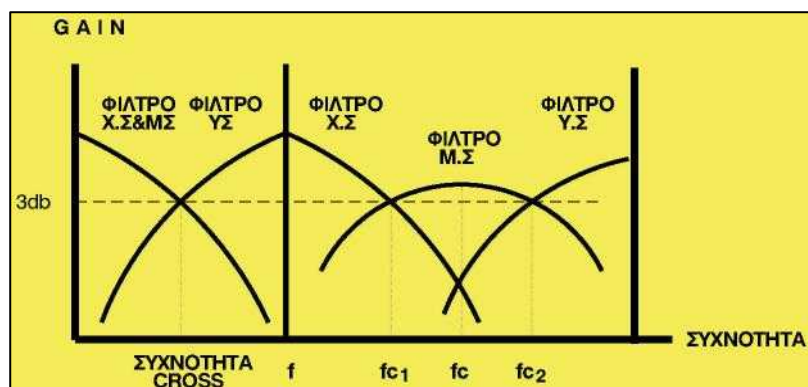


### CROSSOVER ΤΡΙΩΝ ΔΡΟΜΩΝ

Διαχωρίζει το φάσμα σε τρεις εξόδους . Η πρώτη αναφέρεται στις χαμηλές συχνότητες οπότε απαιτείται μεγάφωνο woofer η δεύτερη στις μεσαίες συχνότητες και απαιτείται μεγάφωνο mid - range και η τρίτη στις υψηλές συχνότητες και απαιτείται μεγάφωνο tweeter.



Τέλος οι καμπύλες απόκρισης των δύο παραπάνω Crossover είναι :



Τελευταία έχουν γίνει δημοφιλείς οι σχεδιάσεις 2,5 δρόμων . Εδώ έχουμε μία μονάδα υψηλών συχνοτήτων και 2 μονάδες χαμηλών . Από τις 2 μονάδες χαμηλών η μία συνήθως αναπαράγει τις συχνότητες μέχρι τα 500-600Hz ενώ η άλλη φτάνει πιο ψηλά , μέχρι την συχνότητα διαχωρισμού με το μεγάφωνο των υψηλών . Έτσι η μία μονάδα χαμηλών λειτουργεί όπως θα λειτουργούσε σε ένα ηχείο 2 δρόμων ενώ η άλλη όπως σε ένα ηχείο 3 δρόμων . Η σχεδίαση αυτή προσπαθεί να "συμπύξει " τα πλεονεκτήματα των σχεδιάσεων 2 και 3 δρόμων , και έχει μεγαλύτερη ομοιογένεια στον παραγόμενο ήχο αφού χρησιμοποιεί τις ίδιες μονάδες για αναπαραγωγή των μεσαίων και των χαμηλών συχνοτήτων , όμως πάλι χρειάζεται πολύ προσοχή ιδίως στο δυκτίωμα διαχωρισμού.

## **2.11: ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ (EQUALIZATION-EQ)**

### **2.11.1: ΓΕΝΙΚΑ**

Ο όρος ισοστάθμιση, μπορεί να είναι κάπου παραπλανητικός, αφού φαίνεται να σημαίνει κάποιο είδος μια απαραίτητης διαδικασίας ρύθμισης του να φέρεις ένα ακουστικό σήμα μέσα στα ιδανικά χαρακτηριστικά.

Οι ρυθμίσεις των συχνοτήτων γίνονται για να υπερνικάται η αδυναμία του μέσου παραγωγής του ήχου. Παρόλα αυτά αυτές οι ρυθμίσεις, ακόμα και να γίνουν σωστά, δεν έχουν προφανές αποτέλεσμα σε αυτό που ακούει ένα ακροατής. Από την άλλη, η ισοστάθμιση μπορεί να είναι ένα είδος επεξεργασίας σήματος, όταν οι ρυθμίσεις γίνονται για να περιορίζεται αξιοσημείωτα η απόκριση της συχνότητας ώστε να είναι μέσα στα άλλα κατανοητό και ευχάριστο.

Δεν υπάρχει κάποιος λόγος για να προσαρμοστούμε σε κάποια δεδομένα για τις συγκεκριμένες ρυθμίσεις. Οι αλλαγές γίνονται σύμφωνα με το γούστο του εγκαταστάτη αλλά και του ακροατή.

Οι ισοσταθμιστές έχουν ένα ή περισσότερα μεταβλητά ρυθμιστικά μέρη με τα οποία κάποιος μπορεί να επεμβαίνει σε διάφορα μέρη του ακουστικού φάσματος. Συνήθως στα equalizers, ακόμα και αν αυτά είναι ψηφιακά ή λογισμικά υπολογιστών (εξωμοιωτές ισοσταθμιστών), συναντάμε διπλά ομόκεντρα κουμπιά ή ποτενσιόμετρα τα οποία κατανέμονται τυπικά μεταξύ χαμηλών, μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων.

Χρησιμοποιώντας αυτούς τους ρυθμιστές ουσιαστικά είναι σαν να δημιουργούμε διάφορα είδη φίλτρων. Γενικά ένας ισοσταθμιστής, προσφέρει επιλογή αποκοπής συχνοτήτων. Συνήθως η κλίση dB/οκτάβα είναι στάνταρ και δίνεται από τον κατασκευαστή και δεν ρυθμίζεται από τον χρήστη. Στην συγκεκριμένη περίπτωση και γενικά στα περισσότερα graphic equalizers μπορούμε να τη ρυθμίσουμε εμείς αλλά και να πάρουμε δεδομένες τιμές (defaults) από το κατασκευαστή των μηχανημάτων.

Έτσι έχουμε την ισοστάθμιση χαμηλών συχνοτήτων δίνοντας έτσι αύξηση ή ελάττωση σε αυτές (στα μπάσα που λέμε κοινώς). Χρησιμοποιώντας ένα υπερβατό φίλτρο αναγνωρίζουμε την συχνότητα αποκοπής δηλαδή τη συχνότητα που η στάθμη εξόδου της έχει πέσει κατά 3dB. Στα φίλτρα αυτά κόβονται οι χαμηλές συχνότητες ενώ αντίθετα επιτρέπεται η διέλευση των υψηλών. Όταν μορφή της απόκρισης αυξάνεται ή πέφτει έχοντας μια κλίση σε κάποια χαμηλή συχνότητα τότε αυτός ο τρόπος equalizing ονομάζεται low frequency shelving equalization.

Αν θέλουμε να κάνουμε ισοστάθμιση μεσαίας συχνότητας τότε έχουμε μέγιστη αύξηση ή ελάττωση στη συχνότητα που έχει επιλεγεί και μετά ξαναγυρίζει στο μηδέν καθώς η συχνότητα αυξάνεται ή μειώνεται πέρα από αυτό το σημείο. Το εύρος μεσαίας συχνότητας ή Q είναι ένα σημαντικός συντελεστής και αριθμητικά ισούτε με :

$$Q = \frac{f_c}{f_2 - f_1} \quad \text{όπου } f_1, f_2 \text{ είναι αντίστοιχα η μικρότερη και μεγαλύτερη συχνότητα.}$$

Όπως γνωρίζουμε το εύρος αναφέρεται στη περιοχή των συχνοτήτων που επηρεάζονται από την μπάντα του ισοσταθμιστή. Για να χρησιμοποιηθεί ο ισοσταθμιστής στην πλήρη του δυναμική, είναι σημαντικό να κατανοηθεί το εύρος του έστω και αν αυτός είναι δύο ή τριών περιοχών, γραφικό, σαρωτικό ή παραμετρικό. Ο παραμετρικός όπως είναι αυτός του συστήματος μας μας επιτρέπει να μεταβάλλουμε το εύρος. Το Q που αναφέραμε παραπάνω είναι ο αριθμός ο οποίος αντιπροσωπεύει την αναλογία της κεντρικής συχνότητας διαιρούμενη με τις συχνότητες που βρίσκονται στις δύο πλευρές της κεντρικής και οι οποίες είναι 3dB κάτω από την κεντρική. Ένα υψιπερατό φίλτρο σε συνδυασμό με ένα χαμηλοπερατό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθεί ένα ζωνοπερατό φίλτρο με το εύρος ζώνης να ελέγχεται από τις καμπύλες.

Έτσι λοιπόν ανακαλύπτουμε, διαφορετικά από το αν η οκτάβα αντιπροσωπεύει το bandwidth, ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός του Q τόσο στενότερο είναι το εύρος. Το παραμετρικό equalizer προσφέρει μεταβλητό εύρος και το ποσό του Q που θα επιλεγεί εξαρτάται φυσικά από το ακουστικό σήμα που θα χρειαστεί ισοστάθμιση. Αν δεν υπάρχει παραμετρικό, όπως στην περίπτωση του συστήματός μας, γνωρίζοντας το κατά προσέγγιση εύρος της συχνότητας μας βοηθάει να το επιτύχουμε.

Τα φίλτρα αποκοπής είναι ένας ειδικός τύπος ρυθμιστή συχνότητας που χρησιμοποιείται για tune out μιας στενής μπάντας συχνοτήτων. Αν για παράδειγμα έχουμε, στα 60Hz ενός σήματος, θόρυβο από το εναλλασσόμενο ρεύμα, του οποίου η συχνότητα είναι 60Hz, χρησιμοποιώντας ένα φίλτρο αποκοπής (notch filter) σε εκείνη τη συχνότητα, το στενό εύρος εμποδίζει την αυστηρή ελλάτωση των 60Hz επηρεάζοντας το υπόλοιπο εύρος του ακουστικού φάσματος. Με ισοστάθμιση μεσαίας συχνότητας αυξάνει το μέγιστο στην κεντρική συχνότητα και μετά ξαναπέφτει σε επίπεδη απόκριση. Σε αντίθεση, το ζωνοπερατό φίλτρο παραμένει επίπεδο πάνω από την pass band περιοχή και πέφτει στα δύο άκρα. Επομένως ο ισοσταθμιστής μεσαίας συχνότητας περνάει όλες τις συχνότητες ενώ το ζωνοπερατό φίλτρο δε τις περνά.

Τα shelving filters είναι άλλος ένας τύπος ισοσταθμιστή και αναφέρεται στην άνοδο ή πτώση στην απόκριση του πλάτους σε μία επιλεγμένη συχνότητα η οποία λεπταίνει προς την άκρη σε προεπιλεγμένη στάθμη και συνεχίζει σε αυτό τη στάθμη στο τέλος του ακουστικού φάσματος.

### **2.11.2: ΡΥΘΜΙΣΗ EQUALIZER**

Η κονσόλας έχει ρυθμιστεί για τα μπάσα και τα πρίμα των οποίων οι συχνότητες είναι προκαθορισμένες συνήθως στα 20Hz και 20KHz. Τοποθετούμε τον ισοσταθμιστή μας στα 0 dB ώστε το σήμα να μην έχει κανένα αποτέλεσμα



δηλαδή να είναι flat. Πρέπει να αποφύγουμε την υπερβολική αύξηση διότι μπορεί να καταστραφεί το σήμα. Πάντα καλό είναι να προσπαθούμε να κόψουμε τις χαμηλές αντί να του αυξήσουμε τις υψηλές.

Τα πολύ χαμηλά μπάσα είναι μεταξύ 16Hz και 60Hz, περιοχή που αποτελείται από ήχους τους οποίους αισθανόμαστε παρά ακούμε (π.χ ο ήχος ενός κεραυνού σε μεγάλη απόσταση.) Οι συχνότητες αυτές δίνουν στον ήχο μια αίσθηση “δύναμης“, ακόμα και αν εμφανίζονται σε αραιά χρονικά διαστήματα. Η έμφαση σε αυτή την περιοχή κάνει το ακουστικό σήμα να ακούγεται πολύ μουντό.

Τα μπάσα μεταξύ 60 Hz και 250 Hz περιοχή που περιλαμβάνει τις θεμελιώδεις νότες (1 αρμονική του ρυθμικού τμήματος ορχήστρας ). Η ισοστάθμιση αυτής της περιοχής επιδρά στην ισορροπία του συνολικού ήχου κάνοντας τον ογκώδη ή λεπτό. Η μεγάλη έμφαση σε αυτή την περιοχή κάνει τον ήχο πομπώδη.

Οι μεσαίες μεταξύ 250 Hz και 2500 Hz περικλείουν αρμονικές χαμηλής τάξης οι οποίες αν ενισχυθούν πολύ δίνουν την αίσθηση ότι το ακουστικό σήμα ακούγεται μέσα από τηλέφωνο. Ενισχύοντας την οκτάβα από 500 έως 1000 Hz δίνει μία αίσθηση σκληράδας στο σήμα. Ενισχύοντας την οκτάβα από 1000 έως 2000 Hz λεπταίνει ο ήχος του σήματος και συνάμα αδυνατίζει. Η έμφαση σε αυτή τη περιοχή δημιουργεί κούραση στον ακροατή.

Η περιοχή των μεσαίων υψηλών από 2kHz έως 4 kHz αν ενισχυθεί υπέρμετρα δημιουργεί ασάφεια στην ομιλία κυρίως στα συριστικά και τα χειλικά(μ, μπ, β, π). Έμφαση σε αυτή την περιοχή και ειδικά στα 3 kHz δημιουργεί κούραση στον ακροατή. Αν το ηχητικό μας σήμα είναι μουσική τότε πρέπει να δοθεί έμφαση στη φωνή σε εκείνη τη συχνότητα για να ξεχωρίσει από τα υπόλοιπα μουσικά όργανα. Η περιοχή 4 έως 6 kHz είναι καθοριστική και υπεύθυνη ως προς την διαύγεια και την αναλυτικότητα του σήματος. Ενισχύοντας τη περιοχή αυτή δημιουργείται η αίσθηση ότι ο ήχος έρχεται πιο κοντά στον ακροατή. Προσθέτοντας 6dB στα 5 kHz κάνει το σύνολο του ήχου σαν να έχει ανέβει η γενική ένταση 3dB. Μειώνοντας την περιοχή αυτή των 5 kHz κάνει τον συνολικό ήχο μακρινό και διαφανή.

Τέλος η περιοχή από 6 έως 16 kHz ελέγχει τη λαμπρότητα και καθαρότητα των ήχων. Υπέρμετρη έμφαση αυτής της περιοχής προκαλεί συριγμό στις φωνές.

### **2.11.3: ΧΡΗΣΕΙΣ EQUALIZER**

Η κύρια χρήση του ισοσταθμιστή είναι η βελτίωση της ποιότητας της χροιάς. Οι ακραίες καταστάσεις στις ρυθμίσεις ενός ισοσταθμιστή μειώνουν τη πιστότητα αλλά μπορεί επίσης να παράγει και ένα καλό ηχητικό effect. Το απότομο κύλισμα των χαμηλών και υψηλών στιγμιαία, δίνουν τον ήχο του «τηλεφώνου». Ένα ζωνοπερατό φίλτρο έχει το ίδιο αποτέλεσμα. Για να μειωθούν ανεπιθύμητοι ήχοι χαμηλών συχνοτήτων όπως από διαρροή βυσμάτων, από διάφορες καταστάσεις της ατμόσφαιρας ή από το χτύπημα της βάσης του μικροφώνου, χαμηλώνουμε τις χαμηλές συχνότητες κάτω από την περιοχή συχνοτήτων του σήματος.

