

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Ηλεκτροακουστική μελέτη Ιερού Ναού Αγίου Μηνά Ηρακλείου

ΑΛΕΦΑΝΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να προβάλλουμε μια ολοκληρωμένη παρουσίαση Ηλεκτρακουστικής μελέτης και εγκατάστασης ενός ναού και συγκεκριμένα του Ι. Ναού Αγίου Μηνά Ηρακλείου. Ο αναγνώστης θα έχει την ευκαιρία να πάρει αναλυτικές πληροφορίες που αφορούν γενικά τη θεωρία του ήχου και ειδικά τη συγκεκριμένη μελέτη οι οποίες θα περιγράφονται στα παρακάτω επιμέρους κεφάλαια .

1. Βασική θεωρία του ήχου
2. Το αυτί και η αντίληψη της ακοής
3. Ομιλία , μουσική , θόρυβος
4. Αντήχηση
5. Φαινόμενα κατά τη διάδοση του ήχου.
6. Ανακλάσεις του ήχου σε κλειστούς χώρους
7. Ορθόδοξοι ναοί
8. Είδη και χαρακτηριστικά μικροφώνων
9. Μεγαφωνα.
10. Ενισχυτικές διατάξεις ακουστικών συχνοτήτων
11. Software ακουστικών μελετών
12. Ιστορικό και σύντομη περιγραφή της αρχιτεκτονικής του Ιερού Ναού Αγίου Μηνά Ηρακλείου
13. Μελέτη τοποθέτησης ηχείων στο ναό
14. ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Ελπίζουμε ότι η παρούσα μελέτη είναι πλήρως κατανοητή και περιέχει όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες , έτσι ώστε να αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τον κάθε ειδικό τεχνικό που θέλει να αναλάβει και να ολοκληρώσει μια παρόμοια εγκατάσταση

PREFACE

The purpose of this thesis is to present on integrated Electroakoustic Study and it's installation in a temple particularly in the Saint Minas Cathedral. Every one who reads this will get a lot of information in detail regarding the theory of the Sound. This Study contains the following Chapters :

1. Basic Sound theory
2. The ear and the conception of hearing.
3. The Speech , the Music and the noise
4. The Doppler phenomenon
5. The Situations which take place during propagation of the Sound.
6. The Sound reflections in the closed areas
7. The Orthodox temples
8. The types and the features
9. The Speakers
10. The amplifier circuits of the frequencies which can be heard by the human ear.
11. The Software of the acoustic Studies
12. The Story and a Short architecture description of the Saint Minas Cathedral in Iraklion.
13. Placement Study of the Speakers in the cathedral
14. The adjustments an the installation

We hope this Study is fully understandable and has all the necessary details in such away to be on useful tool for the technician who wants to complete on installation like this one.

I hope you find the content informative and understand

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΣΕΛ
PREFACE	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
Βασική θεωρία του ήχου	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	4
Το αυτί και η αντίληψη της ακοής	4
Εντοπισμός ηχητικών πηγών	5
Εντοπισμός στη διπλή ακοή	7
Το φαινόμενο προβαδίσματος (φαινόμενο Haas)	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	11
Ομιλία , μουσική, θόρυβος	11
Ηχητικές πηγές ομιλίας	11
Μουσική	12
Περιοχή ακουστικότητας	12
Θόρυβος	14
Ο καλός θόρυβος	14
Τυχαίος θόρυβος	15
Λευκός και ροζ θόρυβος	15
Παραμόρφωση σήματος	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	19
Αντήχηση	19
Χρόνος αντήχησης	19
Μέτρηση χρόνου αντήχησης	20
Ταχύτητα εξασθένησης	20
Απαλοιφή διακυμάνσεων εξασθένησης	20
Άριστος χρόνος αντήχησης	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	25
ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	25
Ανάκλαση	25
Ανακλάσεις από επίπεδες επιφάνειες	25
Ανακλάσεις από κυρτές επιφάνειες	26
Ανακλάσεις από κοίλες επιφάνειες	27
Ανακλάσεις από παραβολικές επιφάνειες	27
Περίθλαση – Διάθλαση	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	32
Ανακλάσεις του ήχου σε κλειστούς χώρους	32
Νόμος του πρώτου μετώπου κύματος	32
Μέση ελεύθερη διαδρομή	33
Αντίληψη των ηχητικών ανακλάσεων	33
Αντίληψη της ευρυχωρίας	34
Διακριτή ηχώ	35
Μεγάλοι χώροι	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	36
ΟΡΘΟΔΟΞΟΙ ΝΑΟΙ	36
Ιερό βήμα	36
Κυρίως ναός	36
Περιφερειακοί ναοί	37
Πολυγωνικοί ναοί	38

Τετραγωνικοί ναοί	39
Ακουστικές ιδιότητες των τρούλων	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	45
ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ – ΚΑΛΩΔΙΩΝ	45
Μικρόφωνο	45
Χαρακτηριστικά μικροφώνων	46
Πολικά διαγράμματα μικροφώνων	49
Διάφορα είδη μικροφώνων	54
Μικρόφωνο άνθρακα	54
Δυναμικό μικρόφωνο - μικρόφ. κινούμενου πηνίου	55
Μικρόφωνο ταινίας	56
Κρυσταλλικό μικρόφωνο	57
Πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα	58
Πυκνωτικό μικρόφωνο	58
ΕΛΕΚΤΡΕΤ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ	59
Τροφοδοτικό πυκνωτικού μικροφώνου	59
Τροφοδοτικά PHANTOM	60
Δύο μέθοδοι τροφοδότησης με σύστημα PHANTOM POWER σε πυκνωτικά μικρόφωνα	61
Μικρόφωνα με περισσότερα από ένα πολικά διαγράμματα	63
Εκτός άξονα απόκρισης συχνότητας (OFF – AXIS)	65
ULTRA – DIRECTIONAL ή SHOT GUN	66
ΚΑΛΩΔΙΑ	67
Ισορροπημένες και μη ισορροπημένες γραμμές	
Balanced - Unbalanced	68
ΣΥΝΑΚΡΟΑΣΗ	72
Μικροφωνικά βύσματα	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	77
ΜΕΓΑΦΩΝΑ	77
Μεγάφωνα μόνιμου μαγνήτη	78
Ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα	80
Μεγάφωνα χοάνης	80
Συνδεσμολογία μεγαφώνων	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	89
ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	89
Χαρακτηριστικά ενισχυτών ακουστικών συχνοτήτων	90
Απολαβή	90
Ωφέλιμη ισχύς εξόδου	91
Βαθμός απόδοσης	91
Καμπύλη απόκρισης	91
Παραμορφώσεις	91
Τάξεις λειτουργίας ενισχυτών ισχύος	91
Τάξη λειτουργίας A	91
Τάξη λειτουργίας B	92
Τάξη λειτουργίας AB	93
Τάξη λειτουργίας C	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	95
SOFTWARE ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ	95
Bose sound system software	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12	98

Ιστορικό και σύντομη περιγραφή της αρχιτεκτονικής του ιερού ναού Αγίου Μηνά	98
Σύντομη αρχιτεκτονική περιγραφή του ναού	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13	102
Μελέτη τοποθέτησης ηχείων στο ναό	102
Άδεια εκκλησία με πάτωμα μάρμαρο	121
Εκκλησία με πεντακόσια άτομα και πάτωμα μάρμαρο	138
Άδεια εκκλησία με καθίσματα	153
Εκκλησία με πεντακόσια άτομα και καθίσματα	169
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14	184
Ρυθμίσεις – Εγκατάσταση	184
Ομάδες – θέσεις	184
Κύριος ναός	185
Γυναικωνίτης	186
Ύψος – Κέντρο βάρους ηχοστηλών	187

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Βασική θεωρία του ήχου

Ο ήχος μπορεί να οριστεί σαν κυματική κίνηση στον αέρα ή σε άλλα ελαστικά μέσα ή σαν εκείνη η διέγερση του μηχανισμού ακοής που έχει σαν αποτέλεσμα την αντίληψη του ήχου. Το ποιος ορισμός ισχύει εξαρτάται από το αν η προσέγγιση είναι φυσική ή ψυχοφυσική. Αν το ενδιαφέρον βρίσκεται στην διαταραχή του αέρα που δημιουργείται από ένα μεγάφωνο, τότε έχουμε Φυσικής. Αν το ενδιαφέρον έγκειται στον τρόπο με τον οποίο ακούγεται σε ένα άτομο που βρίσκεται κοντά στο μεγάφωνο, πρέπει να χρησιμοποιηθούν ψυχοφυσικές μέθοδοι.

Η συχνότητα είναι μια ιδιότητα των περιοδικών κυμάτων που μετρείται σε hertz και μπορεί να παρατηρηθεί εύκολα σε ένα παλμογράφο ή να μετρηθεί με ένα συχνόμετρο. Το αυτί αντιλαμβάνεται διαφορετικά ύψος ήχου σε μαλακό τόνο 100 Hz απ' ότι σε έντονο τόνο. Καθώς αυξάνει η ένταση, το ύψος ενός τόνου χαμηλής συχνότητας κατεβαίνει, ενώ το ύψος ενός τόνου υψηλής συχνότητας ανεβαίνει.

Διάδοση του ήχου.

Αν ένα σωματίδιο αέρα απομακρυνθεί από την αρχική του θέση, οι ελαστικές δυνάμεις του αέρα τείνουν να το αποκαταστήσουν στην αρχική του θέση. Εξαιτίας της αδράνειάς του, το σωματίδιο προσπερνά την θέση ηρεμίας, ενεργοποιώντας ελαστικές δυνάμεις προς την αντίθετη κατεύθυνση κ.ο.κ.

Ο ήχος διαδίδεται εύκολα σε αέρια, υγρά και στερεά όπως ο αέρας, το νερό το ατσάλι, το μπετόν κλπ. Που όλα τους είναι ελαστικά μέσα. Χωρίς μέσο διάδοσης ο ήχος δεν μπορεί να διαδοθεί. Το αστρικό διάστημα είναι το σχεδόν τέλειο κενό και δεν μπορεί να διαδοθεί σ' αυτό ήχος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

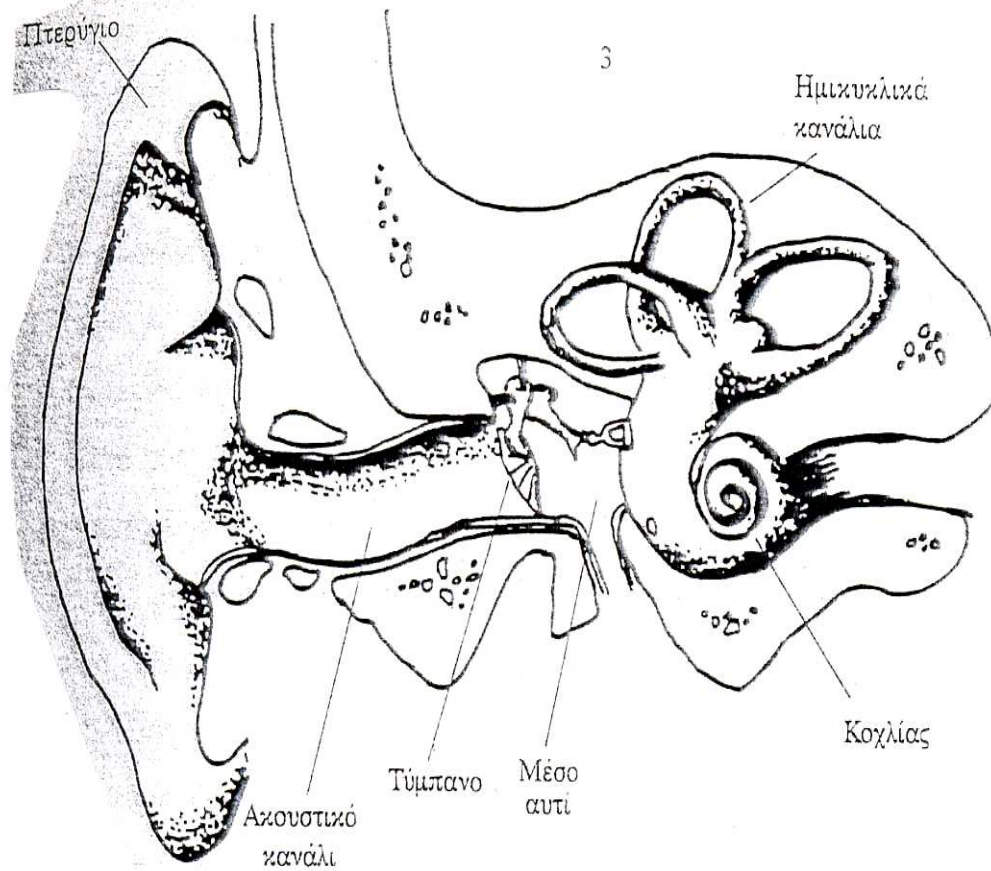
Το αυτί και η αντίληψη της ακοής

Η μελέτη της κατασκευής του αυτιού είναι μία μελέτη φυσιολογίας . Η μελέτη της ανθρώπινης αντίληψης του ήχου βρίσκεται στο γενικό κεφάλαιο της ψυχολογίας. Η ψυχακουστική είναι ένας γενικός όρος που περιλαμβάνει την φυσική κατασκευή του αυτιού, τις διαδρομές κίνησης του ήχου, την αντίληψη του ήχου, και τις σχέσεις μεταξύ τους.

Η ανατομία του αυτιού.

Τα τρία τμήματα του ανθρώπινου ακουστικού συστήματος, που φαίνεται στο σχήμα 2.1 , είναι το έξω αυτί και το έσω αυτί. Το έξω αυτί αποτελείται από το πτερύγιο και από το ακουστικό κανάλι. Το ακουστικό κανάλι τελειώνει στη ακουστική μεμβράνη ή τύμπανο. Το μέσο αυτί είναι ένας χώρος γεμάτος αέρα που διασχίζεται από τα τρία μικρά οστά που ονομάζονται σφύρα άκμονας και αναβολέας. Η σφύρα είναι κολλημένη στο τύμπανο και ο αναβολέας κολλημένος στο ελλειψοειδές παράθυρο του έσω αυτιού. Όλα μαζί αυτά τα τρία οστά σχηματίζουν μια μηχανική σύνδεση μοχλού, μεταξύ του τύμπανου το οποίο ενεργοποιείται από τον αέρα και τον κοχλία του έσω αυτιού ο οποίος είναι γεμάτος υγρό. Το έσω αυτί τελειώνει στο ακουστικό νεύρο το οποίο στέλνει ερεθίσματα στον εγκέφαλο.

Γενικά μπορεί να θεωρηθεί ότι το μέσο αυτί δρα σαν μια αντίσταση και ένας μηχανισμός που συνδέει και προστατεύει το εσωτερικό και το εξωτερικό αυτί. Παράλληλα το εσωτερικό αυτί είναι το μέρος του αυτιού όπου λαμβάνει χώρα η μετατροπή των δονήσεων σε νευρικά κύματα.



Σχήμα 2.1

Εντοπισμός ηχητικών πηγών.

Η αντίληψη της κατεύθυνσης της πηγής ενός ήχου είναι, τουλάχιστον εν μέρει, αποτέλεσμα της λειτουργίας κωδικοποίησης του εξωτερικού αυτιού, δηλαδή του πτερυγίου. Ο ήχος που ανακλάται από τις διάφορες αυλακώσεις, διπλώσεις και επιφάνειες του πτερυγίου προστίθεται με τον άμεσο ήχο που δεν ανακλάται στην είσοδο του ακουστικού καναλιού. Αυτή η πρόσθεση, που τώρα είναι κωδικοποιημένη

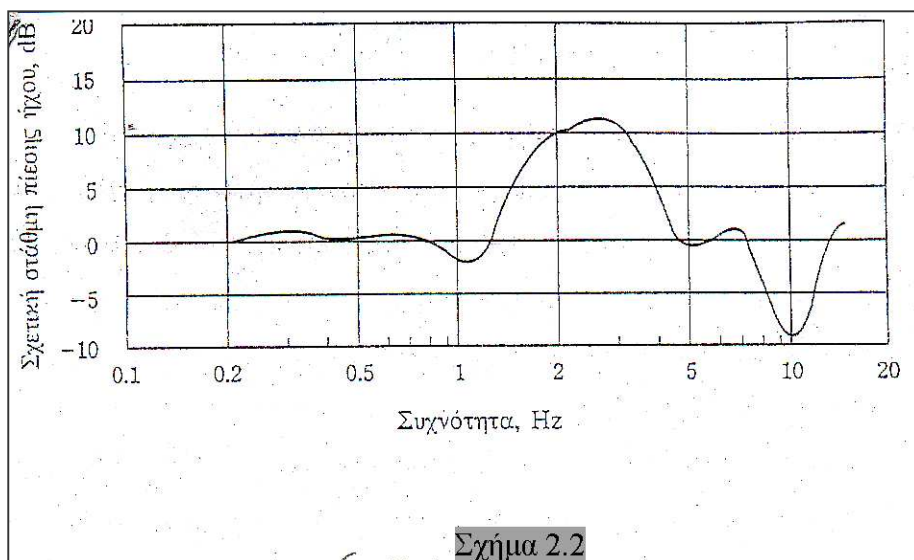
με τις πληροφορίες κατεύθυνσης , περνά μέσα από το ακουστικό κανάλι προς το τύμπανο και από κει στο μέσο και στο έξω αυτί και στη συνέχεια στον εγκέφαλο, για ερμηνεία.

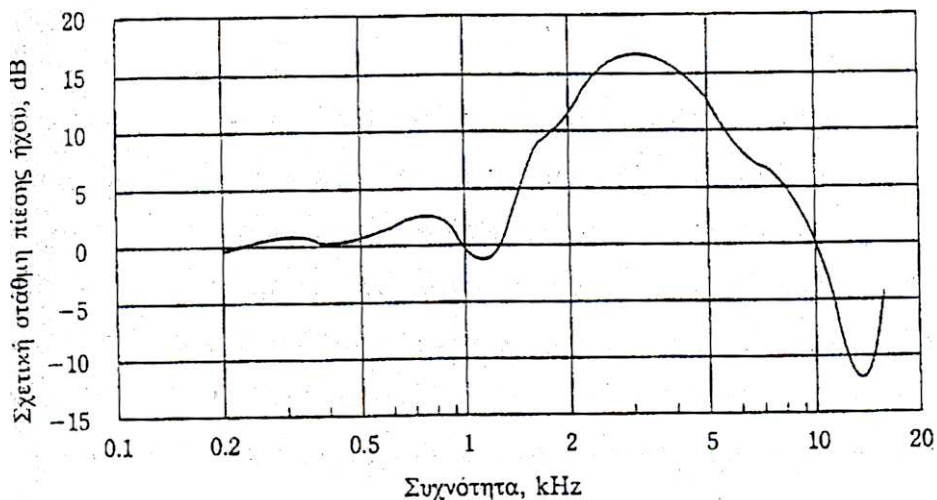
Για έναν ήχο που έρχεται απευθείας από το εμπρός μέρος του ακροατή (αζιμούθιο και κατακόρυφη γωνία = 0), η «απόκριση συχνότητας»του αθροίσματος στο άνοιγμα του ακουστικού καναλιού μπορεί να είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 2.2 Αντί για απόκριση συχνότητας , η καμπύλη αυτού του είδους ονομάζεται συνάρτηση μεταφοράς επειδή παριστάνει ένα διανυσματικό άθροισμα που περιέχει γωνίες φάσης.

Ο ήχος για να φτάσει από την είσοδο του καναλιού του αυτιού μέχρι το τύμπανο, πρέπει να διανύσει το ακουστικό κανάλι. Επειδή η συνάρτηση μεταφοράς στην είσοδο του καναλιού του αυτιού (σχήμα 2.3) προστίθενται , μεταβάλλεται δραστικά η συνάρτηση μεταφοράς του ήχου που προσπίπτει στο τύμπανο , και η οποία είναι το άθροισμά τους. Το σχήμα 2.3 δείχνει μια συνηθισμένη συνάρτηση μεταφοράς μόνο για το κανάλι του αυτιού. Πρόκειται για μια στατική , σταθερή συνάρτηση η οποία δεν μεταβάλλεται με την κατεύθυνση άφιξης του ήχου. Το κανάλι του αυτιού λειτουργεί σαν ακουστικός σωλήνας ενός τετάρτου μήκους κύματος κλειστός στο ένα άκρο από το τύμπανο , και εμφανίζει δύο ευδιάκριτους συντονισμούς.

Αν η συνάρτηση μεταφοράς που παριστάνει τη συγκεκριμένη κατεύθυνση προς τη πηγή στο σχήμα 2.2 προστεθεί με τη σταθερή συνάρτηση μεταφοράς του καναλιού του αυτιού , στο σχήμα 2.3 έχουμε την αθροιστική συνάρτηση μεταφοράς στο τύμπανο. Ο εγκέφαλος τη μεταφράζει σε αντίληψη ήχου ο οποίος έρχεται κατευθείαν από το εμπρός μέρος του ακροατή .

Η συνάρτηση μεταφοράς στη είσοδο του καναλιού του αυτιού έχει διαφορετικά σχήματα για κάθε οριζόντια και κατακόρυφη κατεύθυνση. Ο ήχος που φθάνει στο τύμπανο είναι το ακατέργαστο υλικό για κάθε αντίληψη κατεύθυνσης. Ο εγκέφαλος αγνοεί τη σταθερή συνιστώσα του καναλιού του αυτιού και μεταφράζει τα διαφορετικά σχήματα των συναρτήσεων μεταφοράς σε αντίληψη κατεύθυνσης.





Σχήμα 2.3

Τι συμβαίνει όμως με τους ήχους που φτάνουν στο διάμεσο επίπεδο ; Το διάμεσο επίπεδο είναι ένα κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται συμμετρικά από το κέντρο του κεφαλιού και από τη μύτη. Πηγές ήχου που βρίσκονται στο επίπεδο αυτό εμφανίζουν ακριβώς ίδιες συναρτήσεις μεταφοράς για τα δύο αυτιά. Ο ακουστικός μηχανισμός χρησιμοποιεί ένα άλλο σύστημα για τέτοιες θέσεις, ένα σύστημα που δίνει ορισμένη ταυτότητα θέσης σε διαφορετικές συχνότητες . Για παράδειγμα συνιστώσες σήματος κοντά στα 5000 και 8000 Hz γίνονται αντιληπτές σαν να προέρχονται κατευθείαν από επάνω , συνιστώσες κοντά στα 1000 και στα 10000 Hz σαν να έρχονται από πίσω. Ο τομέας αυτός έρευνας είναι ενεργός και συνεχώς βελτιώνεται. Το πτερύγιο του αυτιού, που αρχικά θεωρούνταν ότι ήταν ένα άχρηστο υποτυπώδες όργανο , αποδεικνύεται ότι είναι ένας εκπληκτικός μηχανισμός κατευθυντικής κωδικοποίησης του ήχου.

Ο ήχος που φτάνει κατευθείαν από εμπρός σε ένα ακροατή έχει μια κορυφή της συνάρτησης μεταφοράς στο τύμπανο στην περιοχή των 2 με 3 kHz. Αυτή είναι και η βάση της επιτυχημένης τεχνικής που είχαν οι παλαιοί μίκτες ήχου που προσέθεταν «παρουσία» σε ηχογραφημένη φωνή δίνοντας μια ενίσχυση ισοστάθμισης σ' αυτήν την περιοχή συχνότητας. Μπορούμε , ακόμη, να κάνουμε μια φωνή να ξεχωρίζει από ένα μουσικό υπόβαθρο προσθέτοντας μια τέτοια κορυφή στην απόκριση φωνής.

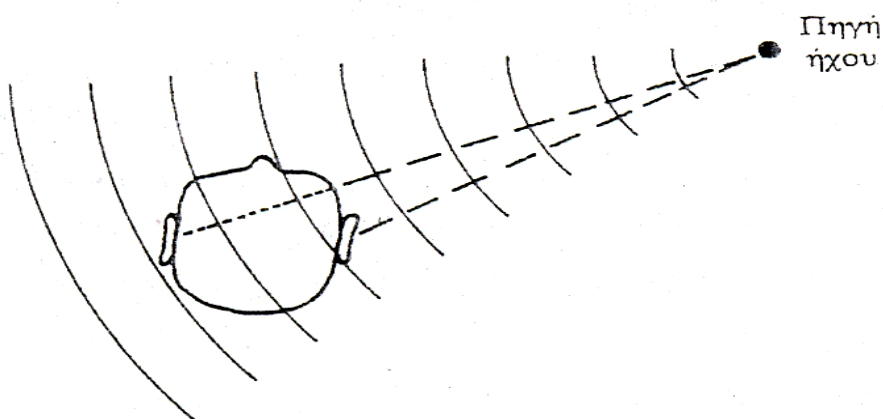
Εντοπισμός στη διπλή ακοή.

Η στερεοφωνική ακοή υπάρχει τουλάχιστον όσο υπάρχει και ο άνθρωπος . Όλα έχουν να κάνουν με τον εντοπισμό της πηγής του ήχου. Στα παλιά χρόνια μερικοί

νόμιζαν ότι το να έχουμε δύο αυτιά ήταν το ίδιο με το να έχουμε πνεύμονες ή δύο νεφρά , δηλαδή αν κάτι πήγαινε στραβά με το ένα , το άλλο συνέχιζε να λειτουργεί. Ο Λόρδος Rayleigh έσβησε την ιδέα αυτή με ένα απλό πείραμα που έκανε στο κήπο του Πανεπιστημίου του Cambridge. Μερικοί βοηθοί του σε κύκλο μιλούσαν ή χτυπούσαν διαπασών και ο Λόρδος Rayleigh στο κέντρο με τα μάτια του κλειστά έδειχνε προς τη πηγή του ήχου με μεγάλη ακρίβεια , βεβαιώνοντας το γεγονός ότι δύο αυτιά λειτουργούν μαζί για να πραγματοποιήσουν τον εντοπισμό στη διπλή ακοή.

Δύο είναι οι παράγοντες που εμπλέκονται , η διαφορά έντασης ήχου και η διαφορά στον χρόνο άφιξης του ήχου που πέφτει στα δύο αυτιά. Στο σχήμα 2.5 το αυτί που βρίσκεται κοντύτερα στη πηγή δέχεται μεγαλύτερη ένταση ήχου από το μακρινό αυτί επειδή το σκληρό κρανίο ρίχνει «σκιά ήχου». Εξαιτίας της διαφοράς απόστασης από την πηγή , το μακρινό αυτί δέχεται τον ήχο κάπως αργότερα από το κοντινό αυτί. Κάτω από το 1 kHz κυριαρχεί το φαινόμενο της φάσης , ενώ πάνω από το 1 kHz κυριαρχεί το φαινόμενο της έντασης. Στον εντοπισμό υπάρχει ένα τυφλό σημείο. Ο ακροατής δεν μπορεί να πει αν οι ήχοι έρχονται κατ' ευθείαν από πίσω επειδή η ένταση του ήχου που έρχεται σε κάθε αυτί είναι η ίδια και με την ίδια φάση.

Μια άλλη μέθοδος αντίληψης της κατεύθυνσης πραγματοποιείται σε ένα σχετικά μικρό δωμάτιο. Ο ήχος φτάνει στο άτομο σε ευθεία γραμμή και ακολουθείται από πολλές ανακλάσεις με διαφορετικές κατευθύνσεις. Ο ήχος που φτάνει πρώτος δημιουργεί στον ακροατή την κύρια αντίληψη της κατεύθυνσης . Αυτό έχει ονομαστεί **νόμος του πρώτου μετώπου κύματος**.



Σχήμα 2.5,

Το φαινόμενο προβαδίσματος (φαινόμενο Haas).

Ο ακουστικός μας μηχανισμός ολοκληρώνει τις εντάσεις ήχου σε μικρά χρονικά διαστήματα και λειτουργεί κάπως σαν βαλλιστικό όργανο μέτρησης. Με απλούστερους όρους , για περίπτωση μέσα σε αίθουσα , το αυτί και ο εγκέφαλος έχουν την αξιοσημείωτη ιδιότητα να συλλέγουν όλες τις ανακλάσεις που φτάνουν μέσα στα περίπου 50 msec μετά τον άμεσο ήχο και να τις προσθέτουν (ολοκληρώνουν) έτσι ώστε να δημιουργείται η εντύπωση ότι όλοι αυτοί οι ήχοι έρχονται από τη διεύθυνση της αρχικής πηγής , αν και υπάρχουν ανακλάσεις από άλλες κατευθύνσεις. Η ηχητική ενέργεια που ολοκληρώνεται σ' αυτήν τη χρονική περίοδο δίνει και μια εντύπωση πρόσθετης ηχηρότητας. Δεν πρέπει να μας εκπλήττει το γεγονός ότι το ανθρώπινο αυτί συγχωνεύει όλους τους ήχους που φτάνουν κατά τη διάρκεια ενός ορισμένου χρονικού παραθύρου. Η ακουστική συγχώνευση λειτουργεί καλύτερα κατά τη διάρκεια των πρώτων 20 ή 30 msec . Πέρα από τα 50 μέχρι 80 msec επικρατούν οι διάκριτες αντηχήσεις .

Ο Haas τοποθέτησε τα άτομά του σε απόσταση 3 μέτρων από δύο μεγάφωνα που ήταν τοποθετημένα έτσι ώστε έτεμναν μία γωνία 45 μοιρών , ενώ η γραμμή συμμετρίας των ακροατών διχοτομούσε τη γωνία αυτή. Οι συνθήκες ήταν περίπου ανηχοϊές . Ζητήθηκε από τους ακροατές να ρυθμίσουν ένα εξασθενητή μέχρις ότου ο ήχος από το «απευθείας» μεγάφωνο εξισωνόταν με τον ήχο από το «καθυστερημένο» μεγάφωνο. Στη συνέχεια ο Haas προχώρησε στη μελέτη της επίδρασης της μεταβολής της καθυστέρησης.

Αρκετοί ερευνητές είχαν προηγουμένως βρει ότι υπήρχαν πολύ μικρές καθυστερήσεις (μικρότερες από 1 msec)στη διάκριση της κατεύθυνσης της πηγής με μικρούς διαφορετικούς χρόνους άφιξης στα δύο αυτιά μας . Καθυστερήσεις μεγαλύτερες από αυτές δεν επηρεάζουν την αίσθησή μας για την καθυστέρηση.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.6 ο Haas βρήκε ότι στην περιοχή καθυστερήσεων από 5 μέχρι 35 msec , ο ήχος από το καθυστερημένο μεγάφωνο πρέπει να αυξηθεί περισσότερο από 10 dB σε σχέση με τον άμεσο πριν ακουστεί σαν ηχώ. Αυτό είναι το **φαινόμενο προβαδίσματος** ή **φαινόμενο Haas** . Μέσα σ' ένα δωμάτιο , η ενέργεια από ανάκλαση που φτάνει στο αυτί μέσα σε 35 msec ολοκληρώνεται με τον απευθείας ήχο και γίνεται αντιληπτή σαν τμήμα του άμεσου ήχου σε αντίθεση με τον ήχο αντήχησης. Αυτές οι πρώτες ανακλάσεις αυξάνουν την ηχηρότητα του ήχου , και , όπως είπε ο Haas , έχουν σαν αποτέλεσμα «...μια ευχάριστη τροποποίηση της εντύπωσης του ήχου με την έννοια ότι πλαταίνουν την πηγή του πρωτεύοντα ήχου ενώ η πηγή της ηχούς δεν γίνεται αντιληπτή από ακουστικής πλευράς».

Η μεταβατική ζώνη μεταξύ του φαινομένου ολοκλήρωσης για καθυστερήσεις μικρότερες από 35 msec και της αντίληψης του καθυστερημένου ήχου σαν διάκριτης ηχούς είναι βαθμιαία και , κατά συνέπεια , κάπως απροσδιόριστη. Μερικοί χαράσσουν τη διαχωριστική γραμμή σε μια βολική τιμή sec (62 msec) , άλλοι στα 80msec , και άλλοι στα 100msec πέρα από τα οποία δεν υπάρχει αμφισβήτηση για τη διάκριση του ήχου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ομιλία, μουσική , θόρυβος

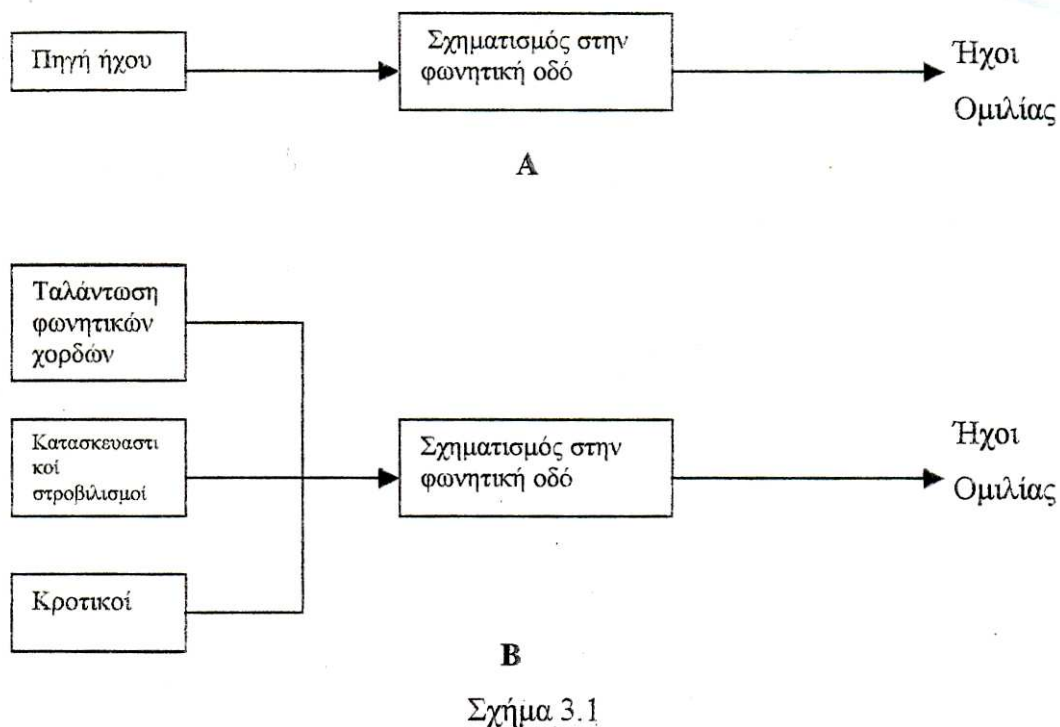
Η ομιλία , η μουσική και ο θόρυβος έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι όλοι οι άνθρωποι έχουν εμπειρία σ' αυτά. Επιπλέον ο θόρυβος πάντοτε βρίσκεται στη μουσική και την ομιλία. Οι ήχοι της ομιλίας δεν είναι τίποτε άλλο από παραμορφωμένους θόρυβος.

Ηχητικές πηγές ομιλίας .

Γενικά υπάρχουν δύο ανεξάρτητες λειτουργίες για την παραγωγή των ήχων της ομιλίας. Η ηχητική πηγή και το φωνητικό σύστημα. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1^α , έχουμε μια ροή στη σειρά όπου ο αρχικός ήχος παράγεται από μια πηγή και στη συνέχεια διαμορφώνεται στην φωνητική οδό. Για να είμαστε ακριβέστεροι . στην πραγματικότητα υπάρχουν τρεις διαφορετικές πηγές ήχου που διαμορφώνονται από τη φωνητική οδό , όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1β. Πρώτη είναι οι ήχοι που βγαίνουν από τις φωνητικές χορδές . Αυτοί διαμορφώνονται σε **ήχους φωνής**. Παράγονται με αέρα που προέρχεται από τους πνεύμονες και ο οποίος περνά από τη σχισμή που βρίσκεται ανάμεσα στις φωνητικές χορδές (τη γλωττίδα) , πράγμα που αναγκάζει τις χορδές να πάλλονται. Το ρεύμα του αέρα , που διασπάται σε παλμούς αέρα, παράγει έναν ήχο που μπορεί να ονομαστεί σχεδόν περιοδικός , δηλαδή επαναλαμβανόμενος με την έννοια ότι μια περίοδος ακολουθεί την άλλη.

Η δεύτερη πηγή ήχου είναι αυτή που δημιουργείται με σχηματισμό ενός στενώματος σε κάποιο μέρος της φωνητικής οδού με τα δόντια , τη γλώσσα , ή τα χείλη και που αναγκάζει τον αέρα να περνά μέσα απ' αυτά με αρκετά μεγάλη πίεση έτσι ώστε να δημιουργείται σημαντικός στροβιλισμός. Ο αέρας που στροβιλίζεται παράγει θόρυβο. Αυτός ο θόρυβος διαμορφώνεται από τη φωνητική οδό έτσι ώστε να σχηματίζει τους **δασείς ήχους** της ομιλίας όπως είναι τα σύμφωνα φ,σ,βκαι ζ. Αν προσπαθήσουμε να κάνουμε αυτούς τους ήχους βλέπουμε ότι πράγματι έχουμε αέρα με μεγάλη ταχύτητα.

Η τρίτη πηγή ήχου δημιουργείται με το πλήρες σταμάτημα της αναπνοής συνήθως προς τα εμπρός , με αύξηση της πίεσης και στη συνέχεια με την απότομη ελευθέρωση της αναπνοής . Αν προσπαθήσουμε να πούμε τα σύμφωνα κ, π και τ θα αισθανθούμε τη δύναμη τέτοιων **κροτικών** ήχων. Συνήθως ακολουθούνται από ένα τίναγμα δασέως ή στροβιλιζόμενου ήχου. Αυτά τα τρία είδη ήχων – **ήχοι φωνής** , **δασείς ήχοι** και **κροτικοί ήχοι** – είναι οι αρχικές πηγές που διαμορφώνονται στις λέξεις που μιλάμε συνήθως.



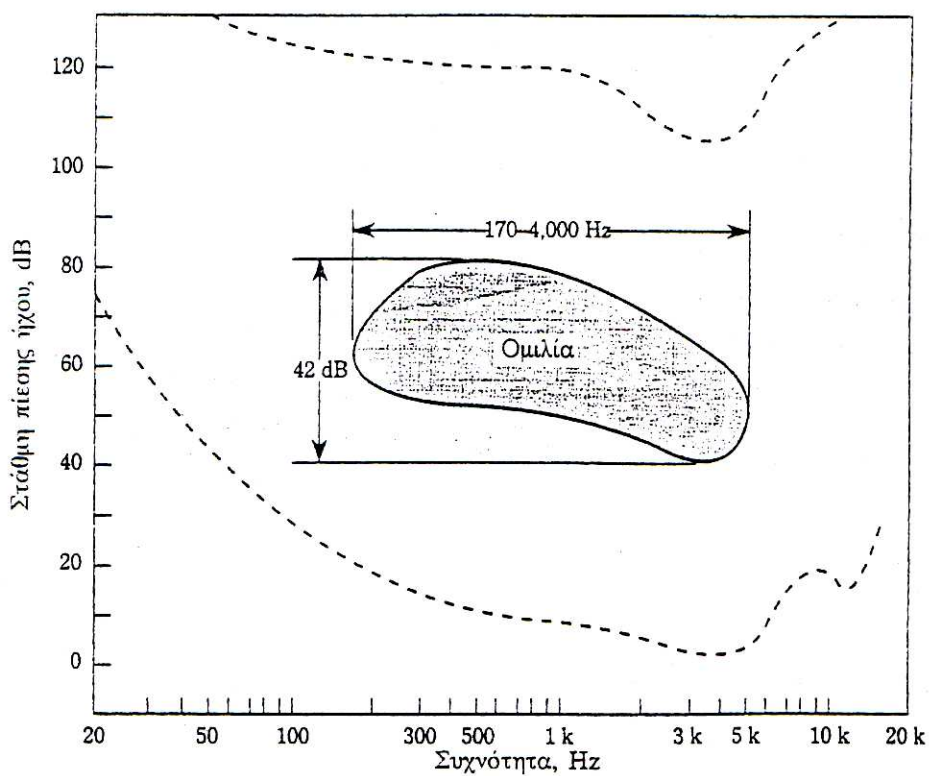
Μουσική.

Οι μουσικοί ήχοι είναι εξαιρετικά μεταβλητοί στην πολυπλοκότητά τους και εκτείνονται από τη σχεδόν ημιτονοειδή μορφή ενός απλού οργάνου ή φωνής μέχρι τον εξαιρετικά πολύπλοκο ανοιγμένο ήχο μιας συμφωνικής ορχήστρας. Κάθε όργανο και κάθε φωνή έχει διαφορετική τονική υφή για κάθε νότα. Λεπτομερέστερη ανάλυση των μουσικών ήχων κρίνεται ανούσια καθώς η μελέτη αυτή απευθύνεται σε εκκλησιαστικό χώρο όπου δεν παίζεται μουσική.

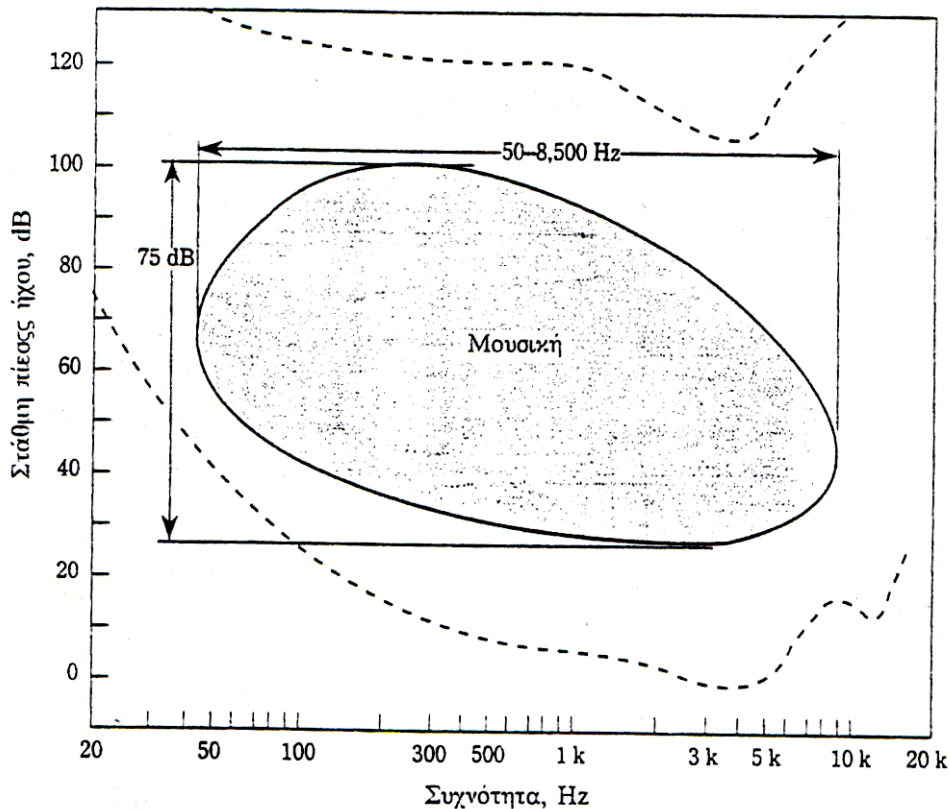
Περιοχή ακουστικότητας.

Η περιοχή συχνοτήτων και η δυναμική περιοχή ομιλίας, μουσικής και όλων των άλλων ήχων θέτουν διάφορες απαιτήσεις στο ανθρώπινο αυτί. Η περιοχή ακουστικότητας περιγράφει την ικανότητα του αυτιού. Η ομιλία και η μουσική χρησιμοποιούν μόνο ένα τμήμα αυτής της περιοχής. Στη σκιασμένη περιοχή του σχήματος 3.2 φαίνεται το τμήμα της περιοχής ακουστικότητας που χρησιμοποιείται στην ομιλία. Αυτό το σχήμα βρίσκεται στο κέντρο της περιοχής ακουστικότητας, πράγμα που είναι λογικό επειδή ούτε οι εξαιρετικά μαλακοί ή οι εξαιρετικά έντονοι ήχοι, ούτε οι ήχοι πολύ χαμηλής ή πολύ υψηλής συχνότητας χρησιμοποιούνται στους ήχους της κοινής ομιλίας. Η περιοχή ομιλίας στο σχήμα 3.2 βγαίνει από μακροχρόνιους μέσους όρους και τα όριά της θα πρέπει να ήταν θολά έτσι ώστε να παριστάνουν τις παροδικές εξάρσεις σε στάθμη και συχνότητα. Η περιοχή ομιλίας έτσι όπως

παριστάνεται , δείχνει μια μέση δυναμική περιοχή περίπου 42 dB. Η περιοχή συχνοτήτων από 170 μέχρι 4000 Hz καλύπτει περίπου 4,5 οκτάβες. Η περιοχή μουσικής στο σχήμα 3.3 είναι πολύ μεγαλύτερη από την περιοχή ομιλίας. Η μουσική χρησιμοποιεί πολύ μεγαλύτερο τμήμα της πλήρους περιοχής ακουστικότητας του αυτιού. Αντίστοιχα οι εξάρσεις σε στάθμη και συχνότητα είναι μεγαλύτερες από την ομιλία, πράγμα που πρέπει να αναμένεται. Και εδώ χρησιμοποιούνται μακροχρόνιοι μέσοι όροι για τον προσδιορισμό των ορίων της περιοχής μουσικής, και στην πραγματικότητα τα όρια θα έπρεπε να είναι θολά για να φαίνονται οι ακραίες καταστάσεις. Η μουσική στο σχήμα έχει δυναμική περιοχή περίπου 75dB και περιοχή συχνοτήτων περίπου 50 μέχρι 8500 Hz. Η έκταση συχνότητας είναι περίπου 7,5 οκτάβες , σε σύγκριση με την περιοχή 10 οκτάβων του ανθρώπινου αυτιού . Τα πρότυπα υψηλής πιστότητας απαιτούν πολύ ευρύτερη περιοχή συχνοτήτων από αυτήν, πράγμα που είναι και σωστό.



Σχήμα 3.2



Σχήμα 3.3

Θόρυβος.

Η λέξη «σήμα» υπονοεί ότι μεταφέρονται πληροφορίες. Ο θόρυβος διαμορφωμένος με το σωστό τρόπο, αποτελεί το βασικό τμήμα αυτής της επικοινωνίας. Ένας άλλος τρόπος διαμόρφωσης θορύβου σε επικοινωνία είναι η διακοπή του θορύβου για να δημιουργηθούν τελείες και παύλες. Επίσης μία ζώνη θορύβου που εξασθενεί μπορεί να δώσει πληροφορίες για την ακουστική ποιότητα της αίθουσας. Υπάρχουν είδη θορύβου που δεν είναι επιθυμητά. Μερικές φορές είναι δύσκολο να πούμε αν είναι το δυσάρεστο πράγμα που ονομάζουμε θόρυβο ή φορέα πληροφοριών.

Ο καλός θόρυβος.

Ο θόρυβος γίνεται διαρκώς και σημαντικότερο εργαλείο για μετρήσεις στην ακουστική. Ο καλός θόρυβος δεν είναι απαραίτητα και διαφορετικός από τον κακό θόρυβο που παρεμβάλλεται στην ακρόαση.

Στις ακουστικές μετρήσεις, η χρήση καθαρών τόνων είναι συχνά πολύ δύσκολη ενώ μια στενή ζώνη θορύβου με κέντρο στην ίδια συχνότητα κάνει δυνατές ικανοποιητικές μετρήσεις. Για παράδειγμα, αν ένα στούντιο γεμίζει με ένα σήμα καθαρού τόνου των 1000 Hz από ένα μεγάφωνο, το μικρόφωνο που λαμβάνει αυτόν

τον ήχο θα έχει έξοδο με μεγάλες διαφορές από θέση σε θέση εξαιτίας των συντονισμών της αίθουσας. Αν, ωστόσο από το ίδιο μεγάφωνο ακτινοβοληθεί μια ζώνη θορύβου με πλάτος μια οκτάβα και κέντρο τα 1000 Hz, η στάθμη από θέση σε θέση θα έχει την τάση να είναι περισσότερο ομογενής, αλλά και η μέτρηση θα περιέχει πληροφορίες για το τι συμβαίνει στη περιοχή των 1000 Hz. Αυτές οι τεχνικές μέτρησης έχουν κάποια λογική επειδή συνήθως ενδιαφερόμαστε για τον τρόπο αντίδρασης ενός στούντιο ή μιας αίθουσας ακρόασης στους πολύ πολύπλοκους ήχους που καταγράφονται ή αναπαράγονται, και όχι σε σταθερούς, καθαρούς τόνους.

Τυχαίος θόρυβος.

Ο τυχαίος θόρυβος παράγεται από κάθε ηλεκτρικό κύκλωμα, και η ελαχιστοποίηση της επίδρασής του είναι συχνά ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα.

Λευκός και ροζ θόρυβος.

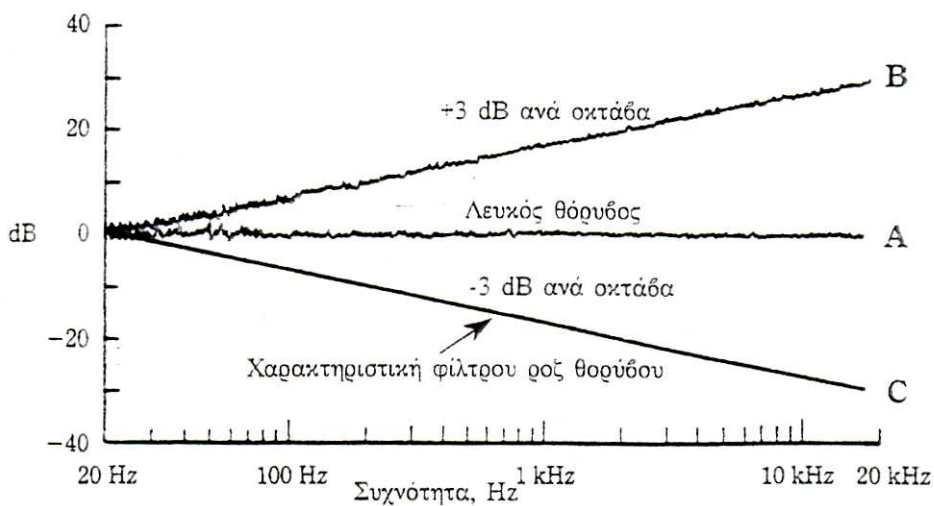
Οι αναφορές στο **λευκό θόρυβο** και στο **ροζ θόρυβο** είναι συνηθισμένες και μερικές φορές προκαλούν σύγχυση. Ποια είναι η διαφορά; Ο λευκός θόρυβος είναι αντίστοιχος με το λευκό φως στο ότι η ενέργεια και των δύο είναι κατανεμημένη ομοιόμορφα σε όλο το φάσμα. Με άλλα λόγια, η ενέργεια του λευκού θορύβου παρουσιάζει επίπεδη κατανομή ενέργειας με τη συχνότητα.

Αν το λευκό φως περάσει μέσα από ένα πρίσμα, αναλύεται σε μια περιοχή χρωμάτων. Το κόκκινο χρώμα σχετίζεται με τα μεγαλύτερα μήκη κύματος φωτός, δηλαδή με την περιοχή μικρότερων συχνοτήτων. Ο **ροζ θόρυβος** είναι θόρυβος που έχει μεγαλύτερη ενέργεια στις χαμηλές συχνότητες. Μάλιστα, ο ροζ θόρυβος ταυτοποιείται ιδιαίτερα σαν θόρυβος μεγάλης ενέργειας στην περιοχή μικρών συχνοτήτων με συγκεκριμένη κλίση 3 dB ανά οκτάβα. Γι' αυτή την ειδική κλίση υπάρχει πρακτική αιτία.

Αυτοί οι δύο όροι εμφανίστηκαν επειδή υπάρχουν δύο είδη αναλυτών φασμάτων που χρησιμοποιούνται συνήθως. Το ένα είναι ο **αναλυτής σταθερού πλάτους ζώνης συχνοτήτων**, που έχει ζώνη διέλευσης με σταθερό πλάτος καθώς συντονίζεται σε όλο το φάσμα. Ένας γνωστός αναλυτής αυτού του είδους έχει πλάτος ζώνης 5 Hz. Αν ο λευκός θόρυβος με το επίπεδο του φάσμα μετρούνταν με αναλυτή σταθερού πλάτους ζώνης συχνοτήτων, θα είχαμε άλλο ένα επίπεδο φάσμα επειδή ο αναλυτής θα μετρούσε σταθερή ενέργεια σε όλη την ζώνη.

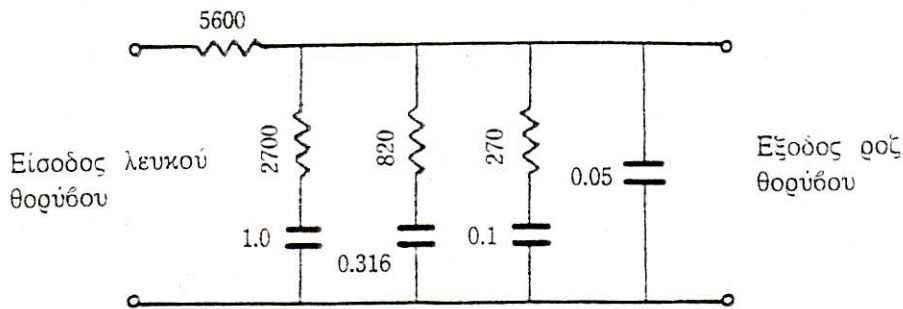
Ένα άλλο πολύ δημοφιλές και ευκολόχρηστο είδος αναλυτή φάσματος είναι ο **αναλυτής σταθερού ποσοστού πλάτους ζώνης συχνοτήτων**. Στο όργανο αυτό το πλάτος ζώνης συχνοτήτων αλλάζει με τη συχνότητα. Παράδειγμα είναι ο αναλυτής ενός τρίτου οκτάβας, που συνήθως χρησιμοποιείται επειδή το πλάτος ζώνης που ακολουθεί αρκετά καλά το κρίσιμο πλάτος ζώνης συχνοτήτων του ανθρώπινου αυτιού σε όλη την περιοχή ακουστικών συχνοτήτων. Στα 100 Hz το πλάτος ζώνης του αναλυτή ενός

τρίτου οκτάβας είναι μόνο 23 Hz αλλά στα 10 kHz το πλάτος είναι 2300 Hz. Είναι φανερό ότι το όργανο λαμβάνει πολύ μεγαλύτερη ενέργεια θορύβου σε μια ζώνη ενός τρίτου οκτάβας με κέντρο τα 10 kHz , παρά με κέντρο τα 100 Hz . Η μέτρηση λευκού θορύβου με αναλυτή σταθερού ποσοστού θα έδινε αποτέλεσμα με κλίση προς τα επάνω 3 dB/οκτάβα , όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4

Σε μετρήσεις ακουστικών συχνοτήτων , η επιθυμητή ιδιότητα πολλών οργάνων, αισουσών , κλπ, είναι επίπεδη απόκριση σε όλη την περιοχή συχνοτήτων. Ας υποθέσουμε ότι το σύστημα που πρόκειται να μετρηθεί έχει χαρακτηριστική σχεδόν επίπεδη ως προς τη συχνότητα. Αν αυτό το σύστημα διεγερθεί με λευκό θόρυβο και μετρηθεί με τον πολύ κατάλληλο αναλυτή σταθερού ποσοστού, το αποτέλεσμα θα έχει κλίση 3 dB/οκτάβα προς τα επάνω. Θα θέλαμε πολύ περισσότερο το μετρούμενο αποτέλεσμα να είναι σχεδόν επίπεδο έτσι ώστε οι αποκλίσεις από το επίπεδο να είναι καλύτερα ορατές. Αυτό μπορούμε να το καταφέρουμε με θόρυβο που έχει κλίση 3 dB/οκτάβα προς τα κάτω. Αν περάσουμε λευκό θόρυβο μέσα από ένα φίλτρο όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα 3.5, μπορούμε να πάρουμε ένα τέτοιο θόρυβο διέγερσης με κλίση προς τα κάτω. Ένας τέτοιος θόρυβος , ονομάζεται ροζ θόρυβος . Ένα σύστημα που διεγείρεται με αυτό το ροζ θόρυβο δίνει απόκριση σχεδόν επίπεδη, πράγμα που κάνει πολύ φανερές τις αποκλίσεις από το επίπεδο. Για τέτοιες αιτίες ο ροζ θόρυβος θα συνεχίσει να χρησιμοποιείται.



Σχήμα 3.5

Παραμόρφωση σήματος.

Η εξέταση που κάνουμε για τα διάφορα σήματα που συναντούμε στην ακουστική δεν θα ήταν πλήρης χωρίς τουλάχιστον μια αναγνώριση του τι μπορεί να συμβεί στο πολύτιμο σήμα όταν αυτό διέρχεται μέσα από μορφομετατροπείς, ενισχυτές και από διάφορα είδη εξοπλισμού επεξεργασίας σημάτων. Παρακάτω δίνεται ένας ενδεικτικός κατάλογος.

- Περιορισμός πλάτους ζώνης συχνοτήτων. Αν η ζώνη διέλευσης συχνοτήτων ενός ενισχυτή κόβει τα χαμηλά ή τα ψηλά, το σήμα εξόδου είναι διαφορετικό από την είσοδο.
- Μη ομογενής απόκριση . Κορυφές και κοιλάδες μέσα στη ζώνη διέλευσης συχνοτήτων μεταβάλουν και αυτές την κυματομορφή του σήματος.
- Χρονικές παραμορφώσεις.
- Παραμόρφωση φάσης. Οποιοσδήποτε εισαγόμενες μετατοπίσεις φάσης διαταράσσουν τη χρονική σχέση μεταξύ των συνιστωσών του σήματος.
- Δυναμική παραμόρφωση . Συμπύεση ή διαστολή που αλλάζει την αρχική δυναμική περιοχή σήματος αποτελεί μορφή παραμόρφωσης.
- Παραμόρφωση διασταύρωση . Σε ενισχυτές τάξης B, όπου οι συσκευές εξόδου άγουν μόνο στη μισή περίοδο, κάθε ασυνέχειες κοντά σε μηδενική έξοδο έχουν αποτέλεσμα αυτό που ονομάζουμε παραμόρφωση διασταύρωσης.
- Μη γραμμική παραμόρφωση . Η δημιουργία μέσα στη συνιστώσα στοιχείων συχνότητας που δεν υπήρχαν στο σήμα εισόδου γραμμικού ενισχυτή είναι αποτέλεσμα της μη γραμμικής παραμόρφωσης.
- Παροδική παραμόρφωση.
- Αρμονική παραμόρφωση. Η μέθοδος αρμονικής παραμόρφωσης για την αποτίμηση των αποτελεσμάτων της μη γραμμικότητας των κυκλωμάτων είναι

ίσως η παλαιότερη και η περισσότερο γενικά αποδεκτή μέθοδος. Στη μέθοδο αυτή η συσκευή που δοκιμάζεται οδηγείται με ένα πολύ καθαρό ημιτονοειδές σήμα. Αν το σήμα συναντήσει κάποια μη γραμμικότητα, το σήμα εξόδου αλλάζει, δηλαδή εμφανίζονται αρμονικές συνιστώσες οι οποίες δεν υπήρχαν στο καθαρά ημιτονοειδές σήμα. Η συνολική αρμονική παραμόρφωση (total harmonic distortion, THD) μπορεί να βρεθεί από την έκφραση:

$$THD = \frac{\sqrt{(e_2)^2 + (e_3)^2 + \dots + (e_n)^2} * 100}{e_0}$$

όπου e_2, e_3, e_n = τάσεις των $2^{ου}, 3^{ου}, 4^{ου}$, κλπ αρμονικών

e_0 = η τάση του θεμελιώδους

Οι αναλυτές κυμάτων είναι ακριβά όργανα μεγάλης που σπάνια βρίσκονται στα καταστήματα που πωλούν εξοπλισμό. Ωστόσο χρησιμοποιείται μια πολύ απλή προσαρμογή αυτής της μεθόδου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Αντήχηση

Ένα φαινόμενο παράγωγο της ανάκλασης είναι η αντήχηση. Παρουσιάζεται σε κλειστούς χώρους και είναι η βαθμιαία εξασθένηση του ήχου (λόγω απορρόφησης) μετά την παύση του, η οποία δημιουργεί το εφέ του φυσικού βάρους (Reverb). Όταν σ' ένα δωμάτιο ένα μεγάφωνο έχει κανονιστεί να εκπέμπει τυχαίο θόρυβο παράγει έναν ήχο που γρήγορα αυξάνει μέχρι μια ορισμένη στάθμη. Αυτό είναι το σταθερό σημείο ή σημείο ισορροπίας στο οποίο η ηχητική ενέργεια που ακτινοβολείτε από το μεγάφωνο μόλις φτάνει να προσφέρει όλες τις απώλειες στον αέρα και στο χώρο του δωματίου. Περισσότερη ηχητική ενέργεια ακτινοβολουμένη από το μεγάφωνο θα έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη στάθμη ισορροπίας , μικρότερη ισχύς στο μεγάφωνο θα έχει σαν αποτέλεσμα μικρότερη στάθμη ισορροπίας.

Όταν ανοίγει ο διακόπτης του μεγαφώνου , χρειάζεται ορισμένος χρόνος για να ελαττωθεί η στάθμη του ήχου στο δωμάτιο μέχρι απουσίας ακουστικότητας. Αυτό το κρέμασμα του ήχου σε δωμάτιο μετά την απομάκρυνση του σήματος διέγερσης ονομάζεται **αντήχηση** και έχει μεγάλη σημασία στην ακουστική ποιότητα του δωματίου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μεγάλος χρόνος αντήχησης σημαίνει μικρή απορρόφηση, και μικρός χρόνος αντήχησης σημαίνει μεγάλη απορρόφηση. Οι μαθηματικοί τύποι για τον χρόνο αντήχησης των Sabine, Eyring και άλλων βασίζονται στην υπόθεση ενός κλειστού χώρου όπου υπάρχει εξαιρετικά ομογενής κατανομή ηχητικής ενέργειας και τυχαία κατεύθυνση διάδοσης του ήχου.

Χρόνος αντήχησης

Ο χρόνος αντήχησης ορίζεται σαν ο χρόνος που χρειάζεται ώστε ο ήχος να εξασθενήσει κατά 60 dB μέσα σ' ένα δωμάτιο . Αυτό παριστάνει μια μεταβολή της έντασης του ήχου ή της ισχύος του ήχου κατά 1 εκατομμύριο ($10 \log 1.000.000 = 60 \text{ dB}$). Ή μια μεταβολή της πίεσης ήχου ή της στάθμης πίεσης ήχου κατά 1000 ($20 \log 1000 = 60 \text{ dB}$). Σε χονδρικούς όρους , είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε ένας πολύ δυνατός ήχος να έχει εξασθένηση τόσο ώστε να μην ακούγεται. Στην πραγματικότητα , είναι σημαντικό να προσπαθούμε να έχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή περιοχή εξασθένησης επειδή έχουμε ζωτικό ενδιαφέρον και για τα δύο άκρα εξασθένησης . Έχει αποδειχθεί ότι στην αξιολόγηση της ποιότητας ομιλίας και μουσικής, τα πρώτα 20 ή 30 dB εξασθένησης είναι τα σημαντικότερα για το ανθρώπινο αυτί.

Μέτρηση του χρόνου αντήχησης

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για τη μέτρηση του χρόνου αντήχησης μέσα σε ένα δωμάτιο , και στην αγορά υπάρχουν πολλές συσκευές άμεσης μέτρησης. Για παράδειγμα , οι τεχνικοί ηχητικών εγκαταστάσεων πρέπει να γνωρίζουν κατά προσέγγιση το χρόνο αντήχησης των χώρων όπου πρόκειται να εγκαταστήσουν σύστημα ενίσχυσης ήχου , και η μέτρηση αυτού του ήχου κάνει περιττό τον κοπιαστικό υπολογισμό του.

Ταχύτητα εξασθένησης .

Ο ορισμός του χρόνου αντήχησης βασίζεται σε ομογενή κατανομή ενέργειας και τυχαίες κατευθύνσεις διάδοσης . Επειδή οι συνθήκες αυτές δεν υπάρχουν σε μικρά δωμάτια , υπάρχουν μερικές ερωτήσεις για το αν αυτό που μετρούμε μπορεί να ονομαστεί χρόνος αντήχησης. Πιο σωστά ονομάζεται ταχύτητα εξασθένησης . Χρόνος αντήχησης 0.3 sec ισοδυναμεί με ταχύτητα εξασθένησης 60 dB/0,3sec = 200dB ανά δευτερόλεπτο. Η χρήση της ταχύτητας εξασθένησης αντί για το χρόνο αντήχησης λέει στους ειδικούς ότι γνωρίζουμε τα βασικά προβλήματα.

Απαλοιφή διακυμάνσεων εξασθένησης.

Η μέτρηση του χρόνου αντήχησης αφορά στη μέτρηση πολλών εξασθενήσεων για κάθε συνθήκη και σε πολλή εργασία για την ανάλυσή τους . Ο Schroeder έχει δημοσιεύσει μία νέα μέθοδο στην οποία με μία μόνο εξασθένηση μπορούμε να πάρουμε το ισοδύναμο του μέσου όρου πλήθους εξασθενήσεων . Ένας πρακτικός αν και χονδρικός τρόπος για να κάνουμε τα μαθηματικά βήματα που χρειάζονται είναι :

1. Καταγράφουμε την εξασθένηση ενός παλμού (ριπής θορύβου ή βολής πιστολιού) με την κανονική μέθοδο .
2. Αναπαράγουμε προς τα πίσω αυτή την εξασθένηση .
3. Υψώνουμε στο τετράγωνο την τιμή της τάσης της ανεστραμμένης εξασθένησης καθώς αυξάνεται.
4. Ολοκληρώνουμε το τετραγωνισμένο σήμα με ένα κύκλωμα αντίστασης – χωρητικότητας.
5. Καταγράφουμε το ολοκληρωμένο σήμα καθώς αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ανεστραμμένης εξασθένησης . Αν το αναστρέψουμε αυτό το ίχνος θα είναι μαθηματικά όμοιο με το μέσο όρο άπειρο πλήθους παραδοσιακών εξασθενήσεων . Αν αυτή η εργασία προγραμματιστεί σε υπολογιστή , θα γίνει ευκολότερη και περισσότερο ικανοποιητική . Και αυτός είναι και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται στον αναλυτή TEFT της Techron.

Άριστος χρόνος αντήχησης.

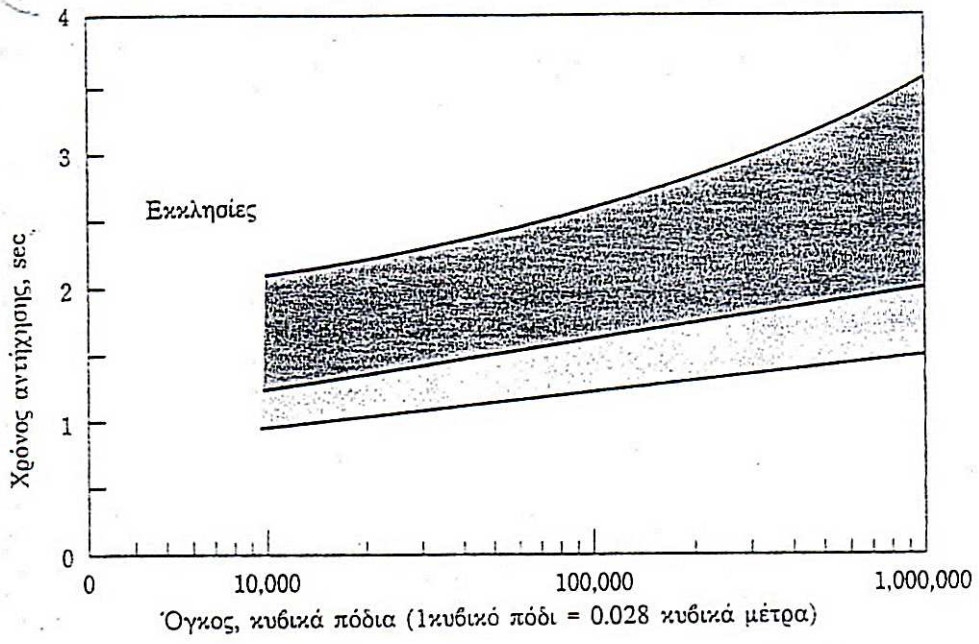
Αν εξετάσουμε την πλήρη περιοχή δυνατών χρόνων αντήχησης , πρέπει να υπάρχει ένας άριστος μεταξύ της συνθήκης σε ανοικτό εξωτερικό χώρο και σε ανηχοϊκές αίθουσες , και των φανερών προβλημάτων που έχουν σχέση με τους πολύ μεγάλης διάρκειας χρόνους αντήχησης μέσα σε καθεδρικό ναό από πέτρα. Μια τέτοια άριστη συνθήκη πράγματι υπάρχει, αλλά συνήθως υπάρχει μεγάλη ασυμφωνία για το ποια είναι επειδή το πρόβλημα είναι υποκειμενικό και πρέπει να περιμένουμε κάποια διαφορά στις γνώμες. Η άριστη τιμή εξαρτάται όχι μόνον από αυτό που κάνει την κρίση, αλλά και από τα είδη ήχων που εξετάζονται.

Οι αίθουσες αντήχησης , που χρησιμοποιούνται για μέτρηση των συντελεστών απορρόφησης , για να πετύχουμε τη μέγιστη ακρίβεια σχεδιάζονται με προσοχή έτσι ώστε να έχουν το μέγιστο πρακτικό RT60. Εδώ το άριστο είναι το μέγιστο που μπορούμε να πετύχουμε.

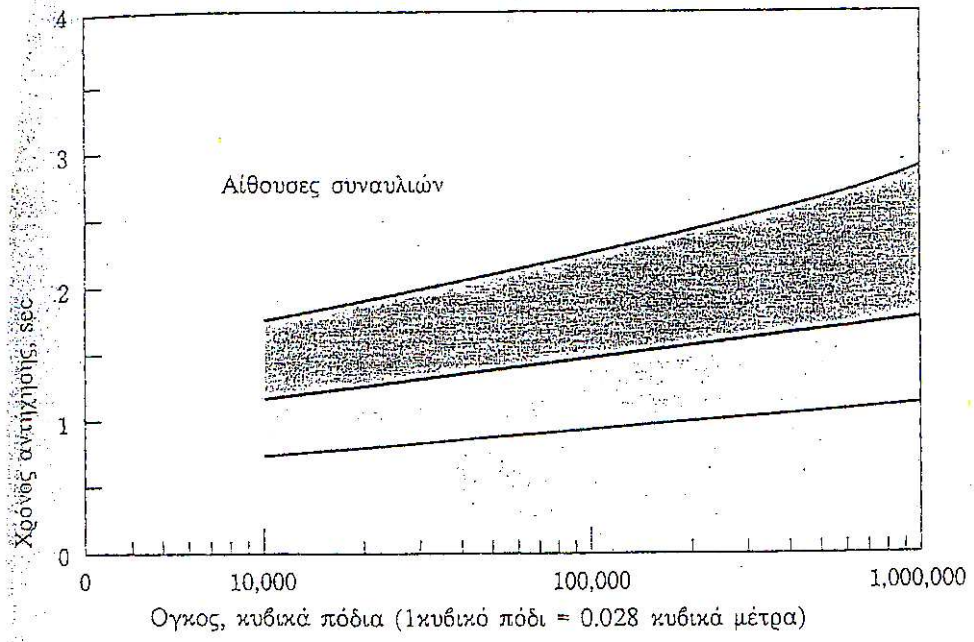
Ο άριστος χρόνος αντήχησης για έναν χώρο όπου παίζεται μουσική εξαρτάται από το μέγεθος του χώρου και από το είδος μουσικής. Η αργή , επίσημη, μελωδική μουσική , όπως η μουσική από εκκλησιαστικό όργανο, εξυπηρετείται καλύτερα από μεγάλο χρόνο αντήχησης. Η γρήγορη ρυθμική μουσική απαιτεί διαφορετικό χρόνο αντήχησης από τη μουσική δωματίου. Δεν υπάρχει απόλυτο άριστο για όλα τα είδη μουσικής , και το καλύτερο που μπορεί να γίνει είναι να δημιουργηθεί μια περιοχή με βάση την υποκειμενική κρίση ειδικών.

Τα στούντιο ηχογράφησης παρουσιάζουν και άλλα προβλήματα που δεν υπόκεινται σε απλούς κανόνες. Η ηχογράφηση διαχωρισμού όπου τα όργανα ηχογραφούνται σε ξεχωριστά κανάλια για να αναμειχθούν αργότερα γενικά απαιτεί αρκετούς νεκρούς χώρους έτσι ώστε να υπάρχει αρκετός ακουστικός διαχωρισμός μεταξύ καναλιών.

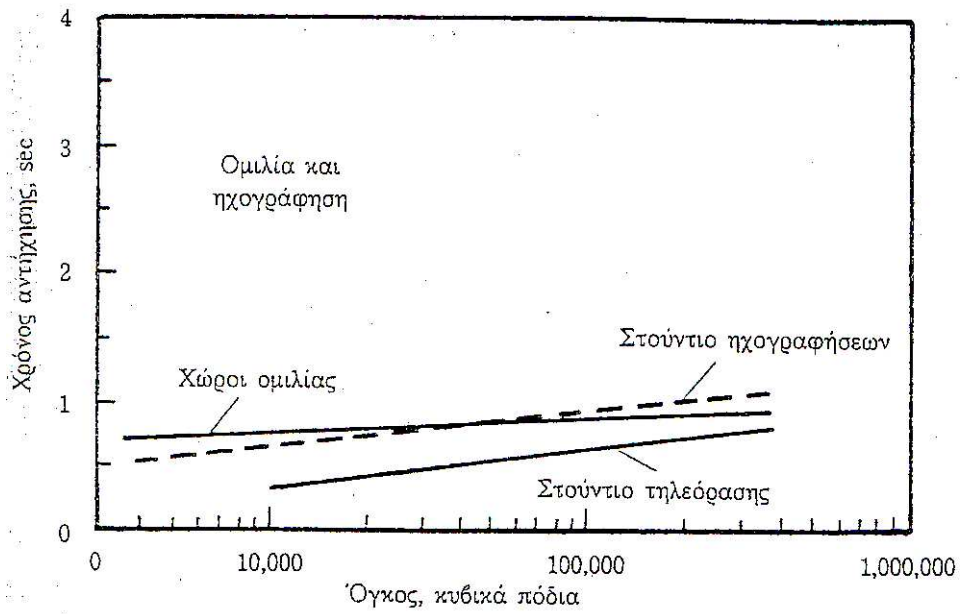
Οι χώροι για ομιλία χρειάζονται μικρότερους χρόνους αντήχησης από ότι οι χώροι για μουσική εξαιτίας του γενικού ενδιαφέροντος στον άμεσο ήχο. Γενικά ο μεγάλος χρόνος αντήχησης τείνει σε έλλειψη ορισμού και διαύγειας της μουσικής και σε απώλεια αντιληπτικότητας της ομιλίας. Σε νεκρούς χώρους όπου ο χρόνος αντήχησης είναι πολύ μικρός , η ηχηρότητα και η συνολική ισορροπία ίσως έχουν πρόβλημα. Δεν είναι δυνατό να καθορίσουμε ακριβείς άριστους χρόνους αντήχησης για διαφορετικές υπηρεσίες , αλλά στα σχήματα 4.1 – 3 δείχνουν τουλάχιστον μία χονδρική ένδειξη συστάσεων που δίνονται από πολλούς ειδικούς στο χώρο οι οποίοι δε συμφωνούν πάντοτε μεταξύ τους.



Σχήμα 4.1



Σχήμα 4.2



Σχήμα 4.3

Η εξίσωση **Sabine**.

Η εξίσωση αντήχησης του Sabine αναπτύχθηκε στην αρχή του αιώνα με αυστηρά εμπειρικό τρόπο και η οποία είναι η εξής:

$$RT60 = \frac{0,049 V}{S_a}$$

Όπου

RT60 = ο χρόνος αντήχησης σε sec.

V = ο όγκος του δωματίου σε κυβικά μέτρα.

S = η συνολική επιφάνεια του δωματίου σε τετραγωνικά μέτρα.

α = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών του δωματίου.

S_a = η συνολική απορρόφηση σε Sabine.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Ανάκλαση

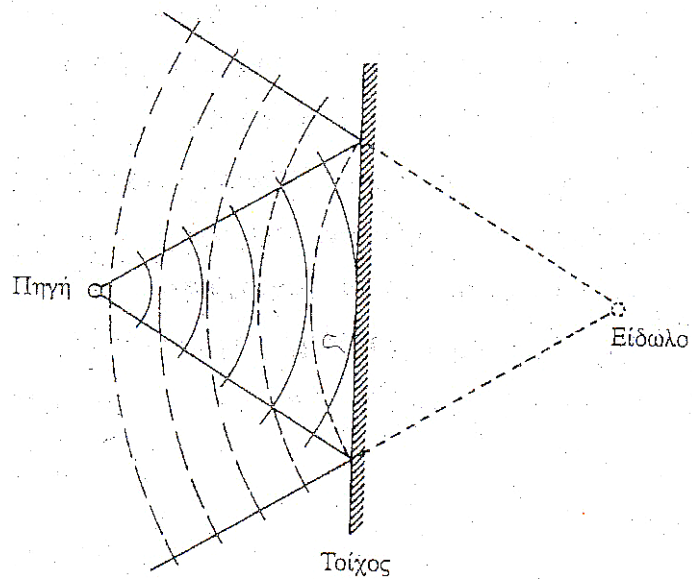
Ο ήχος κατά τη διάδοσή του στο χώρο συναντά εμπόδια , από το μέγεθος και την υφή των οποίων δημιουργούνται ορισμένα φαινόμενα.

Αν ενεργοποιηθεί μία πηγή ήχου σ' ένα δωμάτιο , ο ήχος κινείται ακτινικά προς όλες τις κατευθύνσεις . Καθώς τα ηχητικά κύματα συναντούν εμπόδια ή επιφάνειες , όπως τοίχους, η κατεύθυνση κίνησής τους αλλάζει , δηλαδή ανακλώνται.

Ανακλάσεις από επίπεδες επιφάνειες.

Στο σχήμα 5.1 φαίνεται η ανάκλαση κυμάτων ηχητικής πηγής από συμπαγή επίπεδη επιφάνεια τοίχου. Τα σφαιρικά μέτωπα κύματος (συνεχείς γραμμές) χτυπούν στον τοίχο και τα ανακλώμενα μέτωπα κύματος (διακεκομμένες γραμμές) επιστρέφουν προς την πηγή.

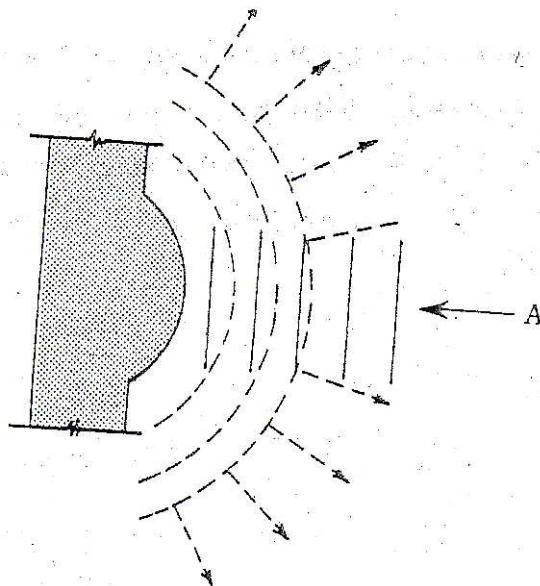
Όπως συμβαίνει στο ανάλογο φως / κατόπτρου , τα ανακλώμενα μέτωπα κύματος λειτουργούν σαν να προέρχονταν από ένα ηχητικό είδωλο. Αυτή η πηγή ειδώλου βρίσκεται στην ίδια απόσταση πίσω από τον τοίχο όσο και η πραγματική πηγή εμπρός από τον τοίχο. Εδώ έχουμε μία απλή περίπτωση , δηλαδή μία επιφάνεια . Σε ένα ορθογώνιο δωμάτιο, υπάρχουν έξι επιφάνειες και η πηγή έχει ένα είδωλο σε κάθε μία που στέλνει ενέργεια πίσω στο δέκτη. Εκτός αυτού , υπάρχουν είδωλα των ειδώλων , με αποτέλεσμα μια περισσότερο πολύπλοκη κατάσταση. Ωστόσο όταν υπολογίζουμε τη συνολική ένταση του ήχου σε δεδομένο σημείο λήψης, πρέπει να λάβουμε υπόψη τις συνεισφορές όλων αυτών των ειδώλων.



Σχήμα 5.1

Ανακλάσεις από κυρτές επιφάνειες.

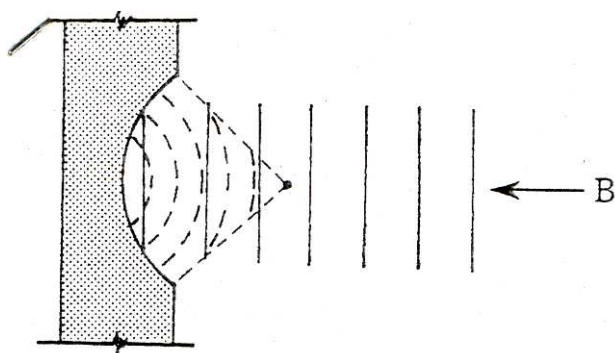
Τα σφαιρικά μέτωπα κύματος από σημειακή πηγή έχουν την τάση να γίνονται επίπεδα κύματα σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή . Η ανάκλαση των επιπέδων μετώπων κύματος ήχου από στερεή κυρτή επιφάνεια έχει την τάση να διαχέει την ακουστική ενέργεια προς πολλές κατευθύνσεις , όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2.



Σχήμα 5.2

Ανακλάσεις από κοίλες επιφάνειες.

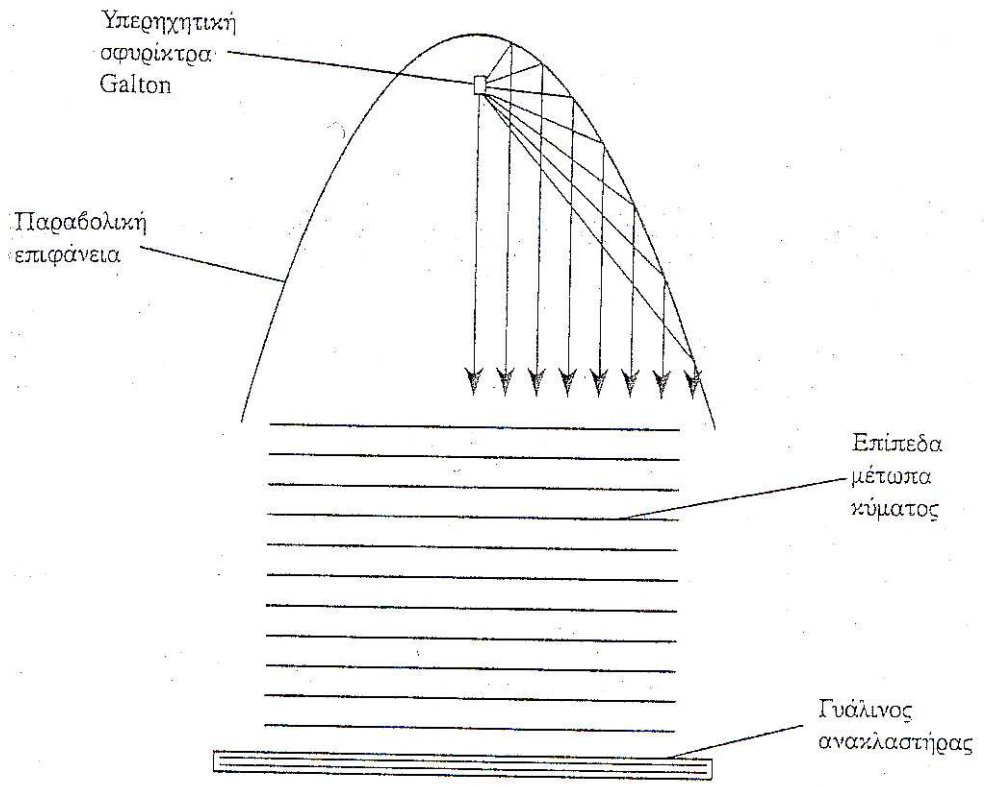
Τα επίπεδα μέτωπα κύματος ήχου που χτυπούν μια κοίλη επιφάνεια έχουν την τάση να συγκεντρώνονται σε ένα σημείο, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3. Η ακρίβεια με την οποία ο ήχος συγκεντρώνεται σε ένα σημείο καθορίζεται από το σχήμα της κοίλης επιφάνειας. Οι σφαιρικές κοίλες επιφάνειες είναι συνηθισμένες επειδή κατασκευάζονται εύκολα. Συχνά χρησιμοποιούνται για να κάνουν ένα μικρόφωνο εξαιρετικά κατευθυντικό τοποθετώντας το στην εστία. Κοίλες επιφάνειες σε εκκλησίες μπορεί να είναι πηγή σοβαρών προβλημάτων επειδή παράγουν συγκεντρώσεις ήχου που είναι εντελώς αντίθετες με τον σκοπό μας να έχουμε ομοιόμορφη κατανομή του ήχου.



Σχήμα 5.3

Ανακλάσεις από παραβολικές επιφάνειες.

Η παραβολή έχει την ιδιότητα εστίασης του ήχου ακριβώς σε ένα σημείο όπως φαίνεται στο σχήμα 5.4. Παράγεται από την απλή εξίσωση $y = x^2$. Μια πολύ βαθιά παραβολική επιφάνεια όπως στο σχήμα 5.4, παρουσιάζει πολύ καλύτερες κατευθυντικές ιδιότητες από μια ρηχή. Και εδώ, οι κατευθυντικές ιδιότητες εξαρτώνται από το μέγεθος του ανοίγματος σε σχέση με το μήκος κύματος.



Σχήμα 5.4

Περίθλαση – Διάθλαση

Όταν ο ήχος συναντά εμπόδια με διαστάσεις συγκρίσιμες ή μικρότερες από το μήκος κύματός του , τότε περιθλάται δηλαδή αλλάζει κατεύθυνση και περνά γύρω ή πάνω από το εμπόδιο . Έτσι μπορεί να φθάσει σε σημεία που δεν είναι “ορατά” από την ηχητική πηγή. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος κύματος από τις διαστάσεις του εμποδίου τόσο εντονότερη είναι η περίθλαση.

Βέβαια η ένταση του ήχου ακριβώς πίσω από το εμπόδιο είναι αρκετά μικρή και λέγεται ότι το εμπόδιο παράγει μια *σκιά ήχου* . Αν αντίθετα ο ήχος στη διάδοσή του συναντήσει ένα ανακλαστικό τοίχο πολύ μεγάλων διαστάσεων (πάντοτε σε σύγκριση με το μήκος κύματος),τότε πάλι λόγω της περίθλασης περνά μέσα από το κενό και συνεχίζει να διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις πίσω από το κενό με αρκετά μειωμένη όμως ένταση , διότι το μεγάλο μέρος της ενέργειάς του ανακλάστηκε πάνω στον τοίχο.

Η διάθλαση ενός ηχητικού κύματος είναι η αλλαγή της κατεύθυνσης διάδοσής του ,λόγω της μεταβολής των χαρακτηριστικών του μέσου διάδοσης που επιφέρει αλλαγές στην ταχύτητα διάδοσης . Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο θερμό αέρα είναι μεγαλύτερη απ’ ότι στον ψυχρό . Όταν κοντά στην επιφάνεια της γης υπάρχει θερμός αέρας και στα υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας ψυχρός , τότε ο ήχος που παράγεται από μια πηγή πάνω στη γη δε διαδίδεται παράλληλα αλλά κατευθύνεται προς τα πάνω λόγω της διάθλασης . Ο άνεμος επίσης προκαλεί μετατόπιση της κατεύθυνσης διάδοσης του ήχου . Η αλλαγή της κατεύθυνσης διάδοσης δίνει την εντύπωση ότι ο ήχος προέρχεται από διαφορετικό σημείο από εκείνο που πραγματικά βρίσκεται η πηγή του.