Το equalizer χρησιμοποιείται επίσης για να γίνει αντιστάθμιση στο φαινόμενο FletcherMunson, το γεγονός δηλαδή ότι το αυτί είναι λιγότερο ευαίσθητο στα μπάσα και πρίμα σε χαμηλές εντάσεις παρά σε υψηλές εντάσεις. Για να έχουμε καλύτερη απόδοση χρειάζεται να αυξήσουμε τις χαμηλές γύρω στα 100 Hz και τις υψηλές γύρω στα 4 kHz.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούμε μπορεί, όπως τα μικρόφωνα και τα ηχεία, να έχουν επίπεδη απόκριση συχνότητας. Ο ισοσταθμιστής μπορεί να αντισταθμίσει εν μέρει αυτές τις διαφορές. Για παράδειγμα για ένα μικρόφωνο που μπορεί να έχει κύλισμα στις υψηλές συχνότητες, μια αύξηση σε αυτές τις συχνότητες θα βοηθήσει να αποκατασταθεί η επίπεδη απόκριση. Από την άλλη, αν ένα μικρόφωνο είναι «νεκρό» πάνω από μια ορισμένη συχνότητα, τότε κανένα ποσό αύξησης δε θα βοηθήσει.

## **2.12: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ ΣΗΜΑΤΟΣ**

Οι επεξεργαστές σήματος χωρίζονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες σύμφωνα με το αποτέλεσμα που μας δίνουν :

- Τους δυναμικούς επεξεργαστές, οι οποίοι δρουν μέσω ενός Insert (σημείο παρεμβολής) σε ολόκληρο το σήμα και ελέγχουν παραμέτρους, όπως η δυναμική του (κομπρέσορας). Δεν αλλοιώνουν το ηχόχρωμα του σήματος, αλλά προσδιορίζουν τη δυναμική του συμπεριφορά, με αποτέλεσμα το υλικό μας να ακούγεται πιο μεστό και δυνατό. Απαραίτητοι επίσης κατά τη διαδικασία εγγραφής , όπου εξασφαλίζουν ένα ισχυρό σήμα (λιγότερο φύσημα), χωρίς η στάθμη του να ξεπερνάει κάποιο όριο (προστασία από παραμόρφωση και Clipping).
- Τα εφέ, τα οποία δρουν (ανάλογα με τη ρύθμιση των Aux-Sends) σε ένα μέρος του σήματος το οποίο επιστρέφει εμπλουτισμένο και προστίθεται (ανάλογα με τη ρύθμιση των Aux>Returns) στη μίξη μας. Το πιο χαρακτηριστικό εφέ είναι το Reverb, το οποίο προσομοιάζει την ύπαρξη βάθους και αντήχησης. Σήμερα τα περισσότερα εφέ είναι ψηφιακά, εξασφαλίζοντας καλά τεχνικά χαρακτηριστικά και πολλαπλές χρήσεις (Delay, Chorus, Pitch-Shifting κτλ.).

### **2.13: ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (COMPRESSORS)**

Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα συγκρότημα που παίζει live. Οι κιθάρες παίζουν κάποιο ρυθμικό σχήμα, η ντράμς ένα ομοιόμορφο beat, ενώ το μπάσο και τα synthesizers δίνουν ένα μεστό υπόβαθρο στον όλο ήχο. Η φωνή του τραγουδιστή στο ρεφρέν κινείται σε μια σχετικά υψηλή περιοχή. Στις στροφές όμως τραγουδάει σε πιο χαμηλούς τόνους και κάπως πιο λυρικά με αποτέλεσμα η ένταση της φωνής του να έχει πέσει αισθητά και η φωνή να ακούγεται αδύναμη. Η δυναμική διαφορά δηλαδή ανάμεσα στο πιο δυνατό σε ένταση σημείο της φωνής και στο πιο χαμηλό είναι πολύ μεγάλη, ενώ τα υπόλοιπα όργανα παρουσιάζουν πολύ μικρότερα σκαμπανεβάσματα στην ένταση τους. Τη λύση στο πρόβλημα αυτό αποτελεί ο κομπρέσορας ο οποίος θα μειώσει τη συγκεκριμένη δυναμική και θα καταστήσει εύκολη την προσαρμογή της στάθμης της φωνής σε σχέση με τα υπόλοιπα όργανα. Ουσιαστικά ο κομπρέσορας αντικαθιστά τον ηχολήπτη, ο οποίος στην περίπτωση αυτή θα έπρεπε στις στροφές να ανεβάζει το Fader και στα ρεφρέν να το κατεβάζει. Αυτό είναι δύσκολο να γίνει με την απαιτούμενη ακρίβεια και σε πολλές περιπτώσεις αδύνατο (π.χ, σε υπερβολικά δυνατά χτυπήματα ενός ταμπούρου).

Για το σκοπό αυτό ο κομπρέσορας χρησιμοποιεί έναν αυτόματο ενισχυτή (VCA, Voltage Controlled Amplifier) του οποίου το μέτρο της ενίσχυσης (ή καλύτερα μείωσης) είναι συνάρτηση του ίδιου του σήματος που επεξεργάζεται. Τις παραμέτρους της συνάρτησης αυτής μπορούμε φυσικά να τις ρυθμίσουμε εμείς.

### **2.14: ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΕΣ (LIMITERS)**

Τα limiters δεν είναι τίποτα παραπάνω από κομπρέσορες κατασκευασμένοι για πολύ υψηλότερους λόγους συμπίεσης (20:1 και άνω). Συνήθως χρησιμοποιούνται για να αποκόψουν στιγμιαίες κορυφώσεις στη στάθμη ακουστικού σήματος που διαφορετικά θα προκαλούσαν κορεσμό ή παραμόρφωση. Η τυπική του χρήση είναι να μην επηρεάζει το σήμα, παρά μόνο στις στιγμές κορύφωσης.

### **2.15: EXPANDERS**

Ο expander (αποσυμπιεστής) κάνει ακριβώς το αντίθετο από τον compressor δηλαδή όπου οι compressors μειώνουν τις μεταβολές της στάθμης του σήματος, οι expanders αυξάνουν τη στάθμη στις μεταβολές αυτές.

Οι expanders συνήθως βρίσκονται ενσωματωμένοι με τους compressors κι έχουν ακριβώς τους ίδιους ελέγχους, με τη μόνη διαφορά ότι το Threshold λειτουργεί με τον αντίθετο ακριβώς, τρόπο από αυτό των compressors: τα σήματα υπόκεινται σε επεξεργασία όταν η στάθμη τους πέσει κάτω από το όριο του Threshold, ενώ τα υπόλοιπα εξέρχονται ανεπηρέαστα.

Οι μουσικές εφαρμογές των expanders είναι πιο ειδικές από αυτές των compressors. Αφού μπορούν να επαναφέρουν ή και να επεκτείνουν τη δυναμική περιοχή ενός ή πολλών οργάνων, με τις κατάλληλες ρυθμίσεις είναι σε θέση να

δημιουργήσουν πιο "ζωντανό" ήχο, όταν κάποιοι σιγανοί ήχοι μετά τη συμπίεση που έχουν υποστεί, έχουν σχεδόν χαθεί. Μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση θορύβων, αφού αυτοί έχουν χαμηλή στάθμη και οι expanders έχουν τη δυνατότητα να κάνουν σιγανούς ήχους ακόμα σιγανότερους.

Συνήθως τίθενται σε λόγο αποσυμπίεσης 1:3 (ή και λιγότερο), που σημαίνει ότι για 1 dB μεταβολή εισόδου, θα προκύπτει μεταβολή 3 dB στην έξοδο.

## **2.16: GATES**

Τα gates είναι ένα είδος expander και χρησιμοποιούνται συνήθως όπως και αυτοί. Με τη μόνη διαφορά ότι λειτουργούν σε λόγους αποσυμπίεσης 1:10 και μεγαλύτερους - ανάλογα με τους limiters - με αποτέλεσμα είτε να είναι ανοιχτά ("open"), είτε κλειστά ("shut"). Με λίγα λόγια, όταν η στάθμη του σήματος εισόδου στο gate ξεπεράσει το threshold, το gate ανοίγει και τα σήματα διέρχονται από αυτό χωρίς να υποστούν καμία επεξεργασία.

Αντίθετα, όταν οι στάθμες του σήματος εισόδου είναι χαμηλότερες από το threshold του gate, τότε αυτό κλείνει και τα σήματα δεν περνούν με αποτέλεσμα να μην ακούγεται τίποτα στην έξοδο του gate. Πολλοί expanders μπορούν να λειτουργήσουν σαν gates, όπως ακριβώς πολλοί compressors μπορούν να λειτουργήσουν σαν limiters.

Οι μουσικές εφαρμογές τους είναι αρκετές. Π.χ.: ένα μικρόφωνο μπορεί να λάβει όλα τα είδη των ήχων, ακόμα και ανεπιθύμητους (ήχους χειλιών, εισπνοών και εκπνοών κ.ά.). Σε ένα gate μπορεί να τεθεί το threshold έτσι ώστε όλα τα σήματα του τραγουδιού να διέλθουν χωρίς καμία επεξεργασία και οι σχετικά σιγανοί ήχοι, όπως οι παραπάνω, να κοπούν. Το αποτέλεσμα θα είναι ένας όμορφος και καθαρός φωνητικός ήχος με διακοπές ανάμεσα στις στροφές.

Όπως ακριβώς οι compressors και οι limiters έτσι και οι expanders και gates χρησιμοποιούν συχνά του ελέγχους attack και release, για να ελέγχουν πόσο γρήγορα θα αρχίσει και θα τελειώσει η αποσυμπίεσης. Πολλά gates διαθέτουν threshold, attack και release χωρίς ρυθμιζόμενο λόγο αποσυμπίεσης. Δημοφιλή είναι επίσης και τα πολυκάναλα gates, που έχουν έως 4 διαφορετικά και ανεξάρτητα gates. Τέλος, πολλοί comp/limiter έχουν ενσωματωμένο gate. Σε αυτές τις συσκευές (comp/limiter/gates) υπάρχει συνήθως μόνο ένας έλεγχος threshold για το gate με προκαθορισμένα ratio, attack και release.

## **2.17: ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΦΕ - ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΤΗΣ (DELAY LINE)**

Το πρώτο τεχνητό delay δημιουργήθηκε από τον πρώτο ειδικό των μαγνητικών εγγραφών, τον Les Paul. Αυτός ανακάλυψε ότι μια απλή ηχώ μπορεί να παραχθεί όταν ακούμε το παίξιμο ενός κασετοφώνου 3 κεφαλών και ταυτόχρονα ακούμε και την πηγή που παράγει τον υπό ηχογράφηση ήχο. Όταν τώρα η έξοδος της κεφαλής αναπαραγωγής ανατροφοδοτεί την κεφαλή εγγραφής τότε μπορούν να

παραχθούν και να ηχογραφηθούν πολλαπλά echos. Για πολλά χρόνια οι παραπάνω μέθοδοι παραγωγής τεχνητού echo ήταν οι μοναδικές. Οι δυνατότητες επέμβασης στην όλη διαδικασία ήταν η μεταβολή της ταχύτητας της ταινίας που ρύθμιζε κατά κάποιον τρόπο το συγχρονισμό των echos και η μεταβολή της ποσότητας ανάδρασης από την κεφαλή αναπαραγωγής στην κεφαλή εγγραφής που ρυθμίζει το πλήθος των επαναλαμβανόμενων echos.

Στα τέλη της δεκαετίας του '60 κυκλοφόρησαν ειδικά κασετόφωνα για παραγωγή echo (self-contained tape echo units) και από τα μέσα της δεκαετίας του '70 έγιναν γνωστά τα αναλογικά delays με πολύ χαμηλό λόγω σήματος προς θόρυβο και χαμηλή απόκριση στις πολύ υψηλές συχνότητες.

Το 1972 πρωτοκυκλοφόρησαν τα Digital Delay Lines (DDL) που στοιχίζουν σαφώς λιγότερο από οποιαδήποτε συσκευή του παρελθόντος και διαθέτουν πολύ καλύτερη απόδοση και προσαρμοστικότητα. Γενικά τα DDL έχουν τις εξής δυνατότητες:

- Να παράγουν απλό και πολλαπλό echo.
- Να δημιουργούν doubling, δηλ. ένα διπλασιασμό του ήχου με τη βοήθεια μιας ηχού πολύ μικρής διάρκειας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για εξομοίωση στερεοφωνίας.
- Να παράγουν τα γνωστά σαν chorusing & flanging εφέ με πολλές δυνατότητες και ρυθμίσεις

Επιπλέον κάποια DDL μπορούν:

- Να προσφέρουν στερεοφωνικά εφέ delay με δυο ξεχωριστές εξόδους.
- Να αποθηκεύουν στη μνήμη τους ηχητικά κομμάτια
- Να ελέγχουν MIDI, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα πολλαπλής επέμβασης και ρυθμίσεων από εξωτερικές συσκευές MIDI.

Να κάνουν δειγματοληψία, με την οποία ψηφιακά αποθηκευμένα ακουστικά σήματα μπορούν να αναπαραχθούν με ακρίβεια ή να σκανδαλίζονται με ειδικό διακόπτη.

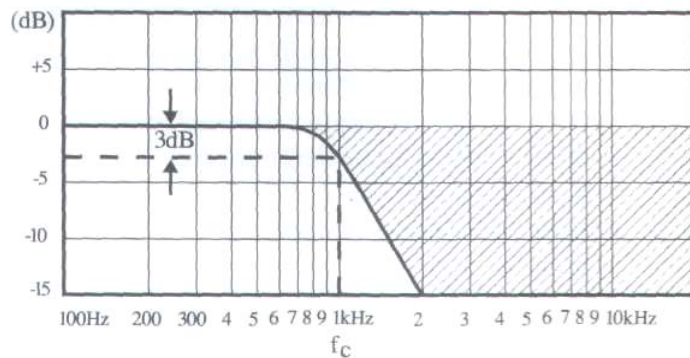
## **2.18: ΤΑ ΦΙΛΤΡΑ (FILTERS)**

Ορισμός: Φίλτρο είναι εκείνο το ηλεκτρικό κύκλωμα το οποίο "επιτρέπει" ή "απαγορεύει" την διέλευση συγκεκριμένων περιοχών συχνοτήτων. Η περιοχή συχνοτήτων της οποίας επιτρέπεται η διέλευση ονομάζεται *περιοχή διέλευσης*. Όλα τα σήματα με συχνότητες έξω από αυτή την περιοχή εξασθενούνται δραστικά από το φίλτρο ή αποκόπονται τελείως. Αυτή η περιοχή ονομάζεται *περιοχή, αποκοπής*.

Οι συχνότητες που βρίσκονται στα όρια των περιοχών διέλευσης και αποκοπής ονομάζονται *συχνότητες αποκοπής* και συμβολίζονται συνήθως με  $f_c$ . Στη συχνότητα  $f_c$  θεωρείται ότι το φίλτρο, έχει εισέλθει στην αποκοπή και εξασθενεί κατά 3 dB.

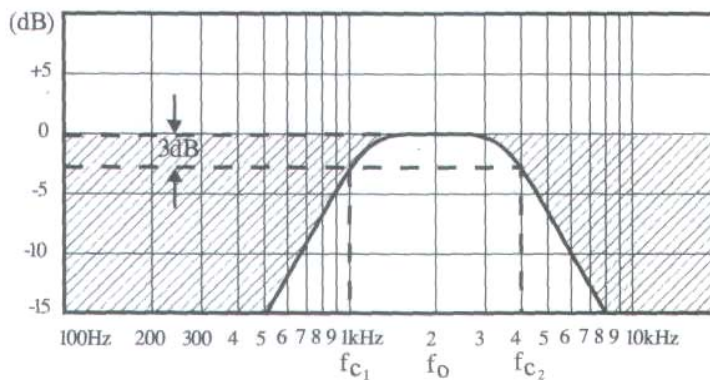
Τα φίλτρα ταξινομούνται σε κατηγορίες παίρνοντας υπόψη μας κάποια κριτήρια έτσι λοιπόν με κριτήριο τις ζώνες διέλευσης και αποκοπής διακρίνονται σε:

1. Κατωδιαβατά φίλτρα ή χαμηλής διέλευσης (Low-Pass Filters ή LPF), τα οποία επιτρέπουν τη διέλευση των χαμηλών συχνοτήτων.



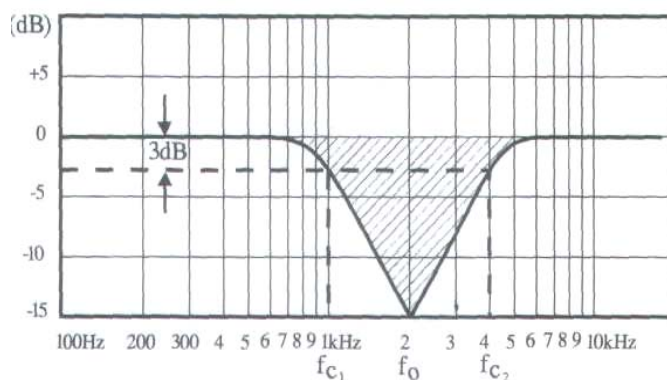
Κατωδιαβατό  
 $f_c = 1 \text{ kHz}$

2. Ζωνοδιαβατά φίλτρα ή συντονισμένα φίλτρα (Band-Pass Filters ή BPF), τα οποία επιτρέπουν μόνο μία συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων



Ζωνοδιαβατό  
 $f_{c1} = 1 \text{ kHz}$   
 $f_{c2} = 4 \text{ kHz}$   
 $f_0 = 2 \text{ kHz}$

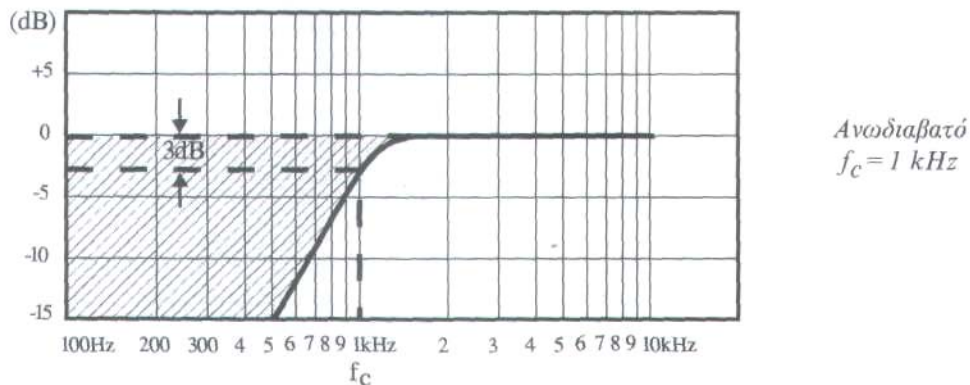
3. Φίλτρα αποκοπής ζώνης (Band-Reject Filters), τα οποία αποκόπτουν μία ζώνη συχνοτήτων ενώ επιτρέπουν όλες τις άλλες συχνότητες. Ονομάζονται επίσης και Notch Filters (Notch = βύθισμα).



Αποκοπής ζώνης  
 $f_{c1} = 1 \text{ kHz}$   
 $f_{c2} = 4 \text{ kHz}$   
 $f_0 = 2 \text{ kHz}$

Τα ζωνοδιαβατά και αποκοπής ζώνης φίλτρα είναι δυνατόν να παραχθούν από συνδυασμό κατωδιαβατού με ανωδιαβατό φίλτρο.

4. Ανωδιαβατά φίλτρα ή υψηλής διέλευσης (High-Pass Filters ή HPF), τα οποία επιτρέπουν τη διέλευση μόνο των υψηλών συχνοτήτων.



Με κριτήριο τα στοιχεία κατασκευής τους τα φίλτρα διακρίνονται σε :

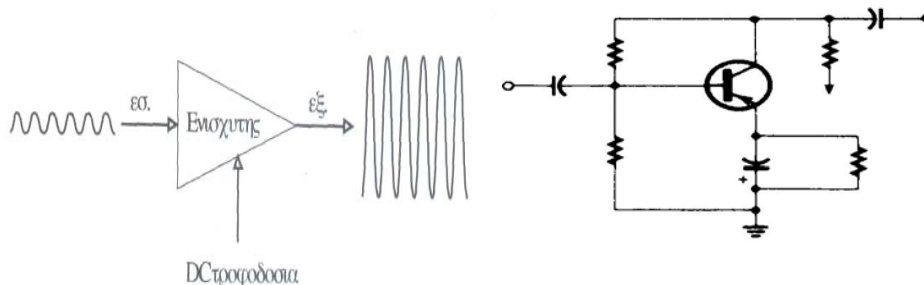
1. Ενεργά φίλτρα τα οποία είναι κατασκευασμένα από ενεργά (τρανζίστορ και ολοκληρωμένα κυκλώματα) και παθητικά στοιχεία (αντιστάσεις, πυκνωτές, πηνία), και μπορούν να ενισχύουν και να εξασθενούν συχνότητες.

2. Παθητικά φίλτρα τα οποία είναι κατασκευασμένα από παθητικά μόνο στοιχεία (αντιστάσεις, πυκνωτές και πηνία), γι' αυτό μπορούν μόνο να εξασθενούν συχνότητες. Αυτά τα φίλτρα δεν έχουν "κέρδος" δηλ. δεν ενισχύουν.

## 2.19: ΤΕΛΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

### ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ (AMPLIFIER)

Ο ενισχυτής είναι το κύκλωμα που αυξάνει το "μέγεθος", δηλαδή την ισχύ ενός σήματος. Για να λειτουργήσει απορροφά (δηλ. καταναλώνει) ηλεκτρική ενέργεια από κάποια εξωτερική πηγή (π.χ. ΔΕΗ).



Κατασκευάζεται από λυχνίες ή τρανζίστορ ή από ολοκληρωμένα κυκλώματα.

## ΤΕΛΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

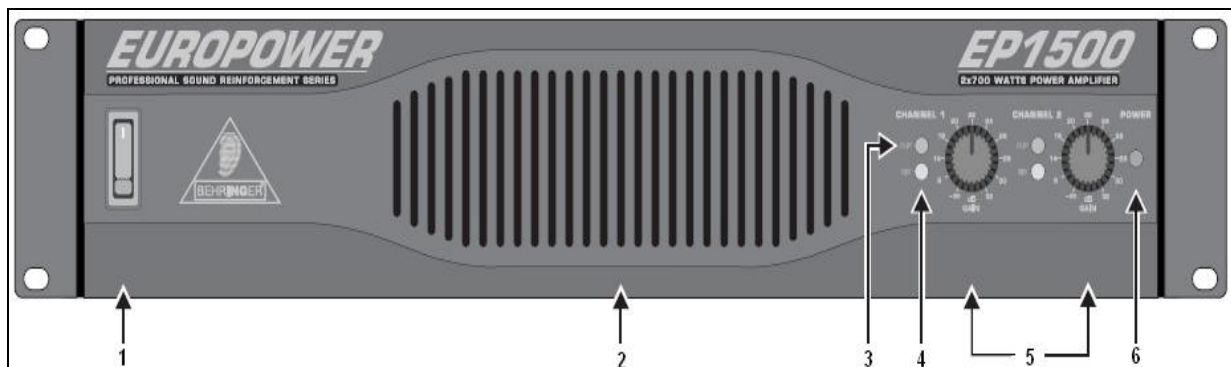


### ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ:

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών των ενισχυτών φαίνονται παρακάτω.	
Ισχύς εξόδου:	στα 8Ω ανά κανάλι 260 W στα 4Ω ανά κανάλι 400 W
μονοφωνική ζεύξη(Bridge)	στα 8 Ω 800 W στα 4 Ω 1400 W
Αρμονική παραμόρφωση	< 0,01%
Απόκριση συχνότητας	20Hz – 20KHz , +0/-1 dB
στα 10 dB με βέλτιστη ρύθμιση	5 Hz – 50KHz (σε σημεία 3dB)
Συντελεστής εξασθένισης	>300 στα 8Ω
Θόρυβος	- 100 dB
Ενίσχυση	40πλή (32 dB)
Εναισθησία εισόδου , V RMS (στα 8Ω)	1,15 V (+3,4 dBu)
Σύνθετη αντίσταση εισόδου	10 KΩ (ασύμμετρο) 20 KΩ (συμμετρικό)
Παροχή τάσης	230V ~ , 50Hz
Κατανάλωση ισχύος	3,5 A
Διαστάσεις (Υ x Π x Β)	88mm x 483mm x 402mm
Βάρος	15,7 Kg

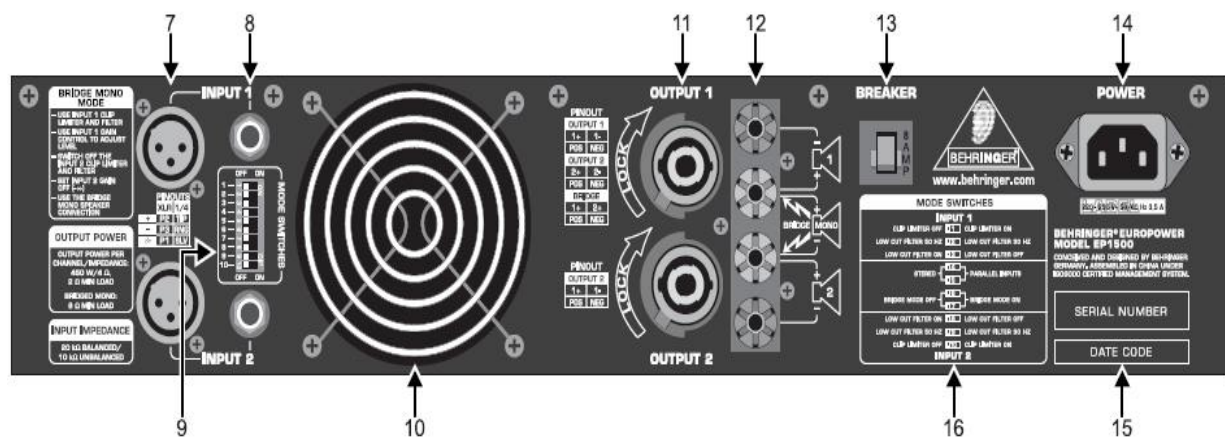


## Η ΜΠΡΟΣΤΙΝΗ ΟΨΗ :



- (1) Με το διακόπτη POWER μπορούμε να ενεργοποιήσουμε τον τελικό ενισχυτή
- (2) Τα ανοίγματα αερισμού βρίσκονται στην μπροστινή πλευρά της συσκευής, για καλύτερο αερισμό αυτής.
- (3) Το *CLIP-LED* ανάβει όταν η στάθμη του σήματος υπερφορτώνει τον τελικό ενισχυτή. Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να μειώσουμε τη στάθμη του σήματος εισόδου σε κατάλληλα επίπεδα, ώστε να μην ανάβει πλέον το LED.
- (4) Το *SIGNAL-LED* ανάβει, όταν στην είσοδο μεταδίδεται σήμα.
- (5) Οι ρυθμιστές *GAIN* (κανάλια 1 και 2) χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της ενίσχυσης του σήματος.
- (6) Το *POWER-LED* ανάβει μόλις ενεργοποιήσουμε τη συσκευή.

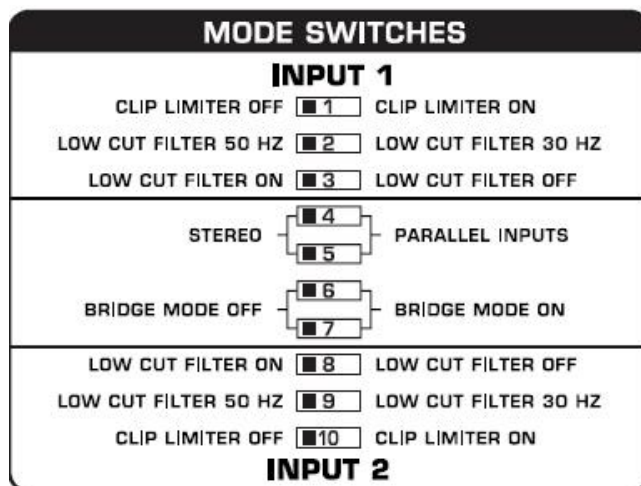
## Η ΠΙΣΩ ΟΨΗ:



- (7) Αυτές είναι οι συμμετρικές εισοδοι XLR (κανάλια 1 και 2).
- (8) Αυτές είναι οι στερεοφωνικές εισοδοι βύσματος(κανάλια 1 και 2). Φυσικά μπορούμε κι εδώ να συνδέσουμε και ασύμμετρο σήμα.
- (9) Αυτοί είναι οι διακόπτες *MODE SWITCHES*, με τους οποίους μπορούμε να επιλέξουμε τους τρόπους λειτουργίας και τις ρυθμίσεις του Limiter και

του φίλτρου διέλευσης υψηλών συχνοτήτων (δείτε παρακάτω στο(16) το πίνακάκι).