Τα φαινόμενα της ανάκλασης ,απορρόφησης ,διάθλασης και περίθλασης εξαρτώνται από τη συχνότητα του ήχου ,την γωνία πρόσπτωσης στο εμπόδιο ή εισόδου στο μέσο διάδοσης και την υφή του μέσου διάδοσης , είναι όμως ανεξάρτητο από την ένταση του ήχου.

Ένα άλλο φαινόμενο είναι η ακουστική διασπορά ,όπου ένας σύνθετος ήχος διαχωρίζεται στις συχνότητές (παράγωγες) που τον αποτελούν σαν να πέρασε από κάποιο “ακουστικό πρίσμα”

Αυτό γίνεται όταν οι παράγωγες συχνότητες του ήχου έχουν διαφορετική ταχύτητα διάδοσης σε κάποιο μέσο διάδοσης και διαθλώνται διαφορετικά η κάθε μία, οπότε και οι αλλαγές κατεύθυνσης που υφίστανται είναι διαφορετικές για την κάθε μία.

Ένα σημαντικό φαινόμενο που δημιουργείται όταν μια πηγή εκπέμπει ήχο ανάμεσα σε παράλληλες ανακλαστικές επιφάνειες ,είναι τα **στάσιμα κύματα** .

Προέρχονται από την αλληλεπίδραση προσπιπτόντων και ανακλώμενων κυμάτων (με αντίθετες κατευθύνσεις).Δημιουργούνται τότε περιοχές όπου η ακουστική πίεση του ήχου είναι πολύ χαμηλή έως μηδέν (κόμβοι) ή αντίθετα περιοχές όπου η ακουστική πίεση είναι πολύ μεγάλη (κοιλίες).

Οι θέσεις αυτών των περιοχών εξαρτώνται από τη συχνότητα του ήχου και την απόσταση των ανακλαστικών επιφανειών.

Στάσιμα κύματα δημιουργούνται σ' εκείνες τις συχνότητες στις οποίες η απόσταση μεταξύ των παράλληλων επιφανειών είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματός τους.

Στους χώρους ακρόασης μουσικής ή ηχογραφήσεων , τα στάσιμα κύματα είναι ένα πολύ ενοχλητικό φαινόμενο διότι εξαφανίζει ή υπερενισχύει ορισμένες συχνότητες σε κάποιες περιοχές.

Όταν μια ηχητική πηγή που εκπέμπει σ' ένα κλειστό χώρο σιγήσει , ο ήχος της εξακολουθεί να είναι "υπαρκτός ",γιατί τα ηχητικά κύματα ανακλώμενα στις επιφάνειες του χώρου συνεχίζουν να διαδίδονται έως ότου απορροφηθούν τελείως. Αυτή η "παράταση ύπαρξης" του ήχου γίνεται αντιληπτή σαν **βάθος**

Η "ηχώ" (echo) είναι η διακριτή επανάληψη ενός ήχου και προέρχεται από την ανάκλαση. Ο ανακλώμενος ήχος ή ο ήχος που επαναλαμβάνεται είναι ένα ακριβές αντίγραφο του αρχικού ήχου. Είναι "ξεχωριστός " (διακριτός) από τον αρχικό και δίνει την αίσθηση του ανεξάρτητου ήχου και όχι της συνέχειας - επιμήκυνσης του αρχικού. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το βάθος ενός χώρου είναι ο όγκος του και η απορροφητικότητα των επιφανειών του και των αντικειμένων που βρίσκονται μέσα σ' αυτόν (έπιπλα, κουρτίνες ή ακόμα άνθρωποι).

Στους μεγάλους χώρους οι διαδρομές των ηχητικών κυμάτων είναι μακριές και συνεπώς οι ανακλάσεις λιγότερες , οπότε η εξασθένηση του ήχου καθυστερεί. Το αντίθετο συμβαίνει στους μικρούς χώρους .

Ένα άλλο φαινόμενο είναι ο **συντονισμός** και δημιουργείται όταν ένα ηχητικό κύμα προσπέσει σ' ένα σώμα του οποίου η ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης είναι ίδια με την συχνότητα του ηχητικού κύματος. Τότε το σώμα αρχίζει να δονείται δημιουργώντας νέα ηχητικά κύματα.

Οι συντονισμοί παρατηρούνται και σε μουσικά όργανα και σε ηχητικά συστήματα. Ένας συντονισμός χώρου εμφανίζεται σαν επακόλουθο της δημιουργίας στασίμων

κυμάτων. Πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη κυρίως σε χώρους μικρών διαστάσεων .Ο συντονισμός μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη δημιουργία διάχυτου πεδίου μέσα στο χώρο , καθώς και με την επιλογή κατάλληλων διαστάσεων αυτού.

Στους χώρους ακρόασης ή ηχογραφήσεων όλα αυτά τα φαινόμενα και μεγέθη ελέγχονται ,ώστε να υπάρχουν σε τέτοιο βαθμό που να συνεισφέρουν θετικά στην ακρόαση ή την ηχογράφιση.

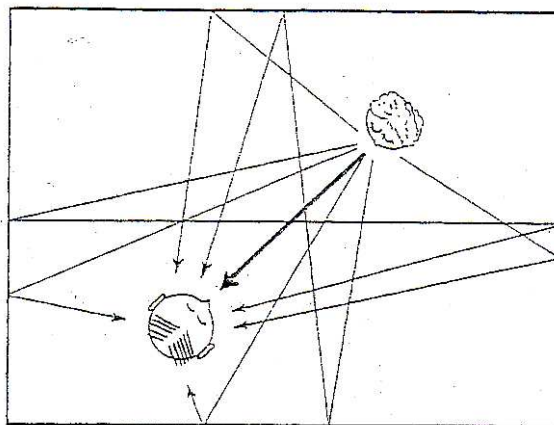
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΚΛΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Το αποτέλεσμα της αντίληψης των ανακλάσεων του ήχου εξαρτάται από το μέγεθος του δωματίου . Η κατάσταση σε στούντιο ηχογραφήσεων , σε δωμάτιο ελέγχου, ή σε δωμάτιο ακρόασης είναι αρκετά διαφορετική από την κατάσταση σε αίθουσα μουσικής ή σε μεγάλη αίθουσα διαλέξεων.

Νόμος του πρώτου μετώπου κύματος .

Αν φανταστούμε δύο άτομα σε ένα μικρό δωμάτιο , όπως φαίνεται στο σχήμα 6.1 . Ο πρώτος ήχος από το άτομο που ομιλεί και ο οποίος φτάνει στον ακροατή είναι ο ήχος που κινείται σε ευθεία διαδρομή επειδή κινείται στη μικρότερη απόσταση. Ο άμεσος ήχος , που φτάνει πρώτος στα αυτιά του ακροατή, δημιουργεί την αντίληψη της κατεύθυνσης από την οποία ήλθε ο ήχος. Αυτή η ακουστική αντίληψη , αν και αμέσως πλημμυρίζεται από μια ροή ανακλάσεων από τις διάφορες επιφάνειες του δωματίου , παραμένει και έχει την τάση να διαγράφει τις επιδράσεις όλων των επομένων ανακλάσεων στο θέμα της κατεύθυνσης. Ο Cremer το έχει ονομάσει νόμο του πρώτου μετώπου κύματος. Αυτή η σταθεροποίηση της κατεύθυνσης της πηγής του ήχου επιτυγχάνεται μέσα σε ένα μικρό κλάσμα του χιλιοστού του δευτερόλεπτου και όπως ήδη αναφέραμε , δεν επηρεάζεται από την πλημμύρα των ανακλάσεων που ακολουθούν την άφιξη του άμεσου ήχου.



Σχήμα 6.1

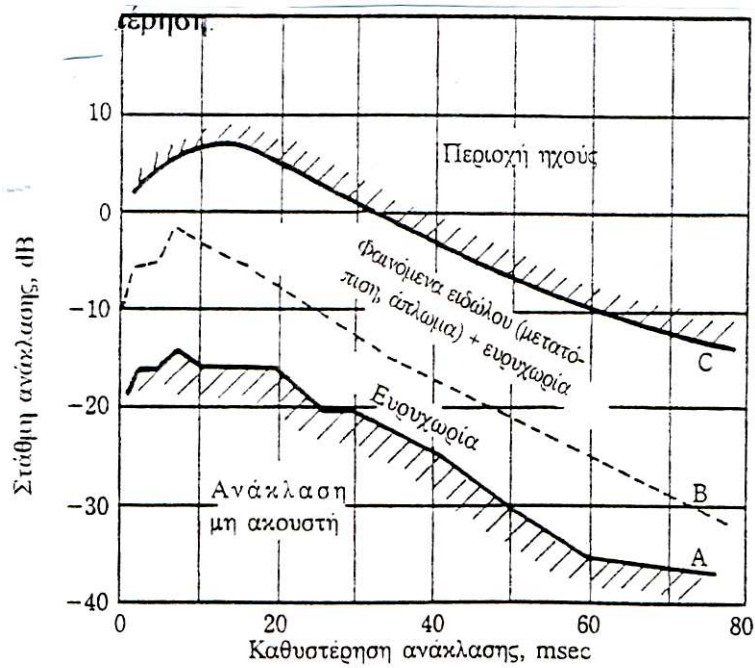
Μέση ελεύθερη διαδρομή.

Ο μέσος όρος της απόστασης στην οποία κινείται ο ήχος μεταξύ διαδοχικών ανακλάσεων ονομάζεται μέση ελεύθερη διαδρομή. Αυτή η μέση απόσταση δίνεται από την έκφραση $4V/S$, όπου V είναι ο όγκος του χώρου και S η επιφάνεια του χώρου.

Αντίληψη των ηχητικών ανακλάσεων.

Οι πρώτοι ερευνητές στο πεδίο αυτό ενδιαφέρονταν κύρια για την επίδραση των ανακλάσεων στην αντίληψη της μουσικής σε αίθουσες μουσικής. Πρόσφατη εργασία των Olive και Toole σκόπευε ειδικότερα σε συνθήκες ακρόασης σε μικρά δωμάτια , όπως τα δωμάτια ακρόασης . Η εργασία αυτή δίνεται περιληπτικά στο σχήμα 6.2 . Αυτή η γραφική παράσταση δίνει τη στάθμη ανάκλασης σε σχέση με την καθυστέρηση ανάκλασης. Στάθμη ανάκλασης 0 dB σημαίνει ότι η ανάκλαση έχει την ίδια στάθμη με το άμεσο σήμα. Στάθμη ανάκλασης – 10 dB σημαίνει ότι η στάθμη ανάκλασης είναι 10 dB κάτω από το άμεσο σήμα. Σε όλες τις περιπτώσεις η καθυστέρηση ανάκλασης είναι χιλιοστά του δευτερολέπτου μετά το άμεσο σήμα.

Η καμπύλη στο σχήμα 6.2 είναι το απόλυτο κατώφλι ακουστικότητας της ηχούς. Αυτό σημαίνει ότι σε όποια συγκεκριμένη καθυστέρηση, η ανάκλαση δεν ακούγεται σε στάθμες ανάκλασης κάτω από τη στάθμη αυτή. Παρατηρούμε ότι για τα πρώτα 20 msec , το κατώφλι είναι ουσιαστικά σταθερό. Σε μεγαλύτερες καθυστερήσεις, για μόλις ακουστή ανάκλαση χρειάζονται προοδευτικά μικρότερες στάθμες ανάκλασης. Γρήγορα θα γίνει φανερό ότι σε οικιακό δωμάτιο ακρόασης ή σε άλλο μικρό δωμάτιο , οι καθυστερήσεις στην περιοχή των 0 – 20 msec έχουν μεγάλη σημασία. Στην περιοχή αυτή το κατώφλι ακουστικότητας ανάκλασης μεταβάλλεται λίγο με την καθυστέρηση.



Σχήμα 6.2

Αντίληψη της ευρυχωρίας.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια καθυστέρηση ανάκλασης 10 msec με την ανάκλαση να έρχεται από την πλευρά . Η στάθμη ανάκλασης αυξάνει από πολύ μικρή τιμή, οπότε η ανάκλαση δεν ακούγεται καθόλου. Καθώς η στάθμη ανάκλασης αυξάνει και φτάνει περίπου 15 dB κάτω από το άμεσο σήμα, η ανάκλαση γίνεται ακουστή. Όταν φτάνει πέρα από το σημείο αυτό , το δωμάτιο αποκτά μία αίσθηση ευρυχωρίας.

Μεταβολές ειδώλου.

Καθώς η στάθμη ανάκλασης αυξάνει περισσότερο γίνονται ακουστά άλλα φαινόμενα . Στα 10 dB πάνω από το κατώφλι ακουστότητας της ανάκλασης, αρχίζουν να φαίνονται μεταβολές στο φαινόμενο μέγεθος και στη φαινόμενη θέση του εμπρός ακουστικού ειδώλου. Σε μεγαλύτερες καθυστερήσεις το είδωλο έχει την τάση να μουτζουρώνεται προς την ανάκλαση.

Επαναλαμβάνοντας αυτά που συμβαίνουν στην περιοχή καθυστερήσεων 10 – 20 msec, βλέπουμε ότι καθώς η στάθμη της ανάκλασης αυξάνει πάνω από το κατώφλι ακουστότητας , επικρατούν τα φαινόμενα χώρου. Καθώς η στάθμη ανάκλασης αυξάνει χονδρικά κατά 10 dB πάνω από το κατώφλι ακουστότητας , αρχίζουν να εισέρχονται σε φαινόμενα ειδώλου , που περιλαμβάνουν το μέγεθος του ειδώλου και μετατόπιση της θέσης του ειδώλου.

Διακριτή ηχώ.

Οι ανακλάσεις που έχουν στάθμη κατά άλλα 10 dB πάνω από το κατώφλι μετατόπισης ειδώλου εισάγουν ένα άλλο κατώφλι αντίληψης. Οι ανακλάσεις τώρα είναι διακριτή ηχώ που τοποθετείται πάνω από το κεντρικό είδωλο. Αυτή η διακριτή ηχώ κάνει μεγάλη ζημιά στην ποιότητα ήχου σε κάθε πραγματική περίπτωση. Για το λόγο αυτό , οι συνδυασμοί στάθμης ανάκλασης / καθυστέρησης που έχουν σαν αποτέλεσμα τέτοια ηχώ πρέπει να αποφεύγονται ηθελημένα σε πραγματικές εγκαταστάσεις.

Επίδραση της γωνίας πρόσπτωσης στην ακουστότητα της ανάκλασης.

Γερμανοί ερευνητές έδειξαν ότι η καθυστέρηση από την οποία φτάνει η ανάκλαση δεν έχει πρακτική επίδραση στην αντίληψη της ανάκλασης με μια σημαντική εξαίρεση. Όταν η ανάκλαση φτάνει από την ίδια κατεύθυνση με το άμεσο σήμα, μπορεί να είναι εντονότερη μέχρι 5 με 10 dB από το άμεσο σήμα πριν ανιχνευθεί. Αυτό οφείλεται στην κάλυψη της ανάκλασης από το άμεσο σήμα .

Μεγάλοι χώροι.

Ηχώ.

Οι μεγαλύτεροι κλειστοί χώροι , όπως τα θέατρα παραστάσεων , οι αίθουσες μουσικής , οι εκκλησίες και οι αίθουσες ομιλιών , είναι πιθανοί δημιουργοί διακριτής ηχούς.

Ο χρόνος αντήχησης επηρεάζει την ακουστότητα της ηχούς. Ο χρόνος αντήχησης της γραφικής παράστασης του σχήματος 6.3 είναι 1.1 sec . Η χονδρή διακεκομμένη γραμμή δείχνει την ταχύτητα εξασθένησης που παριστάνει αυτό το χρόνος αντήχησης (60 dB σε 1.1 sec ή 30 dB σε 550 msec). Η σιασμένη περιοχή παριστάνει συνδυασμούς στάθμης ηχούς και καθυστέρησης ηχούς, που έχουν καθοριστεί πειραματικά και που έχουν σαν αποτέλεσμα ηχώ ενοχλητική στον κόσμο. Η επάνω ακμή είναι για 50% , η κάτω για 20% του κόσμου που ενοχλείται από την ηχώ. Ο χρόνος αντήχησης αιθουσών συναυλιών συνήθως είναι γύρω στα 1.1 sec . Πολλές εκκλησίες είναι κοντύτερα στο 1 για να ευνοείται η ομιλία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΟΡΘΟΔΟΞΟΙ ΝΑΟΙ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στη αρχιτεκτονική και στα προβλήματα που εμφανίζονται στους Ορθόδοξους ναούς. Γενικά ο μεγάλος ναός των πόλεων στους οποίους εμφανίζονται τα μεγαλύτερα ακουστικά προβλήματα ανήκουν στους τύπους της απλής βασιλικής (μονικλίτου, τρικλίτου, ή πεντακλίτου), της βασιλικής μετά τρούλου ή του σταυροειδούς μετά τρούλου.

Περιγραφή των μερών της εσωτερικής διάταξης του ναού.

A. Το ιερό βήμα.

Ιερό βήμα είναι το προορισμένο για τους κληρικούς, και στραμμένο προς την ανατολή, μέρος του ναού. Το δάπεδο βρίσκεται ψηλότερα από τον κυρίως ναό. Καλείται επίσης ιερατείο, πρεσβυτέριο, άβατο, άδυτο, άγιο, ιερόν και θυσιαστήριο.

Στις παλαιοχριστιανικές βασιλικές, καταλαμβάνει το 1/3 περίπου του κυρίως ναού, διαχωρισμένο από κιγκλιδώματα, και κατέληγε στην Αψίδα ή κόγχη, του Ιερού Βήματος. Σε μεγάλους ναούς κατελάμβανε και τα εκατέρωθεν τμήματα των κλιτών με την Πρόθεση και το διακονικό, τα αποκαλούμενα Παστοφόρια.

Μπροστά από το ημικύκλιο της Αψίδας βρίσκεται, σε σχήμα τετραγώνου ή ορθογωνίου, η Αγία Τράπεζα ή Θυσιαστήριο, πάνω από την οποία υπάρχειτο Κιβώριο.

Το Ιερό Βήμα εχωρίζετο από τον κυρίως ναό αρχικά μεν, στους παλαιοχριστιανικούς ναούς, με το τέμπλο, το οποίο ήταν χαμηλό με μαρμάρινα θωράκια, αργότερα δε, μετά την Ιουστινιάνειο εποχή, με εγκάρσια κυανοστοιχία, τα διάστυλα της οποίας εκοσμούντο με δεσποτικές εικόνες του Χριστού και της Παναγίας και βήλα. Μετά την άλωση της Κωνσταντινουπόλεως το τέμπλο κατέληξε στο ξυλόγλυπτο εικονοστάσιο το οποίο κυριαρχεί στις περισσότερες εκκλησίες.

B. Ο κυρίως ναός.

Μεταξύ του Ιερού Βήματος και του Νάρθηκα εκτείνεται το μέρος του κυρίως ναού το οποίο περιλαμβάνει την σολέα, τον άμβωνα, τα καθίσματα και τα αναλόγια και ενδεχομένως τα υπερώα.

α) η σολέα.

Σολέα καλείται ο προ του τέμπλου χώρος, εκτεινόμενος επί τμήματος του μέσου κλίτους, υψωμένος κατά βαθμίδα από το δάπεδο του λοιπού ναού.

Από περιγραφές του ναού της Αγίας Σοφίας Κωνσταντινουπόλεως μαθαίνουμε ότι η σολέα ήταν υψηλός χώρος μεταξύ του ιερού βήματος και του άμβωνα, αποκλεισμένος από τον υπόλοιπο ναό με κάγκελα. Εκεί βρίσκονταν οι θρόνοι, των βασιλέων, του πατριάρχη και οι έδρες των προχούτων.

Στην σολέα ορισθεί και η θέση των ψαλτών και αναγνωστών οι οποίοι παραμένουν σε δύο χορούς.

β) ο άμβων

Στις παλιές βασιλικές υψωνόταν πριν τη σολέα. Είναι είδος βήματος και χρησιμεύει για την ανάγνωση του Ιερού Ευαγγελίου, του κηρύγματος και των εκφωνήσεων.

γ) καθίσματα και αναλόγια.

Ολόκληρος ο χώρος του κυρίως ναού καλύπτεται από καθίσματα ώστε το κοινό να κάθεται κατά φύλο. Τα αναλόγια είναι ξύλινα έπιπλα, τα οποία έχουν συνήθως δύο ή τέσσερις κεκλιμένες επιφάνειες, πάνω στις οποίες βρίσκονται τα λειτουργικά βιβλία προς χρήση.

δ) υπερώα

Οι κυανοστοιχίες του μεσαίου κλίτους, στηρίζουν τα υπερώα ή τους γυναικωνίτες του ναού, οι οποίοι προορίζονται για τις γυναίκες.

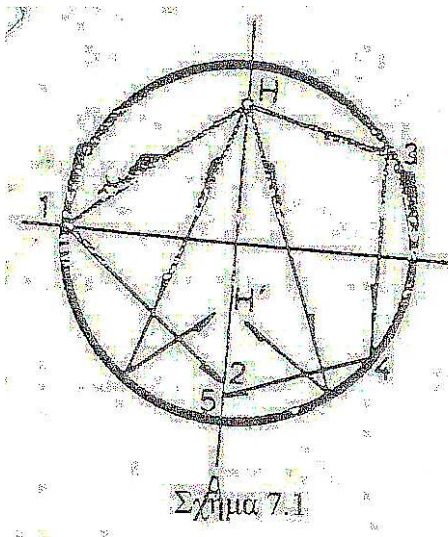
Συγκρίσεις των διαφόρων τύπων των ναών από γενικής ακουστικής απόψεως.

Εκτός των αρχιτεκτονικών τύπων της απλής βασιλικής, της βασιλικής μετά τρούλου και του σταυροειδούς μετά τρούλου, οι οποίοι επικρατούν στις νεότερες εκκλησίες των μεγάλων πόλεων, παρατηρούνται και άλλοι τύποι ναών, όπως οι περιφερειακοί, οι πολυγωνικοί και οι τετράγωνοι.

1. Περιφερειακοί ναοί.

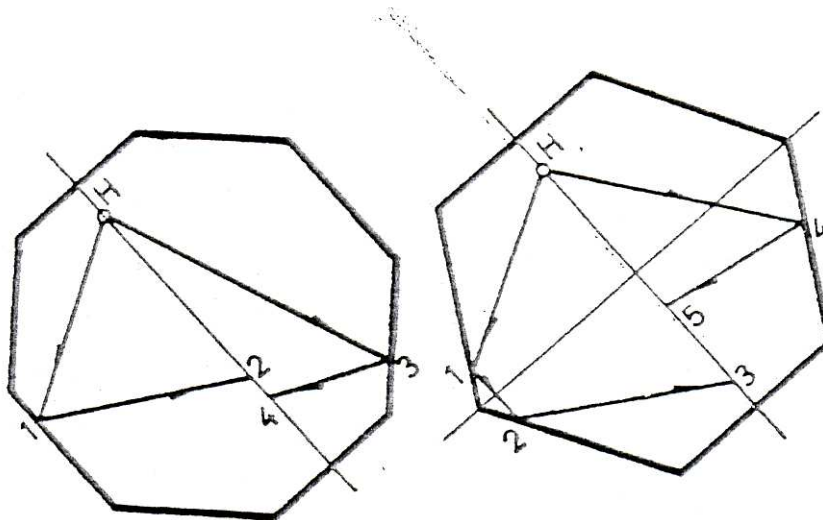
Ας θεωρήσουμε στο σχήμα 7.1 την κάτοψη ενός περιφερειακού ναού διαμέτρου π.χ. 30 μ., την ηχητική πηγή Η τοποθετημένη περίπου 3μ. από τον τοίχο και επί της διαμέτρου ΗΑ. Ο τύπος αυτός, όπως φαίνεται από τη χάραξη των ηχητικών ακτινών, παρουσιάζει ηχοσυγκεντρώσεις προς το κέντρο του χώρου. Επίσης παρατηρούμε ότι οι πλευρικές της ηχητικής πηγής ανακλάσεις Η 1 2, Η 3 4 5 προκαλούν ισχυρές

αντηχήσεις , καθώς η πρώτη φτάνει στον ακροατή με μία διαφορά πορείας 17μ. , η δε δεύτερη 18μ., προκαλώντας ηχώ.



2. Πολυγωνικοί ναοί.

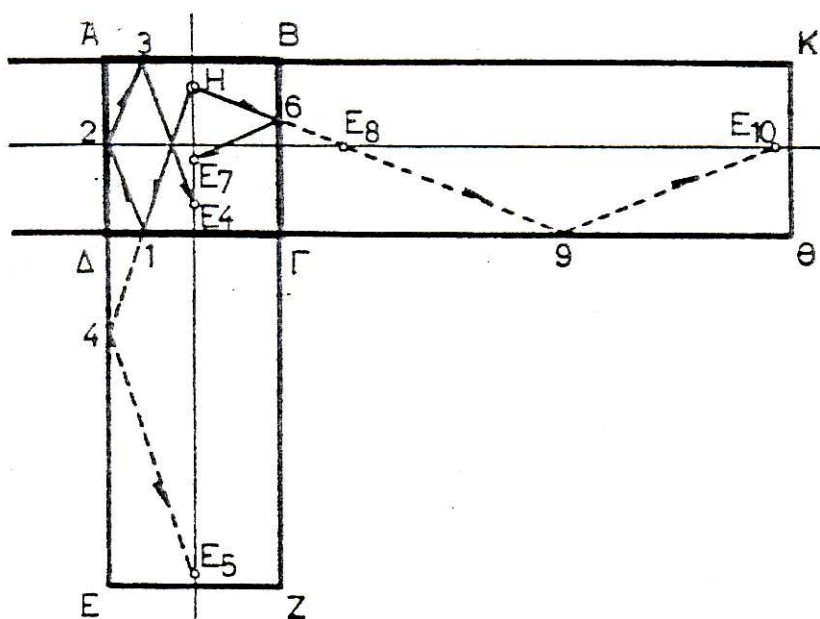
Αυτοί είναι συνήθως οκταγωνικοί ή εξαγωνικοί όπως φαίνονται στο σχήμα 7.2 . Και στους δύο τύπους αυτού ς παρατηρούνται ανάλογες ακουστικές ιδιότητες , όπως και στους περιφερειακούς ναούς, εύκολα όμως συμπεραίνεται ότι ο πολυγωνικός τύπος είναι πλεονεκτικότερος του καθαρώς περιφερειακού ναού.



Σχήμα 7.2

3. Τετραγωνικοί ναοί.

Έστω ΑΒΓΔ στο σχήμα 7.3 η κάτοψη ενός τέτοιου ναού, Η η θέση της ηχητικής πηγής . Παρατηρούμε ότι οι προκαλούμενες ανακλάσεις από τον τοίχο απέναντι της ηχητικής πηγής Η 1 2 3 Ε4 , φτάνουν στο εκκλησίασμα Ε4 μετά από μία πορεία 47μ., προκαλώντας ηχώ. Εάν φανταστούμε την απέναντι της ηχητικής πηγής πλευρά του τετραγώνου ΔΓ να απομακρύνεται π.χ. μέχρι την ΕΖ , από την κάτοψη να προκύψει ορθογώνιος βασιλική , τότε παρατηρούμε ότι η ίδια ακτίνα Η1 ανακλώμενη επί του τοίχου ΔΕ φτάνει στο εκκλησίασμα Ε5 μετά από πορεία 4μ., δηλαδή είναι προσφορότερη.



Σχήμα 7.3

Έτσι φαίνονται καθαρά τα πλεονεκτήματα των ορθογώνιων κατόψεων από τις τετραγωνικές κατόψεις.

Προκειμένου περί πλευρικών ανακλάσεων , όπως η ηχητική ακτίνα Η 6 Ε7, παρατηρούμε ότι αυτές φτάνουν στο εκκλησίασμα με διαφορά πορείας 14μ., προκαλώντας αντήχηση. Εάν και εδώ φανταστούμε την πλευρά του τετραγώνου ΒΓ απομακρυσμένη, ώστε να συμπίσει με την ΚΘ, τότε παρατηρούμε ότι η ηχητική ακτίνα Η6 φτάνει αμέσως στο εκκλησίασμα Ε8 , η ανακλώμενη της πλευράς ΓΘ παίρνει την πορεία Η 6 9 Ε10 , φτάνοντας στο εκκλησίασμα Ε10 με διαφορά πορείας 8μ., η οποία είναι πρόσφορη ακουστικώς. Έτσι δικαιολογούνται ακουστικώς και οι σταυρικοί τύποι ναών , ώστε το εγκάρσιο κλίτος ΒΚΘΓ να μην υστερεί ακουστικά από απόψεως εντάσεως φωνής , και το μήκος των κεραιών του σταυρού να μην είναι εξαιρετικά

μεγάλο. Αυτό, λαμβάνοντας υπόψη μας το πλευρικό οριακό μήκος της ανθρώπινης φωνής, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 16 περίπου μέτρα.

Από τα παραπάνω βγάζουμε το συμπέρασμα ότι όλες οι κανονικής μορφής κατόψεις , όπως οι κύκλοι τα οκτάγωνα , εξάγωνα, τετράγωνα, δηλαδή σχήματα εγγραφόμενα σε κύκλο, παρουσιάζουν το ηχητικό μειονέκτημα της ηχοσυγκεντρώσεως στο μέσο του κυρίως ναού , σε ορισμένες δηλαδή θέσεις έχουμε μεγάλη ένταση, σε άλλες μικρή , δηλαδή παρατηρείται ανομοιομορφία στη διανομή το ήχου. Συνεπώς τα ανωτέρω σχήματα δεν ενδείκνυνται για την κατασκευή των ναών. Απεναντίας οι ορθογώνιες κατόψεις υπερέχουν ακουστικά των παραπάνω κανονικών σχημάτων , ειδικά ο ορθογώνιες κατόψεις προσαρμόζονται καλύτερα από όλες τις άλλες στα όρια της ανθρώπινης φωνής.

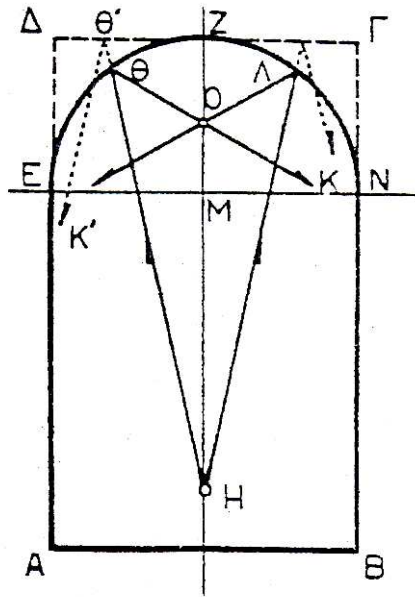
Το γεγονός ότι οι ναοί που έχουν τα παραπάνω σχήματα από πλευράς κατόψεως υστερούν ακουστικά, αποδίδεται όχι στην κάτοψη αλλά στα μεγάλα ύψη τις θολωτές κατασκευές των ναών και την κακή εκμετάλλευση της φωνής.

Ακουστικές ιδιότητες των τρούλων.

Στους ναούς συνηθέστατα συναντούμε τους τρούλους ως επιστεγάσματα τμημάτων τους. Επειδή οι περιπτώσεις αυτές από ακουστικής απόψεως είναι εντελώς διαφορετικές από τις επίπεδες επιφάνειες χρήζουν ιδιαίτερης ανάπτυξης.

1. Απευθείας προσπίπτουσες ηχητικές ακτίνες.

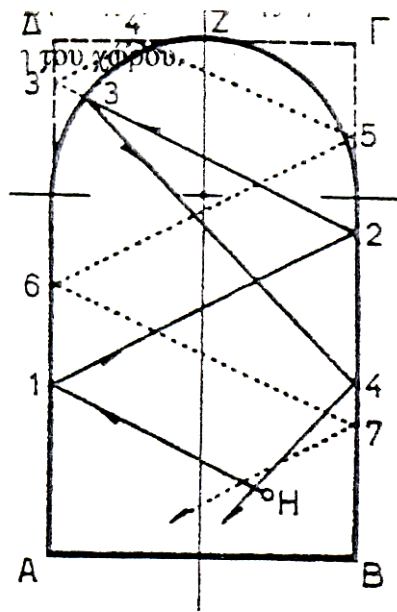
Θεωρούμε την τομή ABNZEΑ στο σχήμα 7.4 . Μια ηχητική ακτίνα ΗΘ οδηγείται απευθείας προς τον τρούλο και συναντώντας το αριστερό μέρος αυτού ΕΖ ανακλάται λαμβάνοντας κατεύθυνση ΘΚ προς τα δεξιά. Αντιστρόφως , ηχητική ακτίνα ΗΛ προσπίπτουσα στο δεξιό τμήμα ΝΖ, ανακλώμενη , λαμβάνει κατεύθυνση προς τα αριστερά. Οι θόλοι δηλαδή προκαλούν αναστροφή των διευθύνσεων των προσπίπτουσων ακτινών. Οι ανακλάσεις των ηχητικών ακτινών ΗΘ και ΗΛ κατά την διαδρομή τους συναντώνται στο σημείο Ο και διασταυρώνονται προς την ανακλαστική επιφάνεια του τρούλου. Στο σημείο Ο , γνωστού ως «ηχοσυγκεντρωτική εστία» , έχουμε ενίσχυση του ήχου. Περί της εστίας αυτής συγκεντρώνεται και κάθε άλλη ανάκλαση ηχητικής ακτίνας η οποία προέρχεται από την ηχητική πηγή Η. Όσο ψηλότερα από το δάπεδο είναι η ηχητική πηγή τόσο περισσότερο η εστία πλησιάζει το κέντρο Μ του τρούλου.



Σχήμα 7.4

2. Εμμέσως επί του τρούλου προσπίπτουσες ηχητικές ακτίνες.

Προκειμένου για έμμεσες ακτίνες, δηλαδή κατόπιν μίας ή περισσότερων ανακλάσεων, όπως φαίνεται στ σχήμα 7.5, παρατηρείται μία αισθητή σμίκρυνση της πορείας της ηχητικής ακτίνας της προσπίπτουσας επί του τρούλου σε σχέση με επίπεδη επιστέγαση του χώρου.



Σχήμα 7.5

Όστε ο τρούλος ως οροφή έχει δυσμενή επίδραση από ακουστικής απόψεως , εφόσον η κοίλη επιφάνειά του, έχει την ιδιότητα να συγκεντρώνει τις ανακλάσεις των απευθείας προσπίπτουσων ακτινών στην ηχοσυγκεντρωτική εστία και κατόπιν να διασπείρει τον ήχο , προκαλώντας την ανομοιόμορφη διανομή του. Και εάν η εστία βρίσκεται στο εκκλησίασμα , τότε σε αυτή την απολύτως καθορισμένη θέση , ο ήχος γίνεται αντιληπτός ως πολύ ισχυρός , εάν δε οι ακτίνες που καταφθάνουν έχουν ήδη διέλθει από την ηχητική εστία, τότε η διαφορά του ήχου δεν είναι η ίδια για όλες τις θέσεις του εκκλησιάσματος.

Οι παραπάνω ηχητικές ανωμαλίες αυξάνουν όταν οι διαστάσεις των τρούλων είναι μεγάλοι , καθώς στην περίπτωση αυτή είναι μεγάλες και οι διαφορές πορείας μεταξύ ανακλώμενων ακτινών και απευθείας ήχου και έχουν ως αποτέλεσμα ηχώ ή μακρά αντήχηση. Από την άλλη μεριά η σμίκρυνση των διαδρομών των ηχητικών ακτινών , των έμμεσα προσπίπτουσών στον τρούλο, σε σύγκριση με επίπεδη επιστέγαση αναπόφευκτα επιβάλουν ορισμένα μέσα αμύνης κατά των ηχητικών ανωμαλιών, τα οποία προκαλούν οι επιφάνειές του. Σαν πρώτο τέτοιο μέσο μετατοπίζουμε την ηχητική πηγή εκτός της περιοχής του τρούλου ώστε επί της επιφάνειάς του να μην προσπίπτουν απευθείας ηχητικές ακτίνες, αλλά κατόπιν ανακλάσεων πρώτα επί άλλων επιφανειών. Έτσι επί την επιφάνεια του τρούλου οι

προσπίπτουσες ανακλάσεις, λόγω της μεγάλης τους διαδρομής , χάνουν σε ένταση , ώστε να παύουν να είναι επιβλαβείς ακουστικώς.

Εάν η θέση της ηχητικής πηγής επιβάλλεται να είναι εντός της περιοχής του τρούλου, τότε ενδείκνυται η επένδυση της επιφάνειας του τρούλου με ισχυρά ηχοαπορροφητικά υλικά, ώστε οι επί του τρούλου προσπίπτουσες ηχητικές ακτίνες να απορροφώνται από το υλικό της επενδύσεως του τρούλου και να χάνουν σε ένταση. Το μέσο αυτό αμύνει, δεδομένου ότι επηρεάζει την αντήχηση του χώρου του ναού, συνιστάται σε απόλυτη ανάγκη. Το καλύτερο είναι να συλλέξουμε όλες τις ηχητικές ακτίνες οι οποίες κατευθύνονται προς τον τρούλο και να τις οδηγήσουμε κατευθείαν προς το εκκλησίασμα . Αυτό επιτυγχάνεται με την κατασκευή πάνω από την ηχητική πηγή ηχοσκεπής.

Εκτός των ανωτέρω περιγραφέντων μέσων, τα διάφορα επί του θόλου , συνηθέστατα συναντώμενα ανοίγματα , για λόγους φωτισμού και αερισμού του χώρου, έχουν και από ακουστικής απόψεως σημασία, καθώς συντελούν ώστε οι προς αυτή την περιοχή του τρούλου κατευθυνόμενες ακτίνες να μην ανακλώνται , αλλά να φεύγουν προς τα έξω, αυξάνοντας σημαντικά την απορροφητική ικανότητα του θόλου.

Τα τελευταία χρόνια σε πολλούς ναούς, προς αποφυγή των δυσάρεστων επιδράσεων των θόλων από ακουστικής απόψεως, δοκίμασαν να αναρτήσουν στη βάση τους διαγωνίως πλέγματα συρμάτινα ή μάλλινα, με σκοπό να ανακόψουν τις προς το θόλο ηχητικές ακτίνες. Το μέσο αυτό εκτός της ακαλαισθησίας δεν απόδωσε ακουστικώς. Ο Sturmhoffel ισχυρίζεται , ότι οι επί του άξονα της εκκλησίας πολυέλαιοι ανακόπτουν την πορεία των ακτινών αποτελεσματικότερα από τα ανωτέρω πλέγματα. Μάλιστα επιδρούν έτσι ώστε ο ήχος να διαχέεται προς τα υπερώα και το εκκλησίασμα.

Εν τούτοις οφείλουμε να παρατηρήσουμε ότι η μεσολάβηση μεταξύ ηχητικής πηγής και εκκλησιάσματος , των πολύφωτων δημιουργεί στρώματα αέρος διαφορετικής πυκνότητας , και λαμβάνει χώρα διάθλαση και ανάκλαση των ηχητικών ακτινών προς τα υπερώα και το εκκλησίασμα.

Με μια ανακοίνωσή του καθηγητής Γ. Α. Σωτηρίου , αναφέρει ότι στα λοφία των τρούλων βρέθηκαν πήλινοι σωλήνες, οι οποίοι ήταν εντοιχισμένοι στα λοφία καθόλο το πάχος της τοιχοποιίας αυτών. Ο αριθμός τους ποίκιλε αναλόγως των διαστάσεων των λοφίων του τρούλου.

Κατά τον αυτό καθηγητή, ο προορισμός των σωλήνων δεν είναι γνωστός, αλλά φέρονται εκ παραδόσεως να έχουν σχέση με τον ήχο, και γι αυτό ονομάστηκαν ηχητικά αγγεία. Ο Γερμανός ερευνητής Tilscher παραλλήλισε τους σωλήνες αυτούς με τα «ηχεία» του Βιτρούβιου στα αρχαία θέατρα. Τα προαναφερθέντα βέβαια ηχητικά αγγεία δεν ανταποκρίνονται προς την περιγραφή του Βιτρούβιου. Έπειτα με τα «ηχεία» ο Βιτρούβιος επεδίωξε να δημιουργήσει Resonance στα αρχαία θέατρα , ενώ για τους ναούς αυτός ο σκοπός είναι επιβλαβής , δεδομένου ότι ο ναός έχει πληθωρική αντήχηση και κατά συνέπεια προσπαθούμε να την περιορίσουμε.

Προφανώς λοιπόν , ο προορισμός των ηχητικών σωλήνων έχει σαν σκοπό την απορρόφηση του ήχου. Ο προσπίπτων ήχος στην περιοχή των ηχητικών σωλήνων , λόγω της επικοινωνίας τους με τον εξωτερικό αέρα , διαφεύγει χωρίς να προκαλεί ανάκλαση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ - ΚΑΛΩΔΙΑ

Μικρόφωνα

Γενικά

Το μικρόφωνο είναι ένα από τα πρώτα μηχανήματα που συναντάμε στο χώρο της ηχοληψίας, σε Ραδιοφωνικούς και Τηλεοπτικούς Σταθμούς.

Το μικρόφωνο είναι ένας μετατροπέας μιας μορφής ενέργειας (ηχητικής) σε μια άλλη μορφή ενέργειας (ηλεκτρική). Αποτελεί το συνδετικό κρίκο της κλασσικής ακουστικής και της ηλεκτρακουστικής. 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 δηλ. 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 που 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 .

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ

Τέσσερα είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των μικροφώνων :

Η απόκρισή τους στις διάφορες συχνότητες

Η σύνθετη αντίστασή τους

Η ευαισθησία τους

Η πιστότητα

Απόκριση

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.

Σύνθετη αντίσταση

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 μεταφορά 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 αναισθητα 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.

Ευαισθησία

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 /

cm² στο διάφραγμα παράγει μια τάση 1 V στους ακροδέκτες του μικροφώνου σε ανοικτό κύκλωμα. Η πίεση 1 dyne / cm² 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/cm² 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 έξοδος του είναι πολύ μικρή .

Η σχέση που δίνει την ευαισθησία είναι η εξής :

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

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 .

Πιστότητα

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 λόγο 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) ή κατευθείαν πίσω (180).Είναι ελάχιστα ευαίσθητα σε ήχους που φθάνουν από τα πλάγια (90 και 270).