- (10) Εδώ είναι τοποθετημένος ο ανεμιστήρας της συσκευής. Η ταχύτητα του ανεμιστήρα ρυθμίζεται αυτόματα και διασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία.
- (11) Αυτές είναι οι εξοδοί (κανάλια 1 και 2)
- (12) Αυτές είναι οι κλέμες εξόδου (κανάλια 1 και 2).
- (13) BREAKER (αυτόματος διακόπτης ασφαλείας). Πιέζοντας μία φορά αυτό το διακόπτη μπορούμε να απενεργοποιήσουμε τον αυτόματο διακόπτη μετά την επιδιόρθωση όλων των πηγών σφάλματος. Ο διακόπτης BREAKER αντικαθιστά τις συνήθεις ασφάλειες τήξης.
- (14) Η σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο πραγματοποιείται μέσω σύνδεσης ψυχρής συσκευής IEC.
- (15) Αύξων αριθμός σειράς του EUROPOWER.
- (16) Εδώ υπάρχει μια λεπτομερή παρουσίαση των επιμέρους λειτουργιών των MODE SWITCHES



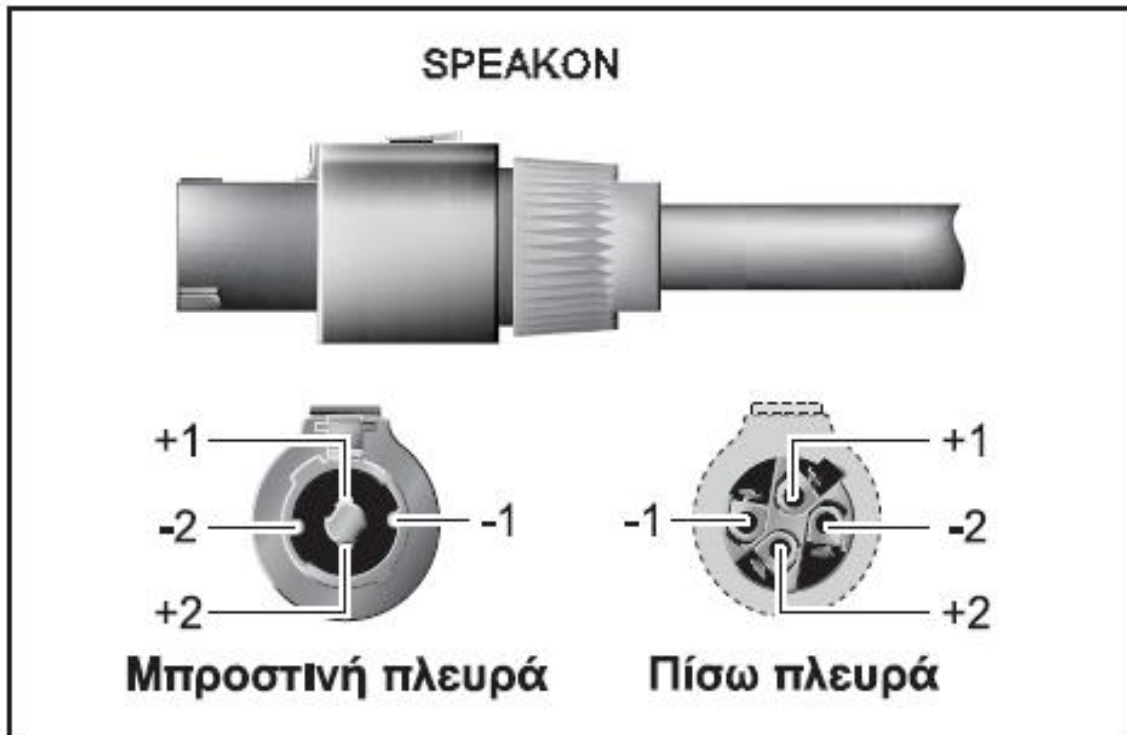
### Clip Limiter:

Όταν το σήμα εισόδου υπερφορτώνει τον τελικό ενισχυτή λαμβάνουμε ένα παραμορφωμένο σήμα εξόδου. Και τα δύο κανάλια του τελικού ενισχυτή διαθέτουν για την περίπτωση αυτή έναν Clip Limiter, ο οποίος μπορεί να ενεργοποιηθεί ή να απενεργοποιηθεί κατ' επιλογή. Αναγνωρίζει αυτόματα τυχόν υπερφορτώσεις και μειώνει την ενίσχυση μέχρι το επίπεδο μιας αποδεκτής παραμόρφωσης. Για να διατηρηθεί η δυναμική του σήματος, ο Clip Limiter ξεκινάει σε περίπτωση μικρής υπερφόρτωσης με την ήπια μείωση της στάθμης του σήματος. Μπορούμε να ενεργοποιήσουμε τους Clip Limiter με τους διακόπτες 1 (κανάλι 1) και 10 (κανάλι 2).

Ο Clip Limiter μειώνει σε περίπτωση χρήσης συστημάτων ηχείων ευρείας ζώνης τις παραμορφώσεις υψηλών συχνοτήτων οι οποίες προκαλούνται σε περίπτωση υπερφόρτωσης του τελικού ενισχυτή. Με αυτόν τον τρόπο προστατεύονται οι οδηγοί από τυχόν πρόκληση βλάβης.



Ασφαλίζει, δεν επιτρέπει την ηλεκτροπληξία και διασφαλίζει τη σωστή πολικότητα. Η επάνω υποδοχή μπορεί να μεταδώσει κατ' επιλογή το ένα ή και τα δύο κανάλια και συνεπώς είναι επίσης κατάλληλη για τη λειτουργία μονοφωνικής γεφύρωσης (1+/2+). Η κάτω υποδοχή μεταδίδει μόνο τα σήματα του καναλιού 2.



## 2.20: ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΚΟΝΣΟΛΑ ΜΙΞΗΣ ΗΧΟΥ

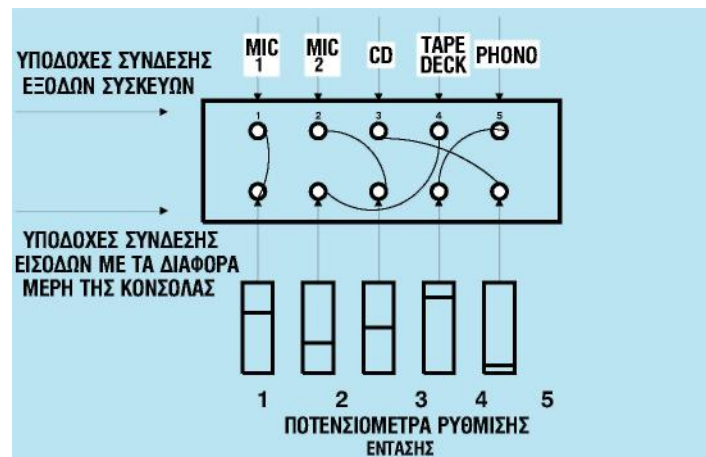


Η αρχή λειτουργίας μιας κονσόλας ελέγχου του ήχου είναι απλή: Συλλέγει στην είσοδο της μια σειρά σημάτων και προσδιορίζει (για το καθένα ξεχωριστά) τη στάθμη και την πανοραμική τους θέση στη στερεοφωνική της έξοδο. Από εκεί και πέρα βέβαια παρέχει στον ηχολήπτη πλήθος δυνατοτήτων επεξεργασίας και δρομολόγησης (Routing) των σημάτων αυτών. Γενικά σχεδιάζονται για να καλύπτουν τις παρακάτω λειτουργίες:

- Διακλάδωση των διαφόρων ηχητικών πηγών.
- Επεξεργασία των σημάτων εισόδου
- Μίξη των ηχητικών σημάτων
- Ποιοτικό έλεγχο των ηχητικών σημάτων
- Επεξεργασία των σημάτων εξόδου και
- Παρακολούθηση της στάθμης των ηχητικών σημάτων.

### Διακλάδωση των διαφόρων ηχητικών πηγών:

Η διακλάδωση των ηχητικών πηγών γίνεται με τη βοήθεια ενός πίνακα διακλάδωσης, του οποίου η βασική λειτουργία είναι η οδήγηση των ηχητικών πηγών (μικρόφωνα, όργανα, κασετόφωνο, CD, Pick Up κλπ) προς και από τα διάφορα τμήματα των συσκευών. Η διακλάδωση γίνεται με τη χρήση αγωγών (καλωδίων) και βυσμάτων.



### Επεξεργασία των σημάτων εισόδου

Στο παραπάνω διάγραμμα έχουμε πέντε πηγές, που σημαίνει ότι και στη κονσόλα πρέπει να έχουμε πέντε εισόδους για την επεξεργασία. Οι εισοδοί αυτοί έχουν προενισχυτές και ρυθμιστές της έντασης καθεμιάς από τις πέντε πηγές. Οι μικρές ή φορητές κονσόλες έχουν τέσσερις ή το πολύ οκτώ εισόδους, οι οποίες όμως δεν είναι αρκετές για ηχοληψία. Οι κονσόλα που θα χρησιμοποιήσουμε έχει 24 εισόδους. Γενικά στην αγορά βρίσκουμε κονσόλες σε μεγάλη ποικιλία αριθμών εισόδων - εξόδων - ποιότητας και γενικώς δυνατοτήτων.

### Μίξη των ηχητικών σημάτων

Όταν θέλουμε να συνδυάσουμε ηχητικά σήματα από διαφορετικές πηγές, πρέπει να τροφοδοτήσουμε όλες αυτές τις εισόδους σε ένα κανάλι μίξης. Αυτό συνήθως γίνεται στις κονσόλες ήχου εσωτερικά με την βοήθεια κάποιων button.

### Ποιοτικό έλεγχο των ηχητικών σημάτων

Οι κονσόλες ήχου και ειδικότερα αυτές, που προορίζονται για λειτουργία έχουν διάφορα ρυθμιστικά, που επηρεάζουν το χαρακτήρα των ηχητικών σημάτων. Τα σπουδαιότερα ρυθμιστικά του ελέγχου της ποιότητας του ήχου είναι:

- **Εξισωτές (Equalizers):** Μοιάζει πολύ με τα ρυθμιστικά τόνου ενός στερεοφωνικού δέκτη. Αυξάνει ή μειώνει επιλεγμένες περιοχές συχνοτήτων μεταβάλλοντας το χαρακτήρα της ακουστικής πληροφορίας.
- **Διάφορα φίλτρα αποκοπής ζώνης συχνοτήτων:** Τα φίλτρα αυτά μειώνουν δραστικά τη στάθμη περιοχής συχνοτήτων
- **Πρόσθετα ρυθμιστικά ποιότητας:** Στα πρόσθετα ρυθμιστικά ποιότητας, που υπάρχουν στις μεγάλες κονσόλες υπάρχουν κάποιοι διακόπτες , που επιτρέπουν τη προσφορά σχετικής έντασης στα εισερχόμενα σήματα, και άλλοι που εμποδίζουν την υπερφόρτωση των εισόδων ή επιβάλουν εστίαση του ήχου σε διάφορα σημεία μεταξύ δύο στερεοφωνικών ηχείων.

### **Επεξεργασία των σημάτων εξόδου**

Είναι η μονάδα, στην οποία έρχονται τα αναμειγμένα και ποιοτικά επεξεργασμένα σήματα και τα οποία οδηγούνται στη γραμμή εξόδου. Εδώ γίνεται ο τελικός έλεγχος της στάθμης του παραγόμενου ηχητικού σήματος, ο οποίος μπορεί να ρυθμιστεί με το κεντρικό ποτενσιόμετρο (Master Pot.). Η παρακολούθηση της στάθμης γίνεται από led display. Η βαθμονόμηση είναι στα 0 db 2/3 της διαδρομής και η ένδειξη αυτή ανάγεται σε mV στα 600 Ωμ.

Οι υψηλής ποιότητας κονσόλες διαθέτουν όργανο ένδειξης του μεγίστου P.P.M. (Peak Programme Meter). Αυτά τα όργανα μετρούν την ακουστότητα και αντιδρούν γρηγορότερα στις τιμές κορυφής από ότι τα αναλογικά βολτόμετρα και δείχνουν αν υπάρχει υπερδιαμόρφωση.

### **Συνδεσμολογία κονσόλας ελέγχου του ήχου**

Τυπικά σχεδιαγράμματα συνδεσμολογίας κονσόλας ελέγχου του ήχου με εισόδους (μικρόφωνα ,μουσικά όργανα) και εξόδους (ενισχυτες, ηχεία, data recorders) αλλά και επεξεργαστές σήματος (equalizers, compressors) φαίνεται παρακάτω:





### **2.20.1: ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ BEHRINGER XL 2400**

- 16 αναλογικές εισοδοι Mic/Line Balanced με Insert Send/Receive.
- 4 stereo εισοδοι
- 6 Γραμμές AUX εκ των οποίων οι τέσσερεις pre fader και οι δύο post fader.
- Για κάθε κανάλι διαθέτει ρυθμιζόμενο EQ παραμετρικό 4 περιοχών εκ των οποίων τα δύο της μεσαίας περιοχής είναι παραμετρικά ( ήτοι επιλέγουν της περιοχή συχνοτήτων όπου θα έχουμε επέμβαση αύξησης ή μείωσης της στάθμης).
- Phantom Power 48V ανά κανάλι.
- Τέσσερα master group
- 2 μονάδες effect processors

### **2.20.2: ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΚΟΝΣΟΛΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ**

- 1) **INSERT**: Δέχεται βύσμα καρφί ¼'. Χρησιμοποιούνται συνήθως για την σύνδεση εξωτερικών μονάδων εφέ αφού έχει την δυνατότητα να στέλνει (-2 dBu) (maximum +20 dBu και σύνθετη αντίσταση 100Ω) και να λαμβάνει ένα σήμα (-2 dBu)(επιπλέον εύρος 16dB μέχρι την παραμόρφωση και σύνθετη αντίσταση 10kΩ).
- 2) **LINE IN (BAL)**: Δέχεται βύσμα balance καρφί ¼' με ονομαστικό επίπεδο εισόδου τα +4dBu. Ελέγχεται από το TRIM. (Ρυθμιζόμενο επίπεδο εισόδου από -42dBu (TRIM max) έως +12dBu (TRIM min), σύνθετη αντίσταση 10kΩ)

- 3) **MIC**: Δέχεται βύσμα XLR για τη σύνδεση των μικροφώνων. Ελέγχεται από το TRIM .(Ρυθμιζόμενο επίπεδο εισόδου από -56dBu (TRIM max) έως -2dBu (TRIM min), σύνθετη αντίσταση 2.2kΩ)
- 4) **TRIM**: Ελέγχει το επίπεδο σήματος που θα περάσει στην MIC και LINE IN είσοδο.
- 5) **PHANTOM (+48V)**: Με το διακόπτη αυτό τροφοδοτούμε την είσοδο MIC με μια τάση +48 V που είναι απαραίτητη για την λειτουργία των πυκνωτικών μικροφώνων .
- 6) **MONITOR OUTPUTS [CR (BAL)]**: Δέχεται βύσμα balance καρφί ¼'. Χρησιμοποιείται για την έξοδο του σήματος με σκοπό την χρήση του σε monitor. (Ονομαστικό επίπεδο σήματος εξόδου +4dBu ,maximum επίπεδο εξόδου +20dBu ,εσωτερική αντίσταση εξόδου 100Ω )
- 7) **STEREO OUTPUT**: Δέχεται βύσμα XLR. Παρέχει αναλογική στερεοφωνική έξοδο σήματος. (Ονομαστικό επίπεδο σήματος εξόδου +4dBu ,maximum επίπεδο εξόδου +20dBu ,εσωτερική αντίσταση εξόδου 100Ω )
- 8) **MONITOR OUTPUTS [STUDIO]**: Δέχεται βύσμα unbalance RCA και παρέχει unbalance σήμα .(Ονομαστικό επίπεδο σήματος εξόδου -10dBV ,maximum επίπεδο εξόδου +6dBV, εσωτερική αντίσταση εξόδου 100Ω )
- 9) **2-TR IN**: Βοηθητική στερεοφωνική είσοδος (2x RCA ,ονομαστικό επίπεδο σήματος εισόδου -10dBV ,επιπλέον εύρος 16dB μέχρι την παραμόρφωση και σύνθετη αντίσταση 10kΩ).
- 10) **STEREO OUTPUT [INSERT]**: Δέχεται βύσμα balance καρφί ¼' και παρέχει υποδοχές insert για το STEREO OUTPUT. (Στέλνει: ονομαστικό επίπεδο εξόδου -2dBu ,maximum επίπεδο εξόδου +14dBu ,εσωτερική αντίσταση 100Ω. Δέχεται: ονομαστικό επίπεδο εισόδου -2dBu , επιπλέον εύρος 22dB μέχρι την παραμόρφωση ,εσωτερική αντίσταση 10kΩ)

- 11) **PHONES:** Σύνδεση των ακουστικών με βύσμα καρφί ¼'. Δυνατότητα σύνδεσης μέχρι 2 ακουστικών .(συνολική ισχύεις εξόδου 120 mW ανά έξοδο
- 12) **METERS:** Φωτάκια τα οποία μας δείχνουν την στάθμη σήματος παρακολούθησης
- 13) **SOLO control and indicator:** Πατώντας το πλήκτρο SOLO και έπειτα MUTE σε κάποιο κανάλι ανάβει το φωτάκι SOLO ενώ με το περιστροφικό διακόπτη αυξομειώνουμε την ένταση.
- 14) **PHONES control:** Περιστροφικός διακόπτης που αυξομειώνει την ένταση των ακουστικών
- 15) **Monitor selection keys:** Με αυτά τα πλήκτρα επιλέγουμε πιο σήμα θα στείλουμε στα monitor
- 16) **Talkback microphone:** Ενσωματωμένο μικρόφωνο στην κονσόλα το οποίο χρησιμοποιείται για να επικοινωνεί το control room με το studio
- 17) **MONO:** Βοηθητική έξοδος μονοφωνική.
- 18) **T/B volume control:** Αυτός ο περιστροφικός διακόπτης ρυθμίζει τη στάθμη του σήματος από το talkback μικρόφωνο.
- 19) **Module faders:** Είναι μια αριθμημένη κλίμακα από το ∞ (full cut) έως το +10(dB). Το σήμα που εισέρχεται στο κάθε fader είναι στην σωστή στάθμη του στην θέση 0 (dB)
- 20) **SOLO key:** Πατώντας αυτό το πλήκτρο και έπειτα το MUTE σε ένα κανάλι, ακούμε αυτό το κανάλι SOLO.

## 2.21: ΗΧΗΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ

Η αίθουσα του βου ΕΠ.ΑΛ είναι εξοπλισμένη με:

- Τέσσερα ηχεία ισχύος 250 w /8Ω αποτελούμενα από woofers 12'' και κέρνα 1''
- Δύο τελικούς ενισχυτές ισχύος 2 x 400 w /4Ω

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ανάγκες που έχουμε και για να χρησιμοποιήσουμε και τον υπάρχοντα εξοπλισμό η πρότασή μας είναι να λειτουργήσει ο ήδη υπάρχον εξοπλισμός ως monitor ( ηχεία για την κάλυψη ηχητικών αναγκών μέσα στην σκηνή ) και να προσθέσουμε το κεντρικό ηχητικό σύστημα.

Σας παραθέτουμε αναλυτικό κατάλογο μηχανημάτων.

ΕΙΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Ποσότητα	MODELS
Κονσόλα ήχου	Κονσόλα ήχου 16 μικροφωνικών εισόδων και τεσσάρων stereo εισόδων line. Η κάθε είσοδος έχει ρύθμιση ευαισθησίας gain , διακόπτη low cut για την αποκοπή των χαμηλών συχνοτήτων (από 100 Hz ), ρυθμιστικά συχνοτήτων equalizer 4 περιοχών με δύο παραμετρικά ρυθμιστικά συχνοτήτων στην μεσαία περιοχή, 6 εξόδους aux εκ των οποίων οι τέσσερις είναι pre fader ενώ τα aux 1-2 είναι post fader. Έχει διακόπτες επιλογής εξόδου group και stereo out. Επίσης σε κάθε είσοδο έχει διακόπτη mute για την σίγαση του καναλιού και pfl για την ρύθμιση ευαισθησίας εισόδου και για να έχουμε την πηγή στα ακουστικά. Έχει ενσωματωμένα δύο multi effect 24-BIT. Έχει 4 group master για την ομαδοποίηση των πηγών εισόδου για μονοφωνική ή στερεοφωνική μίξη. Η κονσόλα διαθέτει διακόπτη phantom power ( +48V ) σε όλες τις εισόδους και διαθέτει 2 stereo return για επιστροφές εξωτερικών μονάδων effect. Η τροφοδοσία της κονσόλας γίνεται από το δίκτυο με καλώδιο τύπου eurodin.	1	BEHRINGER X1 2400  Για περισσότερες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά και τον τρόπο χειρισμού της κονσόλας μπορείτε να βρείτε στο site της Behringer (www.behringer.com)
Ηχεία	Ηχείο τριών δρόμων αποτελούμενο από woofers 15'', midrange 6'', και κέρνα νεοδυμίου 1''. Η ισχύς του είναι 500 w/8Ω η δε ευαισθησία του είναι 100db. Max spl 133 db. Απόκριση συχνοτήτων 50 Hz – 18 kHz και διασπορά 90° * 50°. Η καμπίνα του ηχείου είναι από πλαστική άκαμπτη ύλη η δε είσοδός του είναι δυο spreacou 4 pin.	4	DYNACORD D 15-3

ΕΙΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Ποσότητα	MODELS
Βάσεις ηχείων	Επιτοίχιες βάσεις ηχείων	4	Bespeco
Equalizer	Ρυθμιστικό συχνοτήτων 31 περιοχών stereo με δυνατότητα επέμβασης 15db/oct. Είσοδοι και έξοδοι balance με βύσματα cannon 3 pin	1	BEHRINGER FBQ-3102
Ενισχυτής	Ενισχυτής stereo 2 x 1000 w /4Ω balance input, out speakon, απόκρισης συχνοτήτων 30 Hz-18 kHz , ψύξη με ventilator συνεχούς ροής.	1	ALTO MISTRAL 4000
Μικρόφωνα	Μικρόφωνο πυκνωτικό τύπου shot gun υπερκαρδιοειδές / κατευθυντικό (short shotgun), ευαισθησία 11MV/PA, απόκριση συχνότητας 20Hz-20kHz, 128dB MAX SPL, bass roll-off filter, phantom power 9V-52V .Κατάλληλο για τοποθέτηση σε θεατρικές παραγωγές.	4	AKG C 568B
Μικρόφωνα	Μικρόφωνο δυναμικό υπερκαρδιοειδούς λήψης 600Ω ,απόκρισης συχνοτήτων 40 hz-20 kHz , ευαισθησία 2.5MV/PA, για φωνητικά.	4	AKG D 88S
D.I. box	Προσαρμογέας σύνθετης αντίστασης ηχητικών πηγών ( για σύνδεση μουσικών οργάνων σε μικροφωνικές εισόδους της κονσόλας).	6	BEHRINGER D.I. 100
Γερανοί μικροφώνων	Γερανοί μικροφώνων για την στήριξη των πυκνωτικών-δυναμικών μικρόφωνων.	8	Besbeco
Multi	Multi μικροφωνικών καλωδίων 24 καναλιών + 8 καναλιών (για monitor και LEFT-RIGHT) για την σύνδεση της κονσόλας με την σκηνή και τους ενισχυτές	1	Besbeco
CD	Ένα cd player-recorder για έγγραφη και αναπαραγωγή ήχου	1	American audio
Καλώδια	Μικροφωνικό καλώδιο αρσενικό-θηλυκό τύπου βύσματος XLR μήκους 10m	10	Besbeco
Καλώδια	Μικροφωνικό καλώδιο αρσενικό-θηλυκό τύπου βύσματος XLR μήκους 6m	6	Besbeco
Καλώδια	Μικροφωνικό καλώδιο αρσενικό-θηλυκό τύπου βύσματος XLR μήκους 1m	10	Besbeco
Καλώδια	Μικροφωνικό καλώδιο καρφί-καρφί τύπου βύσματος JACK μήκους 3m	10	Besbeco
Καλώδια	Μεγαφωνικό καλώδιο speakon-speakon 4 pin τύπου βύσματος SPEAKON για την σύνδεση των monitor ηχείων και του κύριου ηχητικού συστήματος.	8	Besbeco

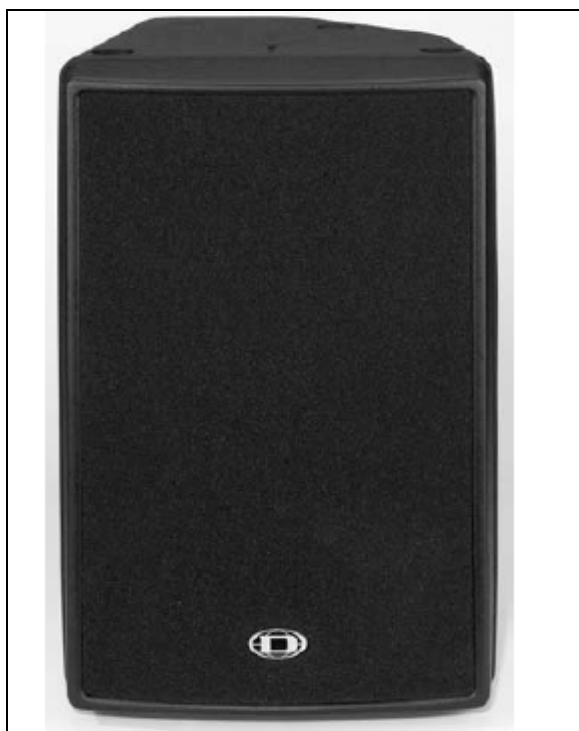
### 2.21.1: Εικονική αναπαράσταση



Κονσόλα μίξης ήχου της εταιρείας Behringer



Η πίσω όψη της κονσόλας μίξης ήχου ( είσοδοι - έξοδοι )



Ηχείο τριών δρόμων



Επιτοίχια βάση ηχείου



Γραφικό equalizer 31 περιοχών για την ρύθμιση του ηχητικού συστήματος



Τελικός στερεοφωνικός ενισχυτής



Υπερκαρδιείδες πυκνωτικό μικρόφωνο τύπου Shotgun για λήψη θεατρικών παραστάσεων και χορωδίες



Δυναμικό μικρόφωνο υπερκαρδιοειδούς για λήψη φωνητικών



Προσαρμογέας σύνθετης αντίστασης ηχητικών πηγών





Γερανός μικρόφωνου



Multi 24ch in και 8ch out για την σύνδεση της κονσόλας με την σκηνή και τους ενισχυτές



Μικροφωνικό καλώδιο αρσενικό-θηλυκό τύπου βύσματος XLR

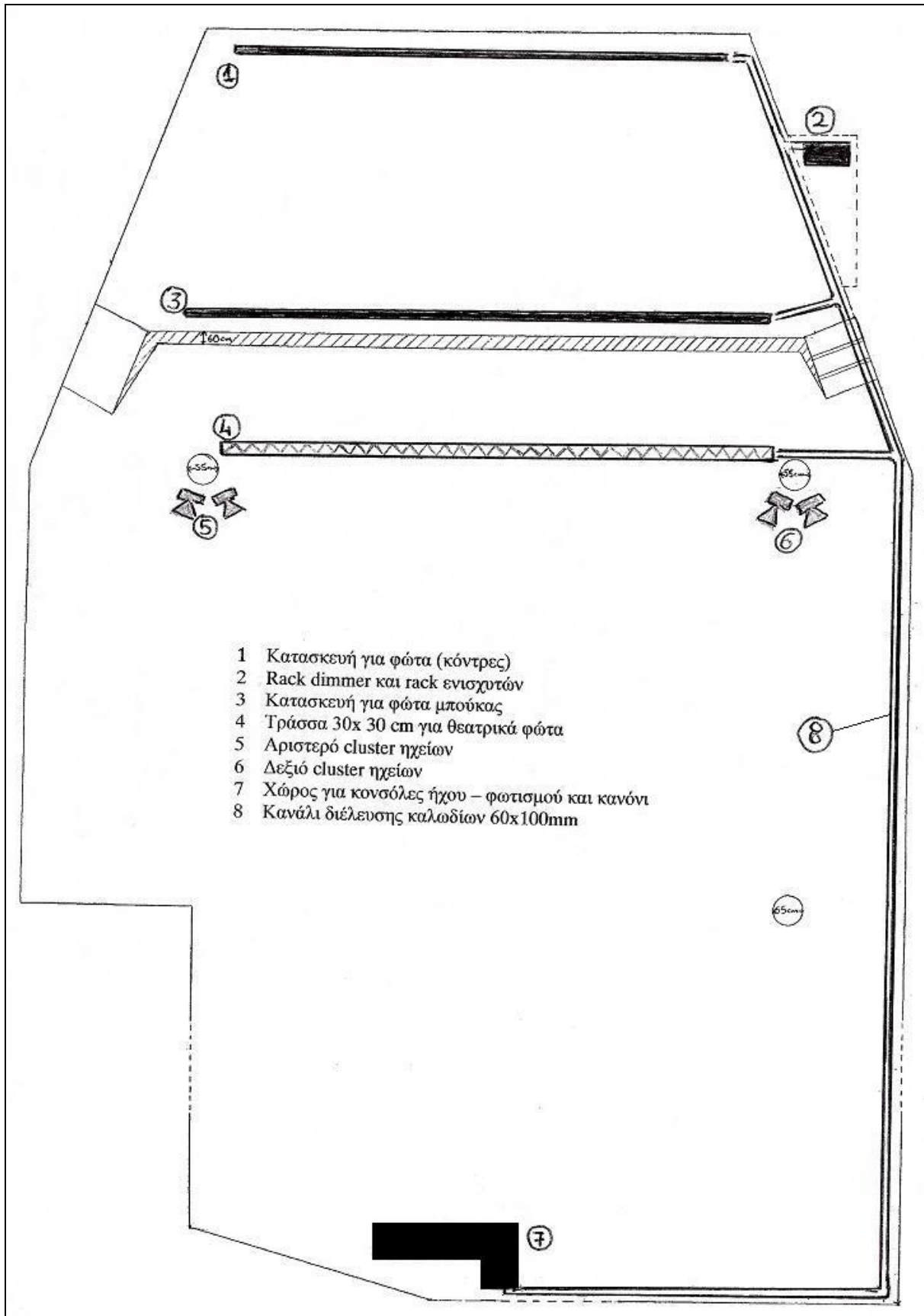


Μικροφωνικό καλώδιο αρσενικό- αρσενικό τύπου βύσματος Jack



Μεγαφωνικό καλώδιο speakon-speakon 4 pin τύπου βύσματος SPEAKON

**2.21.2: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ 6<sup>ου</sup> ΕΠ.ΑΛ.**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΦΩΤΙΣΜΟΣ

### ΕΝΟΤΗΤΑ 3.1: DMX512 ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Το πρωτόκολλο DMX επινοήθηκε το 1986 από τον USITT (United States Institute of Theater Technology). Ο αμερικανικός αυτός οργανισμός είναι αρμόδιος για την τυποποίηση τεχνικών προδιαγραφών που αφορούν τον τεχνικό εξοπλισμό των θεατρικών και των κινηματογραφικών αιθουσών. Ειδικότερα το DMX ορίζει τους τρόπους και τις παραμέτρους επικοινωνίας των ρυθμιστικών έντασης φωτισμού και των αυτομάτων προβολέων που επικοινωνούν ψηφιακά με μια κονσόλα ελέγχου. Μετά την παρουσίαση του πρώτου προτύπου DMX το 1986 έγιναν κάποιες τροποποιήσεις διορθώσεις το 1990 έτσι ώστε να λυθούν κάποια προβλήματα , και τώρα είναι γνωστό ως πρότυπο USITT DMX512(1990).