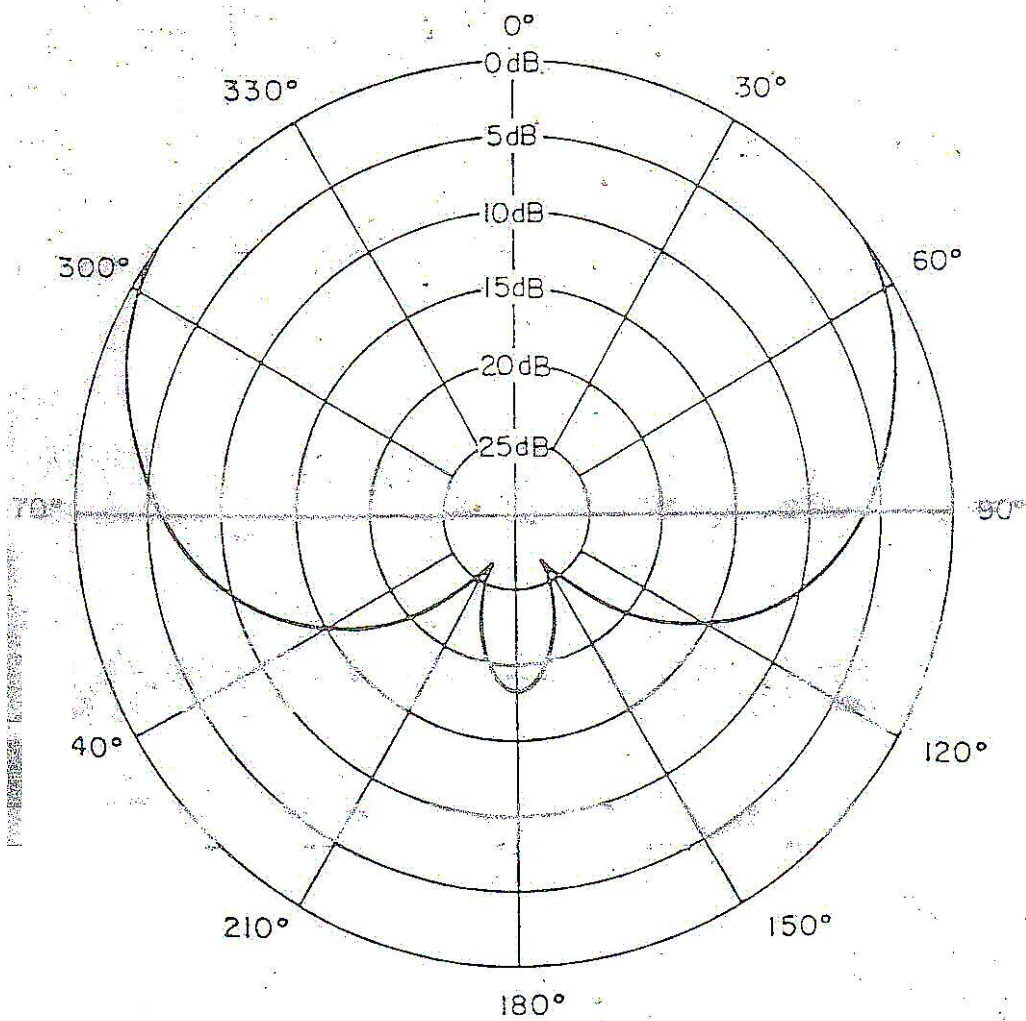
Αντίθετα όταν το μικρόφωνο είναι ευαίσθητο σε ήχους που έρχονται από μία μόνο κατεύθυνση και όχι από την αντίθετη , λέγεται *μονοκατευθυντικό*.

Τέλος είναι δυνατό με συνδυασμό μικροφώνων να έχουμε ευαισθησία σε διάφορες κατευθύνσεις. Ένα τέτοιο μικρόφωνο είναι αυτό που η απόκρισή του ακολουθεί διάγραμμα *καρδιοειδές*

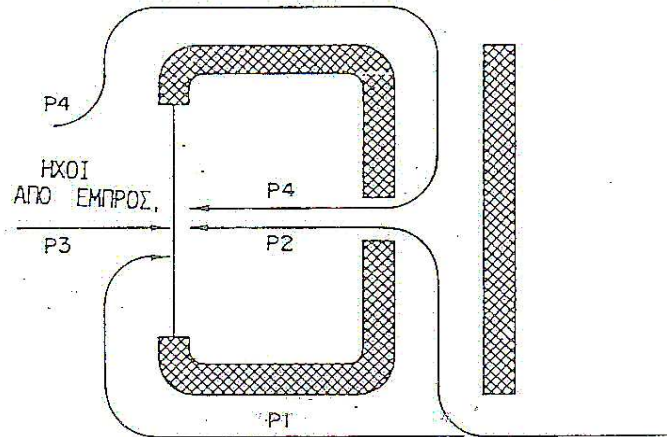
Υπάρχουν επίσης μικρόφωνα που είναι κατάλληλα για θορυβώδεις περιοχές .Τα μικρόφωνα αυτά είναι ευαίσθητα σε ηχητικές πηγές που είναι πολύ κοντά και ανίσθητα σε όλες τις άλλες ηχητικές πηγές. Όταν χρησιμοποιούνται τέτοια μικρόφωνα κρατούνται πολύ κοντά στα χείλη. Αυτά είναι χρήσιμα στα εξωτερικά συνεργεία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

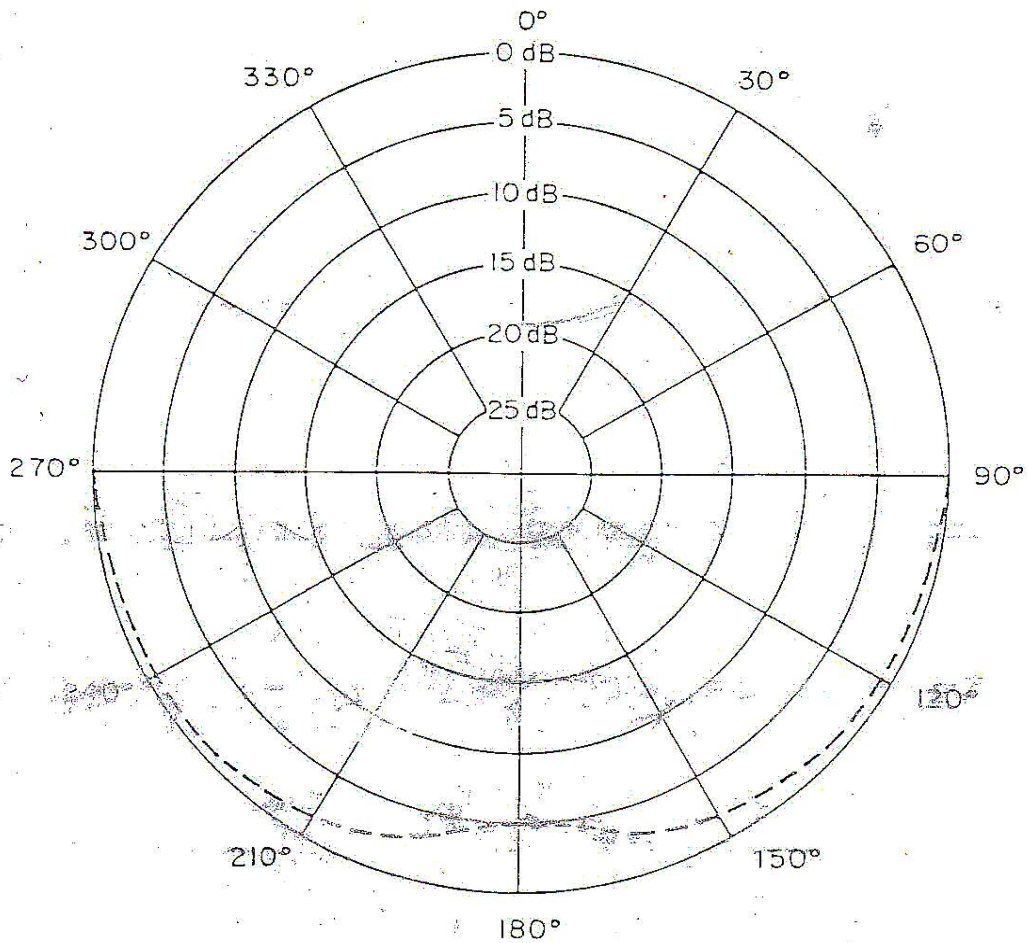


Πολικό διάγραμμα Super - Καρδιοειδούς μικροφώνου.

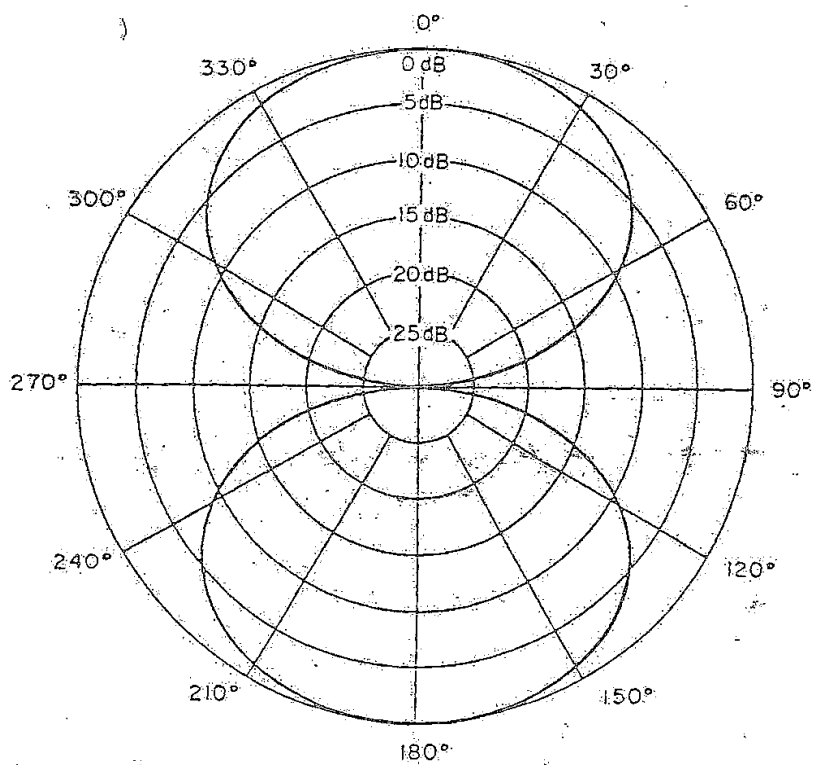


ΗΧΟΙ ΑΠΟ ΠΙΣΩ ΦΘΑΝΟΥΝ
ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΕΣ
ΤΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

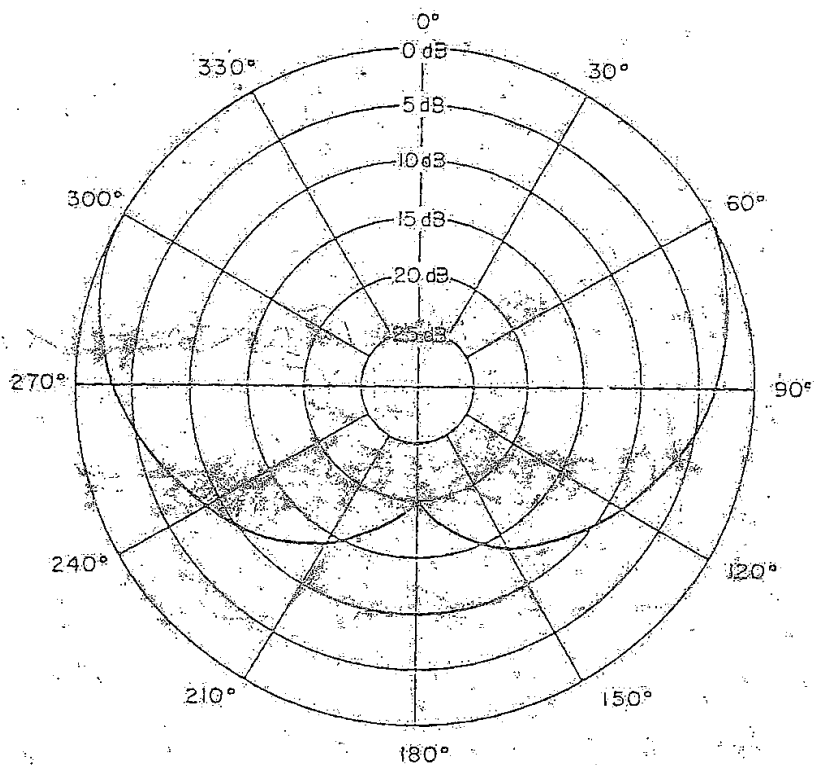
Σχεδιάγραμμα μονοκατευθυντικού μικροφώνου



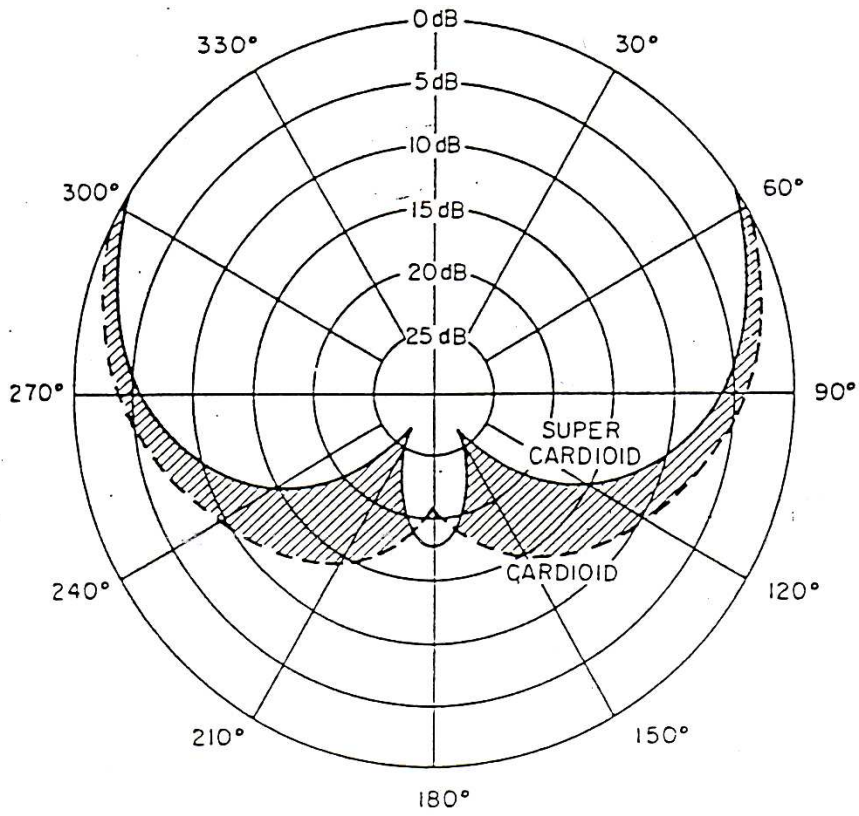
Πολικό διάγραμμα παντοκατευθυντικού μικροφώνου.



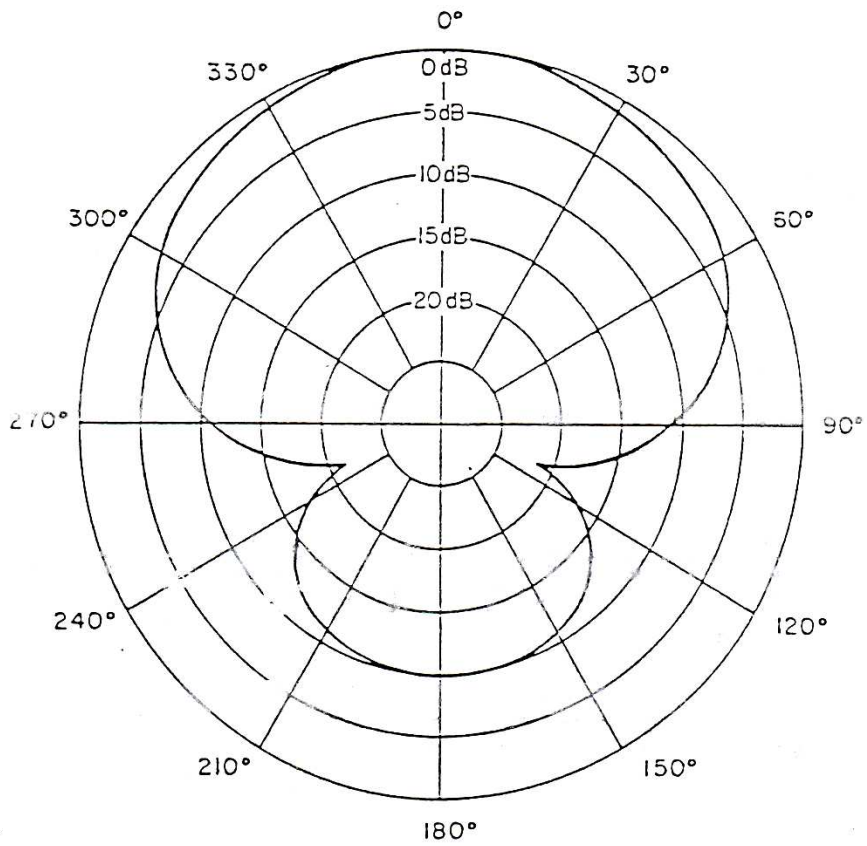
Πολικό διάγραμμα δικατευθυντικού μικροφώνου.



Πολικό διάγραμμα μονοκατευθυντικού μικροφώνου.



Σύγκριση καρδιοειδούς και Super - καρδιοειδούς μικροφώνου.



Πολικό διάγραμμα υπερ - 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.

ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ

Είδη μικροφώνων ανάλογα με το είδος του μετατροπέα

Το μικρόφωνο άνθρακα

Το δυναμικό μικρόφωνο ή το μικρόφωνο κινούμενου πηνίου.

Το μικρόφωνο ταινίας

Το κρυσταλλικό μικρόφωνο

Το πιεζοηλεκτρικό μικρόφωνο

Το ηλεκτροστατικό μικρόφωνο ή πυκνωτικό μικρόφωνο.

Ειδικής κατηγορίας (θερμικά, οπτικά)

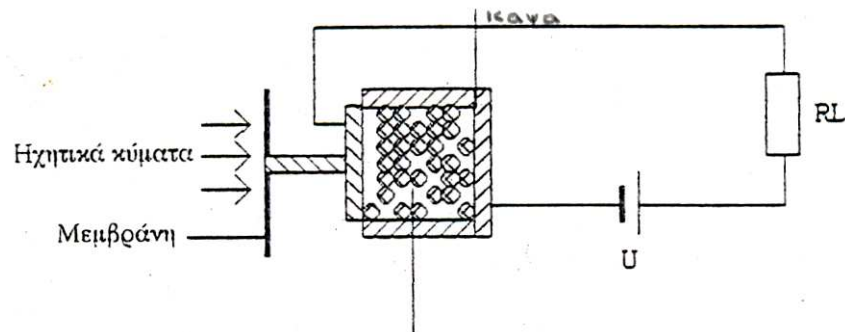
Μικρόφωνο άνθρακα

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 ψηγμάτων γραφίτη , θα έχουμε μεταβολή της ηλεκτρικής αντιστάσεως των ψηγμάτων . Η μεταβολή γίνεται αντιληπτή σαν μεταβολή τάσης στα άκρα της αντίστασης κυκλώματος του μικροφώνου. Όταν το μικρόφωνο είναι απενεργοποιημένο το ρεύμα υπολογίζεται ως : $I_0 = \frac{V}{R}$ όπου I_0 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.

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

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.



Δυναμικό μικρόφωνο - μικρόφωνο κινουμένου πηνίου

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 το πηνίο ώστε να κινείται 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

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

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.

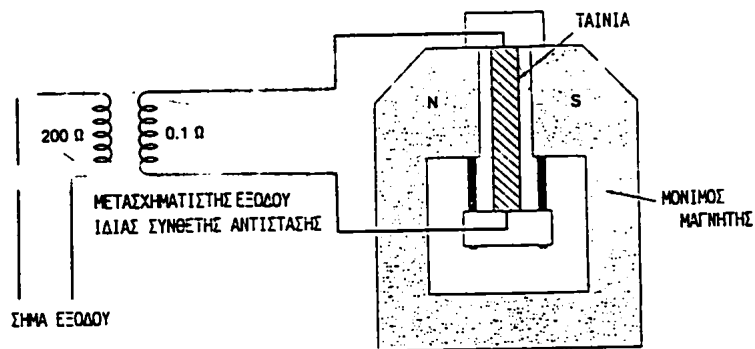
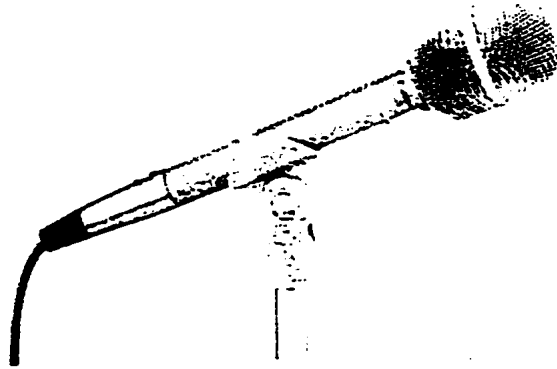
Τα δυναμικά μικρόφωνα χρησιμοποιούνται σε μικροφωνικές εγκαταστάσεις , σε Ραδιοφωνικούς θαλάμους κ.λπ.

Μικρόφωνο ταινίας.

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 ΩΜ , 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.



36

Κρυσταλλικό μικρόφωνο .

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.

Πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα

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.

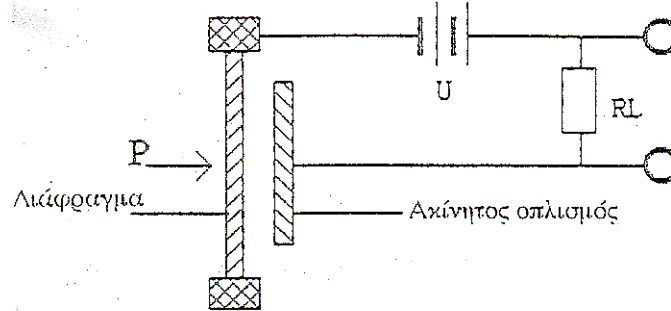
Τα μικρόφωνα αυτά είναι υψηλής ευαισθησίας και χρησιμοποιούνται σε εγγραφές δίσκων , ειδικά μεγάφωνα και άλλες λειτουργίες υψηλής απόδοσης και πιστότητας.

Πυκνωτικό μικρόφωνο.

Την καλύτερη απόκριση στις Υ.Σ. 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.



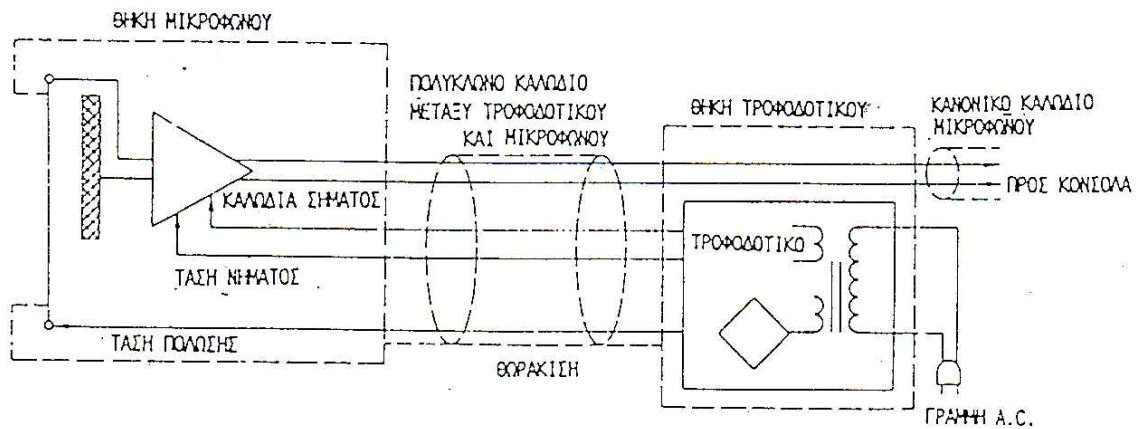
ΕΛΕΚΤΡΕΤ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ.

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.

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.

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.

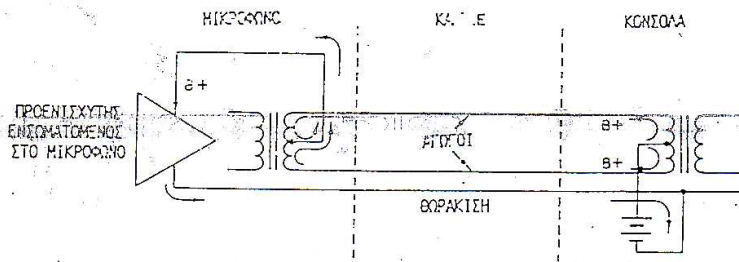
Δύο μέθοδοι τροφοδότησης με Σύστημα PHANTOM POWER σε πυκνωτικά μικρόφωνα

Εάν η κονσόλα για τα μικρόφωνα χρησιμοποιεί στην είσοδο μετασχηματιστές με κεντρική λήψη , η απαιτούμενη θετική τάση τροφοδότησης , εφαρμόζεται όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 1. 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 .

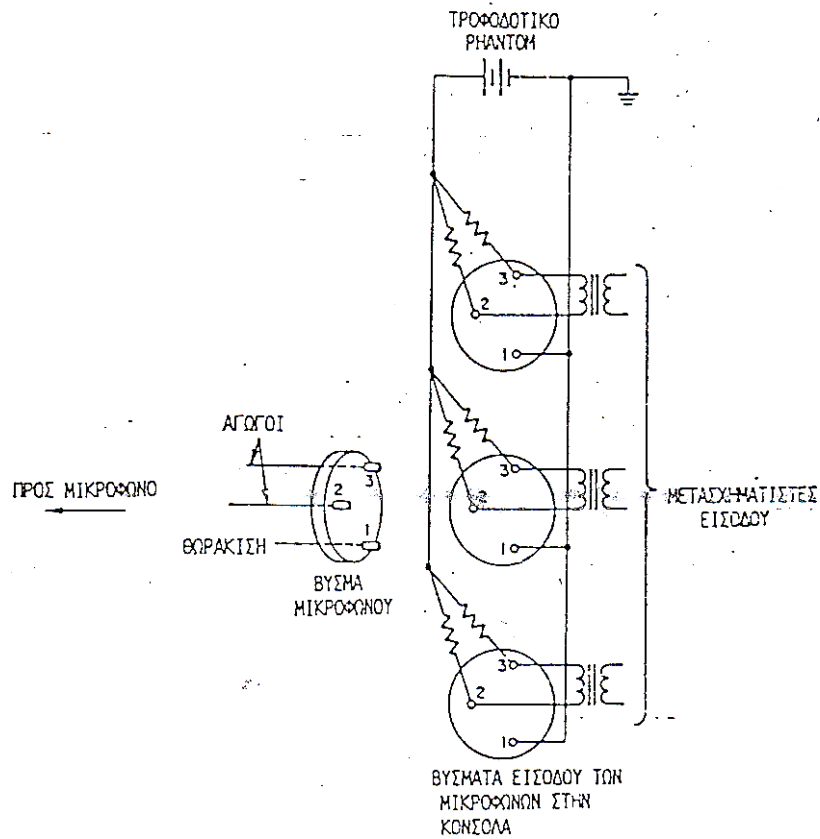
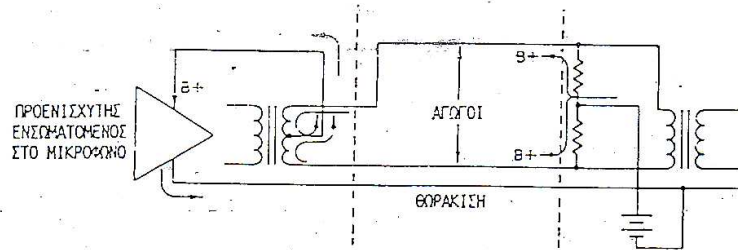
Στην τροποποίηση μιας κονσόλας για τροφοδότηση μικροφώνων με σύστημα PHANTOM , μια κοινή πρακτική για τη δημιουργία ενός υποκατάστατου της κεντρικής λήψης , είναι η χρήση δύο επιπλέον αντιστάσεων , όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Το εξωτερικό πλέγμα του μικροφωνικού καλωδίου συνδέεται στο (-) αρνητικό του 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. 4-9α.



Τυπικό διάγραμμα καλωδίωσης για ένα σύστημα phantom power supply.

ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΝΑ ΠΟΛΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Μικρόφωνα με δύο διαφράγματα .

Ένας συχνός σχεδιασμός πυκνωτικών μικροφώνων χρησιμοποιεί δύο διαφράγματα για να μπορεί ο ηχολήπτης να επιλέγει τα πολικά διαγράμματά τους .

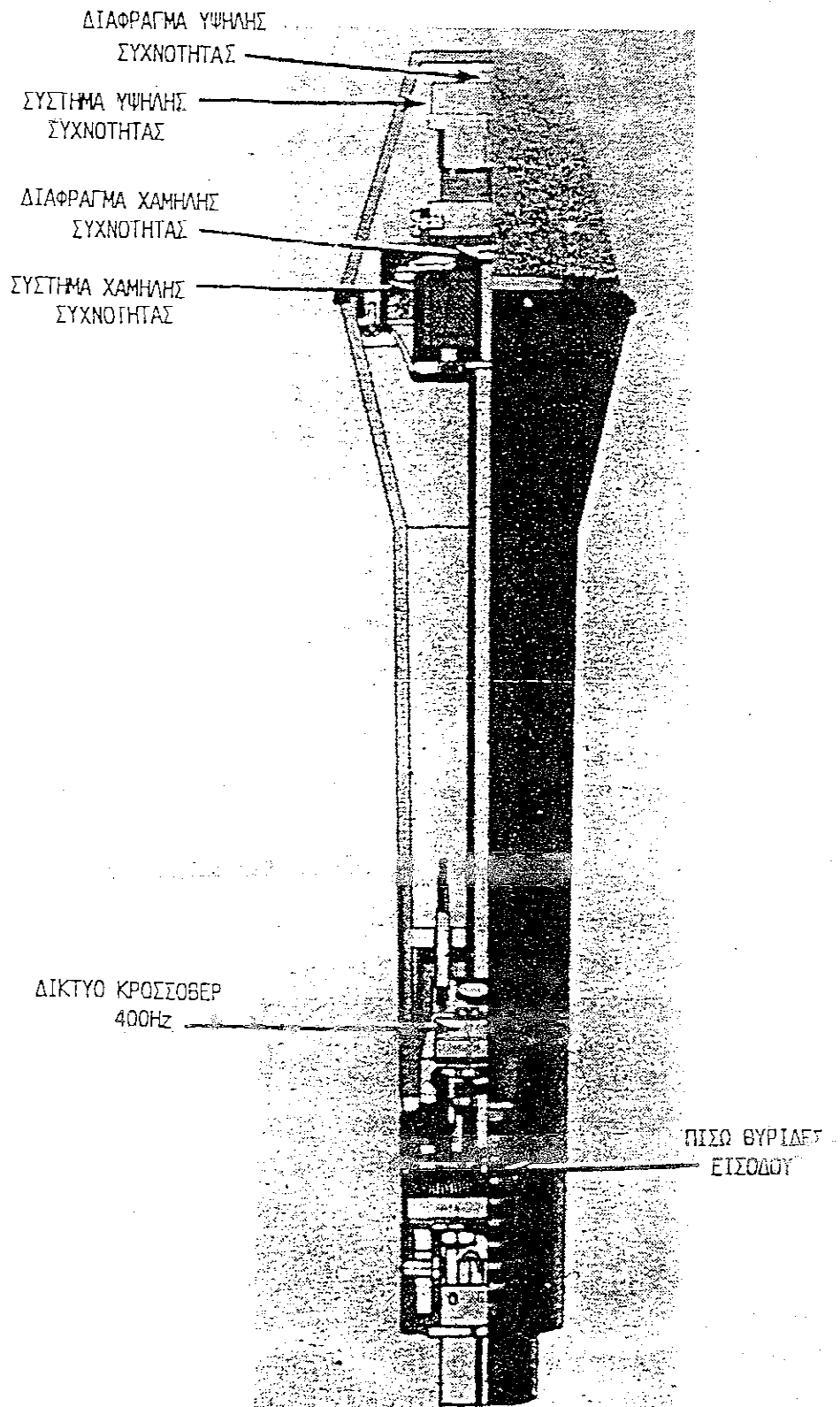
Τα σχεδιασμένο δυαδικό διάφραγμα επωφελείται από το γεγονός ότι δύο καρδιοειδή διαγράμματα μπορούν να συνδυαστούν ώστε να παράγουν είτε ένα δικατευθυντικό ή ένα πανκατευθυντικό διάγραμμα.

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.



ΕΚΤΟΣ ΑΞΟΝΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (OFF - AXIS)

Τα πολικά διαγράμματα των μικροφώνων δείχνουν σχηματικά την απόκριση των μικροφώνων στις διάφορες συχνότητες . Είναι όμως σχεδιαγράμματα απλής γραμμής και κατ' αυτόν τον τρόπο συνεπάγεται ότι στις εκτός- άξονα θέσεις το μικρόφωνο παρουσιάζεται το ίδιο 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 .Δηλ. 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 εν τούτις 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 150^ο έως 210^ο ενώ για το super – καρδιοειδές το άνοιγμα ευαισθησίας είναι μεγαλύτερο από 110^ο έως 250^ο και παρουσιάζει μικρότερη ευαισθησία στα

πλάγια.

Ultra – directional ή Shot gun

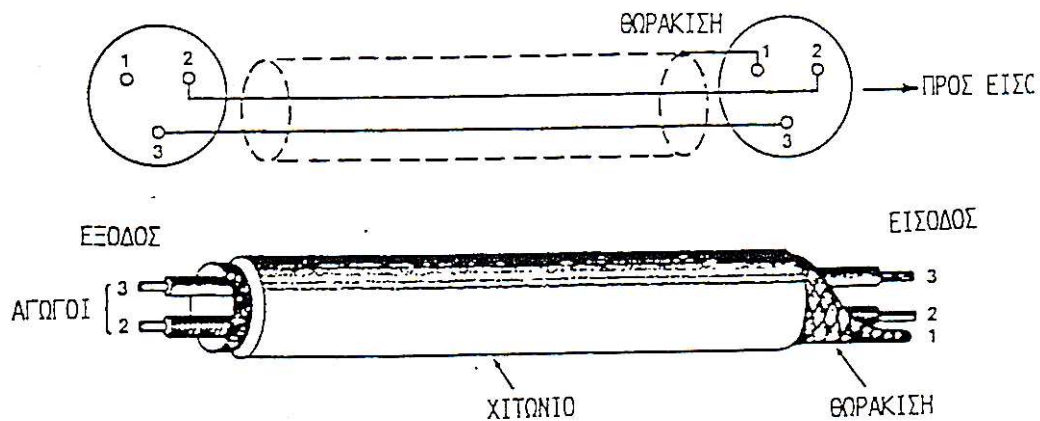
Το μικρόφωνο αυτό παρουσιάζει έντονη ευαισθησία στους απευθείας ήχους ενώ για τους πλευρικούς οι λοβοί είναι αισθητά πιο μικροί περιορίζοντας την ευαισθησία του . Ένα τέτοιο δε δύναται να χρησιμοποιηθεί σε στουντιακές ηχογραφήσεις αλλά είναι πολύ χρήσιμο σε περιπτώσεις μακρινών λήψεων στην τηλεόραση.

Καλώδια

Γενικά.

Τα καλώδια αντιπροσωπεύουν τη μικρότερη δαπάνη σ' ένα σύστημα ήχου. Μπορούν όμως να μειώσουν την απόδοση ή και να «σιωπήσουν» ένα ολόκληρο σύστημα έστω και αν οι συσκευές και τα όργανα που το αποτελούν, ποιοτικά είναι υψηλών προδιαγραφών.

Ένα τυπικό καλώδιο ακουστικού σήματος αποτελείται από ένα ή δύο αγωγούς που περιβάλλονται από μόνωση (διηλεκτρικό) και από αγωγό θωράκισης . Ολο το καλώδιο περιβάλλεται από εξωτερικό μονωτικό κάλυμμα.



Ο αγωγός θωράκισης γειώνεται στη γείωση των κυκλωμάτων και ο ρόλος του είναι να «συλλαμβάνει» τα επαγόμενα σήματα θορύβου από ηλεκτροστατικά πεδία (π.χ. σπινθήρες από λειτουργία κινητήρων και ηλεκτρικών μηχανών, φώτα φθορισμού , ραδιοφωνικές παρεμβολές κ.λπ.) και να το διοχετεύει στη γη.

Οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (ηλεκτρομαγνητικά πεδία από τα πηνία ηλεκτρικών μηχανών και μετασχηματιστών , διακοπτικά φαινόμενα από συστήματα θυρίστορ ,φώτα φθορισμού) δεν εξασθενούνται αποτελεσματικά από τη θωράκιση και μπορούν να μπουν στον αγωγό σήματος με επαγωγική σύζευξη. Μόνο συμπαγής μεταλλική θωράκιση μπορεί να αποτρέψει τον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο.

Ένα βασικό πρόβλημα που παρουσιάζουν τα θωρακισμένα καλώδια είναι η χωρητικότητα μεταξύ κεντρικού αγωγού ή αγωγών και θωράκισης όπως και μεταξύ των δύο αγωγών (όταν υπάρχουν δύο).

Η χωρητικότητα είναι υπεύθυνη για την αποκοπή των υψηλών συχνοτήτων . Η αντίσταση (εν σειρά) των αγωγών σχηματίζει με τη χωρητικότητα κατωδιαβατό φίλτρο RC , το οποίο αποκόπτει υψηλές συχνότητες και κάνει τον ήχο «μουντό».

Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του αγωγού τόσο η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου μετατοπίζεται χαμηλότερα μ' αποτέλεσμα την αποκοπή όλο και περισσότερων υψηλών συχνοτήτων .

Αυτό το φαινόμενο εξαρτάται επίσης από την αντίσταση εξόδου του κυκλώματος που «οδηγεί» το καλώδιο. Υπάρχουν ειδικά κυκλώματα , οι ενισχυτές γραμμής , οι οποίοι μπορούν να οδηγούν επαρκώς τα μεγάλα μήκους καλώδια .Μερικά καλώδια παρουσιάζουν και επαγωγή (συμπεριφορά πηνίου) η οποία σχηματίζει με την αντίσταση των αγωγών ανωδιαβατό φίλτρο RL ,το οποίο αποκόπτει τις χαμηλές συχνότητες . Η επαγωγή εξαρτάται από το μήκος και τη σύνθετη αντίσταση του καλωδίου.

ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ

Οι συνδέσεις μεταξύ των συσκευών και των οργάνων ή των συσκευών μεταξύ τους γίνεται με δύο τρόπους . Με τις ισορροπημένες και με τις μη ισορροπημένες γραμμές .

α) *Un - balanced / μη - εξισορροπημένες γραμμές:*

Είναι οι συνδέσεις στις οποίες χρησιμοποιούνται δύο αγωγοί (μέσα σε κοινό καλώδιο). Ο ένας αγωγός είναι γειωμένος (θωράκιση) ενώ ο άλλος μεταφέρει το σήμα (η θωράκιση είναι και ο αγωγός επιστροφής).

Η ζεύξη μέσω της unbalanced σύνδεσης γίνεται συνήθως απ' ευθείας , από την έξοδο της μιας συσκευής στην είσοδο της άλλης . Μερικές φορές η ζεύξη γίνεται μέσω μετασχηματιστών.

Οι unbalanced γραμμές και ζεύξεις δεν έχουν την ικανότητα να «μηδενίζουν» το θόρυβο που «ελκύει» το καλώδιο από τις διάφορες εξωγενείς ακτινοβολίες. Η τάση του θορύβου θα ταξιδέψει κάτω από το μονό αγωγό και θα μεταβιβαστεί στην επόμενη φάση του κυκλώματος . Εφοδιάζοντας το ακουστικό σήμα επαρκώς με HIGH LEVEL (υψηλό επίπεδο) το σήμα θορύβου μπορεί να μην ακουστεί , ειδικά αν η μη ισορροπημένη γραμμή είναι λογικά κοντή.

Οι μικροφωνικές γραμμές όμως είναι αρκετά μακριές και τα επίπεδα θορύβου πολύ χαμηλά . Σαν επακόλουθο ο θόρυβος ή ο βόμβος που προκαλείται στην μικροφωνική γραμμή μπορεί να γίνει τόσο δυνατός όσο και η έξοδος σήματος του μικροφώνου.

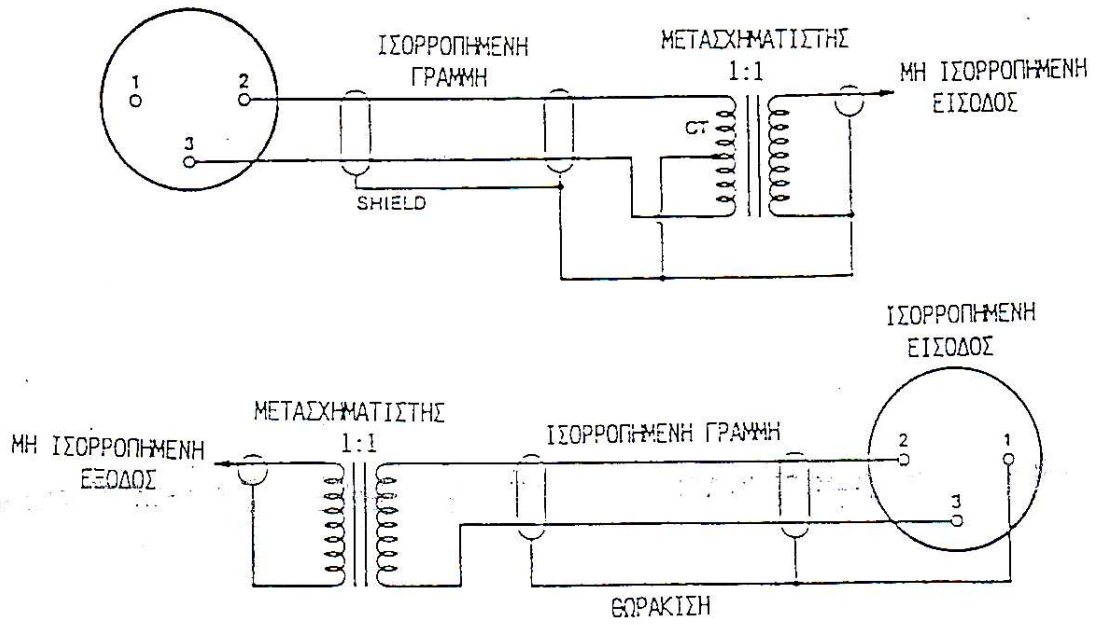
Οι μη ισορροπημένες γραμμές είναι ευκολότερης κατασκευής και χαμηλότερου κόστους. Τα βύσματα που χρησιμοποιούν είναι μονοφωνικά του 1/4 της ίντσας ή RCA.

β) *Balanced* - ισορροπημένες γραμμές :

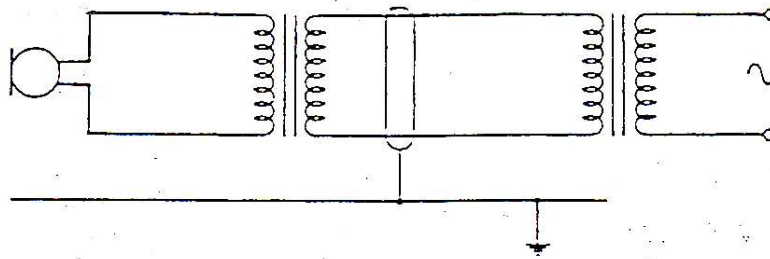
Σ' αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται τρεις αγωγοί (μέσα σε κοινό καλώδιο) , δύο για το σήμα και ένας για την γείωση (θωράκιση).

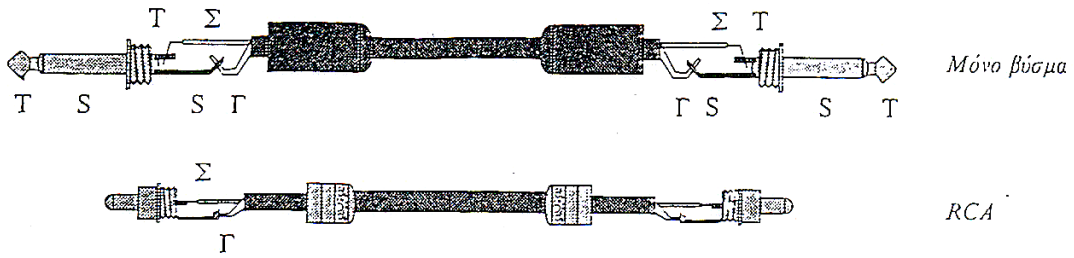
Το ακουστικό σήμα οδηγείται στον ένα αγωγό κανονικά ενώ στον άλλο με αναστροφή φάσης κατά 180 (εκτός φάσης). Ο,τι θόρυβος προστεθεί εξ' επαγωγής στο καλώδιο , αφαιρείται (μηδενίζεται) στο τέλος της ζεύξης ως εξής . Το ανεστραμμένο σήμα , με νέα αναστροφή φάσης επανέρχεται σε φάση και προστίθεται στο κανονικό , οπότε διπλασιάζεται το πλάτος του. Ο θόρυβος όμως αναστρέφεται και προστίθεται στον ίδιο θόρυβο του άλλου καλωδίου εκτός φάσης , οπότε μηδενίζεται . Έτσι οι *balanced* γραμμές και ζεύξεις είναι κατά πολύ λιγότερο ευαίσθητες στο θόρυβο του περιβάλλοντος (ακτινοβολίες - παρεμβολές).