Πριν την δημιουργία του DMX 512 ο έλεγχος των ρυθμιστικών έντασης φωτισμού και των προβολέων γίνονταν από διαφορά ψηφιακά πρωτοκολλά ή από πολύπλοκες αναλογικές συνδέσεις που ήταν διαφορετικές για κάθε κατασκευαστή. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ασυμβατότητα των συσκευών που ήταν από διαφορετικούς κατασκευαστές, οδηγώντας στον περιορισμό των λύσεων καθώς και στην αύξηση του κόστους.

Ωστόσο το DMX 512 δεν είναι η τελεία λύση για τον έλεγχο του φωτισμού αλλά πλέον είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη . Η σχεδίαση είναι πολύ απλή καθώς είχε ως σκοπό να πείσει τον μεγάλο αριθμό κατασκευαστών να το υιοθετήσουν ως το πρωτόκολλο επικοινωνίας των συσκευών τους. Αυτή η απλή σχεδίαση του DMX512 ήταν πολύ ελκυστική για τους κατασκευαστές καθώς μείωνε τις μεγάλες επενδύσεις για ερευνά , καθώς επίσης και τις δραστικές επανασχεδιάσεις των ήδη υπάρχοντων κατασκευών τους.

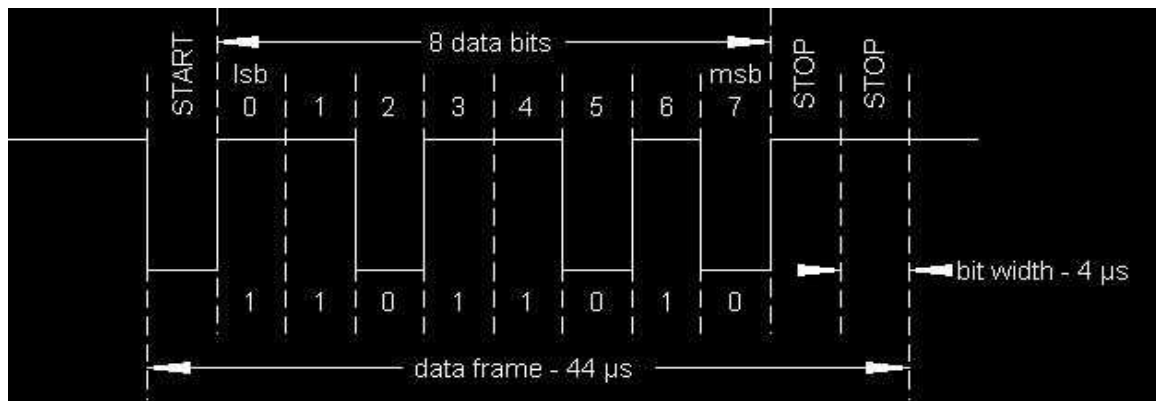
#### 3.1.1: ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ DMX512

Το βασικό στοιχείο κάθε πρωτόκολλου επικοινωνίας είναι ένα σύνολο από κώδικες. Κάθε κώδικας είναι μια μοναδική σειρά από “high” και “low” σήματα που ονομάζονται “bits”. Το κάθε “bit” έχει προκαθορισμένη διάρκεια που για το DMX512 4μsec. Στο DMX512 κάθε κώδικας αποτελείται από 8 bits και ονομάζεται “byte”. Τα 8 bits του κάθε byte επιτρέπουν 256 διαφορετικούς συνδυασμούς.



Εικόνα 3.1: start και stop bit

Στο πρωτόκολλο DMX512 εκτός από τα 8 “bits” υπάρχουν αλλά τρία “bits” που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των “bytes”. Αυτά είναι ένα start bit(low κατάσταση) και δυο stop bits(high κατάσταση)(εικ. 3.1). Κατά συνέπεια συνολικά υπάρχουν 11 bits για κάθε byte. Αυτός ο κώδικας των 11 bits ονομάζεται “frame” (εικ. 3.2) και έχει διάρκεια 44 μsec(11 bits\*4μsec = 44μsec).



Εικόνα 3.2: frame

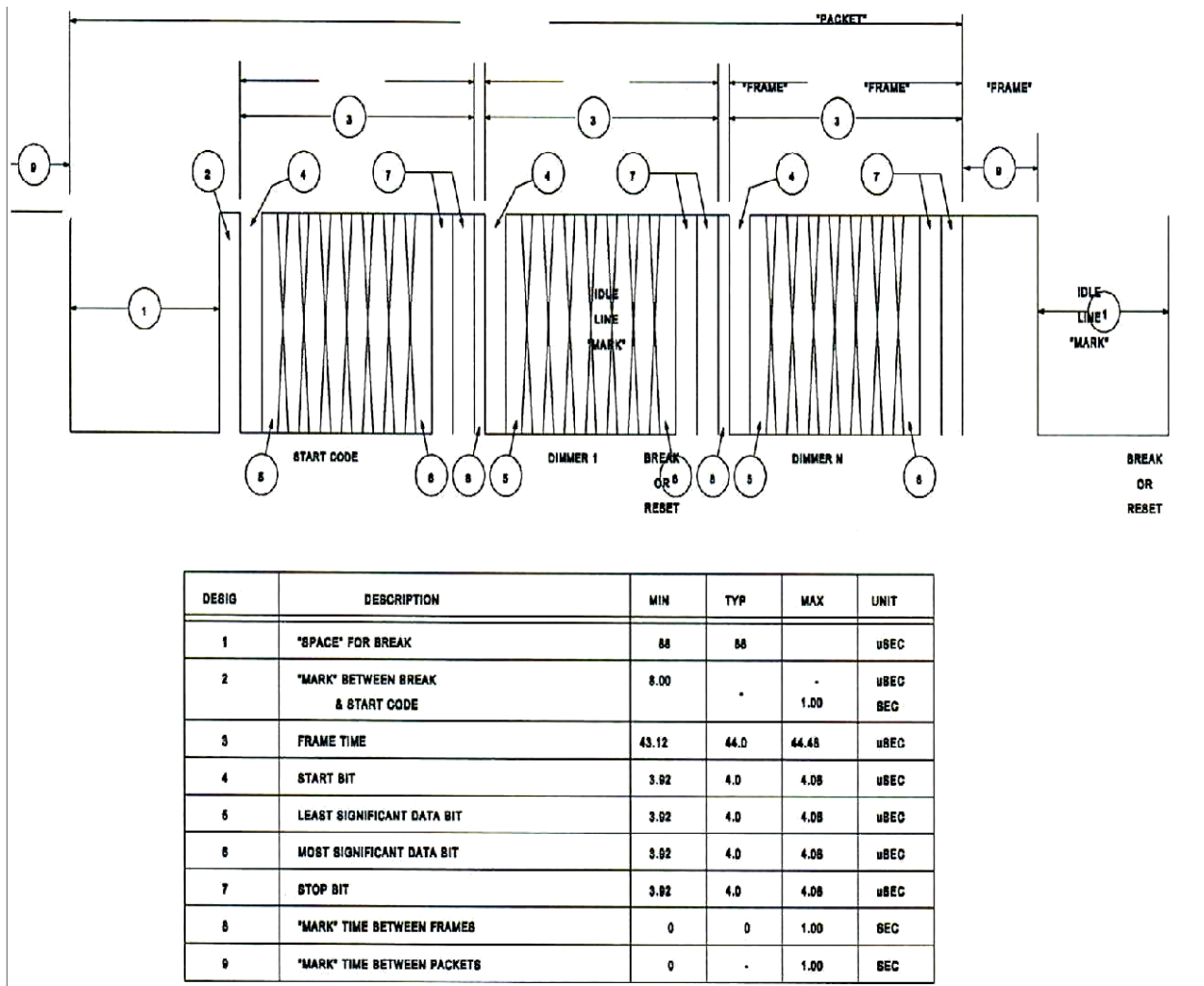
Στο DMX 512 ο χρόνος μετάδοσης του κάθε bit είναι 4 μsec αυτό επιτρέπει να έχουμε ταχύτητα μετάδοσης 250000 bit το δευτερόλεπτο που είναι γνωστό με την ονομασία baud rate του DMX 512 και συνήθως δηλώνεται ως 250 kbps.

Το DMX 512 είναι ένα ασύγχρονο πρωτόκολλο που σημαίνει ότι το κάθε frame μπορεί να μεταδοθεί κάθε φορά που η παλμοσειρά είναι σε κατάσταση high “idle”. Στην πράξη οι περισσότερες κονσόλες φωτισμού , τακτικά η περιστασιακά , στέλνουν “idle gap” (θέτουν την παλμοσειρά σε κατάσταση high) μεταξύ των frame. Οι κονσόλες φωτισμού εισάγουν αυτό το idle gap διότι είναι απασχολημένες με την εκτέλεση κάποιων υπολογισμών έτσι ώστε να δεχτούν το επόμενο frame αφού έχει τελειώσει η μετάδοση του προηγούμενου frame.

Το DMX 512 δεν επιτρέπει να μεταδοθούν παραπάνω από 512 κανάλια σε μια DMX 512 διασύνδεση. Υπάρχουν κάποιοι τύποι συσκευών ανάλογη των DMX μετατροπέων όπου έτσι και λειτουργήσουν μαζί μπορεί ο αριθμός των μεταδιδόμενων καναλιών να ξεπεράσει τα 512 .

Η χρήση παραπάνω από 512 κανάλια σε μια DMX διασύνδεση δεν είναι μέρος των “στάνταρ” της USSIT και μπορεί να είναι αίτια προβλημάτων σε μετρικούς δέκτες. Κονσόλες όπου παρέχουν παραπάνω από 512 dimmers έχουν εγκατεστημένα δυο η και παραπάνω DMX εξόδους. Τα κανάλια του DMX δεν πρέπει να μπερδεύονται με τα κανάλια της κονσόλας η τα κανάλια των dimmers.

Στην εικόνα (3.3) παρουσιάζονται οι διάρκειες των μερών ενός DMX512 πακέτου όπως έχουν προσδιοριστεί από την USSIT.



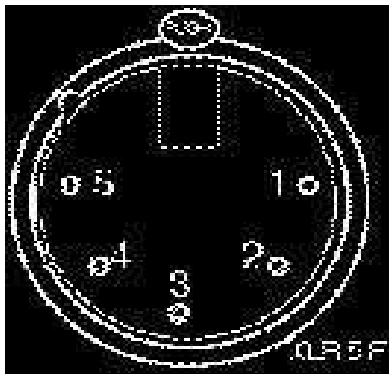
Εικόνα 3.3: Διάρκειες DMX512

- **BREAK TIMING:** Η διάρκεια του break είναι κρίσιμη για τις DMX512 συσκευές καθώς αναγγέλλει την αρχή μετάδοσης ενός DMX512 πακέτου. Το Break είναι μια συνεχής “low” κατάσταση που έχει διάρκεια 88 μsec .
- **MARK AFTER BREAK TIMING:** Το mark-after-break μεταδίδεται αμέσως μετά από το break είναι μια συνεχής “high” κατάσταση που έχει διάρκεια 8μsec.
- **START CODE:** Ο start code μεταδίδεται αμέσως μετά από το mark-after-break και έχει διάρκεια 44 μsec. Αποτελείται από ένα start και δυο stop “bits” καθώς επίσης και από αλλά 8 “bits” που βρίσκονται σε κατάσταση “low”. Η δομή του start code είναι ίδια με την δομή των frames που ακολουθούν .

- **MARK-BETWEEN-FRAME TIME:** Η διάρκεια του mark-between - frame είναι ο χρόνος μεταξύ του τέλους ενός frame(τέλος του δευτέρου stop bit) και την αρχή του επομένου (αρχή του start bit), και η πιθανή διάρκεια του μπορεί να είναι 0 μέχρι 1 sec .
- **MARK TIME BETWEEN-PACKETS:** Mark time between packets είναι η διάρκεια μιας ΗΙ καταστάσεις ανάμεσα σε δυο πακέτα DMX512. Αυτή η διάρκεια μπορεί να είναι από 0 έως 1 sec. Βεβαία η DMX512 δεκτές πρέπει να μπορούν να δέχονται και συνεχόμενα πακέτα

### **3.1.2: ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ DMX512**

Οι DMX512 συσκευές συνδέονται με τον εξοπλισμό φωτισμού μέσω 5pin XLR βύσματος (εικ.3.4). Το θηλυκό βύσμα είναι εγκατεστημένο στον πομπό ενώ το αρσενικό βύσμα είναι εγκατεστημένο στον δεκτή. Τα βύσματα για το DMX 512 αποτελούνται από 2 ζευγάρια καλωδίων και μια γείωση , για την μεταφορά της DMX512 πληροφορίας απαιτείται μονό το ένα ζευγάρι καλωδίων και η γείωση . Το δεύτερο ζευγάρι καλωδίων παραμένει για αδιευκρίνιστες προαιρετικές χρήσης.



Εικόνα 3.4:DMX connector



Εικόνα 3.5:Θηλυκό XLR 5pins  
(Neutrik NC5FX)



Εικόνα 3.6:Αρσενικό XLR 5pins  
(Neutrik NC5MX)

### XLR πενταπολικό

- Pin 1: Θώρακας (γείωση)
- Pin 2: Σήμα DMX512 (-)
- Pin 3: Σήμα DMX512 (+)
- Pin 4: 5pin XLR Προαιρετικό, δευτεροβάθμια επικοινωνία απάντησης δέκτη DMX (-)
- Pin 5: 5pin XLR Προαιρετικό, δευτεροβάθμια επικοινωνία απάντησης δέκτη DMX (+)



Εικόνα 3.7:Θηλυκό XLR 3pins  
(Neutrik NC3FXX)



Εικόνα 3.8:Αρσενικό XLR 3pins  
(Neutrik NC3MXX)

### XLR τριπολικό

- Pin 1: Θώρακας (γείωση)
- Pin 2: Σήμα DMX512 (+)
- Pin 3: Σήμα DMX512 (-)

Το 5pin XLR βύσμα περιγράφεται στα αυθεντικά στάνταρ της USSIT για το DMX 512 και πρέπει να είναι ο προτεινόμενος τύπος συνδέσεις. Κάποιοι εξοπλισμοί μπορεί να έχουν εγκατεστημένα 3pin XLR βύσματα όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις των μικροφώνων, σε αυτή την περίπτωση τα 3 pins κάνουν την ίδια δουλειά με αυτήν που κάνουν και τα τρία πρώτα pins στα 5pin XLR. Η χρήση 3pin XLR βυσμάτων δεν συνιστάται και δεν είναι μέρος των στάνταρ της USSIT για το DMX 512. Τα audio καλώδια και τα καλώδια μικροφώνων δεν είναι κατάλληλα για την μετάδοση του DMX 512. Τα μονά καλώδια που είναι κατάλληλα για την γρήγορη μεταφορά δεδομένων είναι τα 5 pins XLR.

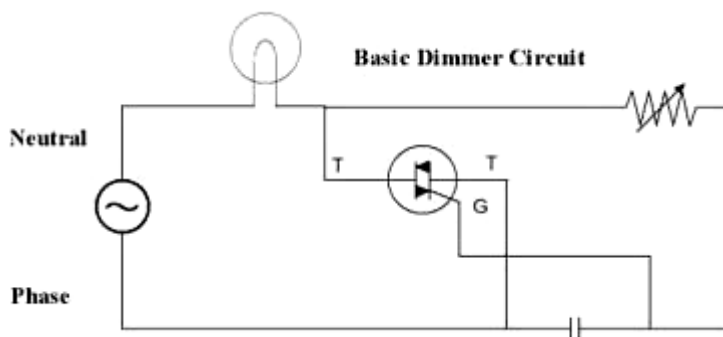


## Περίληψη

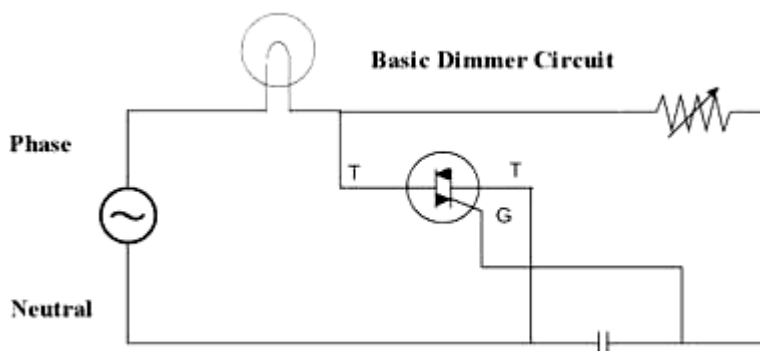
- Το DMX512 είναι μια ενιαία μέθοδος ελέγχου από μία κονσόλα σε πολλαπλάσιους δέκτες(φωτιστικά)
- Χρήση μέχρι 1000 περίπου μέτρα καλωδίου. Συνιστάτε για μεγάλες αποστάσεις η χρήση καλωδίου κατάλληλο για DMX512 και η χρήση booster.
- Μέχρι 512 συσκευές - 512 κανάλια, ή το σύνολο των καναλιών-λειτουργιών σε κάθε συσκευή, μπορούν να ελεγχθούν με το οκταμήφιο σήμα.
- Όλα τα κανάλια "συνεχώς ανανεώνονται", το οποίο αυξάνει την ασφάλεια.
- Αν και τα πρότυπα DMX512 ενημερώνονται συνεχώς, ο υπάρχων εξοπλισμός λειτουργεί ακόμα υπό οποιαδήποτε νέα αναθεώρηση.

### 3.2: DIMMER – ΟΡΘΗ ΣΥΝΔΕΣΗ

Η σωστή σύνδεση dimmer pack είναι η αρχή και το τέλος για την ορθή λειτουργία του, χωρίς προβλήματα στην διάρκεια ζωής των triac και την αποφυγή άμεσης καταστροφής αυτών. Προσέχουμε πάντα ιδίως στα μικρά dimmer/φωτορυθμικά που έχουν στην παροχή τους φως σούκο την ορθή σύνδεση της φάσης και του ουδετέρου. Πρέπει πάντα να έχουμε κατά νου το παρακάτω κύκλωμα. Σε ένα π.χ. 6 κανάλιο dimmer ο ουδέτερος είναι κοινός στις πρίζες στην έξοδο και δεν παρεμβάλλεται κανένα ηλεκτρονικό εξάρτημα από την παροχή έως την έξοδο. Η φάση πάντοτε πρέπει να περνάει μέσα από τα triac προς αποφυγή μπερδεμάτων, καψίματος των triac και ηλεκτροπληξίας στα φωτιστικά σώματα.



Στην περίπτωση που συνδέσουμε την φάση αντίστροφα τότε το dimmer θα λειτουργήσει. Όμως στην περίπτωση του dimmer pack με πολλά κανάλια και κοινή καλωδίωση ουδετέρου εσωτερικά, υπάρχει περίπτωση συνδέοντας την επιστροφή στον κοινό εσωτερικό ουδέτερο (συνήθως σε εξόδους dimmer με φως σούκου μη γνωρίζοντας την πολικότητα) να ανάβουν μόνιμα τα φωτιστικά μας παρακάμπτοντας το κύκλωμα με το triac. Επίσης μπορεί η φάση να μην διακόπτεται στο φωτιστικό με κίνδυνο ηλεκτροπληξίας!

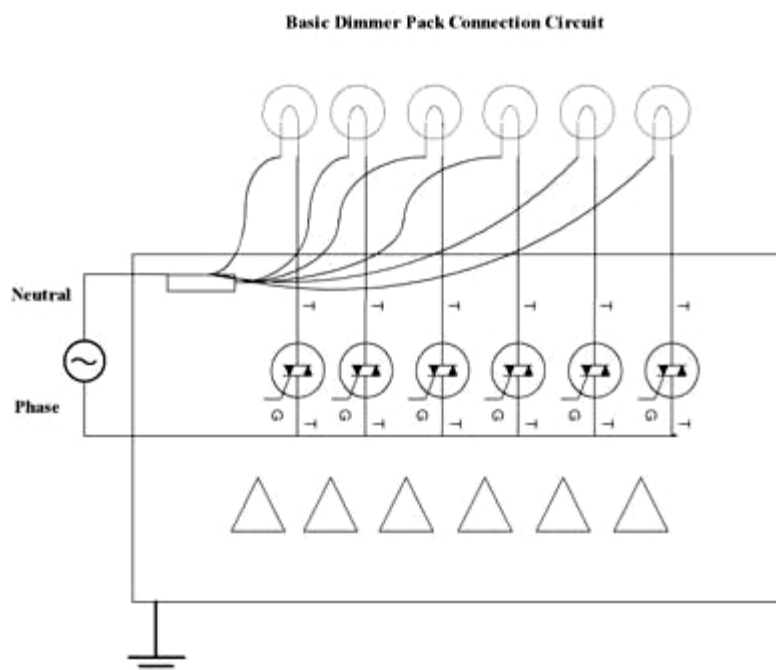


Πρέπει να συνδέσουμε ξεχωριστά κυκλώματα στην έξοδο κάθε καναλιού του dimmer για την τροφοδοσία των φωτιστικών μας. Δηλαδή παίρνουμε από την

έξοδο(πρίζα-κλέμα) του dimmer φάση ουδέτερο και γείωση από κάθε κανάλι για την τροφοδοσία group φωτιστικών σωμάτων ή μεμονωμένου φωτιστικού στο συγκεκριμένο κανάλι. Η διανομή του ουδέτερου γίνεται μέσα στο dimmer pack. Αυτό σημαίνει συνδέοντας τους ουδέτερους των φωτιστικών σε κόμβους (κοινόι ουδέτεροι), παρακάμπτοντας την ράγα των ουδετέρων του dimmer μαζί με άλλες συσκευές, τότε αυτό που πετυχαίνουν-με είναι να διανέμουμε τα παράσιτα του dimmer και άλλων συσκευών σε όλη την εγκατάσταση και ιδίως στο ηχητικό σύστημα!

ΠΟΤΕ δεν ελέγχουμε επιστροφές ή άλλους αγωγούς στις εξόδους των καναλιών (πρίζες-κλέμες) του dimmer εάν δεν γνωρίζουμε ποιοι αγωγοί είναι φάσεις (επιστροφές) και ποιοι ουδέτεροι. Υπάρχει σοβαρός κίνδυνος καταστροφής του triac. Π.χ. βάζοντας στην έξοδο της φάσης ουδέτερο βραχυκυκλώνουμε το triac με αποτέλεσμα την καταστροφή του. Το κανάλι δεν λειτουργεί και συνήθως λειτουργεί συνέχεια full on.

Πάντοτε γειώνουμε το dimmer και τα φωτιστικά σώματα για αποφυγή ηλεκτροπληξίας. Καλό θα ήταν για την καλύτερη ασφάλεια των υπαλλήλων και ανθρώπων στην περίπτωση αλλαγής λαμπτήρων, η προσθήκη ρελέ διαφυγής στην τροφοδοσία κάθε dimmer pack με προσοχή στο μήκος της παροχής για την αποφυγή της απρόσκοπτης πτώσης του. Διαφορετικά πάντοτε κλείνουμε το γενικό ασφαλοδιακόπτη παροχής του dimmer.



## **ΒΑΣΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ DIMMERS:**

- **Παραγωγικότητα:**

1) Παρέχουμε στο προσωπικό και τους πελάτες την δυνατότητα να ελέγχουν τον και την διάθεση τους.

2) Μειώνουμε την μεγάλη φωτεινότητα σε περιβάλλον, με υπολογιστές, αίθουσες δεξιώσεων, και πολυμορφικούς χώρους.

- **Ευελιξία:**

1) Αλλαγή του φωτισμού για διαφορετικές καταστάσεις και δραστηριότητες του χώρου εύκολα απλά και γρήγορα από μία ψηφιακή κονσόλα ελέγχου.

2) Προσθέστε πολυμορφία σε θέατρα, συναυλίες, σαλόνια, χώρους εστιατορίων, χώρους δεξιώσεων, αίθουσες, κτίσματα και home cinema.

3) Προσαρμόστε τον φωτισμό σε συνεδριακά κέντρα, χώρους σεμιναρίων.

4) Προγραμματισμός σκηνών, χρόνων, φωτισμών και προγραμμάτων μέσω ψηφιακού ελέγχου.

- **Δισθητική:**

1) Αλλάξτε την φωτεινότητα για να αλλάξετε την διάθεση σας.

2) Δώστε έμφαση σε προϊόντα και σε παρουσιάσεις.

3) Προσθέστε ατμόσφαιρα στον χώρο σας αλλάζοντας την φωτεινότητα, τονίστε έργα τέχνης και τοπία.

- **Οικονομία ενέργειας:**

Χρησιμοποιώντας dimmer έχουμε πολύ μεγάλη οικονομία. Εξοικονομούμαι ενέργεια που σημαίνει πολύ λιγότερη κατανάλωση ρεύματος. Αποτέλεσμα επίσης είναι, η δραματική αύξηση της ζωής της λάμπας από την χαμηλή τροφοδότηση ενέργειας των λαμπτήρων.

Πίνακας εξοικονόμησης ενέργειας

<b>ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΗΣ</b>		
<b>Φωτεινότητα</b>	<b>Μειωμένη κατανάλωση</b>	<b>Επιμήκυνση ζωής λαμπτήρων</b>
90%	10%	2 Φορές
75%	20%	4 Φορές
50%	40%	20 Φορές
25%	60%	Μεγαλύτερη από 20 φορές

### **3.3: ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ**

Θεωρητικά δεν υπάρχουν στην βιβλιογραφία κάποιοι ακριβείς κανόνες ή τρόποι φωτισμού σκηνής.

Ουσιαστικά όμως σε μία θεατρική ή μουσική παράσταση εξίσου σημαντικό ρόλο με τον ήχο παίζει και ο τρόπος που θα φωτίσουμε τους καλλιτέχνες και τον χώρο της σκηνής.

Βασικοί κανόνες για την σωστή τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων είναι οι εξής:

- Οι ηθοποιοί ή τα αντικείμενα που φωτίζουμε πρέπει να είναι ευδιάκριτα από τους θεατές.
- Ο φωτισμός στα πρόσωπα πρέπει να είναι ισομερής και δεν πρέπει να μεταφέρονται σκιές στο σκηνικό.
- Δεν πρέπει ακτίνες φωτός από τα φωτιστικά σώματα να χτυπάν απευθείας τα μάτια των θεατών.
- Ο φωτισμός πρέπει να μας δημιουργεί την αίσθηση βάθους πεδίου. Συγκεκριμένα πρέπει και τα αντικείμενα που βρίσκονται πίσω από τον καλλιτέχνη να φωτίζονται σωστά.
- Πρέπει το κάθε φωτιστικό σώμα ανεξάρτητα να ελέγχεται από dimmer ώστε ο σκηνοθέτης της παράστασης να έχει την δυνατότητα μέσω του φωτισμού να δραματοποιεί την εικόνα.

### **3.4: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ**

Ένα κλασικό θεατρικό φωτιστικό (PC) το οποίο φαίνεται στην φωτ.3.9-10 φέρει λυχνία θερμοκρασίας κοίλο ανακλαστήρα ρυθμιζόμενο ώστε να είναι μεταβαλλόμενη η εστιακή απόσταση, προσοφθάλμιο αμφίκυρτο φακό ώστε να δημιουργούνται παράλληλες δέσμες ακτινών (σε αντίθετη περίπτωση οι δέσμες ακτινών είναι αποκλίνουσες) , συγκεντρωτικό φακό ο οποίος μπορεί να μετακινείται για την ρύθμιση της εστιακής απόστασης και για ρύθμιση spot-profile, φιλτροδόχο υποδοχής φίλτρων, βραχίονα στήριξης ώστε να είναι μεταβαλλόμενη η κλίση του και ως προς τον οριζόντιο και ως προς τον κάθετο άξονα.

Σε πλέον εξειδικευμένες παραστάσεις χρησιμοποιούνται φώτα, (φωτ. 3.11 και 3.12) τα οποία έχουν μαχαίρια για ακριβέστερη ρύθμιση, και ίριδα.

Τα θεατρικά φώτα κυμαίνονται σε ισχύ από 500 w έως 2000 w.



Φωτ. 3.9: Θεατρικό φωτιστικό σώμα τύπου PC (1000 W)



Φωτ. 3.10: Ανοιχτό θεατρικό φωτιστικό σώμα τύπου PC(λυχνία ,κοίλο ανακλαστήρα , συγκεντρωτικό φακό )



Φωτ. 3.11: Θεατρικό φωτιστικό σώμα SELECON τύπου Profile(1000 W)



Φωτ. 3.12: Θεατρικό φωτιστικό σώμα SELECON τύπου Profile με μαχαίρια.

### **3.5: Καλωδίωση**

Για την σύνδεση των προβολέων με τα dimmer πρέπει να τοποθετηθούν πολυκαλώδια multi 18 x 1,5 mm ούτως ώστε να αποφύγουμε τους πολλούς ανεξάρτητους αγωγούς. Πρέπει λοιπόν να τοποθετήσουμε ένα κανάλι διέλευσης καλωδίων 40 x 30 από την μπροστινή τράσσα μέσα στο οποίο θα τρέξουν τα καλώδιά μας και επιπλέον ένα καλώδιο 10mm για την κεντρική γείωση της τράσσας. Το ίδιο θα γίνει και με τις άλλες δύο κατασκευές. Οι γειώσεις όλες πρέπει να συνδεθούν απ' ευθείας με την κεντρική γείωση της εγκατάστασής μας.

Στην τράσσα η οποία είναι μπροστά από την μπούκα θα καταλήξουμε δύο πολυκαλώδια ρεύματος multi 18 x 1,5 mm τα οποία θα καταλήγουν ανεξάρτητα σε δύο κουτιά διακλαδώσεως 10 x 10 cm εξωτερικού τύπου. Από το κάθε κουτί διακλαδώσεως θα βγαίνουν έξη ανεξάρτητα καλώδια 3 x 1,5 mm τα οποία θα καταλήγουν σε πρίζες σούκο ισομερώς κατανεμημένες κατά μήκος της τράσσας οι οποίες μπορούν να είναι και επιτοιχίες βιδωμένες στην οροφή. Συνολικά λοιπόν η τράσσα θα έχει δώδεκα πρίζες.

Στον κυλοδοκό ο οποίος είναι τοποθετημένος 60 cm μέσα από την μπούκα θα καταλήξει άλλο multi και με τον προαναφερθέντα τρόπο θα μας δώσει 6 πρίζες σούκο ισομερώς κατανεμημένες κατά μήκος της κατασκευής.