Γι' αυτή τους την ικανότητα οι ισορροπημένες γραμμές είναι υποχρεωτικά αναγκαίες μεταξύ μικροφώνου και κονσόλες. Λόγω των αποτελεσμάτων μηδενισμού θορύβου , συναντώνται *balanced* καλώδια χωρίς αγωγό θωράκισης , αλλά μόνο με αγωγό επιστροφής . Χρησιμοποιούνται στερεοφωνικά βύσματα του 1/4 της ίντσας ή XLR. Οι *balanced* είσοδοι και έξοδοι κατασκευάζονται είτε με μετασχηματιστές είτε με διαφορικούς ενισχυτές.

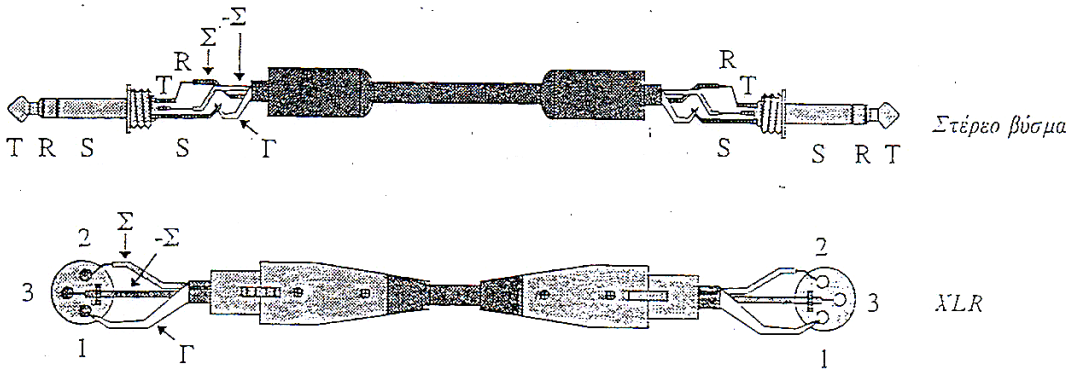


Σχ. 4-35 Γ. Σύνδεση μετατροπέα μεταξύ ισορροπημένου και μη ισορροπημένου μηχανήματος





(a) Unbalanced



(β) Balanced

(α) Δυο τύποι συνδέτων δυο επαφών με καλώδια δυο αγωγών για unbalanced συνδέσεις (τύπου "μονοφωνικό βύσμα" και τύπου "RCA"). (β) Δυο τύποι συνδέτων τριών επαφών με καλώδια τριών αγωγών για balanced συνδέσεις (τύπου "στέρεο βύσμα" και τύπου "XLR").

- Σ = αγωγός σήματος
- Σ = αγωγός ανεστραμμένου σήματος (μόνο σε balanced)
- Γ = αγωγός επιστροφής ή γείωση (θωράκιση)
- T = "Tip" - μύτη του βύσματος
- S = "Sleeve" - μανίκι ή σώμα του βύσματος
- R = "Ring" - δαχτυλίδι του βύσματος

ΣΥΝΑΚΡΟΑΣΗ

Συνακρόαση είναι η «διαρροή» σήματος από ένα κύκλωμα στο διπλανό του ή σ' ένα άλλο κύκλωμα. Εμφανίζεται όταν μια συσκευή ή ένα σύστημα επεξεργασίας ήχου διαχειρίζεται πολλά κανάλια διαφορετικών ακουστικών σημάτων οπότε «διαρρέουν» σήματα από το ένα κανάλι στο άλλο. Η διαρροή γίνεται ή μεταξύ των κυκλωμάτων ή μεταξύ των καλωδίων που μεταφέρουν τα σήματα . Προκαλείται από επαγωγικές ή χωρητικές συζεύξεις . Αποφεύγεται με διαχωρισμό και θωράκιση των κυκλωμάτων , με σωστή τοποθέτηση των ηλεκτρονικών στοιχείων στην πλακέτα και με κατάλληλη απόσταση και θέση των καλωδίων.

Για παράδειγμα ,δύο καλώδια που βρίσκονται δίπλα και είναι παράλληλα , έχουν ισχυρή σύζευξη και περνά σήμα από το ένα στο άλλο σε μεγάλο βαθμό. Η συνακρόαση στις στερεο συσκευές δίνεται από το μέγεθος *διαχωρισμός καναλιών* και αφορά τη διαρροή σήματος από το ένα κανάλι στο άλλο.

Η συνακρόαση πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή ενώ ο διαχωρισμός όσο το δυνατό μεγαλύτερος.

Για συγκεκριμένες συσκευές , τα σημεία που πρέπει να προσεχτούν είναι :

Αν είναι δυνατό , οι αποστάσεις μεταξύ των μετασχηματιστών τάσης που υπάρχουν μέσα στις συσκευές να είναι μεγάλες και ο «προσανατολισμός» των μετασχηματιστών να σχηματίζει γωνία 90 .

Να μη χρησιμοποιούνται καλώδια πολλών αγωγών (σημάτων) στο ίδιο «κορδόνι» (πολυπολικά καλώδια) αλλά ξεχωριστά καλώδια για κάθε σήμα (διπολικά ή τριπολικά) .

Τα καλώδια που μεταφέρουν ισχυρά σήματα δεν πρέπει να γειτονεύουν με καλώδια που μεταφέρουν ασθενή σήματα.

Ν' αποφεύγονται παράλληλες διαδρομές καλωδίων σε μεγάλη απόσταση . Αν δεν είναι δυνατό να υπάρχει όσο γίνεται μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους.

Όταν τα καλώδια συναντώνται θα πρέπει να σχηματίζουν γωνία 90 μεταξύ τους.

Η συνακρόαση εξαρτάται επίσης από τη συχνότητα . Όταν οφείλεται σε χωρητική σύζευξη (π.χ. δύο παράλληλα καλώδια) , τότε αυξάνεται όσο αυξάνεται και η συχνότητα , ενώ όταν οφείλεται σε επαγωγική σύζευξη (ηλεκτρομαγνητικό πεδίο το οποίο συναντά αγωγούς σήματος) αυξάνεται όσο ελαττώνεται η συχνότητα .

Τιμές συνακρόασης μικρότερες από -65db ή τιμές διαχωρισμού μεγαλύτερες από 65db είναι γενικά αποδεκτές.

Μικροφωνικά βύσματα

Κυρίως υπάρχουν τρία είδη συνδετών :

Τα γνωστά βύσματα ή «καρφιά» που υπάρχουν σε μόνο και στέρεο τύπο , με δύο και τρεις περιοχές επαφής αντίστοιχα.

Τα RCA με δύο περιοχές επαφής (σήμα και γείωση).

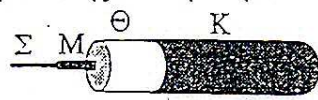
Οι συνδέτες XLA που χρησιμοποιούνται κυρίως στις balanced συνδέσεις αν και εφαρμόζονται και στις unbalanced με τρεις ή περισσότερες περιοχές επαφής.

Οι δύο πρώτοι τύποι συνήθως σχηματίζουν μεταξύ επαφών αρσενικού και θηλυκού , λόγω του «ζευγαρώματος» , φθορά και οξειδωση που αυξάνουν την αντίσταση στις επαφές . Γι'αυτήν την περίπτωση υπάρχουν επιχρυσωμένοι συνδετές λόγω της αντοχής και της μικρής φθοράς του χρυσού.

Οι XLR έσουν διαφορετικό τρόπο ζευγαρώματος , μεγάλες επιφάνειες επαφής και «κλειδώνουν» μόλις συνδεθούν . Όταν συνδέονται πρώτα εφάπτονται οι γειώσεις και έπειτα τα σήματα σε αντίθεση με τους δύο προηγούμενους συνδετές .Αυτό κάνει τη σύνδεση αθόρυβη διότι οποιαδήποτε ανισορροπία στατικών φορτίων υπάρχει μεταξύ των συνδεόμενων μερών , εξομαλύνεται πρώτα (λόγω της σύνδεσης των γειώσεων) και μετά συνδέονται τα σήματα. Το σημείο σύνδεσης του συνδετή με το καλώδιο πρέπει να έχει υποστήριξη για την αποφυγή της καταπόνησης της σύνδεσης . Αυτό γίνεται με προέκταση του συνδετή προς το καλώδιο , η οποία κατασκευάζεται είτε από «μανίκι» καουτσούκ με βαθμιαία ελαττούμενη διάμετρο είτε από ελατήριο.

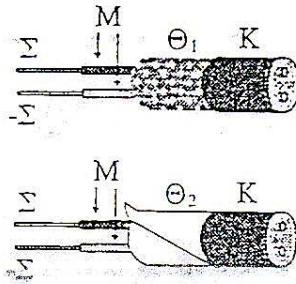
Πρακτικά όλα τα επαγγελματικά μικρόφωνα χρησιμοποιούν τριπλό καρφί σύνδεσης OUTPUT , με το PIN No1 χρησιμοποιούμενο σαν προφύλαξη και το σήμα εξόδου παρουσιάζεται κατά μήκος στο PIN No2 και PIN No3.

Πριν τοποθετηθεί ένα μικρόφωνο σε λειτουργία είναι σημαντικό να επαληθεύεται η σχετική πολικότητα της εξόδου των καρφιών έτσι ώστε ν' αποφεύγεται η αναστροφή φάσης . Συνήθως χρησιμοποιείται ένα μόνιμο μικρόφωνο για σύγκριση με τα νέα μικρόφωνα. Αν ο συνδυασμός παράγει χαμηλότερο επίπεδο εξόδου ή μια παραμορφωμένη συχνότητα , υπάρχει αναστροφή που πρέπει να διορθωθεί. Προληπτικά ένας μικρός καλωδιο-μετασχηματιστής είναι μόνιμα τοποθετημένος στο όχι καθορισμένο μικρόφωνο.

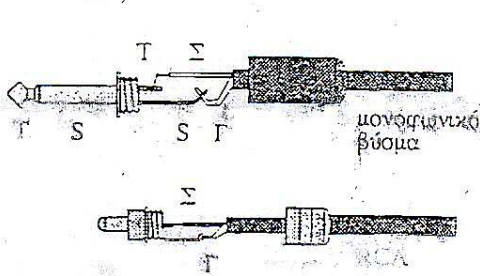


Καλώδιο δύο αγωγών
(μονοφωνικό, unbalanced)

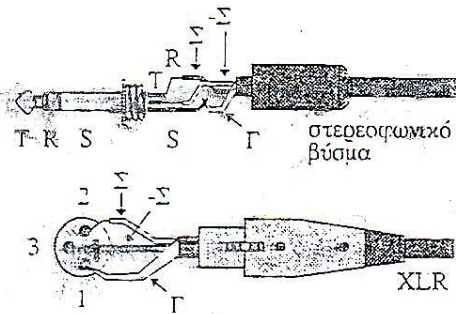
(α)



Καλώδιο τριών αγωγών
(στερεοφωνικό ή balanced)



μονοφωνικό
βύσμα

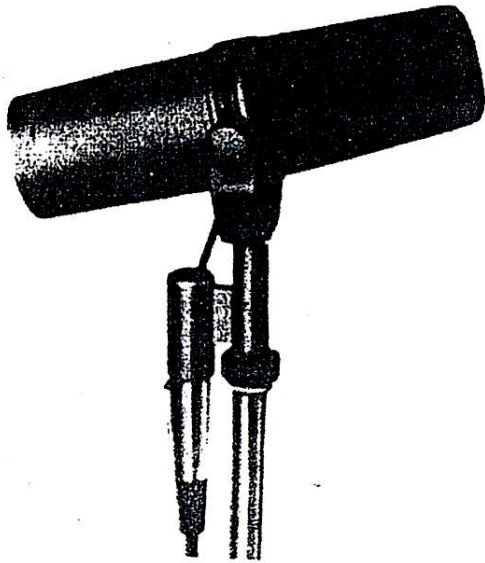


στερεοφωνικό
βύσμα

XLR

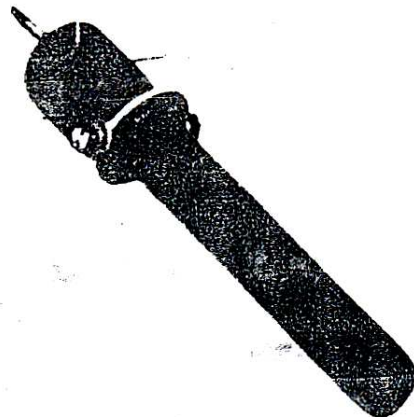
(α) Τρεις τύποι θωρακισμένου καλωδίου
 Σ = αγωγός σήματος, $-\Sigma$ = αγωγός αναστραμμένου σήματος, M = μόνωση αγωγού σήματος, K = εξωτερικό κάλυμμα, Θ ή Γ = θωράκιση (μπλεντάζ) ή επιστροφή ή γείωση, Θ_1 = θωράκιση πλεχτή, Θ_2 = θωράκιση "αφώγιμον φύλλον".

(β) Τέσσερις τύποι συνδέτων

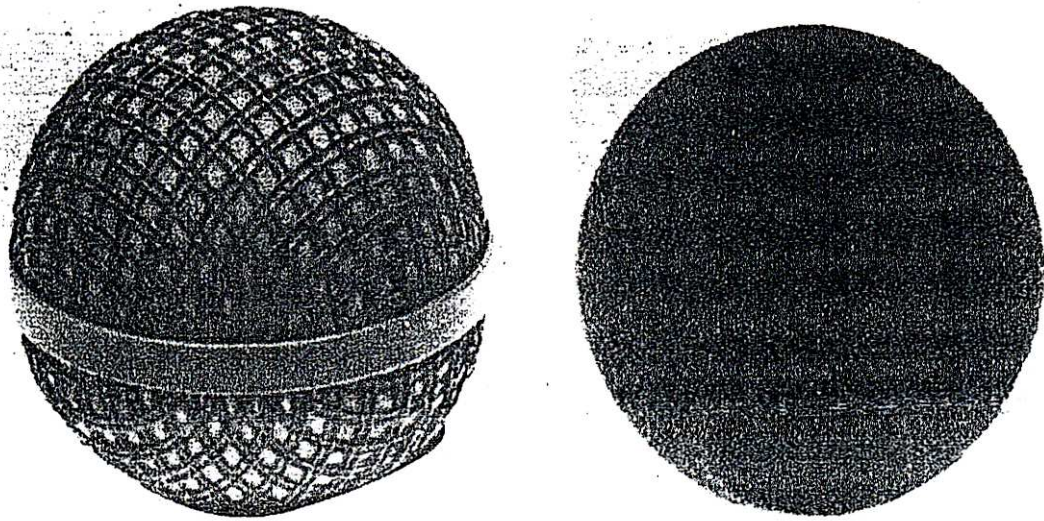


Δυναμικό μικρόφωνο ενσωματωμένο με άντιανέμιο (Shure SM-57)

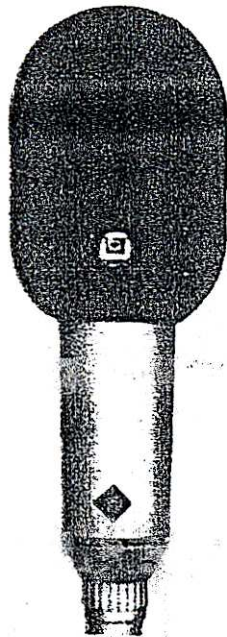
DL



*Ένα shotgun μικρόφωνο που προσομοιώνεται ολοκληρωτικά από
αντιανέμιο. (Electro Voice DL-42)*



Δύο μικρά αντανέμια Sennheiser MZW-22 και MZW-411



Ένα αντανέμιο σ' ένα πυκνωτικό μικρόφωνο. (Neuman U-67)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΜΕΓΑΦΩΝΑ

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 κόρνα. Τα μεγάφωνα τύπου κώνου , χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις . Τα μεγάφωνα τύπου κόρνας , 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

Χαρακτηριστικά μεγαφώνων.

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 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.

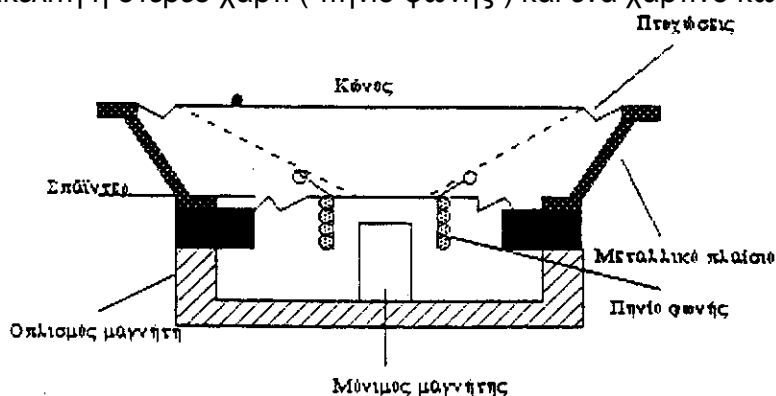
Ε) **σύνθετη αντίσταση**: τα μεγάφωνα που συναντάμε σήμερα στο εμπόριο αναγράφουν τις τιμές 4Ω, 8Ω, 16Ω με εξαίρεση τα λεγόμενα δυναμικά μεγάφωνα που χρησιμοποιούν M/T προσαρμογής. Η γνώση της είναι απαραίτητη γιατί πρέπει να γίνεται προσαρμογή μεταξύ της σύνθετης αντίστασης εξόδου του ενισχυτή και της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

Στ) **ακουστική ισχύς εξόδου** : είναι 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 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 κινείται ταλαντώνεται στα όριά της.

Τα μεγάφωνα κώνου από πλευράς κατασκευής διακρίνονται σε :

α. Μεγάφωνα μόνιμου μαγνήτη

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



Σχήμα 9.1

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 σπάντερ (αράχνη) . Το σπάντερ είναι μια λεπτή κυκλική και πτυχωτή μεμβράνη από ευλίγιστο 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 σπάντερ 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:

$$F = B * I \eta_{\mu\phi} \quad (\eta_{\mu\phi} = \eta_{\mu 0} = 1)$$

$$F = B * I$$

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.

β. Ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα

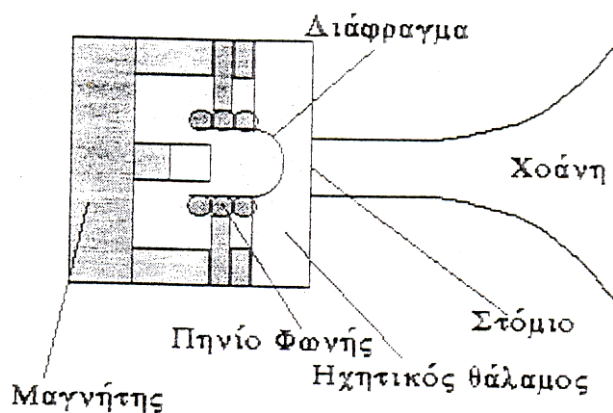
Είναι όμοια με τα μεγάφωνα μόνιμου μαγνήτη με μόνη διαφορά ότι αντί για μόνιμο μαγνήτη, έχουν ηλεκτρομαγνήτη.

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 στροφές από χοντρό σύρμα που τυλίγεται πάνω από το πηνίο διέγερσης και συνδέεται σε σειρά με το πηνίο φωνής.

γ. Μεγάφωνα χοάνης.

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 9.2 τα μέρη από τα οποία αποτελείται το μεγάφωνο χοάνης είναι:

- A) Το πηνίο φωνής
- B) Ο ηχητικός θάλαμος
- Γ) Ο μόνιμος μαγνήτης
- Δ) Το διάφραγμα
- Ε) Το στόμιο
- Στ) Η χοάνη

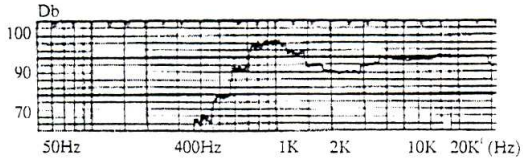
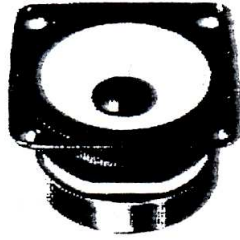


Σχήμα 9.2

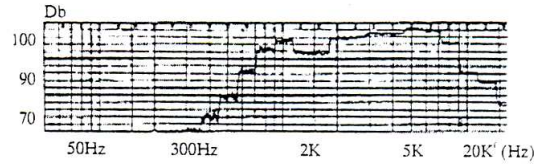
Ο ρόλος της χοάνης είναι να μετατρέπεται την ενέργεια του ηχητικού θαλάμου που είναι υψηλής πίεσης με χαμηλή ταχύτητα σε ισχύ χαμηλής πίεσης και υψηλής ταχύτητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης του μεγαφώνου χοάνης γιατί η χοάνη ενεργεί σαν ένα σύστημα προσαρμογής του ελεύθερου χώρου 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.

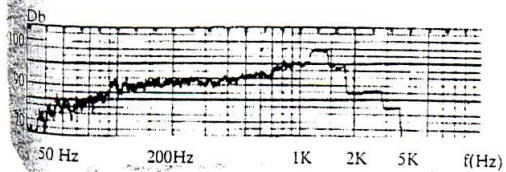
TWEETER



MID - RANGE

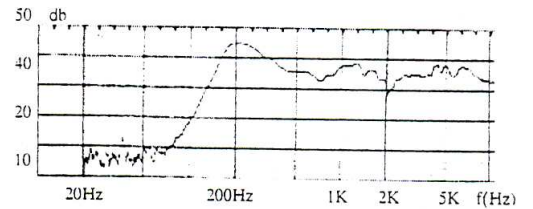


WOOFER

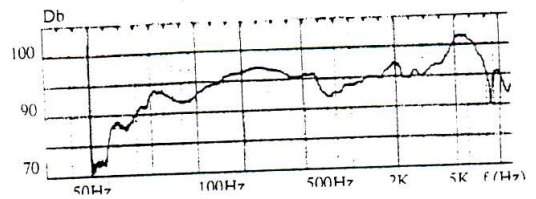


Σχήμα 4.4.2. Καμπύλη απόκρισης του Woofer

AUTO



ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ



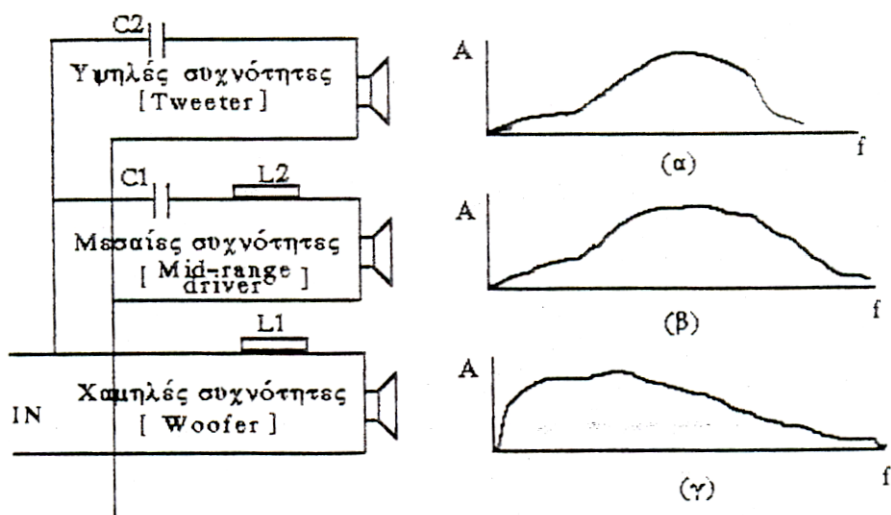
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕΓΑΦΩΝΩΝ.

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

- 1) Χαμηλή ακουστική ζώνη
- 2) Μεσαία ακουστική ζώνη
- 3) Υψηλή ακουστική ζώνη

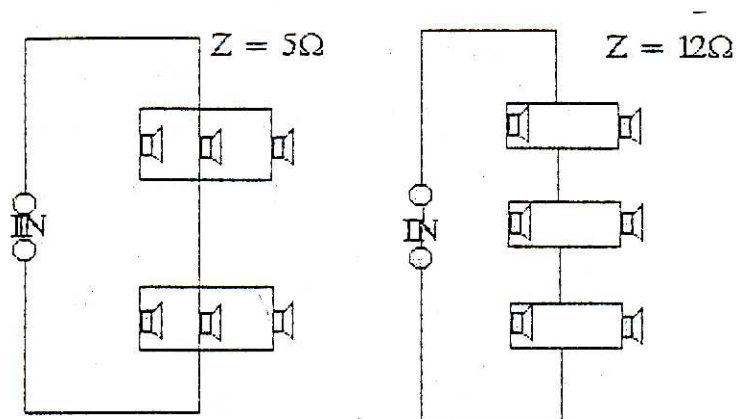
Επίσης εκτός από την απόκριση σε κάποια περιοχή συχνοτήτων τα μεγάφωνα χαρακτηρίζουν η ισχύς αλλά και η σύνθετη αντίσταση. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις δημιουργούμε συστοιχίες συνδεσμολογίες μεταξύ των μεγαφώνων (παράλληλα – σειρά) για να αντιμετωπίσουμε παρόμοιες ανάγκες. Για να αυξήσουμε τη συνολική 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 παρακάτω παρουσιάζουμε διάφορα κυκλώματα. 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 α , β , και γ .



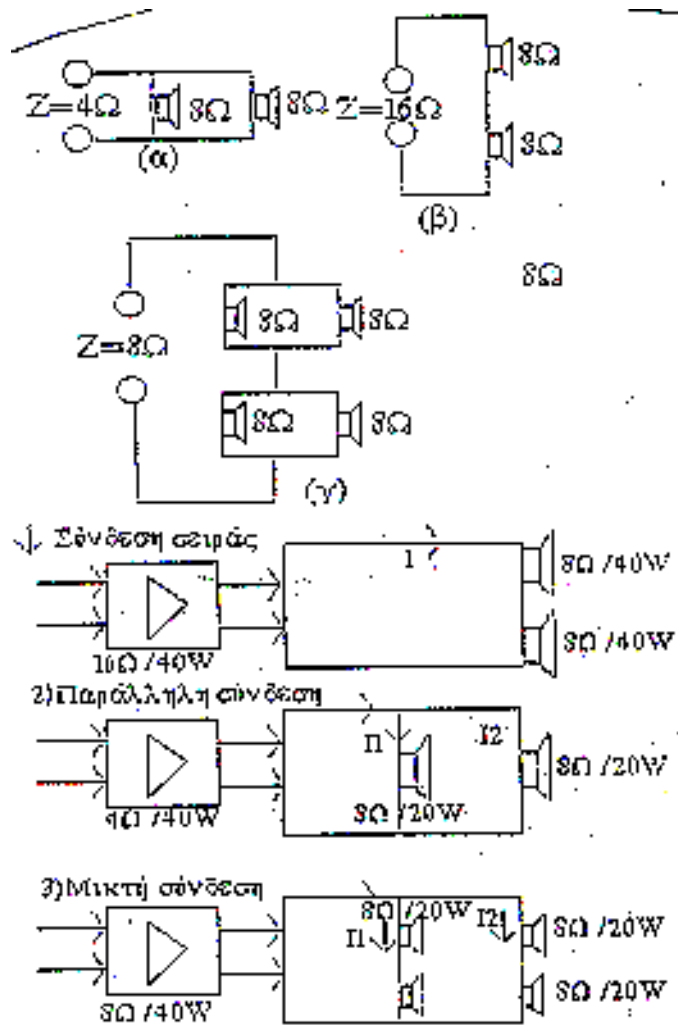
Σχήμα 9.3

Στο κύκλωμα του σχήματος 9.4 παρουσιάζεται μια συνδεσμολογία μεγαφώνων για την αύξηση της σύνθετης αντίστασης εξόδου από 5Ω σε 12Ω με τον ίδιο αριθμό μεγαφώνων. Το κάθε μεγάφωνο παρουσιάζει αντίσταση 8Ω .



Σχήμα 9.4

Στο σχήμα 9.5 (α , β) παρουσιάζονται τρεις συνδεσμολογίες με μεγάφωνα των 8Ω για να πετύχουμε είτε μείωση της συνολικής ισχύος διατηρώντας την ίδια σύνθετη αντίσταση για προσαρμογή (σχήμα 9.5 γ).



Σχήμα 9.5

Ηχεία – κροσσόβερ (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 .

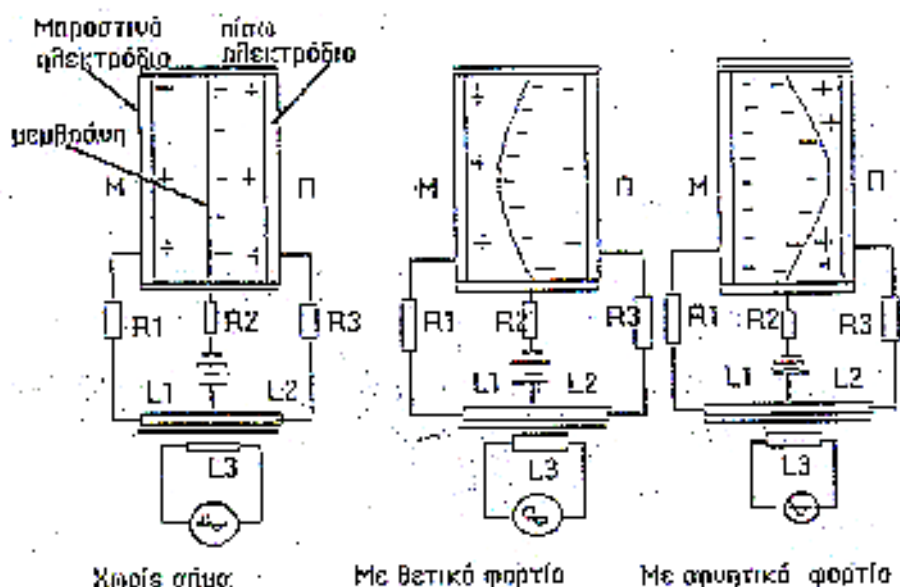
Τα περισσότερα ηχεία περιέχουν ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα κα φίλτρα διαχωρισμού ζώνης συχνοτήτων τα οποία ονομάζονται crossover. Οι περιοχές τις οποίες καλύπτουμε ακουστικά ονομάζονται:

- 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.

Ηλεκτροστατικά 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.

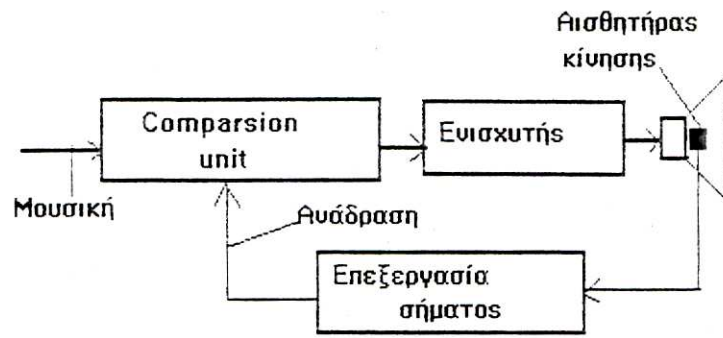


Σχήμα 9.6

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.

Διαυγή μπάσα με την κινητική ανάδραση (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 9.7 φαίνεται ένα τέτοιο σύστημα.



Σχήμα 9.7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

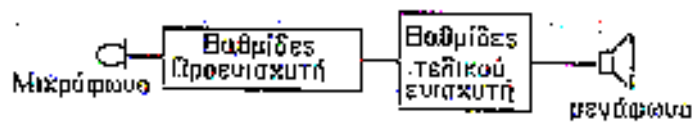
ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Οργάνωση ενισχυτικών ακουστικών σημάτων.

Οι ενισχυτές ανάλογα με τη θέση τους στο κύκλωμα και το ποσοστό ενίσχυσης που προσφέρουν μπορούν χονδρικά να χωρισθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- A) Ενισχυτές τάσης ή διαφορετικά προενισχυτές
- B) Ενισχυτές ρεύματος ή ενισχυτές ισχύος ή τελικοί ενισχυτές.

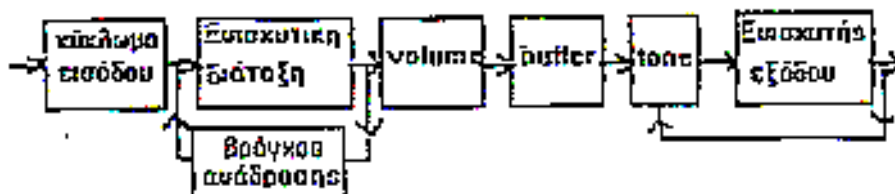
Ένα ολοκληρωμένο σύστημα ενίσχυσης ακουστικών σημάτων φαίνεται σε μπλοκ διάγραμμα στο σχήμα 10.1.



Σχήμα 10.1

Ο προενισχυτής έχει σκοπό να ενισχύει ένα ακουστικό σήμα το οποίο προέρχεται από πρωτογενείς πηγές ήχου όπως το μικρόφωνο , κεφαλή πικ-απ , ή κάποια άλλη ηλεκτρακουστική πηγή. Κατασκευάζεται από τρανζίστορ ,FET, Ή ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ. Εκτός από την καθαρά ενισχυτική λειτουργία κάνει και κάποιες άλλες εργασίες με τις διατάξεις που περιέχει , όπως ρύθμιση τόνου, ρύθμιση έντασης, ποσοστό ανάδρασης, φίλτράρισμα , ισοστάθμιση , δηλαδή ρύθμιση ποιοτική και

ποσοτική του ενισχυμένου σήματος. Προϋπόθεση, το σήμα εξόδου να είναι ικανό να διεγείρει τον τελικό ενισχυτή. Μια διάταξη προενισχυτή φαίνεται στο σχήμα 10.2.



Σχήμα 10.2

Ο τελικός ενισχυτής ή ενισχυτής ισχύος κατασκευάζεται από τρανζίστορ και ολοκληρωμένα. Προορίζεται για να ενισχύσει το σήμα εξόδου του προενισχυτή, σε στάθμη τέτοια ώστε να λειτουργήσει άριστα το μεγάφωνο.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.

Τα χαρακτηριστικά τα οποία μας βοηθούν στη μελέτη ενός ενισχυτή ακουστικών συχνοτήτων είναι :

- 1) Η απολαβή
- 2) Η ωφέλιμη ισχύς εξόδου
- 3) Ο βαθμός απόδοσης
- 4) Η καμπύλη απόκρισης
- 5) Οι παραμορφώσεις

Αναλυτική περιγραφή

1) **Απολαβή.** Σαν απολαβή ορίζουμε το πηλίκιο της τάσης εξόδου του ενισχυτή προς την εφαρμοζόμενη τάση εισόδου. Αυτό βέβαια ισχύει για τους ενισχυτές τάσης. Για τους ενισχυτές ισχύος σαν απολαβή ορίζουμε το λόγο των ισχύων δηλαδή της ισχύος εξόδου του ενισχυτή προς την ισχύ εισόδου. Η απολαβή γενικά εκφράζεται σε decibel και συμβολίζεται με το γράμμα G.

$$G = 20 \log A_v \text{ (db) όπου } A_v = U_{\text{εξ}} / U_{\text{εισ}} \text{ για ενισχυτές τάσεως.}$$

$$G = 20 \log A_w \text{ (db) όπου } A_w = P_{\text{εξ}} / P_{\text{εισ}} \text{ για ενισχυτές ισχύος.}$$

Η μορφή της απολαβής εκφράζεται λογαριθμικά επειδή ο ήχος προκαλεί ακουστικό αποτέλεσμα στο αυτί το οποίο είναι ανάλογο του λογαρίθμου της ισχύος που το διεγείρει. Αν οι ενισχυτές συνδέονται σε σειρά η ολική ενίσχυση είναι το γινόμενο των επί μέρους ενισχύσεων και η ολική απολαβή είναι το άθροισμα των επί μέρους απολαβών.

2) **Ωφέλιμη ισχύς εξόδου.** Ονομάζουμε ωφέλιμη ισχύ εξόδου την ισχύ η οποία «φαίνεται» πάνω στο φορτίο του ενισχυτή και η οποία είναι :

$$P_o = (U_o \text{ εν})^2 / R_1 = (U_o / \sqrt{2})^2 / R_1 = U_o^2 / 2R_1$$

Όπου U_o = η μέγιστη τιμή της τάσης εξόδου του ενισχυτή

$U_o \text{ εν}$ = η ενεργός τιμή της ίδιας τάσης εξόδου του ενισχυτή και

R_1 = το φορτίο

3) **Βαθμός απόδοσης** . Ορίζουμε σαν βαθμό απόδοσης (η) για έναν ενισχυτή το λόγο της ωφέλιμης ισχύος εξόδου προς τη D.C. ισχύ που του παρέχει η πηγή.

$$\eta = P_o / P \text{ επί τοις } \%$$

είναι μέγεθος ποσοστιαίο και αφορά συσκευές ισχύος που καταναλώνουν γενικά πολύ ισχύ από το δίκτυο.

3) **Καμπύλη απόκρισης.** Συνήθως επιθυμούμε η κυματομορφή εξόδου να είναι ίδια με την κυματομορφή στην είσοδο του ενισχυτή ώστε η παραμόρφωση του σήματος να είναι αμελητέα. Όμως το σήμα εισόδου του ενισχυτή μας συνήθως αποτελείται από πολλές συχνότητες κατανεμημένες σε μία ευρεία ζώνη συχνοτήτων .Για να έχουμε μια κυματομορφή χωρίς παραμόρφωση πρέπει να ενισχύσουμε ομοιόμορφα όλες τις συχνότητες.

Εάν απεικονίσουμε τη λειτουργία ενός ενισχυτή σαν ενίσχυση , σε συνάρτηση με τη συχνότητα κάτω από ιδανικές συνθήκες , ένας ενισχυτής θα πρέπει να έχει μια καμπύλη που εμφανίζεται σαν μια οριζόντια ευθεία γραμμή σε όλη την επιθυμητή περιοχή συχνοτήτων . Η συμπεριφορά αυτή του ενισχυτή ως προς τη συχνότητα σε σχέση βέβαια πάντα με την απολαβή του σε όλη την ακουστική μπάντα συχνοτήτων ονομάζεται απόκριση.

4) **Παραμορφώσεις.** Όπως αναφέραμε ήδη για να μην έχουμε αλλοίωση της μορφής της κυματομορφής της εισόδου στην έξοδο θα πρέπει να ενισχύσουμε ομοιόμορφα όλες τις συχνότητες . Εάν δε γίνει αυτό τότε έχουμε παραμόρφωση. Οι πλέον σημαντικές παραμορφώσεις είναι :

- Αρμονική παραμόρφωση ή η λεγόμενη μη γραμμική παραμόρφωση.
- Παραμόρφωση συχνότητας.

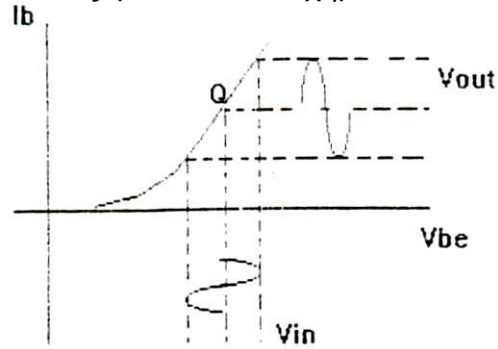
Τάξεις λειτουργίας ενισχυτών ισχύος.

Οι βασικές κατηγορίες στις οποίες μπορούμε να χωρίσουμε τους ενισχυτές ισχύος είναι :

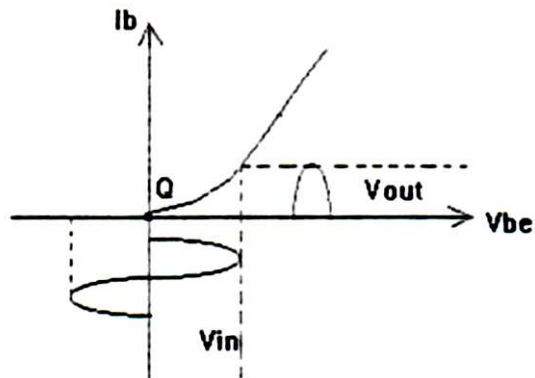
- 1) **Τάξη λειτουργίας A.** Λειτουργεί ένας ενισχυτής στην τάξη αυτή όταν το σήμα που λαμβάνεται στην έξοδο είναι της ίδιας χρονικής διάρκειας με το

εφαρμοζόμενο σήμα στην είσοδο. Στο σχήμα 10.3 με σχετικό διάγραμμα παρουσιάζεται η λειτουργία ενισχυτή ισχύος σε τάξη A.

- 2) **Τάξη λειτουργίας B.** Λειτουργεί ένας ενισχυτής στη τάξη αυτή όταν το σήμα που παίρνουμε στην έξοδο είναι μισής χρονικής διάρκειας του εφαρμοζόμενου σήματος στην είσοδο όπως φαίνεται στο σχήμα 10.4.

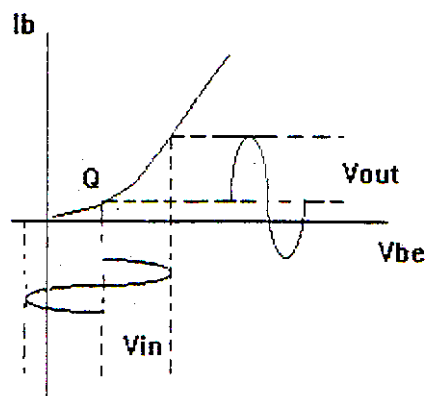


Σχήμα 10.3



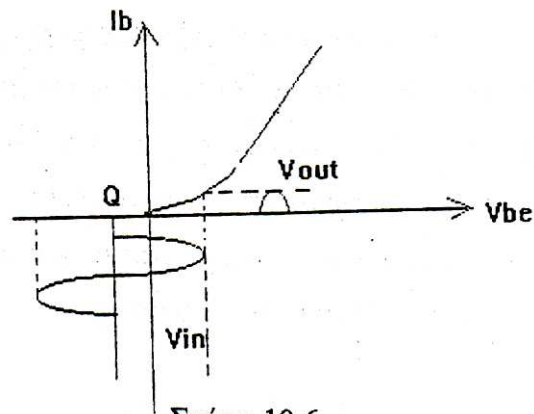
Σχήμα 10.4

3) **Τάξη λειτουργίας AB.** Λειτουργεί ένας ενισχυτής όταν το σήμα που παίρνουμε στην έξοδο είναι ολόκληρη η μία ημιπερίοδος και μέρος της άλλης του εφαρμοζόμενου σήματος στην είσοδο όπως φαίνεται στο σχήμα 10.5.



Σχήμα 10.5

- 4) **Τάξη λειτουργίας C.** Λειτουργεί ένας ενισχυτής στην τάξη αυτή όταν το σήμα που παίρνουμε στην έξοδο είναι μέρος της ημιπεριόδου του σήματος που εφαρμόζουμε στην είσοδο όπως φαίνεται στο σχήμα 10.6.



Σχήμα 10.6

SOFTWARE ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

Μέρα με τη μέρα γίνεται ολοένα πιο φανερή η σημασία μίας σωστής ακουστικής μελέτης σε ένα χώρο. Η μέχρι και σήμερα μέθοδος με την χρησιμοποίηση εμπειρικών κυρίως μαθηματικών εξισώσεων , σίγουρα δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα τα οποία όμως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αξιοπιστία σε σύγχρονες ή και σε παλαιές πολύπλοκες αρχιτεκτονικές κατασκευές. Έτσι απαιτείται παράλληλα και η εξαγωγή συμπερασμάτων , για την ακουστική συμπεριφορά ενός χώρου , μέσα από μετρήσεις με διάφορα όργανα στον υπό μελέτη χώρο. Το μεγάλο πρόβλημα βέβαια δημιουργείται όταν πρέπει να γίνει μία μελέτη σε ένα υπό κατασκευή κτίριο. Τότε εκτός από τη στενή συνεργασία μεταξύ του αρχιτέκτονα και του μηχανικού ήχου, δημιουργείται και ένα πιστό αντίγραφο του χώρου σε μικρογραφία με σκοπό τη μελέτη του. Βέβαια όλες αυτές οι τεχνικές είναι αποδοτικές αλλά πολλές φορές χρονοβόρες ή και δαπανηρές.

Στην υπηρεσία της ακουστικής τα τελευταία χρόνια έχουν μπει διάφορα προγράμματα υπολογιστών με σκοπό τη διευκόλυνση του έργου του μηχανικού ήχου. Παρακάτω γίνεται μία περιληπτική περιγραφή των δυνατοτήτων τριών προγραμμάτων που κυκλοφορούν σήμερα. Περισσότερες πληροφορίες για αυτά τα προγράμματα δίνονται στο τέλος της εργασίας στο Παράρτημα.

Acoustics engineering.

Η acoustic engineering παρουσιάζει αυτή τη στιγμή δύο προγράμματα , το Sabin 3.0 και το Dirac 1.0.

Το Sabin 3.0 είναι πρόγραμμα CAD , στο οποίο δίνοντας το μέγεθος του δωματίου και τα υλικά που αποτελούν τις επιφάνειές του , υπολογίζει τα εξής:

- ✓ Το χρόνο ανάκλασης βασισμένο στους νόμους του Sabine και του Eyring.
- ✓ Το επίπεδο πίεσης ήχου (SPL) που παρατηρείται στον υπό εξέταση χώρο.
- ✓ Την καταληπτότητα του ήχου (RASTI, STI).

Το Sabin 3.0 πωλείται προς 426,00 Euro περίπου .

Το Dirac 1.0 υπολογίζει ότι και το ανωτέρω πρόγραμμα της ίδιας εταιρείας και επιπλέον δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής αποτελεσμάτων από ηχογραφημένους ήχους που έχουν ακουστεί στον υπό εξέταση χώρο. Το Dirac 1.0 στοιχίζει περίπου 1.015 Euro .

Audio Mark – IV.

Η εταιρεία Mark – IV έχει τα προγράμματα EASE ,EASE JR, EARS.

Το EASE καθώς και το EASE JR είναι παρόμοια προγράμματα τα οποία κάνουν σχεδόν του ίδιους υπολογισμούς με τη διαφορά ότι το EASE JR δεν είναι τόσο δυνατό ως πρόγραμμα και σαφώς φθηνότερο. Ειδικότερα αυτά τα προγράμματα υπολογίζουν τα εξής :

- ✓ Δίνουν χάρτες με τα εξής στοιχεία , απευθείας SPL, ολικό SPL, κρίσιμη απόσταση, καταληπτότητα συμφώνων.
- ✓ Δίνουν το χρόνο της πρώτης άφιξης σήματος και μετά το εφέ του delay.
- ✓ Το συγκεκριμένο πρόγραμμα αφού έχει σχεδιαστεί ο υπό εξέταση χώρος τον απεικονίζει τρισδιάστατα και μπορεί σε όποια θέση επιλέξει ο χειριστής να παρουσιαστούν οι μετρήσεις που μας ενδιαφέρουν.

Η τιμή τους είναι 2450 U.S. \$, και 995 U.S. \$ αντίστοιχα.

Το EARS βασίζεται στα πιο πάνω προγράμματα και σκοπό έχει βάση των στοιχείων που έχουν δοθεί , για το χώρο να εξομοιώσει τον αυτό χώρο, δίνοντας ακουστικό αποτέλεσμα στο μηχανικό μέσω ηχείων. Δηλαδή μπορεί ο μηχανικός να ακούσει πως θα συμπεριφέρεται μία αίθουσα με μια συγκεκριμένη εγκατάσταση. Η τιμή του κυμαίνεται στα 1450 U.S. \$

BOSE SOUND SYSTEM SOFTWARE.

Η BOSE έχει αναπτύξει ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από τα εξής προγράμματα :

Το **MODELER** , ένα πρόγραμμα στο οποίο ο χειριστής κατασκευάζει τρισδιάστατα το χώρο και υπολογίζει όλες τις παραμέτρους που έχουν αναφερθεί και για τα άλλα προγράμματα . Συγκεκριμένα υπολογίζει το T60 , το απευθείας και ανακλώμενο πεδίο, την καταληπτότητα του χώρου και δίνονται διαγράμματα με τους χρόνους απόκρισης στις θεμελιώδεις συχνότητες του φάσματος .

Το **SPEAKER CAD** , το οποίο δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να σχεδιάσει ένα δικό του ηχείο ή να συνδυάσει ήδη υπάρχουσα ηχεία για καλύτερο αποτέλεσμα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η BOSE αναλαμβάνει την κατασκευή του ηχείου που θα ζητήσει ο χρήστης φτάνει να καλύπτονται οι απαιτήσεις σε σχέση με το κόστος κατασκευής.

Το **RACK MAKER**, το οποίο φανερώνει τις συνδεσμολογίες των ενισχυτών των ηχείων και των άλλων συσκευών που χρησιμοποιούνται σε μια εγκατάσταση.

Το AYDITIONER , το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο μηχανικό να ακούσει το αποτέλεσμα της μελέτης του πριν γίνει η εγκατάσταση.

Το παραπάνω πακέτο προγραμμάτων δεν πωλείται και χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τη BOSE για δικές της μελέτες.

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα **MODELER 4.7** μετά από άδεια της Audio Group Greece B. V. , η οποία είναι και η αντιπρόσωπος εταιρεία της BOSE στην Ελλάδα. Η εκμάθηση, ο προγραμματισμός και πειραματικός έλεγχος της εγκατάστασης στο ναό του Αγίου Μηνά , έγινε στα γραφεία της εταιρείας στην Αθήνα .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΑΓΙΟΥ ΜΗΝΑ

Σήμερα ο ναός είναι ένα από τα σεβαστά ιστορικά μνημεία , για τα οποία σεμνύνεται η πόλη του Ηρακλείου. Η σημερινή μορφή του κτιρίου διαφέρει ελάχιστα από εκείνη της τουρκοκρατίας. Το βραχύτερο νότιο κλίτος του αγίου Μηνά επιμηκύνθηκε με ένα είδος ψευδο-νάρθηκα, για να φθάσει στη γραμμή της προσόψεως του βορείου κλίτους της Υπαπαντής. Στο υπέρθυρο της εισόδου του νοτίου κλίτους τοποθετήθηκε παλαιά επιγραφή, η οποία, κατά τον Στέφ. Ξανθουδίδη, δε φαίνεται να έχει άμεση σχέση με το ναό.

Την ανάγκη ανεγέρσεως μεγάλου μητροπολιτικού ναού στο Ηράκλειο κατέστησε επιτακτική η ανάπτυξη της χριστιανικής κοινότητας του Ηρακλείου κατά τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Η μικρή κοινότητα της πρώιμης τουρκοκρατίας, που δεν αριθμούσε περισσότερες από 2000 ψυχές στις αρχές του αιώνα αυτού και αποδεκατίστηκε με τη φοβερή σφαγή του 1821, αναπτύχθηκε μετά την αιγυπτιακή κατοχή και περισσότερο μετά τις παραχωρήσεις του Χάττι Χαμαγιούν (1856). Στα μέσα του περασμένου αιώνα η χριστιανική κοινότητα του Ηρακλείου αριθμούσε περισσότερες από 3.700 ψυχές . Με το κίνημα του Μαυρογένη ο σουλτάνος υποχρεώθηκε να παραχωρήσει στην Κρήτη ιδιαίτερα προνόμια θρησκευτικά, φορολογικά, διοικητικά, και δικαστικά.

Μέσα στο ευνοϊκό κλίμα που δημιουργήσαν οι νέες συνθήκες γεννήθηκε και η ιδέα να επιχειρηθεί η ανέγερση νέου μεγάλου μητροπολιτικού ναού, για την εξυπηρέτηση της θρησκευτικής ζωής των χριστιανών του Ηρακλείου. Την ιδέα συνέλαβε ο Μητροπολίτης Κρήτης Διονύσιος Χαριτωνίδης ο εξ Αλεξανδρουπόλεως. Η πρόταση του μητροπολίτη έγινε δεκτή με ενθουσιασμό . Αμέσως ανοίχθηκε κατάλογος συνδρομητών και ορίσθηκε Επιτροπή Ανεγέρσεως του Ναού. Πρώτο μέλημα της Επιτροπής ήταν η αναζήτηση ικανού και έμπειρου αρχιτέκτονα, ο οποίος θα εκπονούσε τα σχέδια και θα επέβλεπε την εξέλιξη των οικοδομικών εργασιών. Το έργο ανατέθηκε τελικά στον Ηπειρωτικής καταγωγής Αθανάσιο Μούση. Ο αρχιτέκτονας αυτός , για τον οποίο δε σώθηκαν , δυστυχώς, περισσότερες και επιστημότερες πληροφορίες, ήταν αυτοδίδακτος, διέθετε όμως μεγάλη εμπειρία και γνώριζε καλώς την αρχιτεκτονική των ναών της Κωνσταντινούπολης. Οι εργασίες άρχισαν αμέσως, με την καταμέτρηση του χώρου και τη χάραξη των θεμελίων, υπό την εποπτεία του αρχιτέκτονα.

Η δαπάνη για το κολοσσιαίο αυτό έργο ήταν βεβαίως τεράστια και δυσανάλογη προς τις οικονομικές δυνατότητες της Χριστιανικής Κοινότητας. Τα μοναστήρια με τακτικές εισφορές και οι Χριστιανοί της πόλεως και της υπαίθρου με προαιρετικές

εισφορές από τα εισοδήματά τους ήταν οι κύριες οικονομικές πηγές του έργου. Είναι εντούτοις χαρακτηριστικό ότι το έργο έθεσε υπό την αιγίδα του ο σουλτάνος Αμππούλ Αζίζ Χαν, ο οποίος και απέστειλε αμέσως μετά την έναρξη των οικοδομικών εργασιών γενναία χορηγία 40.000 γροσίων .

Οι δυσμενείς συνθήκες στην Κρήτη μετά την επανάσταση του 1866 και κυρίως η οικονομική εξαθλίωση του χριστιανικού στοιχείου δε επέτρεπαν την επανάληψη των οικοδομικών εργασιών στον ανεγειρόμενο ναό. Πέρασε μια περίοδος 17 ετών, χωρίς καμιά ουσιαστική πρόοδο. Βεβαίως το ενδιαφέρον ήταν άγρυπνο και συγκεντρωνόταν χρηματικά ποσά από δωρεές και εράνους. Μετά την επανάσταση του 1878 και την παραχώρηση νέων προνομίων με τη Σύμβαση της Χαλέπας, άρχισαν να διαγράφονται ευνοϊκότερες συνθήκες. Οι Χριστιανοί αναθάρρησαν και προέβαιναν πολλές φορές σε εκδηλώσεις ενθουσιασμού, που άλλοτε θα προκαλούσαν τη βίαιη οργή του οθωμανικού στοιχείου. Χαρακτηριστικό του κλίματος της νέας εποχής ήταν η θεαματική και προκλητική για τους Τούρκους έπαρση της σημαίας του Αγίου Μηνά. Εντούτοις, η επανάληψη των οικοδομικών εργασιών άρχισε μόλις τον Ιανουάριο του 1883, όταν ήδη Μητροπολίτης Κρήτης ήταν ο δραστήριος πρώην επίσκοπος Χερρονήσου Τιμόθεος Καστρινογιαννάκης (1882-1897). Στις 20 Ιανουαρίου 1883 «η επί της οικοδομής του εν Ηρακλείω Ιερού Ναού του Αγίου Μηνά Επιτροπεία» τύπωσε και κυκλοφόρησε εγκύκλιο , με σκοπό την εγγραφή συνδρομητών απ' όλη την Κρήτη. Οι προαιρετικές εισφορές όμως δεν μπορούσαν να καλύψουν το τεράστιο κόστος. Επιβλήθηκε και ένα είδος φορολογίας επί των προϊόντων της κρητικής γης, ιδιαίτερα μάλιστα σε περιόδους ευφορίας και πλούσιας συγκομιδής.

Με αυτό τον ενθουσιασμό και τη σταθερή πορεία προς το μέγα όραμα, να αποκτήσει η πόλη του Ηρακλείου ένα μεγάλο και περικαλλές θρησκευτικό κέντρο, οι εργασίες προχώρησαν χωρίς διακοπή, παρά τις εσωτερικές κρίσεις και την αστάθεια των πολιτικών πραγμάτων στην Κρήτη, ιδιαίτερα μετά την ατυχή επανάσταση του 1889 και την ένταση των παθών κατά την περίοδο 1890 – 1895.

Το τέλος του 1894 ο ναός ήταν σχεδόν έτοιμος, ενώ ολοκληρώθηκε στις αρχές του 1895 . Ο ναός είναι τρίκλιτος και αποτελεί το κέντρο της εκκλησιαστικής ιστορίας της Κρήτης . Είναι αφιερωμένος στον πάτριον της πόλεως μεγαλομάρτυρα Μηνά, στον πρωτόθρονο ευαγγελιστή της νήσου απόστολο Τίτο και στους καλλίνικους Δέκα μάρτυρες της Κρήτης . Τα εγκαίνια και των τριών κλιτών του έγιναν την ίδια μέρα.

Ο μητροπολιτικός ναός του Αγίου Μηνά κατέστη, όπως ήταν φυσικό, το ενωτικό κέντρο των Χριστιανών της Κρήτης, και ιδιαίτερα των κατοίκων του Ηρακλείου. Όλες οι εκδηλώσεις της θρησκευτικής, πολιτικής και κοινωνικής ζωής συνδέονται με το ιερό αυτό κέντρο μέχρι σήμερα.

Στην πρώτη εκατονταετία της ζωής του ο ναός διατηρεί ακριβώς την αρχική του μορφή . Καμιά εξωτερική προσθήκη ή επέμβαση δεν έγινε, εκτός από τις απαραίτητες στερεωτικές εργασίες των κωδωνοστασίων και του τρούλλου στη δεκαετία 1975 –

1985. Ο ναός άλλοτε ήταν το υψηλότερο κτίσμα της πόλης, μέσα στην οποία δέσποζε με το ύψος και τη μεγαλοπρέπειά του, όπως φαίνεται σε παλαιές φωτογραφίες . Σήμερα, τα υπερμεγέθη και ακαλαίσθητα σύγχρονα οικοδομήματα, που ατάκτως και ανάρχως υψώθηκαν ολόγυρα, απέκλεισαν και απέπνιξαν το ναό, που δεν είναι πλέον ορατός από κανένα σχεδόν σημείο της πόλεως. Έτσι χάθηκε και η συγκλονιστική εντύπωση που προκαλούσε άλλοτε η δεσπίζουσα και μοναδική παρουσία του.

Σύντομη αρχιτεκτονική περιγραφή του ναού.

Ο ιερός ναός του Αγίου Μηνά Ηρακλείου είναι ένα εκλεκτικό μνημείο, το οποίο απηχεί στοιχεία διαφόρων περιόδων της ορθόδοξης χριστιανικής ναοδομίας. Η κάτοψη του ναού, καθώς και η στέγασή του, παραπέμπουν στο σταυροειδή εγγεγραμμένο με τρούλλο και με υψηλό τύμπανο. Εσωτερικά συνδυάζει και στοιχεία τρίκλιτης βασιλικής, με υπερώα στη βόρεια, στη νότια και τη δυτική πλευρά σε σχήμα Π. Ο συνδυασμός αυτός συναντάται στα μνημεία αυτής της εποχής, των οποίων οι τύποι διαμορφώνονται με στοιχεία από διαφορετικές μορφές της βυζαντινής αρχιτεκτονικής.

Η μεγαλοπρέπεια του μνημείου και ο τελικός συνδυασμός που ολοκληρώνεται με την επιλογή εκλεκτικών στοιχείων ποικίλων ρυθμών συνδέεται με τη ναοδομία του 19^{ου} αιώνα, δηλαδή με την περίοδο μετά την απελευθέρωση της Ελλάδας, κυρίως με τα αρχιτεκτονικά πρότυπα της Αθήνας, καθώς και με ανάλογα του ανθούντος τότε ελληνικού στοιχείου της Κωνσταντινουπόλεως.

Παρακάτω θα δοθεί μια συνοπτική περιγραφή του εσωτερικού κυρίως χώρου του ναού, καθώς αυτό το κομμάτι θα μας απασχολήσει στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Μια πλήρης περιγραφή του ναού, μέσα έξω, είναι κάτι αρκετά δύσκολο , αφού υπάρχουν πολλές σημαντικές λεπτομέρειες στην αρχιτεκτονική αλλά και στο διάκοσμο του ναού που δεν θα έπρεπε να παραβλεφθούν , κάτι όμως που δεν είναι αντικείμενο αυτή της μελέτης .

Η κάτοψη του ναού έχει σχήμα ορθογώνιο, με εξωτερικές μέγιστες διαστάσεις 43,20μ. μήκος και 29,50μ. πλάτος, στο οποίο προεξέχουν κατά 1,25μ. οι κεραίες του σταυρού στη βόρεια, νότια και δυτική τους πλευρά. Η ανατολική κεραία καταλήγει σε τρεις εξέχουσες κόγχες, από τις οποίες η μεσαία είναι τρίπλευρη και στο άνω τμήμα της διαμορφώνεται πεντάπλευρη, ενώ οι δύο πλάγιες είναι ημικυκλικές. Στη βόρεια και νότια πλευρά της ανατολικής κεραίας υπάρχει από ένα γωνιαίο διαμέρισμα, το οποίο στο ισόγειο διαμορφώνει προθάλαμο με είσοδο προς τα πλάγια κλίτη και προς το ελικοειδές κλιμακοστάσιο, που οδηγεί στα υπερώα, στο αντίστοιχο κωδωνοστάσιο και στη στέγη. Στην ανατολική πλευρά των γωνιαίων διαμερισμάτων, κάτω από τα ελικοειδή κλιμακοστάσια, υπάρχει από μια μικρή βοηθητική εξωτερική είσοδος, που οδηγεί δια μέσω ενός στενού διαδρόμου απ' ευθείας στο ιερό. Στη δυτική κεραία του σταυρού τα γωνιαία διαμερίσματα βόρεια και νότια, καθώς και ο νάρθηκας, αρχικά

είχαν σχεδιαστεί να λειτουργούν ως ενιαίο περίστω με ξύλινα πολύχρωμα υαλόφρακτα κουφώματα στα τοξωτά του ανοίγματα. Αργότερα το τμήμα του περιστώου κατά μήκος της δυτικής πλευράς μετετράπη σε νάρθηκα, ενώ στο βόρειο και νότιο αντίστοιχα διαμορφώθηκαν χώροι για την εξομολόγηση και γραφεία των πρεσβυτέρων.

Τα κλίτη χωρίζονται μεταξύ τους, εκτός από τους τέσσερις κεντρικούς πεσσούς, από τέσσερις κίονες επίσης ιωνικού αναγεννησιακού ρυθμού, δύο για κάθε κλίτος, και τέσσερις ημικίονες. Οι δύο βρίσκονται σε επαφή με το δυτικό τοίχο του κυρίως ναού και του νάρθηκα, και οι άλλοι δύο αντίστοιχα, στα άκρα που ορίζουν το τέμπλο του ιερού βήματος, προσαρτημένοι σε δύο τετράγωνης διατομής πεσσούς με εγκοπή στις γωνίες τους. Οι κίονες είναι λίθινοι, επιχρισμένοι σύμφωνα με τα πρότυπα της εποχής, με λεία κονιάματα (μαρμαροκονιάματα) που μιμούνται το λευκό μάρμαρο. Με την ίδια τεχνική είναι κατασκευασμένοι και οι κεντρικοί πεσσοί.

Στην ανατολική κεραία, μπροστά από το ιερό βήμα, διαμορφώνεται η σολέα, υπερυψωμένη από το δάπεδο του ναού κατά τρεις μαρμάρινες βαθμίδες. Οι εξέχουσες απολήξεις της βόρειας και νότιας κεραίας διακρίνονται από τα πλάγια κλίτη από τρία χαμηλωμένα τόξα, από τα οποία το κεντρικό είναι μεγαλύτερο. Τα υπερώα τα οποία διατρέχουν τη βόρεια και νότια πλευρά του ναού βρίσκονται επάνω στους προαναφερθέντες χώρους της εγκάρσιας κεραίας. Το δυτικό υπερώο καταλαμβάνει το χώρο του νάρθηκα. Το κεντρικό τμήμα του, σε αντιστοιχία με το κεντρικό κλίτος, είναι ευρύτερο, αφού αυτό επεκτείνεται και πέρα από το νάρθηκα προς τα έξω, ακολουθώντας την κεντρική είσοδο του ναού.

Στο νάρθηκα υπάρχουν τρία μεγαλοπρεπή θυρώματα εισόδου στα αντίστοιχα κλίτη από λευκό μάρμαρο Διονύσου. Τα δάπεδα του νάρθηκα και του κυρίως ναού αποτελούνται από μεγάλες τετράγωνες πλάκες λευκόγκριζου μαρμάρου, τοποθετημένες διαγώνια στο μεσαίο κλίτος και οριζόντια στα πλάγια κλίτη και στις απολήξεις των κεραιών του σταυρού. Η πλακόστρωση του μεσαίου κλίτους περιβάλλεται από ασπρόμαυρα τετράγωνα τσιμεντένια πλακίδια. Τα δάπεδα των προθαλάμων ΒΑ και ΝΑ και των αντίστοιχων χώρων ΒΔ και ΝΔ αποτελούνται από τσιμεντένια πλακίδια. Σε όλα τα παράθυρα του ναού, καθώς και στα ανοίγματα του νάρθηκα, υπάρχουν πολύχρωμα ξύλινα υαλόφρακτα κουφώματα.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΗΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΝΑΟ

Για να γίνει η τοποθέτηση των ηχείων στο Ναό στα κατάλληλα σημεία , πρέπει να ληφθούν υπ' όψη ορισμένες μετρήσεις που θα γίνουν πριν από αυτή και που αφορούν τον κατάλληλο χρόνο αντήχησης για κάθε διαφορετική κατάσταση του Ναού , καθώς επίσης και κάποιους άλλους σημαντικούς παράγοντες για μια σωστή ηχητική απόδοση .

Παρακάτω ακολουθούν μερικές τρισδιάστατες απεικονίσεις του Ναού. Στις κατόψεις και στα τρισδιάστατα σχέδια διακρίνονται κάποια γράμματα. Κάθε ένα απ' αυτά αποτελεί και ένα ηχείο. Στην συγκεκριμένη λύση χρησιμοποιούμε το ηχείο Bose MA – 12 του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι τα παρακάτω :

Frequency Range: 100Hz έως 16KHz

Dispersion (-6db point, average 1-4KHz): Horizontal 170°, Vertical coverage is a band of constant height as shown above.

Long-Term Power: Handling:300W continuous

Impedance: 8Ω nominal

Οι γωνίες κλίσεις , η ισοστάθμιση , η απολαβή καθώς και χρονική καθυστέρηση που εφαρμόζουμε σε κάθε ηχείο εφόσον χρειάζεται διακρίνονται στους πίνακες που ακολουθούν μετά τα σχέδια οι οποίοι δίνουν όλες αυτές τις πληροφορίες . Στις ακόλουθες σελίδες υπάρχει τελική μελέτη με τα εξής σενάρια :

- Άδεια εκκλησία με πάτωμα από μάρμαρο (υπολογίζουμε ευθύ, ευθύ και ανακλώμενο πεδίο , STI , engineering report).
- Εκκλησία με 500 άτομα και μάρμαρο (υπολογίζουμε ευθύ και ανακλώμενο πεδίο, STI, engineering report).
- Άδεια εκκλησία με πάτωμα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί καρέκλες (υπολογίζουμε ευθύ , ευθύ και ανακλώμενο πεδίο, STI, engineering report).
- Εκκλησία με 500 άτομα και πάτωμα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί καρέκλες (υπολογίζουμε ευθύ και ανακλώμενο πεδίο, STI, engineering report).

Ο λόγος που δημιουργούνται όλα αυτά τα σενάρια είναι για να γίνει καλύτερα αντιληπτή η διαφορά με τη χρησιμοποίηση καθισμάτων αλλά και με την εισαγωγή κόσμου στο Ναό.

Οι υπολογισμοί που γίνονται γενικά είναι οι εξής :

- RT60 , αποτελεί τη γνωστή μέτρηση χρόνου αντήχησης
- Direct field , ο παράγοντας StDv ο οποίος διακρίνεται σε κάθε τέτοια απεικόνιση παρουσιάζει τη διαφορά σε dB σε όλα τα σημεία του χώρου μας . Βασικό μας μέλημα είναι αυτό το νούμερο να είναι μικρότερο του 3 κάτι που φανερώνει την ομοιόμορφη ηχητική κατανομή.
- Direct + reverberant field, μας δίνει πληροφορίες για τη μέση ηχητική πίεση του χώρου.
- STI, αποτελεί τον πιο αξιόπιστο παράγοντα υπολογισμού της καταληπτότητας σε διάφορες θέσεις ενός χώρου .
- Engineering report, παρουσιάζει όλα τα παραπάνω με γραφικές απεικονίσεις .

Παρατηρώντας τη μελέτη έχουμε τα εξής .

ΑΔΕΙΑ ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΜΕ ΠΑΤΩΜΑ ΑΠΟ ΜΑΡΜΑΡΟ.

RT60 περίπου στα 4 sec .

StDv Direct field 2.8 (μέσα στα επιτρεπτά όρια).

STI μεταβάλλεται σε διάφορες θέσεις από 0.44 – 0.52

ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΜΕ 500 ΑΤΟΜΑ ΚΑΙ ΠΑΤΩΜΑ ΑΠΟ ΜΑΡΜΑΡΟ

RT60 περίπου στα 3sec

StDv Direct field 2.8 (μέσα στα επιτρεπτά όρια)

STI μεταβάλλεται σε διάφορες θέσεις από 0.49 – 0.56 (η μεταβολή αυτή οφείλεται στην παρουσία του κόσμου).

ΑΔΕΙΑ ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΜΕ ΚΑΘΙΣΜΑΤΑ

RT60 περίπου στα 3sec (αισθητή μείωση που οφείλεται στην παρουσία των καθισμάτων).

StDv Direct field 2.8 (μέσα στα επιτρεπτά όρια)

STI μεταβάλλεται σε διάφορες θέσεις από 0.51 – 0.59 (εντυπωσιακά αποτελέσματα σε σχέση με την ιδιομορφία του ναού).

ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΜΕ 500 ΑΤΟΜΑ ΚΑΙ ΚΑΘΙΣΜΑΤΑ

RT60 περίπου στα 2.8 sec

StDv Direct field 2.8 (μέσα στα επιτρεπτά όρια)

STI μεταβάλλεται σε διάφορες θέσεις από 0.53 – 0.61 (η μεταβολή αυτή οφείλεται στην παρουσία του κόσμου).

Τα ιδιαίτερα υψηλά νούμερα στο STI οφείλονται στη χρησιμοποίηση του συγκεκριμένου ηχείου. Το MA-12 είναι ένα ηχείο νέο και πρωτοποριακό καθώς και αποτελεί την πρώτη ηχοστήλη 300 Watts η οποία έχει οριζόντιο άνοιγμα 178 μοιρών και κατακόρυφο 0. Με άλλα λόγια στον κατακόρυφο άξονα το άνοιγμά της είναι όσο και το μήκος της ηχοστήλης. Έτσι τοποθετώντας την σε κατάλληλο ύψος όπως αυτό του 1.5 μέτρου για να καλύπτουμε και τους καθισμένους αλλά και τους όρθιους , καλύπτουμε μόνο τους πιστούς χωρίς να διαφεύγουν ηχητικές ακτίνες προς το δάπεδο και την οροφή , επιφάνειες οι οποίες είναι υπεύθυνες για την ως επί των πλείστων κακή ακουστική των ναών. Παράλληλα ακολουθώντας συγκεκριμένη κατανομή των ηχητικών κυμάτων μας δίνεται η δυνατότητα να μειώνεται η ηχητική στάθμη με το διπλασιασμό της απόστασης μόνο κατά 3 dB από 6 dB που είναι για κάθε κυλινδρικό ηχητικό πεδίο. Έτσι καλύπτουμε μεγαλύτερες αποστάσεις με μικρότερες απώλειες .



BOSE[®]

Sound System @ Software

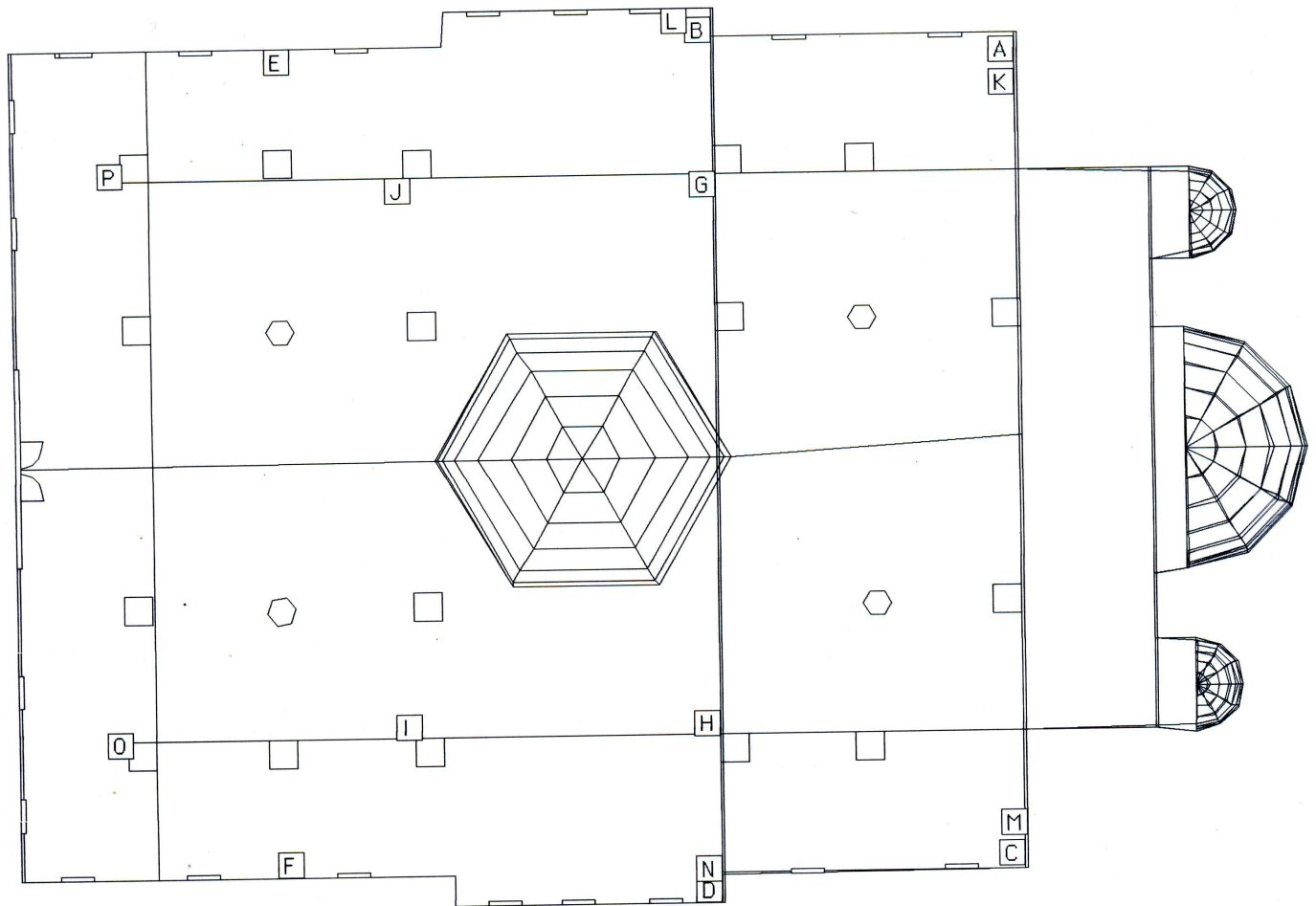
INAM : Aiming Info



BOSE[®]

Sound System @ Software

INAM : Aiming Info

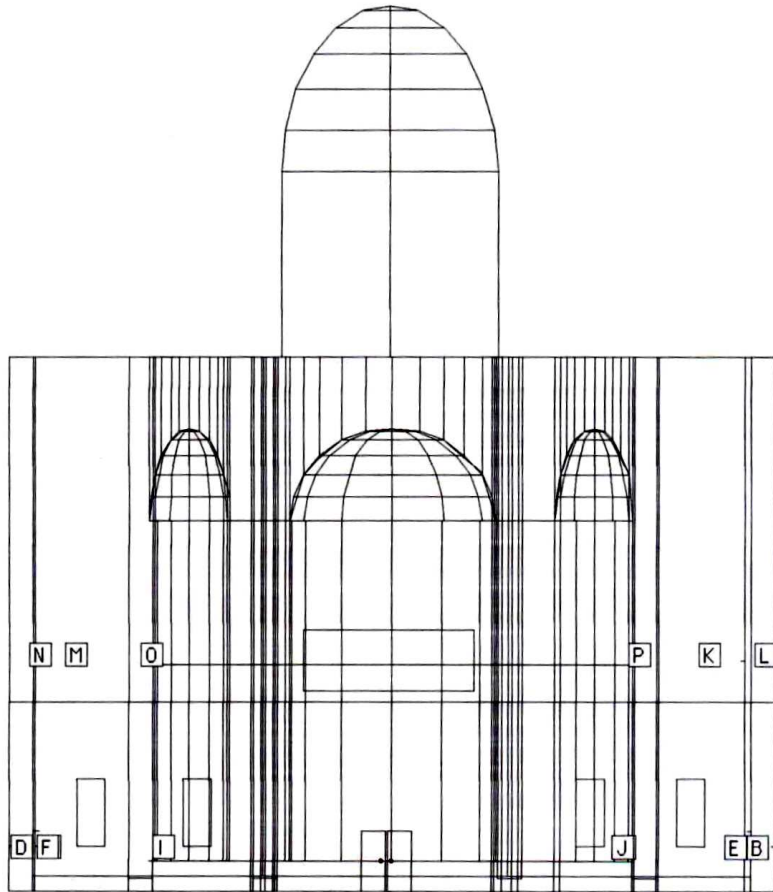


BOSE

Sound System® Software

INAM

1:200

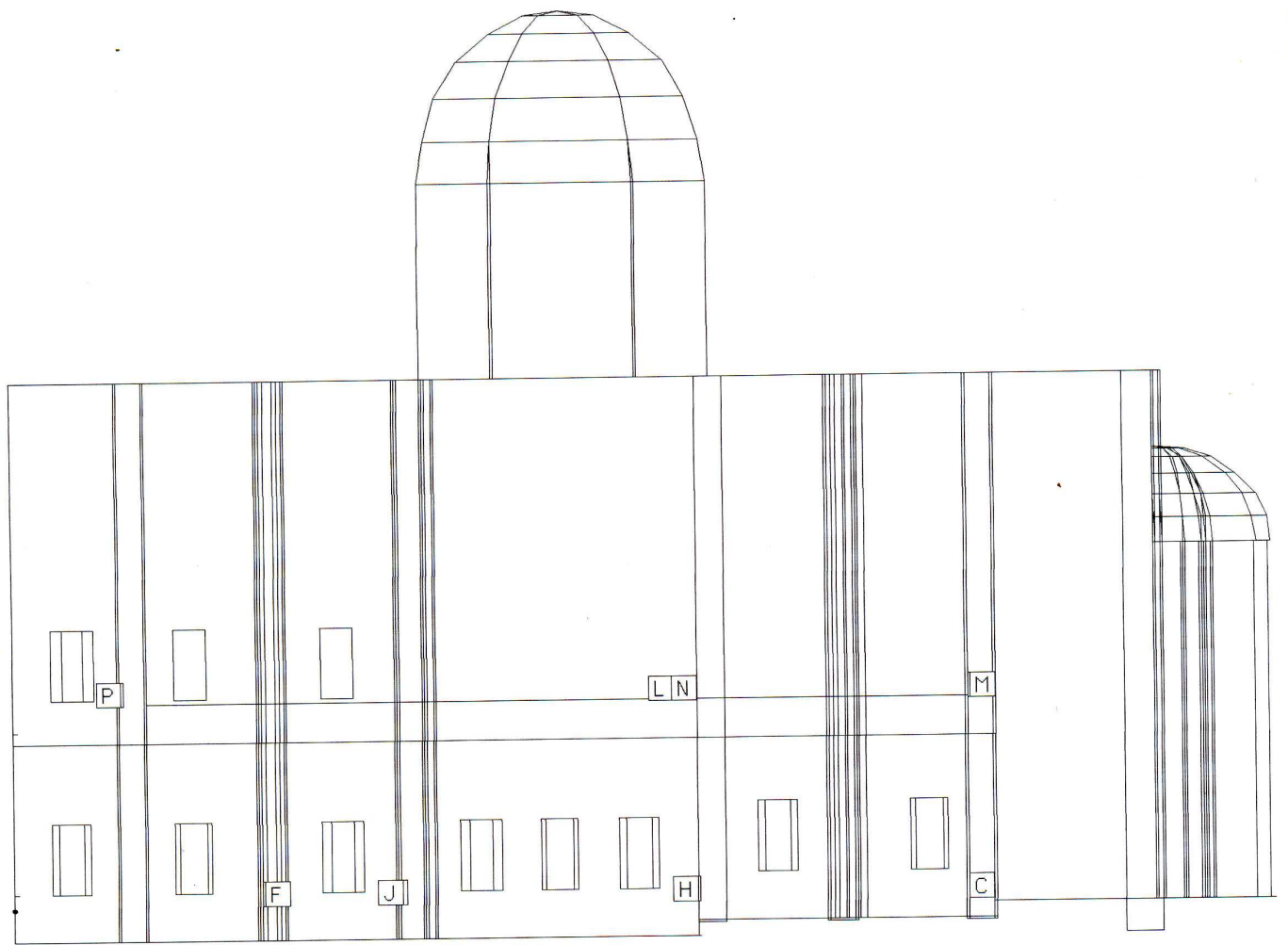


BOSE

Sound System® Software

INAM

1:200

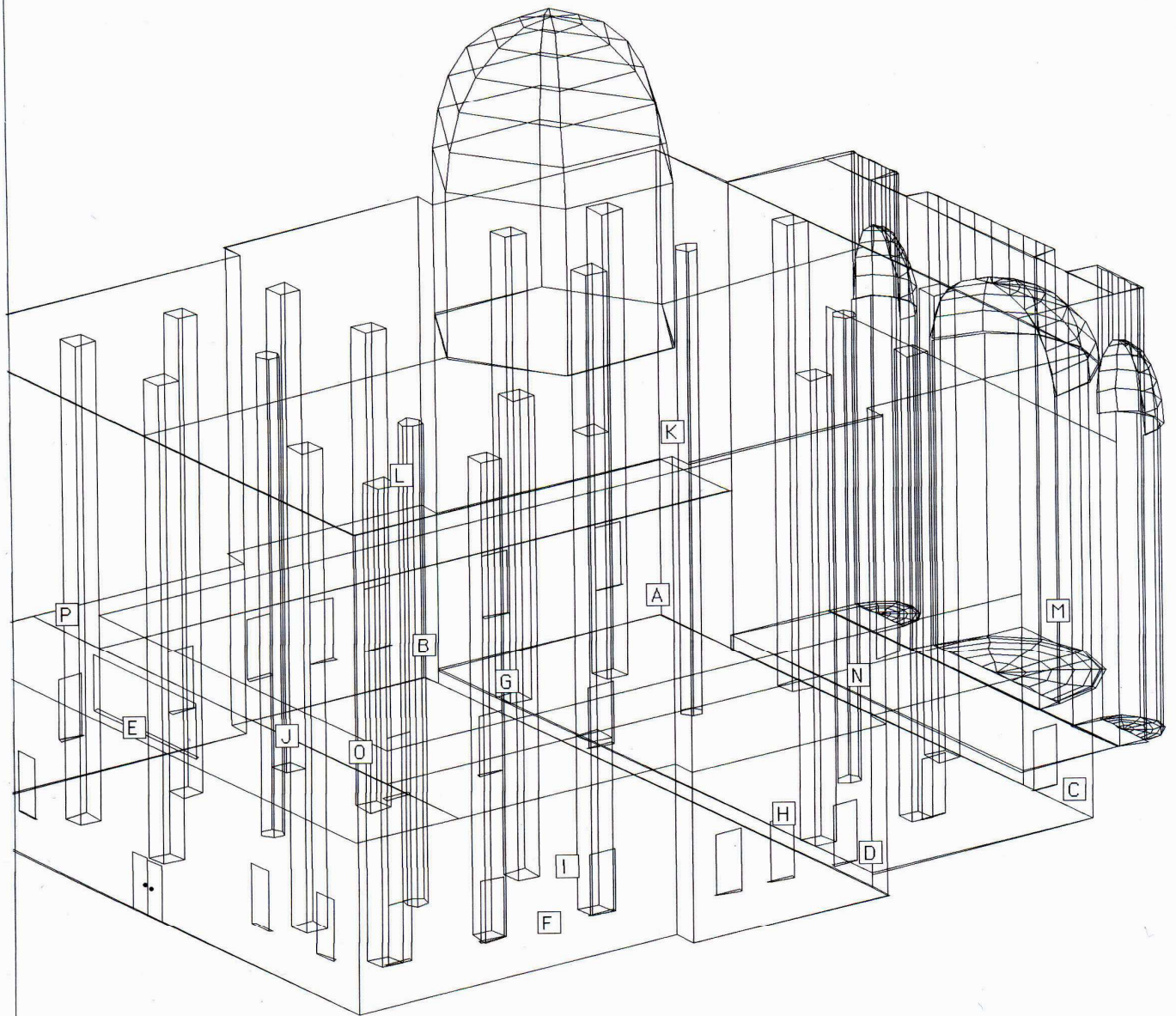


BOSE

Sound System® Software

INAM

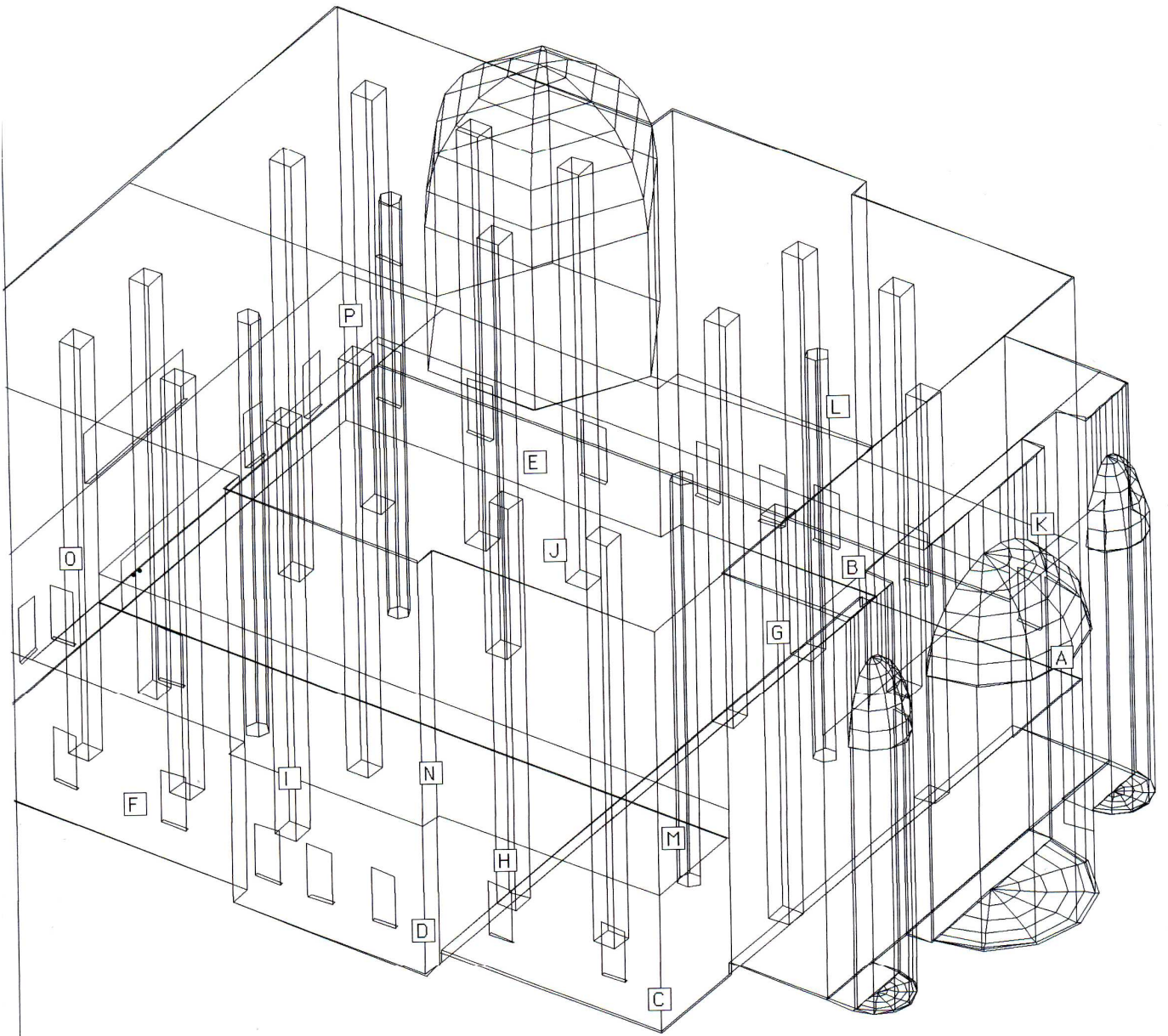
1:200



BOSE

Sound System® Software

INAM



BOSE

Sound System® Software

INAM

Speaker	Status	Cluster	Height(M)	RollΓ	PitchΓ	YawΓ	Time(ms)	Gain(dB)	Power(W)
Bose MA 12 [prelim]	On	A	1.5	0.0	0.0	-123.2			
Top							0.000	10.0	17.8
Driver 2							0.000	10.0	17.8
Driver 3							0.000	10.0	17.8
Driver 4							0.000	10.0	17.8
Driver 5							0.000	10.0	17.8
Driver 6							0.000	10.0	17.8
Driver 7							0.000	10.0	17.8
Driver 8							0.000	10.0	17.8
Driver 9							0.000	10.0	17.8
Driver 10							0.000	10.0	17.8
Driver 11							0.000	10.0	17.8
Bottom							0.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	B	1.5	0.0	0.0	-153.6			
Top							20.000	10.0	17.8
Driver 2							20.000	10.0	17.8
Driver 3							20.000	10.0	17.8
Driver 4							20.000	10.0	17.8
Driver 5							20.000	10.0	17.8
Driver 6							20.000	10.0	17.8
Driver 7							20.000	10.0	17.8
Driver 8							20.000	10.0	17.8
Driver 9							20.000	10.0	17.8
Driver 10							20.000	10.0	17.8
Driver 11							20.000	10.0	17.8
Bottom							20.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	C	1.5	0.0	0.0	129.3			
Top							0.000	10.0	17.8
Driver 2							0.000	10.0	17.8
Driver 3							0.000	10.0	17.8
Driver 4							0.000	10.0	17.8
Driver 5							0.000	10.0	17.8
Driver 6							0.000	10.0	17.8
Driver 7							0.000	10.0	17.8
Driver 8							0.000	10.0	17.8
Driver 9							0.000	10.0	17.8
Driver 10							0.000	10.0	17.8
Driver 11							0.000	10.0	17.8
Bottom							0.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	D	1.5	0.0	0.0	154.7			
Top							20.000	10.0	17.8
Driver 2							20.000	10.0	17.8
Driver 3							20.000	10.0	17.8
Driver 4							20.000	10.0	17.8
Driver 5							20.000	10.0	17.8
Driver 6							20.000	10.0	17.8
Driver 7							20.000	10.0	17.8
Driver 8							20.000	10.0	17.8
Driver 9							20.000	10.0	17.8
Driver 10							20.000	10.0	17.8
Driver 11							20.000	10.0	17.8
Bottom							20.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	E	1.5	0.0	0.0	-129.4			
Top							40.000	10.0	17.8