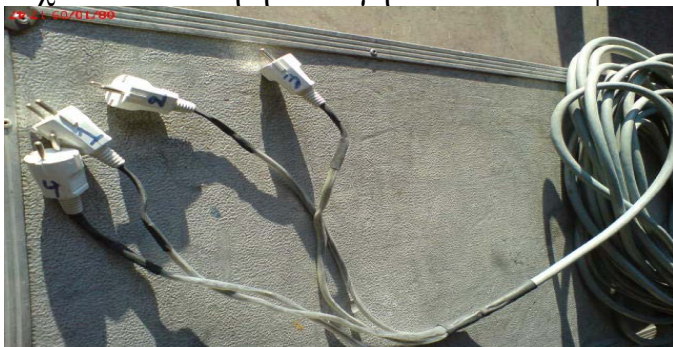
Στην τελευταία σωλήνα θα τερματίσουμε δύο multi αριστερά και δεξιά και με τον προαναφερθέντα τρόπο θα χωρίσουμε ισομερώς τοποθετώντας δώδεκα πρίζες στην οροφή.

Τα 5 multi που έχουμε τοποθετήσει θα φθάνουν έως τον χώρο που έχουμε τοποθετήσει το rack των dimmer και θα τερματιστούν με φισ σούκο.

Φωτ. 3.13.

Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούμε να κρεμάσουμε έως και 30 φώτα ανεξαρτήτως ελεγχόμενα και ρυθμιζόμενα ούτως ώστε ένας σκηνοθέτης ή φωτιστής παράστασης να έχει την δυνατότητα να πραγματοποιήσει σκηνές φωτισμού κατά το δοκούν.

Στην πραγματικότητα θα χρειαστούμε 6 pc 1000 w μπροστά μαζί με 4 θεατρικά τύπου selescom με μαχαίρια και φακό 90° μεταβλητό, στην ενδιάμεση κατασκευή χρειάζονται 4 pc 1000 w και στην πίσω κατασκευή 6 pc 500 w και 4 pc 1000 w. Κατ' αυτόν τον τρόπο δεδομένων των διαστάσεων της σκηνής έχουμε την δυνατότητα να φωτίσουμε χωρίς προβλήματα θεατρικές παραστάσεις ή καλλιτεχνικά γεγονότα, αφήνοντας βέβαια και εφεδρικές γραμμές (πρίζες) για τυχόν επέκταση ή αλλαγή θέσεων των φωτιστικών.



Φωτ 3.13: Η άκρη του πολυκαλώδιου



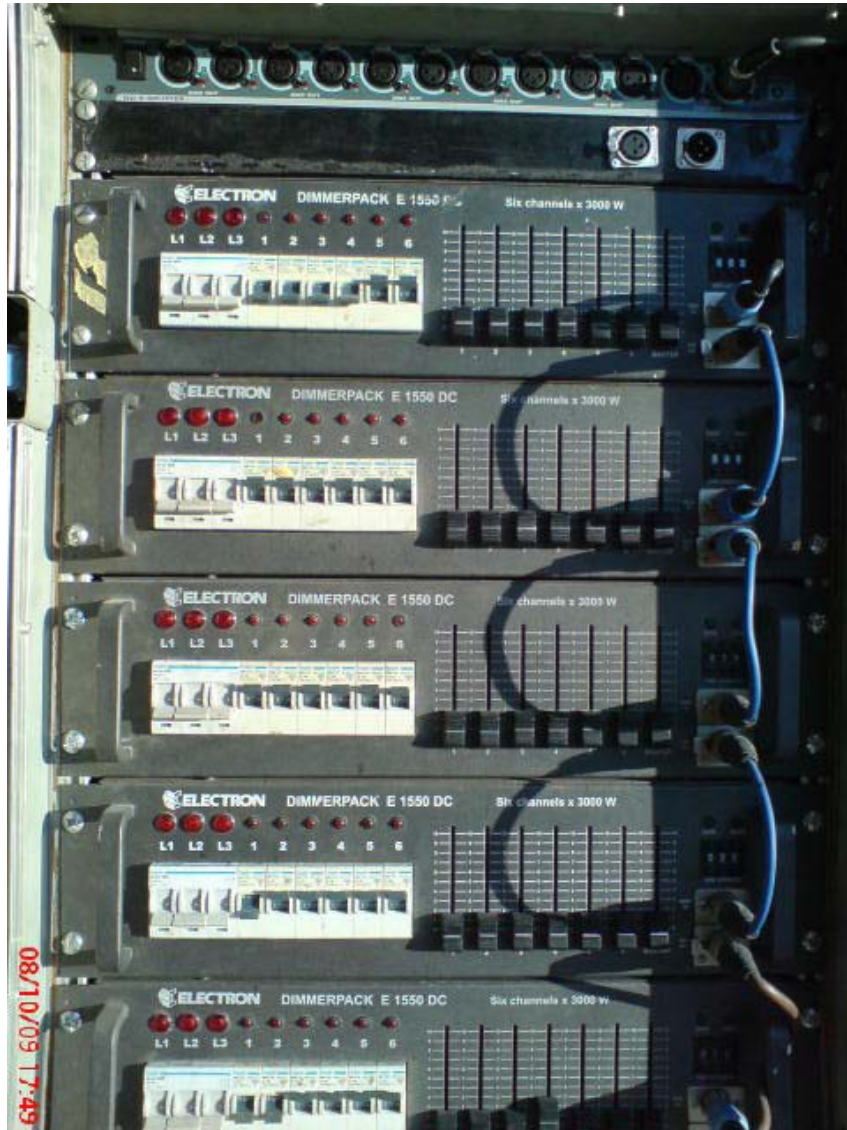
### **3.6: RACK DIMMERS**

Τα dimmer: η λειτουργία των οποίων σας έχουμε περιγράψει σε προηγούμενο κεφάλαιο θα τοποθετηθούν σε μεταλλικό κρίωμα rack. Στο ίδιο κρίωμα θα τοποθετηθεί ένα ενεργό splitter (διανομέας σήματος dmx) μέσω του οποίου τα dimmer θα δέχονται εντολές από την κονσόλα φωτισμού. Φωτ. 3.14-15

Το κάθε dimmer τροφοδοτείται με φως 5x32 A. Για τον σκοπό αυτό από τον κεντρικό πίνακα τροφοδοσίας του κτιρίου θα έχουμε μία αναχώρηση με καλώδιο 5 x 16 mm το οποίο θα καταλήγει σε έναν πίνακα διανομής ο οποίος είναι τοποθετημένος κοντά στον χώρο του dimmer rack. Από τον πίνακα έχουμε ασφαλισμένες πέντε ανεξάρτητες αναχωρήσεις με καλώδια 5 x 4 mm εύκαμπτο τα οποία καλώδια τερματισμένα σε φως 5x 32 και τροφοδοτούν τα dimmer. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται για την χρησιμοποίηση 5 dimmer 6 channel έκαστο. Αν θελήσουμε να βάλουμε dimmer 12 channels θα χρησιμοποιηθούν 3 dimmer ήτοι 36 channels οπότε οι αναχωρήσεις από τον πίνακα θα είναι τρεις.



Φωτ. 3.14: Dimmers από την πίσω μεριά



Φωτ. 3.15: Στην πάνω μέρος βλέπουμε το ενεργό Dmx Splitter και την μπροστινή όψη των Dimmers

### **3.7: ΠΡΟΒΟΛΕΑΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ**

Απαραίτητως πρέπει στο βάθος της αίθουσας στον χώρο που θα είναι οι κονσόλες ήχου και φωτισμού να τοποθετηθεί ένας προβολέας παρακολούθησης (κανόνι) 1200 w με λυχνία υψηλής πίεσεως hmi για τον φωτισμό συγκεκριμένων δρώμενων. Φωτ 3.16. Ο προβολέας θα τοποθετηθεί σε βάση (τρίποδη) βαρέως τύπου σε ύψος 2 μέτρων Φωτ 3.17. Η τροφοδοσία του θα γίνει με καλώδιο 3x2,5 mm ανεξαρτήτως ασφαλισμένο από τον κεντρικό πίνακα.



Φωτ 3.16: Κανόνι παρακολούθησης



Φωτ 3.17: Βάση στήριξης προβολέα παρακολούθησης βαρέυ τύπου

### **3.8: Κονσόλα φωτισμού**

Στην αναφορά που κάναμε για την χρήση του dmx 512 διαπιστώσαμε ότι για την ενεργοποίηση των dimmer τα οποία δέχονται πρωτόκολλο επικοινωνίας dmx απαιτείται μία κονσόλα ελέγχου.

Με τα οικονομικά δεδομένα για τον εξοπλισμό της αίθουσας του 6<sup>ου</sup> ΕΠ.ΑΛ. και έχοντας ως δεδομένο ότι θα διαχειριστούμε 24 κανάλια dimmer η πρότασή μας είναι για την κονσόλα φωτισμού της εταιρείας BERHNINGER mod. LC 2412. Φωτ. 3.18.



Φωτ 3.18: Κονσόλα φωτισμού BERHNINGER LC 2412

Σας παραθέτουμε τα τεχνικά στοιχεία της κονσόλας:

- Κονσόλα μίξης φώτων με μονάδα ελέγχου DMX512 καθώς και μια αναλογική έξοδο.
- 24 κανάλια Preset και δώδεκα κανάλια Memory. Μέσω της ψηφιακής θύρας επικοινωνίας DMX512 μπορούμε να χειριστούμε ταυτόχρονα ακόμη και 78 κανάλια dimmer (26 κανάλια κονσόλας x 3 κανάλια DMX). Καθώς μπορούμε σε ένα κανάλι dimmer να χειριστούμε περισσότερα φωτιστικά, αυτή η κονσόλα μας προσφέρει πάρα πολλές δυνατότητες.
- Δυνατότητα ελέγχου μέσω MIDI.

### Λειτουργίες:

*Presets:* Μπορούμε να ρυθμίσουμε μια σύνθετη εγκατάσταση φωτισμού, μέχρι και 24 κανάλια. Τα επιμέρους κανάλια μπορούμε να τα ρυθμίσουμε με τα πλήκτρα FLASH, ανεξάρτητα από τη ρύθμιση του Fader σε φωτιστική ένταση 100%.

*Memories:* Αποθηκεύουμε τα Preset σε 10 ξεχωριστές συστοιχίες και καλούμε το κάθε ένα ξεχωριστά.

Με τις πρόσθετες κάρτες μνήμης PCMCIA μπορούμε να αρχειοθετήσουμε όλα τα Memories.

*Chases:* Για φώτα κυλιόμενα που έχουν συνδυασμούς επιμέρους προγραμματισμένων βημάτων(μέχρι και 99 βήματα).

*Crossfade:* Ανάμεσα στα επιμέρους βήματα ενός κυλιόμενου φωτός, μπορούμε να μεταβούμε χειροκίνητα ή αυτόματα και προς τις δυο κατευθύνσεις ή απο το ένα βήμα στο άλλο.

*Preview:* Με αυτή τη λειτουργία, μπορούμε να απεικονίσουμε αποθηκευμένα memories ή chases, χωρίς να φαίνονται στη σκηνή.

### **3.9: ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ**

Πρακτικά ως προς την τοποθέτηση του φωτισμού στον συγκεκριμένο χώρο πρέπει να κατασκευαστεί μία τράσσα αλουμινίου ή από σωλήνα 1,5'' εγκάρσιας τομής 30 x 30 cm. φωτ. 3.19 η οποία θα τοποθετηθεί παράλληλα με την μπούκα ( αυλαία ) της σκηνής. Στο εμπόριο υπάρχουν τράσσες 0,5 – 1 – 2 – 3m



Φωτ. 3.19 :Τράσσα εγκάρσιας τομής 30 x 30 cm

Η τράσσα θα τοποθετηθεί στο δυνατόν ανώτερο σημείο πατώντας επάνω σε δύο κατασκευές που θα έχουμε στερεώσει δεξιά-αριστερά. Για καλύτερη στατική επάρκεια, και λόγω του μήκους που υπάρχει καλό θα είναι να υπάρξει και μία ενδιάμεση στερέωση στην οροφή.

Στην οροφή της σκηνης και σε βάθος 60 cm από την μούκα θα τοποθετηθεί κυκλοδοκός 40 x 30 με περαστές βίδες η οποία θα είναι πιασμένη στην οροφή με ούπα και στριφώνια 12 mm.

Παρόμοια κατασκευή με την προηγούμενη θα τοποθετηθεί στο βάθος της σκηνης σε απόσταση 50 cm από το τέλος της σκηνης. Φωτ. 3.20.



Φωτ 3.20: Η κατασκευή εσωτερικά

(Η τοποθέτηση του φωτιστικού εξοπλισμού, θα γίνει όπως απεικονίζεται στο σχέδιο τοποθέτησης των μηχανημάτων στο χώρο του 6<sup>ου</sup> ΕΠ.ΑΛ. που βρίσκεται στο κεφάλαιο 2.21.2, σελίδα.130)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Marshall Long "Architectural Acoustics (Applications of Modern Acoustics)"(2005),Academic Press
- Ντοκόπουλος Πέτρος, "Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών και Χαμηλής Τάσης"(1992),Π.Ζητη & Σια ΟΕ, Θεσσαλονίκη
- Lawrence E. Kinsler & Austin R. Frey & Alan B. Coppens & James V. Sanders (1976), "FUNDAMENTALS OF ACOUSTICS" fourth edition, John Wiley & Sons, Hoboken
- Gary Davis & Ralph Jones (1989), "SOUND REINFORCEMENT HANDBOOK" second edition, Yamaha, USA
- F. Alton Everest (1994), « ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ» τρίτη έκδοση , Α. Τζιόλα Ε., Θεσσαλονίκη (τίτλος πρωτοτύπου: "The Master Handbook Of Acoustics")
- Τσινίκας Νίκος (2005), «ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΩΡΩΝ» δεύτερη έκδοση , University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- Porges G. (1977), "APPLIED ACOUSTICS", Peninsula Publishing, London
- Σκαρλάτος Δημήτρης (2003), «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ » δεύτερη έκδοση , Φιλομάθεια, Πάτρα
- Eargle, J. "The Microphone Book"(2001), Focal Press, Boston
- Παπανικολαου Γ. "Τεχνολογια Ηχογραφησεων" (1991),University Studio Press,Θεσσαλονικη
- Brice R. "Music Engineering: The Electronics of Playing and Recording " (1998),Newnes
- Σημειώσεις του Τ.Ε.Ι. Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής «ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΗΧΟΥ Ι (Εργαστήριο)», Χρήστος Κουστοδημάκης & Μηνάς Σηφάκης
- Σημειώσεις του Τ.Ε.Ι. Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής «ΦΥΣΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ », Δημήτρης Ζαχαριουδάκης

### **Από Διαδίκτυο:**

- How Stuff Works:...<http://www.howstuffworks.com>
- Wikipedia:.....<http://www.wikipedia.org>
- Beringer:.....<http://Behringer.com>
- Akg:.....<http://www.akg.com>
- Bespeco:.....<http://www.bespeco.it>
- Dynacord:.....<http://www.dynacord.com>
- Selecon:.....<http://www.seleconlight.com>
- American Audio:.....<http://www.adjaudio.com>
- Neutrik.....<http://www.neutrik.com>
- Alto:.....<http://www.directproaudio.com>
- Dts:..... <http://www.dts-lighting.it>