INAM : Aiming Info

Speaker	Status	Cluster	Height(M)	RollΓ	PitchΓ	YawΓ	Time(mS)	Gain(dB)	Power(W)
Driver 2							40.000	10.0	17.8
Driver 3							40.000	10.0	17.8
Driver 4							40.000	10.0	17.8
Driver 5							40.000	10.0	17.8
Driver 6							40.000	10.0	17.8
Driver 7							40.000	10.0	17.8
Driver 8							40.000	10.0	17.8
Driver 9							40.000	10.0	17.8
Driver 10							40.000	10.0	17.8
Driver 11							40.000	10.0	17.8
Bottom							40.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	F	1.5	0.0	0.0	128.5			
Top							40.000	10.0	17.8
Driver 2							40.000	10.0	17.8
Driver 3							40.000	10.0	17.8
Driver 4							40.000	10.0	17.8
Driver 5							40.000	10.0	17.8
Driver 6							40.000	10.0	17.8
Driver 7							40.000	10.0	17.8
Driver 8							40.000	10.0	17.8
Driver 9							40.000	10.0	17.8
Driver 10							40.000	10.0	17.8
Driver 11							40.000	10.0	17.8
Bottom							40.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	G	1.5	0.0	0.0	-123.0			
Top							20.000	10.0	17.8
Driver 2							20.000	10.0	17.8
Driver 3							20.000	10.0	17.8
Driver 4							20.000	10.0	17.8
Driver 5							20.000	10.0	17.8
Driver 6							20.000	10.0	17.8
Driver 7							20.000	10.0	17.8
Driver 8							20.000	10.0	17.8
Driver 9							20.000	10.0	17.8
Driver 10							20.000	10.0	17.8
Driver 11							20.000	10.0	17.8
Bottom							20.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	H	1.5	0.0	0.0	124.7			
Top							20.000	10.0	17.8
Driver 2							20.000	10.0	17.8
Driver 3							20.000	10.0	17.8
Driver 4							20.000	10.0	17.8
Driver 5							20.000	10.0	17.8
Driver 6							20.000	10.0	17.8
Driver 7							20.000	10.0	17.8
Driver 8							20.000	10.0	17.8
Driver 9							20.000	10.0	17.8
Driver 10							20.000	10.0	17.8
Driver 11							20.000	10.0	17.8
Bottom							20.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	I	1.5	0.0	0.0	103.2			
Top							30.000	10.0	17.8
Driver 2							30.000	10.0	17.8
Driver 3							30.000	10.0	17.8

INAM : Aiming Info

Speaker	Status	Cluster	Height(M)	RollΓ	PitchΓ	YawΓ	Time(mS)	Gain(dB)	Power(W)
Driver 4							30.000	10.0	17.8
Driver 5							30.000	10.0	17.8
Driver 6							30.000	10.0	17.8
Driver 7							30.000	10.0	17.8
Driver 8							30.000	10.0	17.8
Driver 9							30.000	10.0	17.8
Driver 10							30.000	10.0	17.8
Driver 11							30.000	10.0	17.8
Bottom							30.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	On	J	1.5	0.0	0.0	-121.9			
Top							30.000	10.0	17.8
Driver 2							30.000	10.0	17.8
Driver 3							30.000	10.0	17.8
Driver 4							30.000	10.0	17.8
Driver 5							30.000	10.0	17.8
Driver 6							30.000	10.0	17.8
Driver 7							30.000	10.0	17.8
Driver 8							30.000	10.0	17.8
Driver 9							30.000	10.0	17.8
Driver 10							30.000	10.0	17.8
Driver 11							30.000	10.0	17.8
Bottom							30.000	10.0	17.8
Bose MA 12 [prelim]	Off	K	7.7	0.0	0.0	-174.0			
Top							0.000	10.0	10.0
Driver 2							0.000	10.0	10.0
Driver 3							0.000	10.0	10.0
Driver 4							0.000	10.0	10.0
Driver 5							0.000	10.0	10.0
Driver 6							0.000	10.0	10.0
Driver 7							0.000	10.0	10.0
Driver 8							0.000	10.0	10.0
Driver 9							0.000	10.0	10.0
Driver 10							0.000	10.0	10.0
Driver 11							0.000	10.0	10.0
Bottom							0.000	10.0	10.0
Bose MA 12 [prelim]	Off	L	7.7	0.0	0.0	-166.4			
Top							0.000	10.0	10.0
Driver 2							0.000	10.0	10.0
Driver 3							0.000	10.0	10.0
Driver 4							0.000	10.0	10.0
Driver 5							0.000	10.0	10.0
Driver 6							0.000	10.0	10.0
Driver 7							0.000	10.0	10.0
Driver 8							0.000	10.0	10.0
Driver 9							0.000	10.0	10.0
Driver 10							0.000	10.0	10.0
Driver 11							0.000	10.0	10.0
Bottom							0.000	10.0	10.0
Bose MA 12 [prelim]	Off	M	7.7	0.0	0.0	171.2			
Top							0.000	10.0	10.0
Driver 2							0.000	10.0	10.0
Driver 3							0.000	10.0	10.0
Driver 4							0.000	10.0	10.0
Driver 5							0.000	10.0	10.0

INAM : Aiming Info

Speaker	Status	Cluster	Height(M)	RollΓ	PitchΓ	YawΓ	Time(mS)	Gain(dB)	Power(W)
Driver 6							0.000	10.0	10.0
Driver 7							0.000	10.0	10.0
Driver 8							0.000	10.0	10.0
Driver 9							0.000	10.0	10.0
Driver 10							0.000	10.0	10.0
Driver 11							0.000	10.0	10.0
Bottom							0.000	10.0	10.0
Bose MA 12 [prelim]	Off	N	7.7	0.0	0.0	168.3			
Top							0.000	10.0	10.0
Driver 2							0.000	10.0	10.0
Driver 3							0.000	10.0	10.0
Driver 4							0.000	10.0	10.0
Driver 5							0.000	10.0	10.0
Driver 6							0.000	10.0	10.0
Driver 7							0.000	10.0	10.0
Driver 8							0.000	10.0	10.0
Driver 9							0.000	10.0	10.0
Driver 10							0.000	10.0	10.0
Driver 11							0.000	10.0	10.0
Bottom							0.000	10.0	10.0
Bose MA 12 [prelim]	Off	0	7.7	0.0	0.0	107.5			
Top							0.000	10.0	10.0
Driver 2							0.000	10.0	10.0
Driver 3							0.000	10.0	10.0
Driver 4							0.000	10.0	10.0
Driver 5							0.000	10.0	10.0
Driver 6							0.000	10.0	10.0
Driver 7							0.000	10.0	10.0
Driver 8							0.000	10.0	10.0
Driver 9							0.000	10.0	10.0
Driver 10							0.000	10.0	10.0
Driver 11							0.000	10.0	10.0
Bottom							0.000	10.0	10.0
Bose MA 12 [prelim]	Off	P	7.7	0.0	0.0	-107.2			
Top							0.000	10.0	10.0
Driver 2							0.000	10.0	10.0
Driver 3							0.000	10.0	10.0
Driver 4							0.000	10.0	10.0
Driver 5							0.000	10.0	10.0
Driver 6							0.000	10.0	10.0
Driver 7							0.000	10.0	10.0
Driver 8							0.000	10.0	10.0
Driver 9							0.000	10.0	10.0
Driver 10							0.000	10.0	10.0
Driver 11							0.000	10.0	10.0
Bottom							0.000	10.0	10.0

INAM : Aiming Info

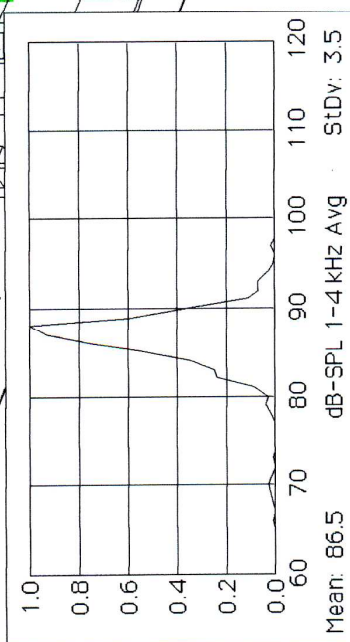
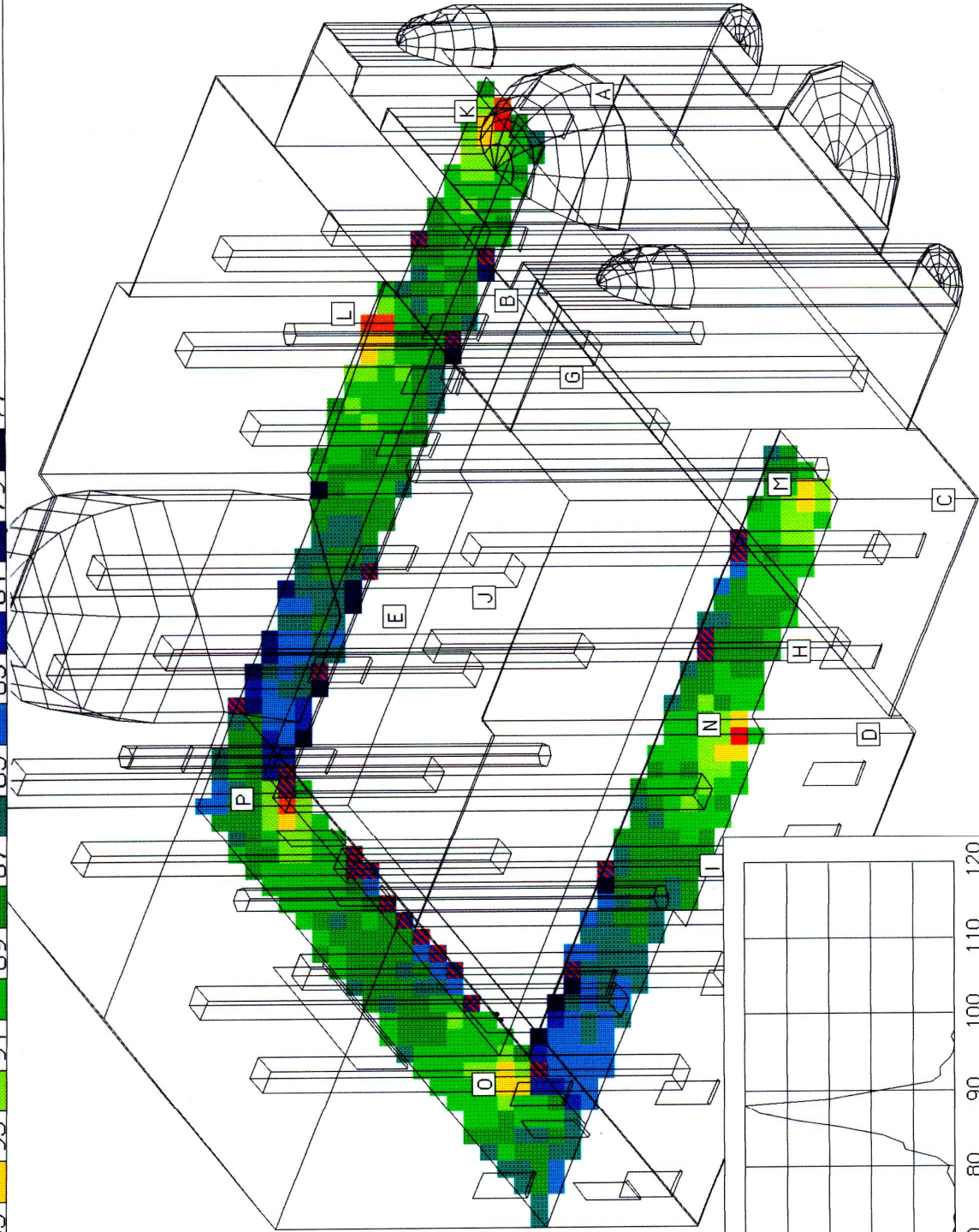
31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	16 kHz
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0
XX	XX	-6	-3	3	4	3	6	0	0

INAM : Aiming Info

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	16 kHz
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0
XX	XX	0	0	0	0	0	0	0	0

INAM : Aiming Info

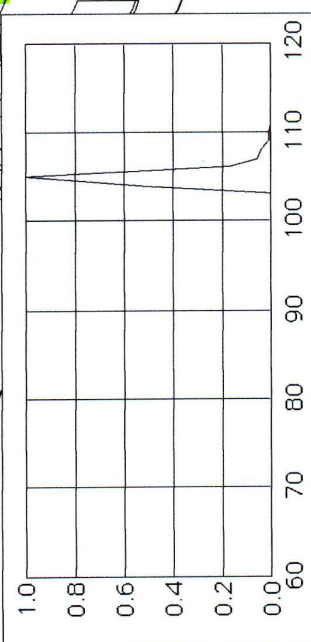
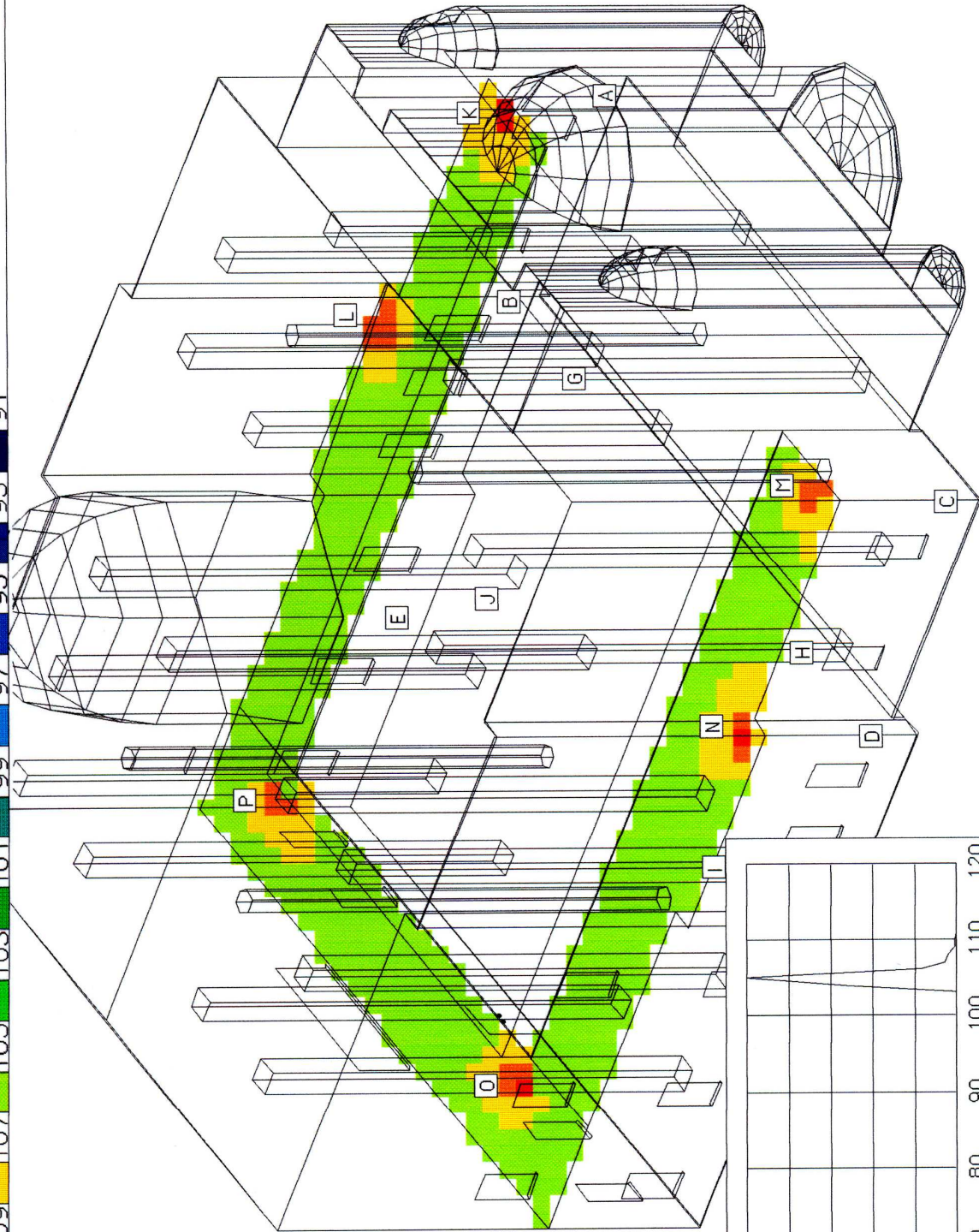
Direct Field SPL (dB) : Phasor Sum : 1-4 kHz Averaged



INAM

BOSE
Sound System® Software

Direct+Reverberant Field SPL (dB) : Phasor Sum: 31 Hz-16 kHz Total

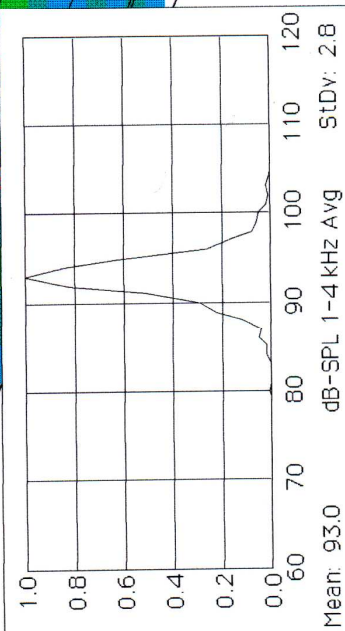
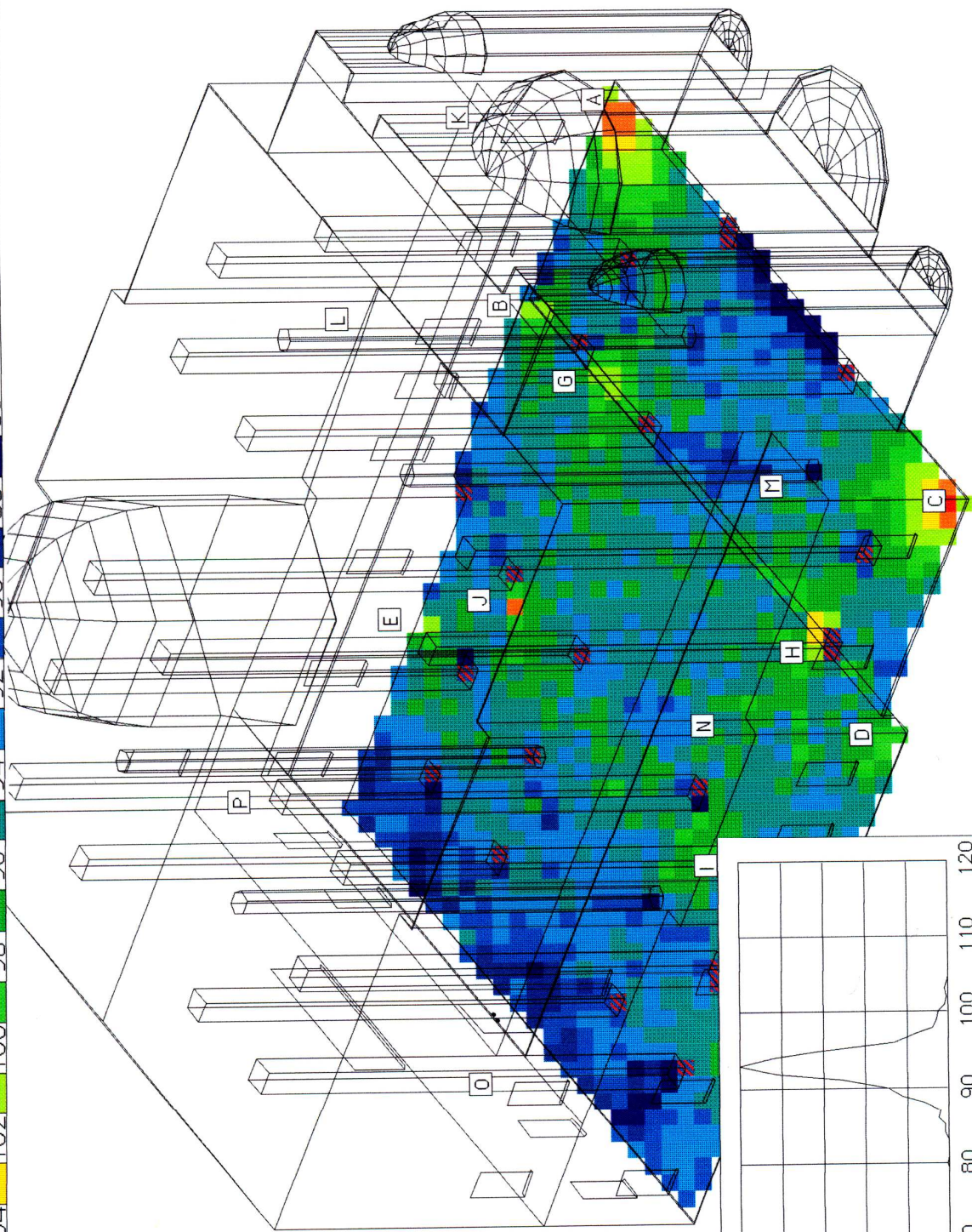


INAM

BOSE
Sound System® Software

ΑΔΕΙΑ ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΜΕ ΠΑΤΩΜΑ ΜΑΡΜΑΡΟ

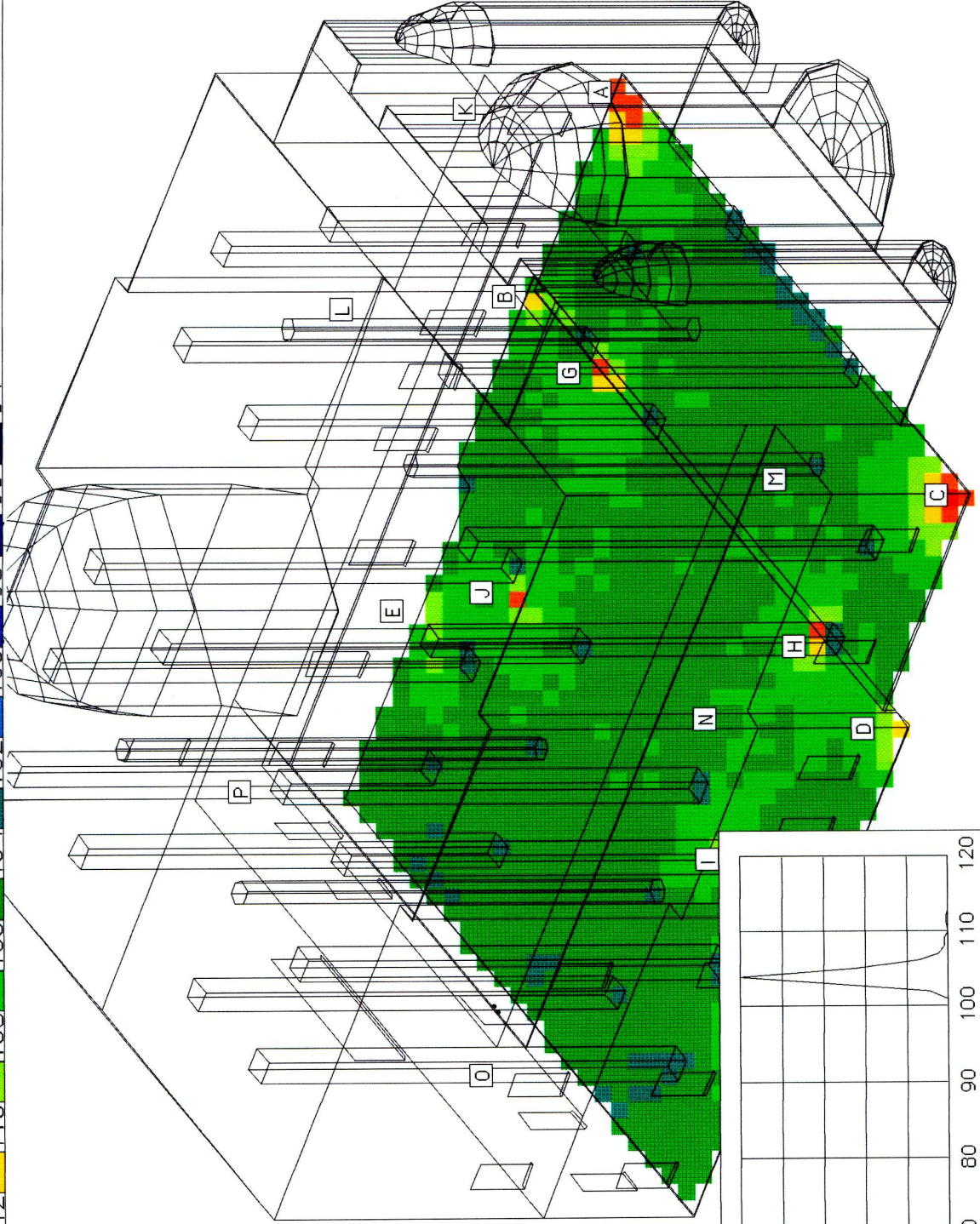
Direct Field SPL (dB) : Phasor Sum : 1-4 kHz Averaged



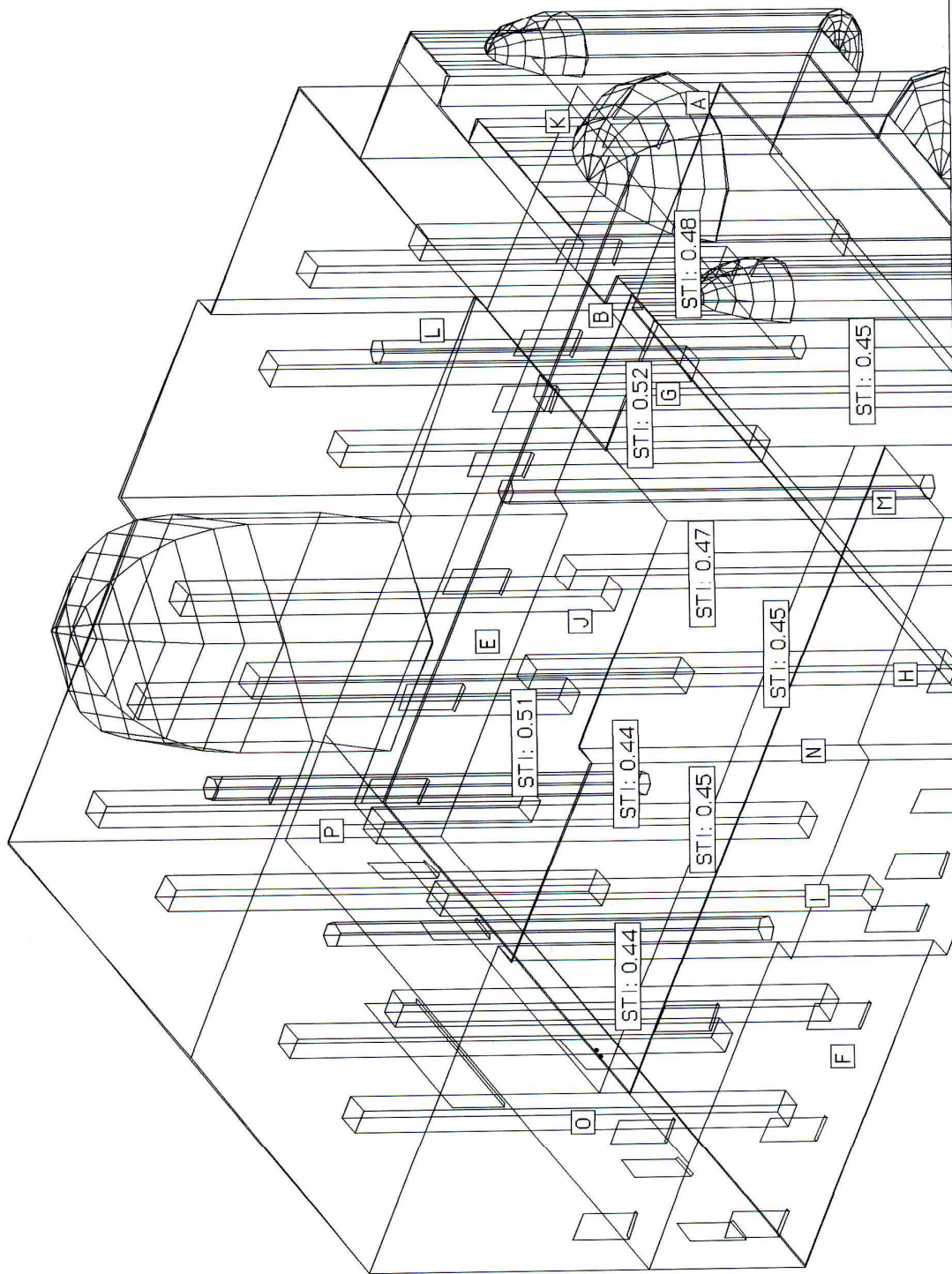
INAM

BOSE
Sound System® Software

Direct+Reverberant Field SPL (dB) : Phasor Sum : 31 Hz-16 kHz Total

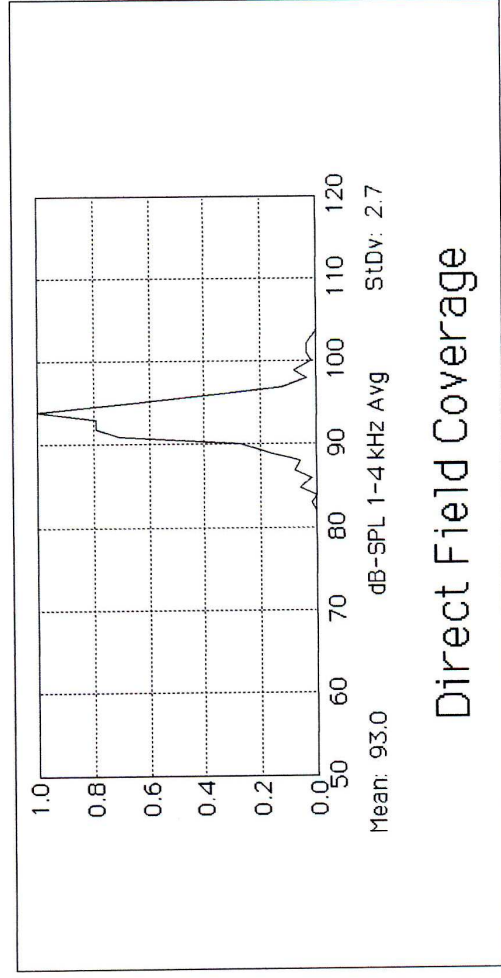
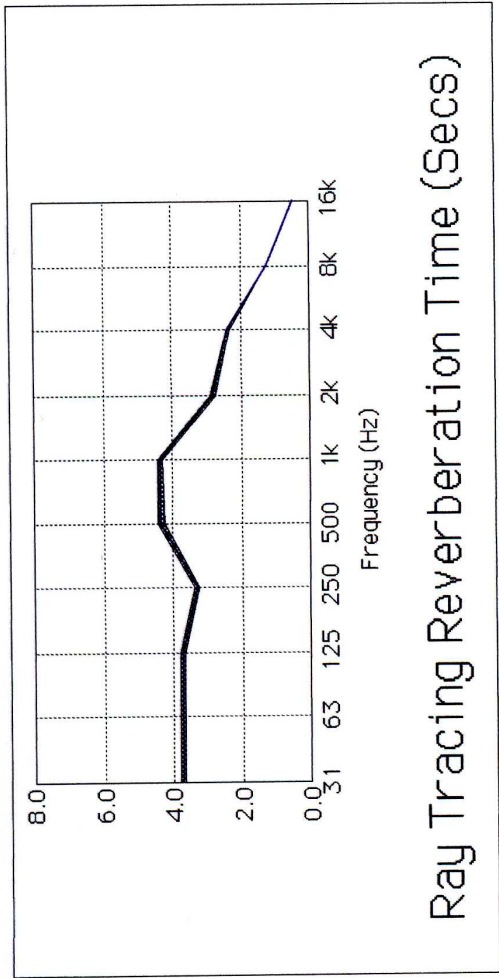


INAM

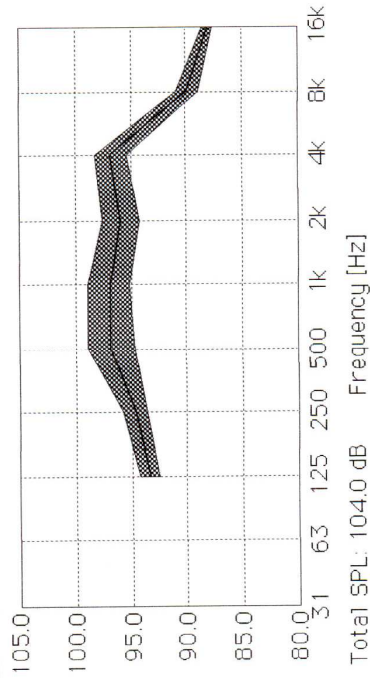
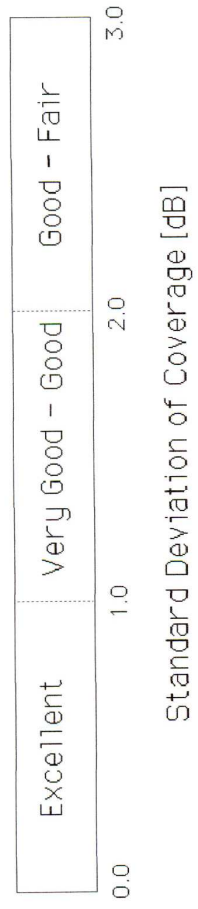


INAM Intelligibility

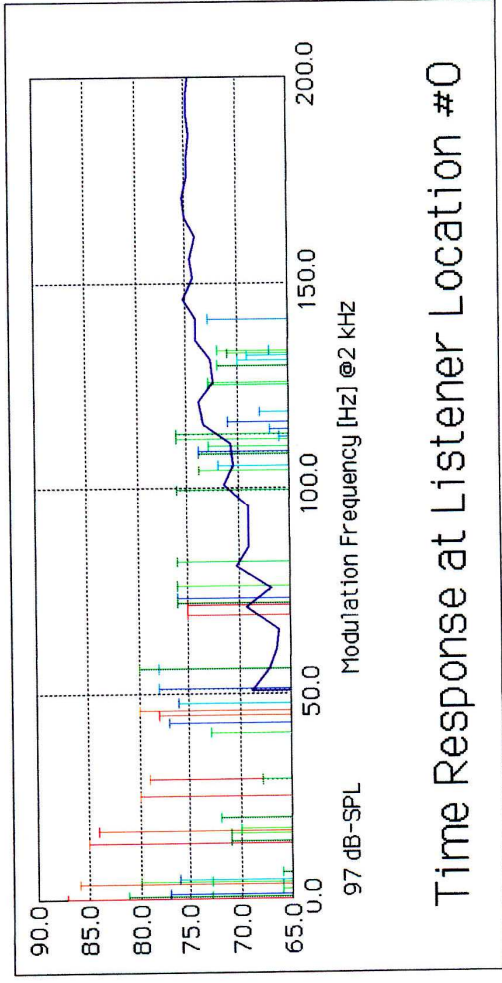
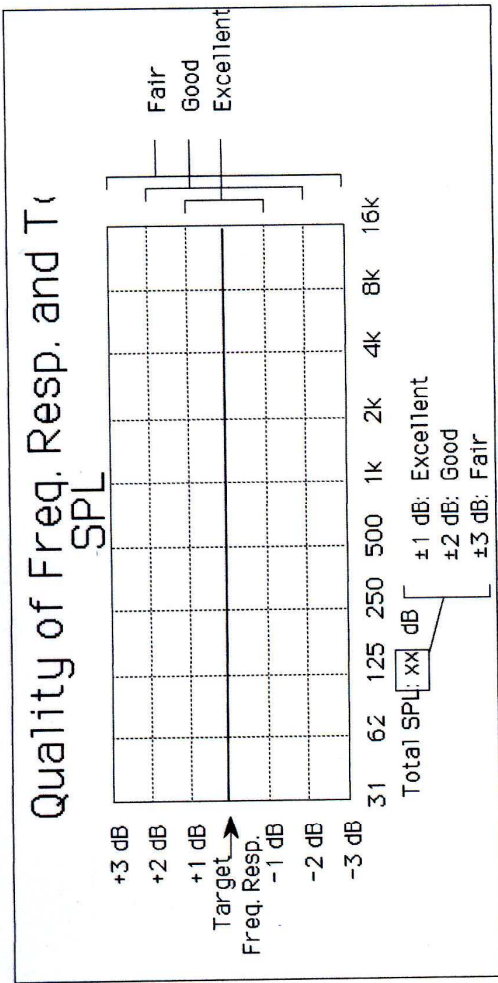
BOSE
Sound System® Software

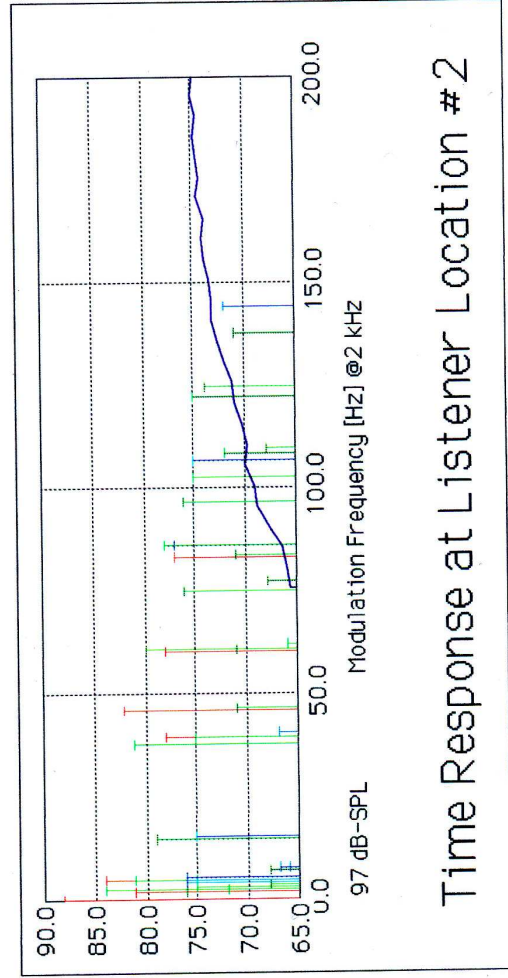
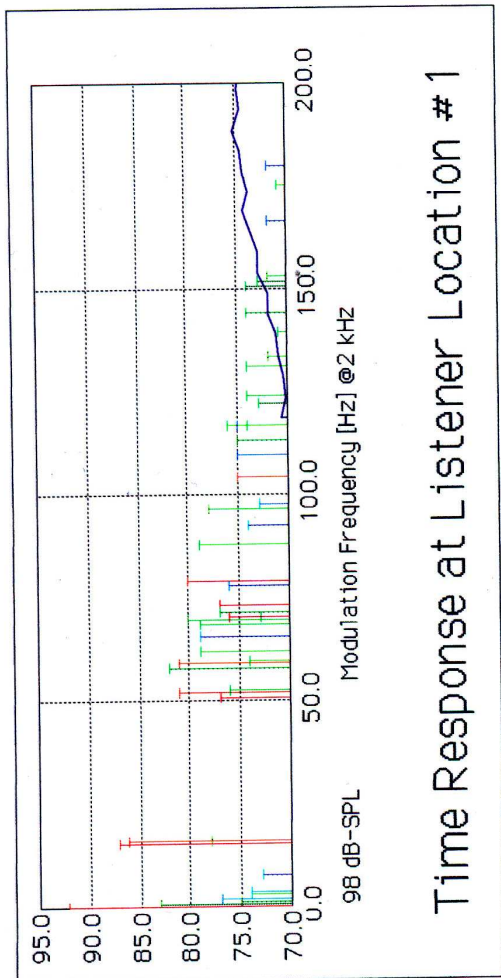


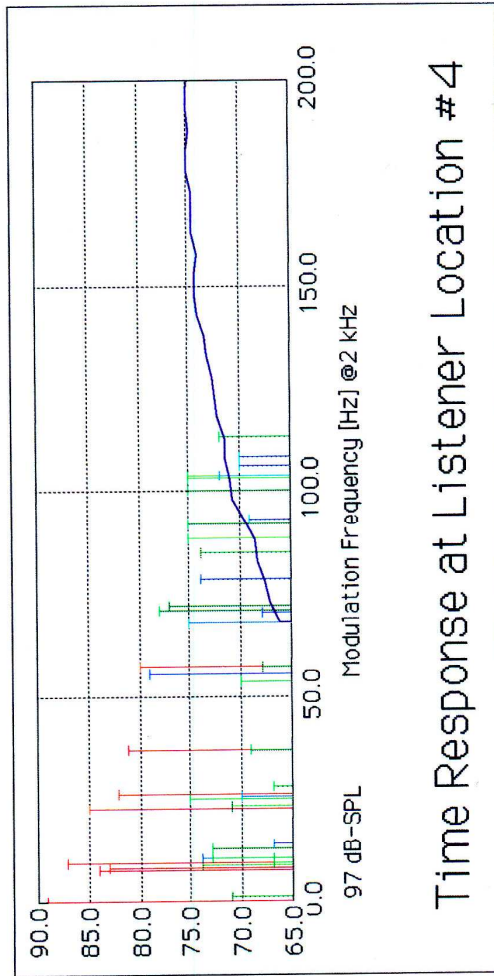
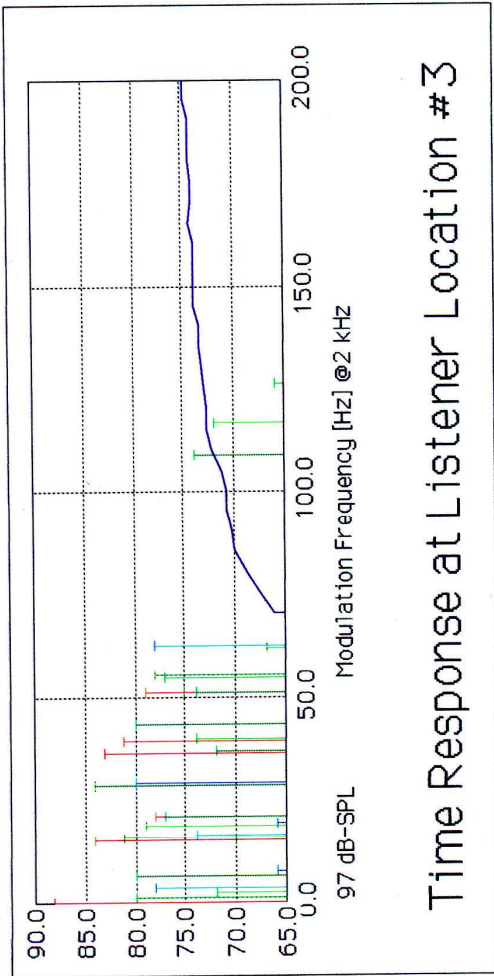
Quality of Direct Field Cover

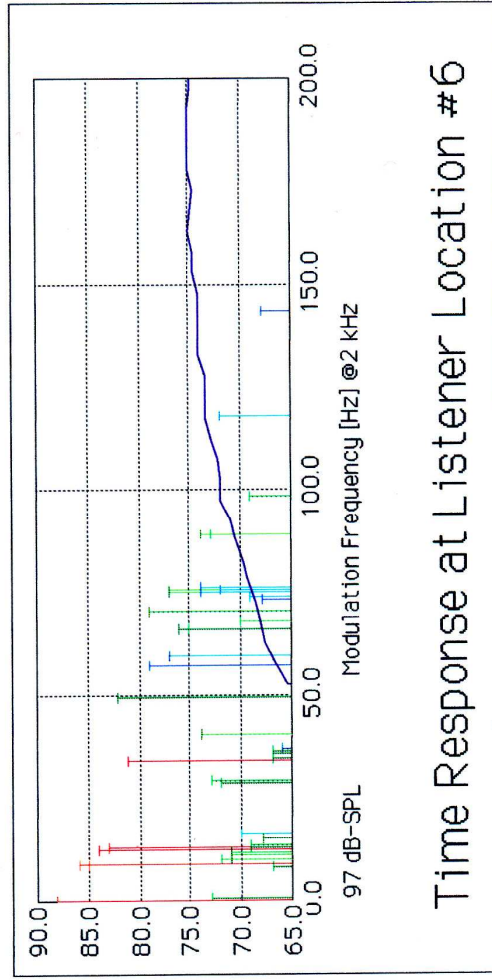
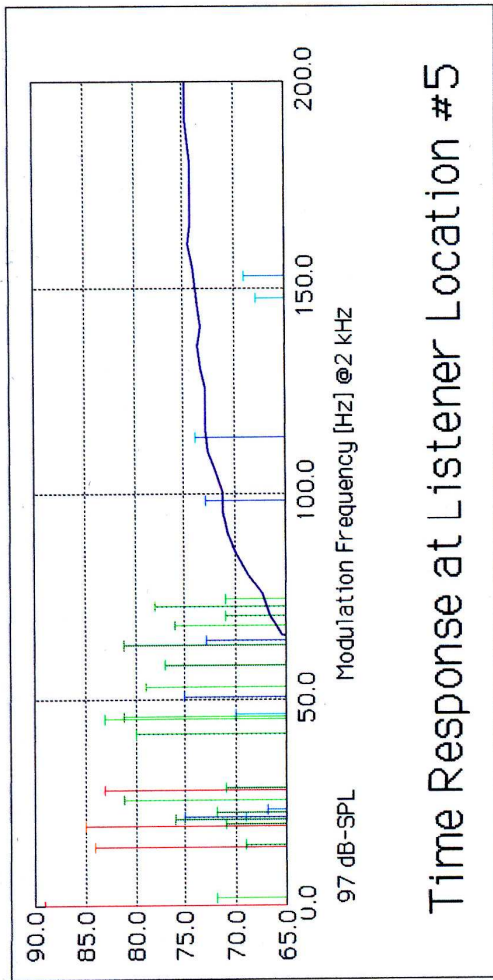


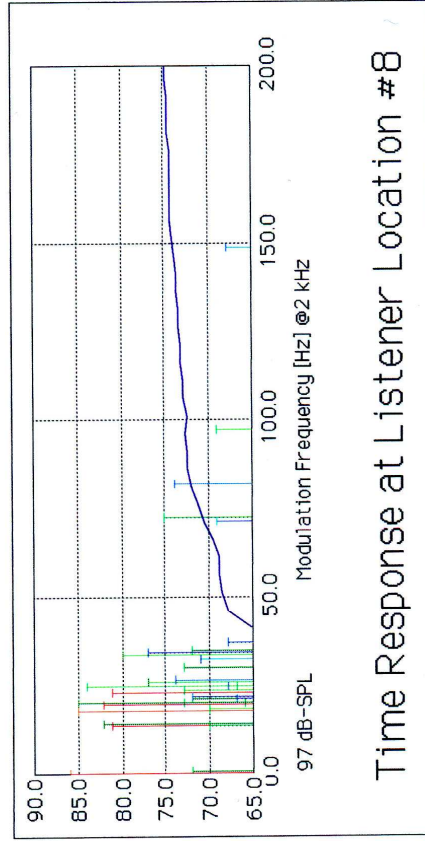
Direct+Reverberant Field Coverage



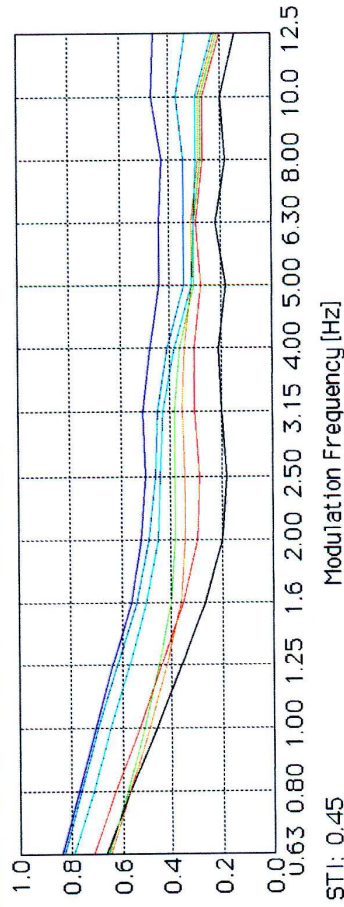
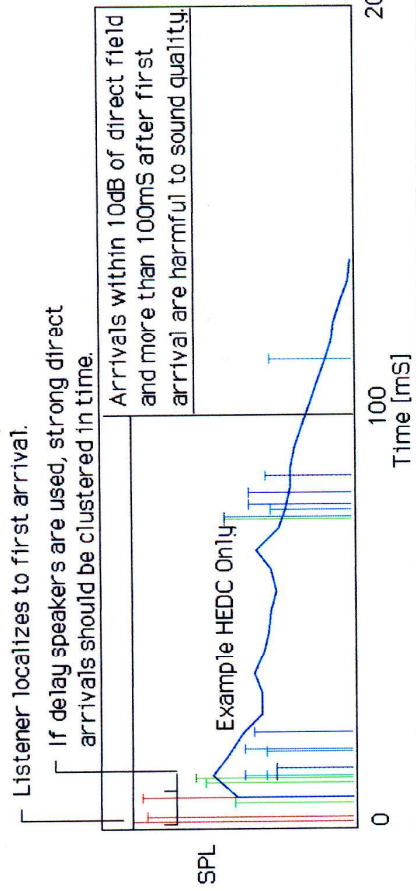




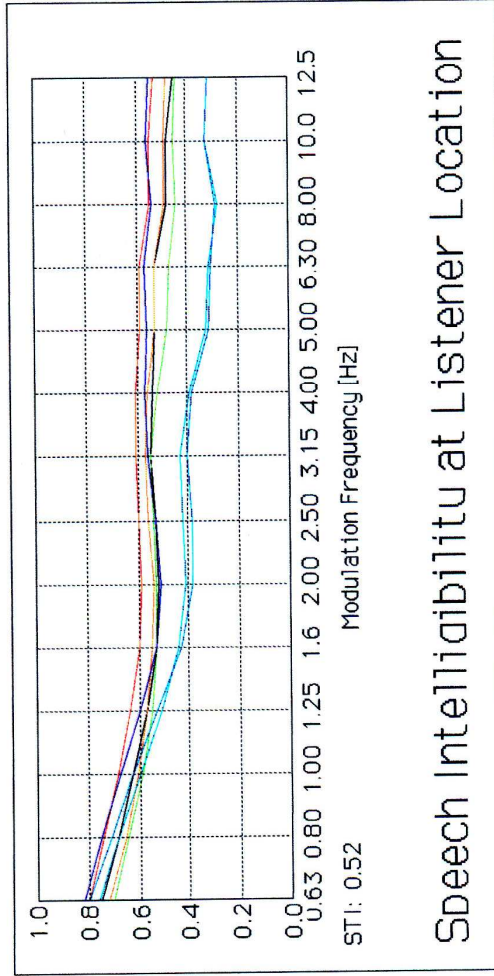
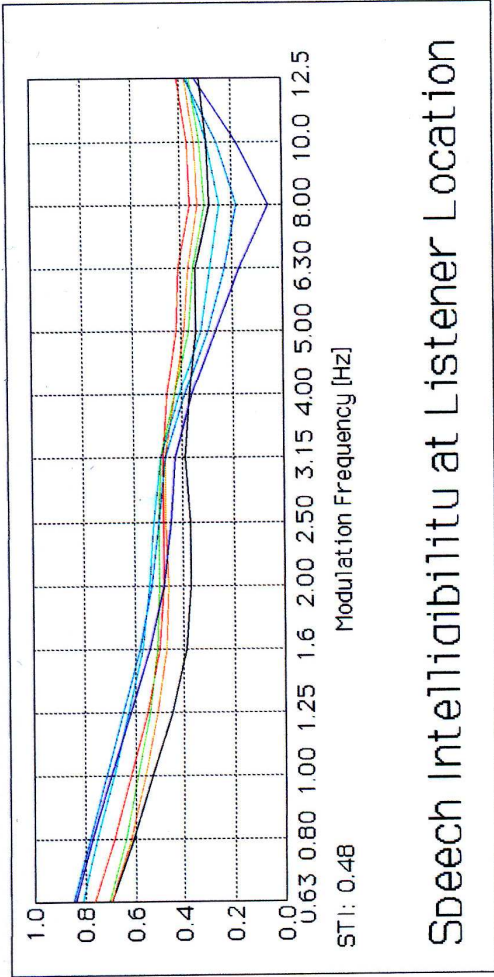


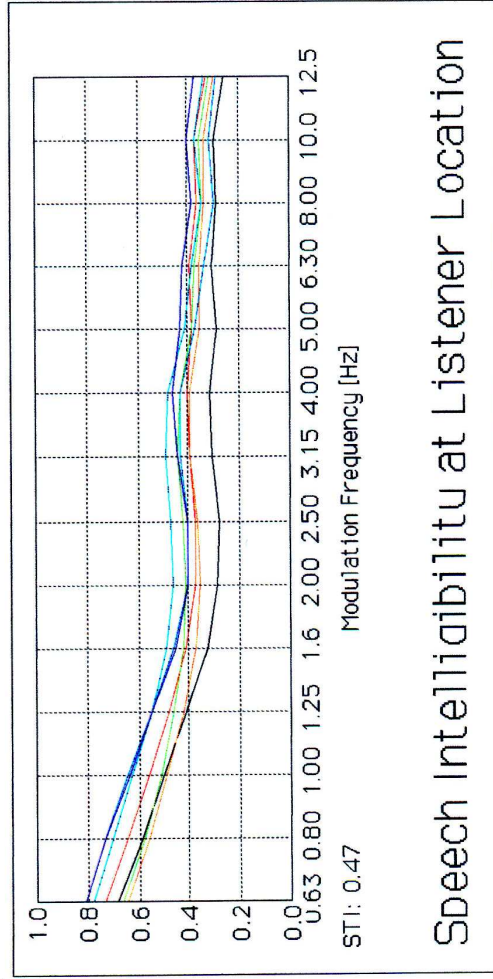
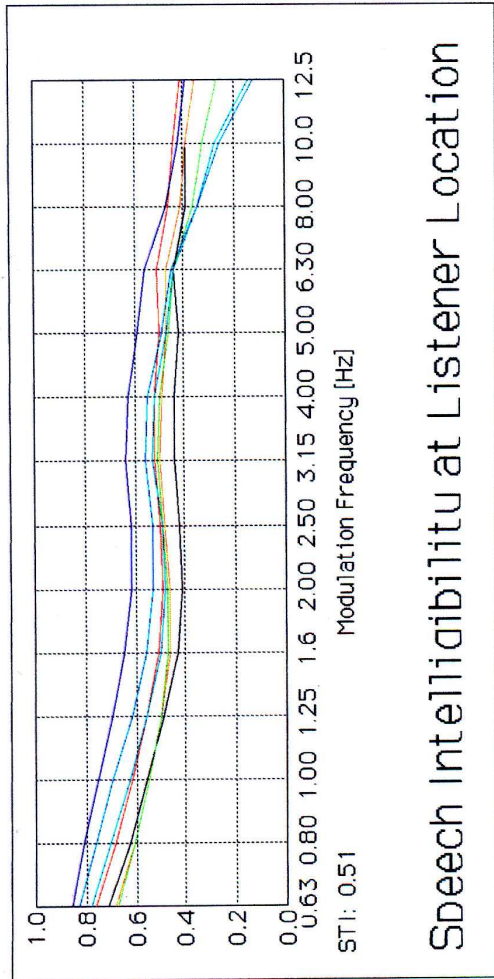


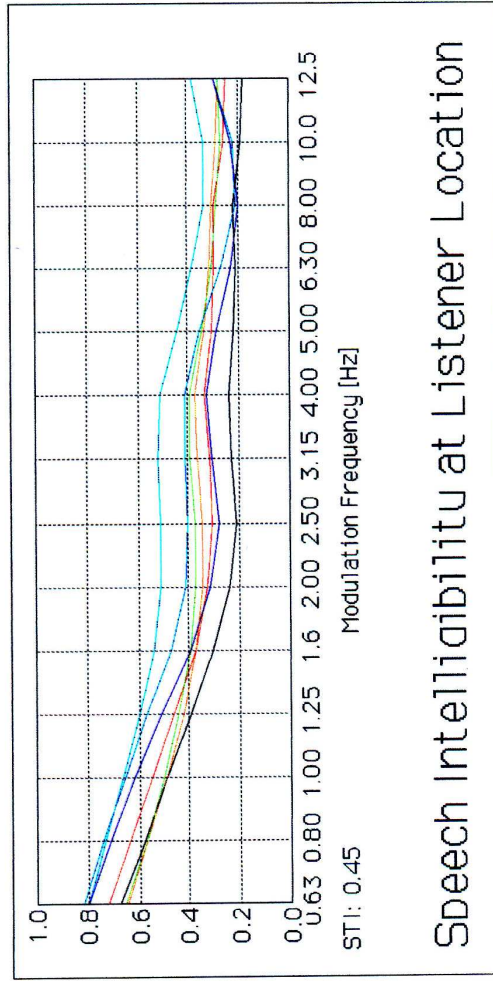
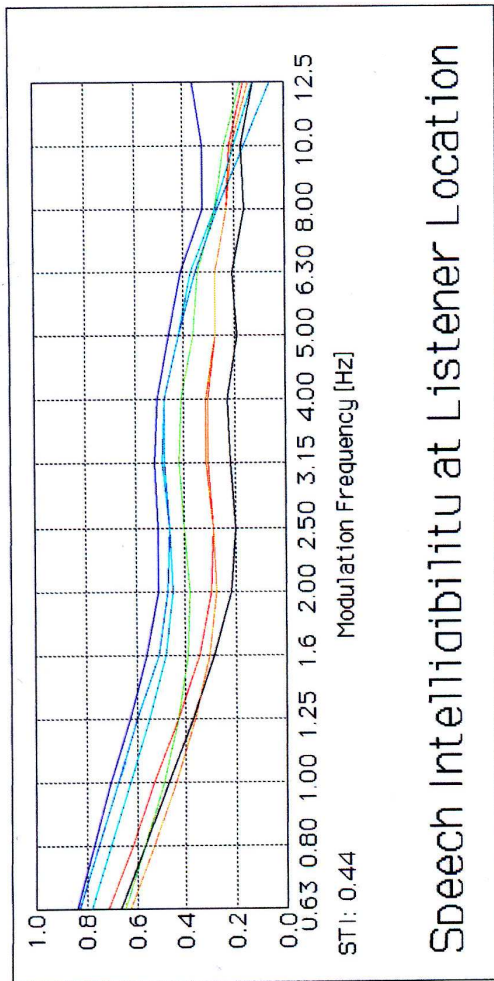
Quality of Time (HEDC) Respoi

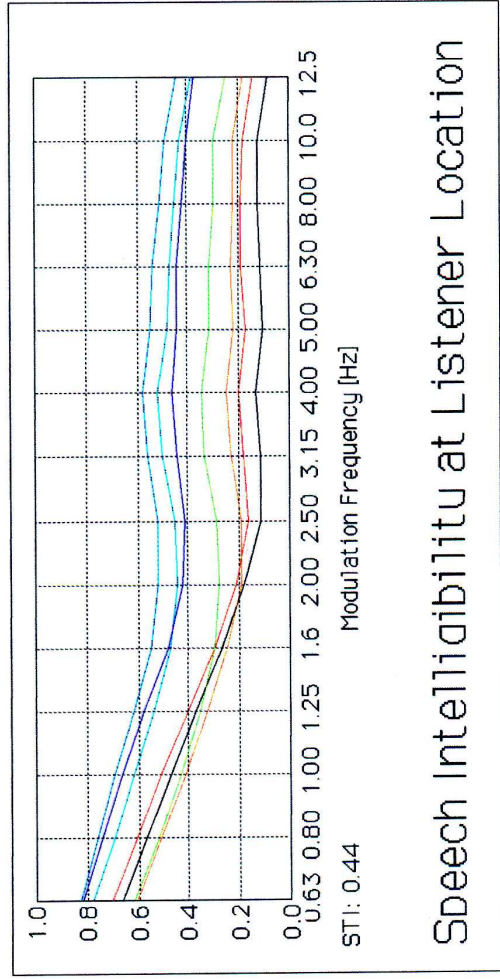
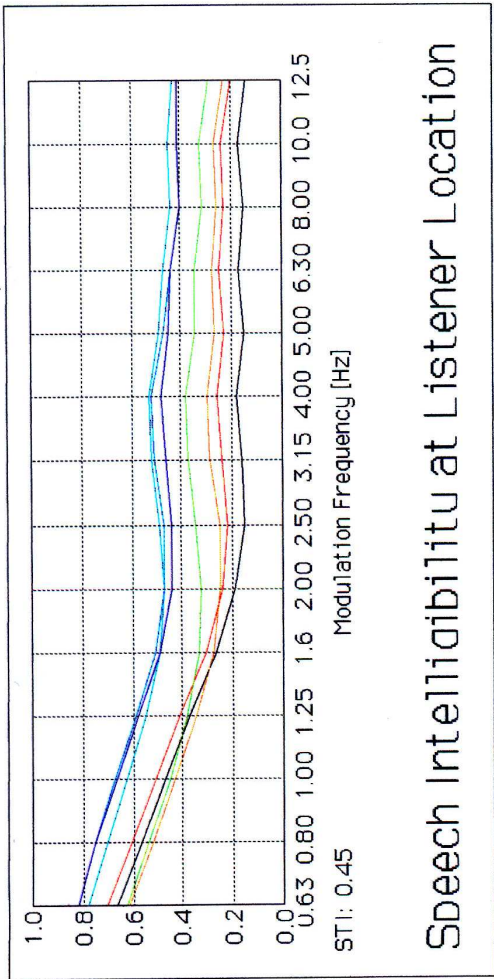


Speech Intelligibility at Listener Location

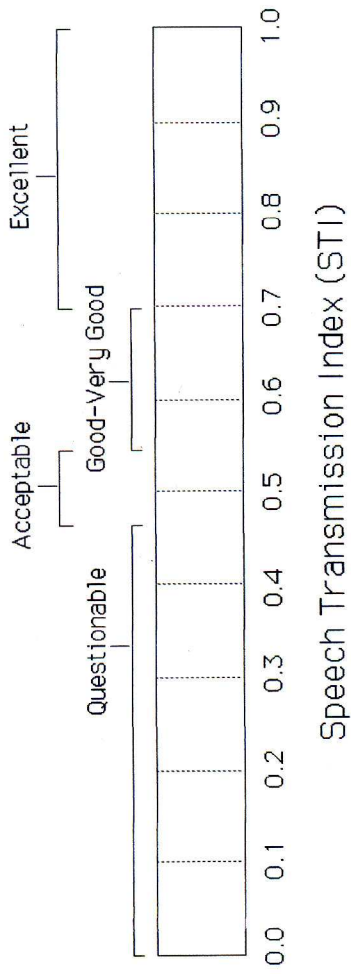






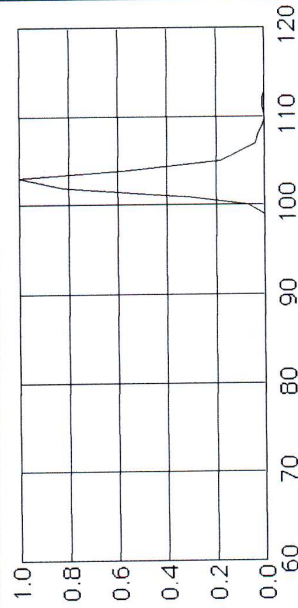
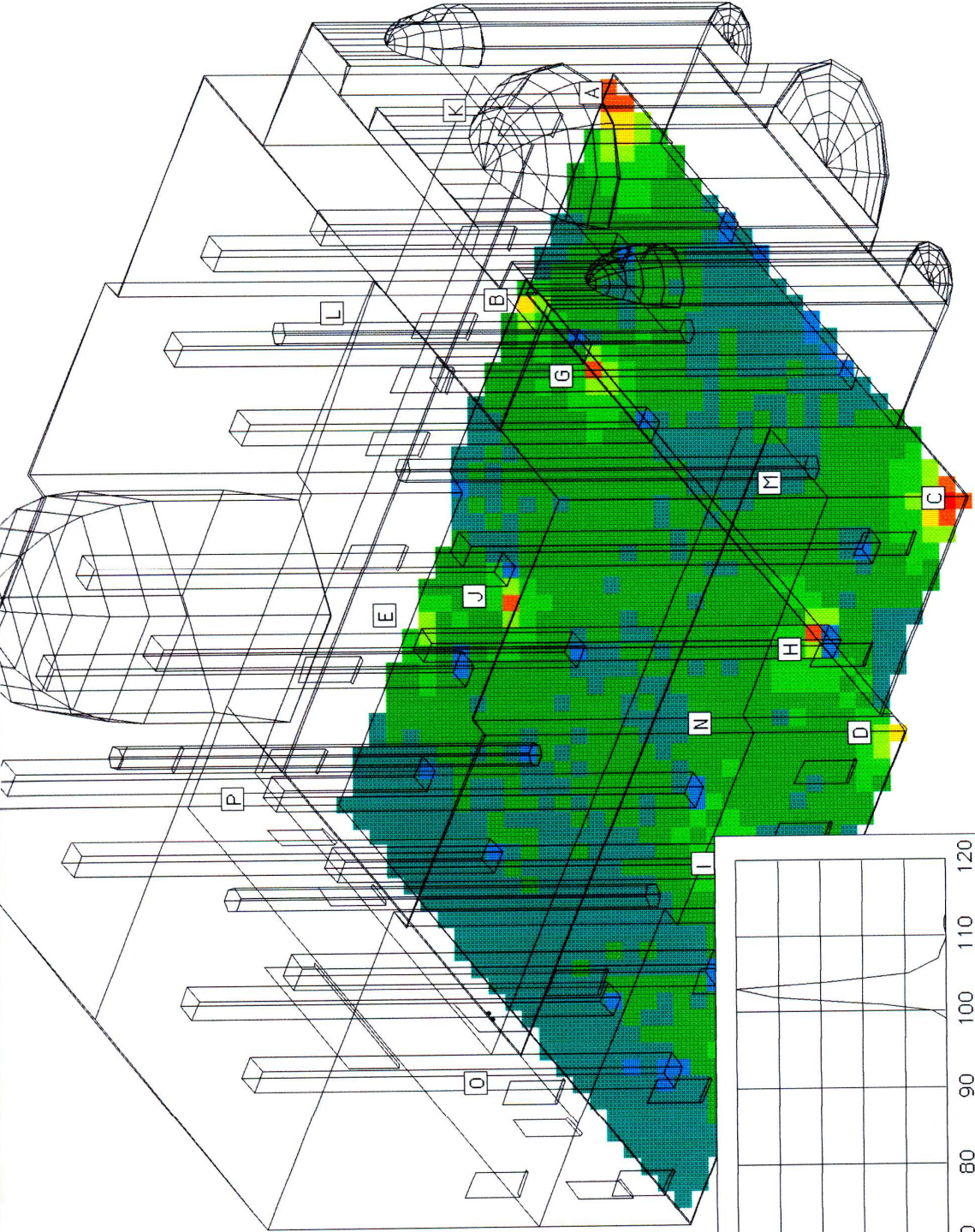


Quality of Speech Intelligibility Prediction



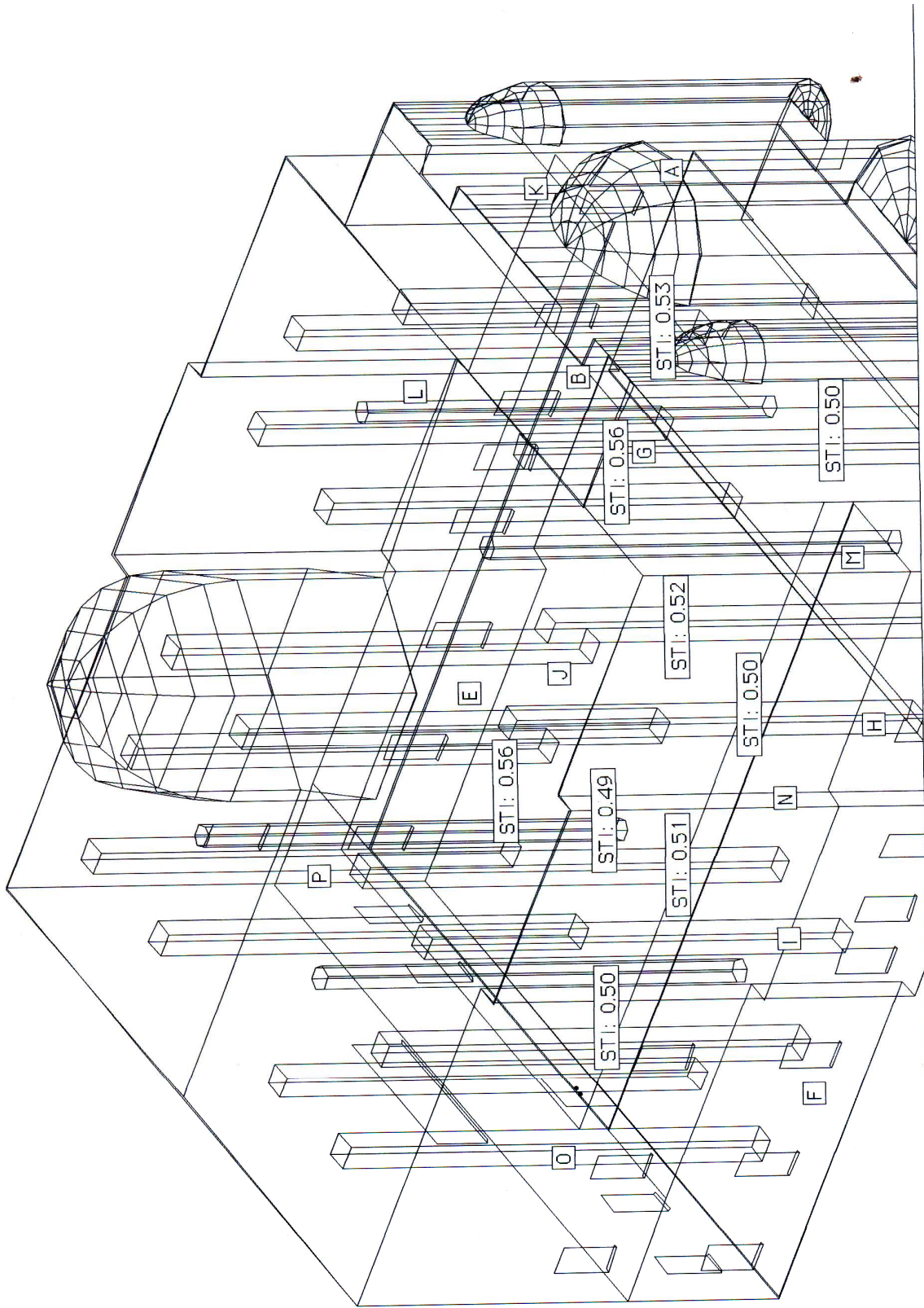
ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΜΕ 500 ΑΤΟΜΑ ΚΑΙ ΠΑΤΩΜΑ ΜΑΡΜΑΡΟ

Direct+Reverberant Field SPL (dB) : Phasor Sum : 31 Hz-16 kHz Total



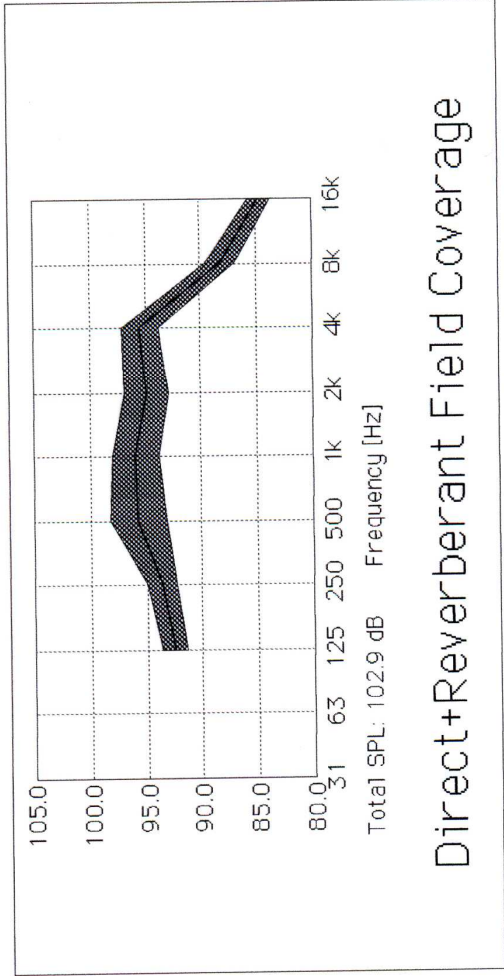
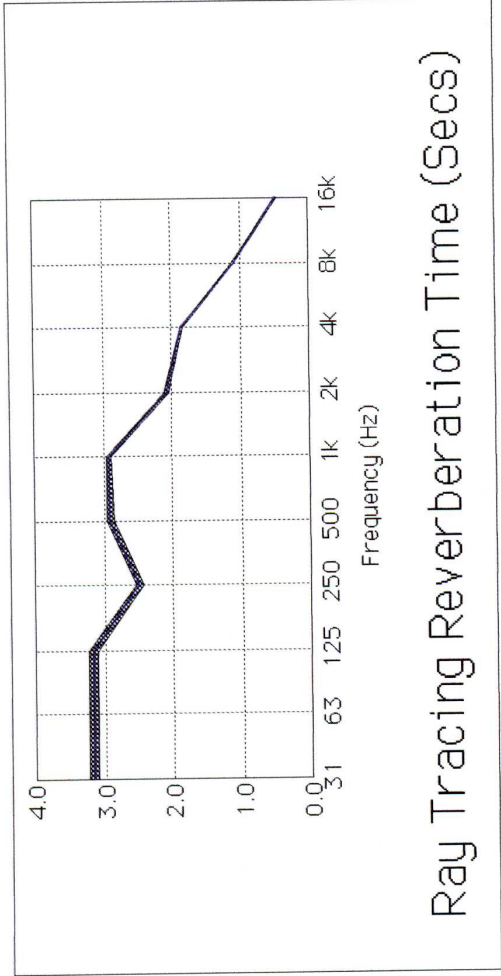
INAM

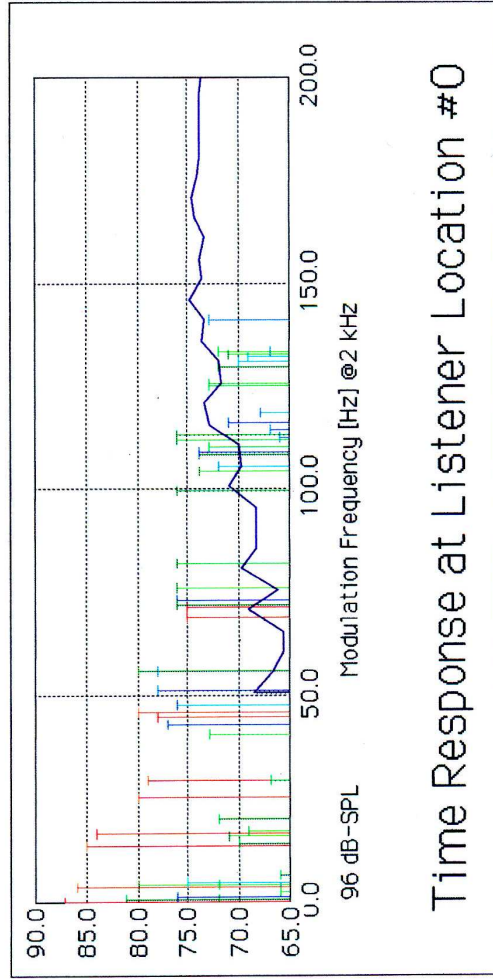
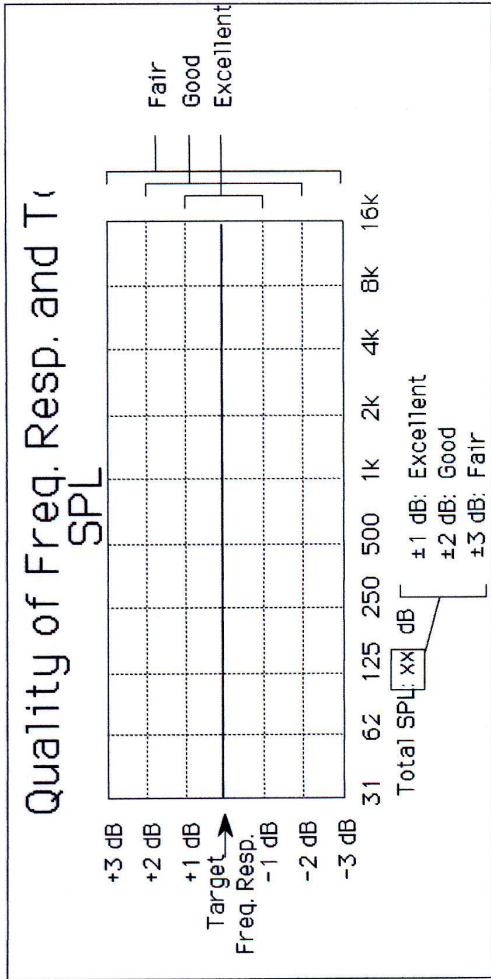
BOSE
Sound System® Software

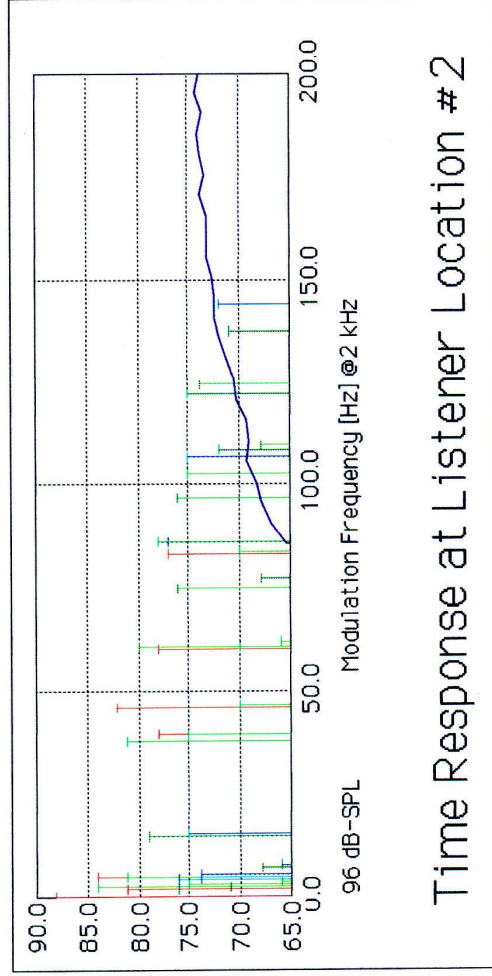
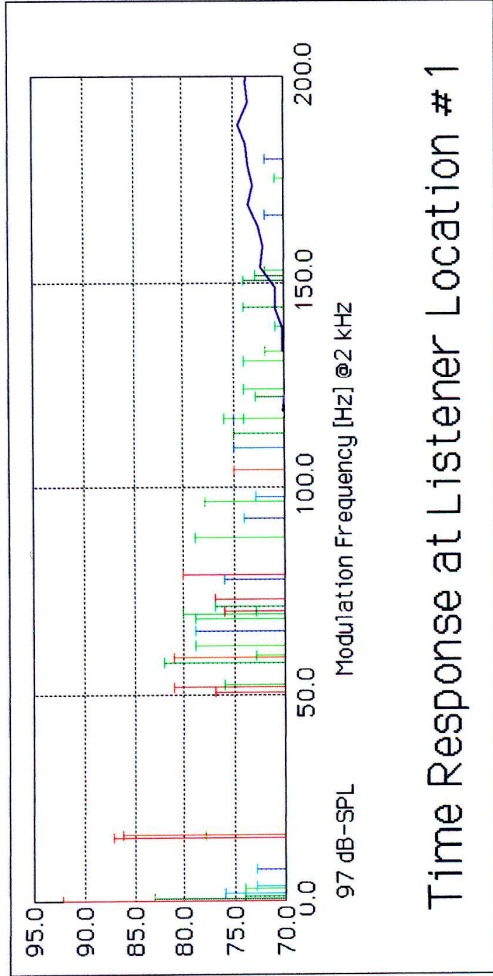


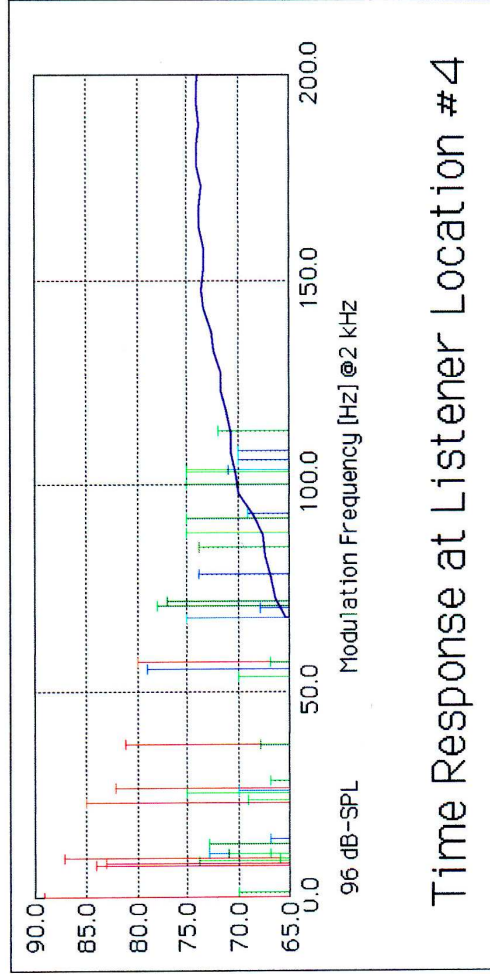
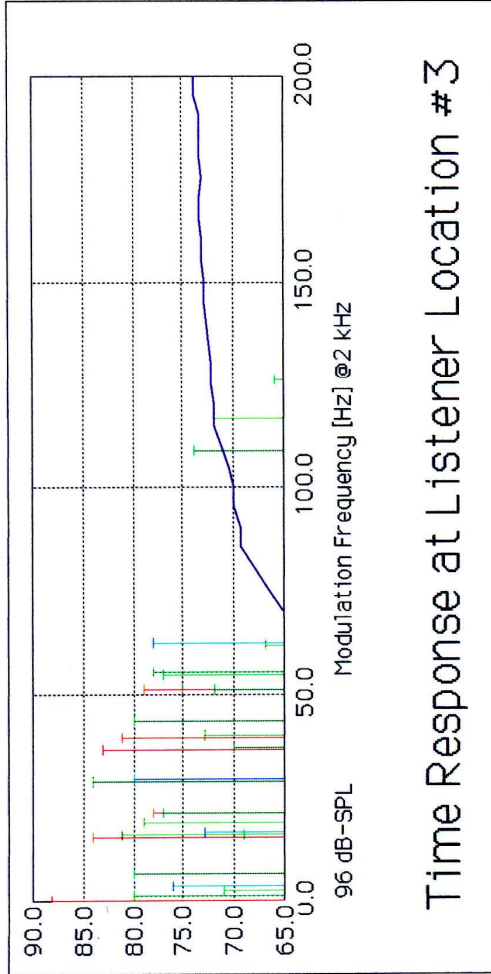
INAM IntelliGility

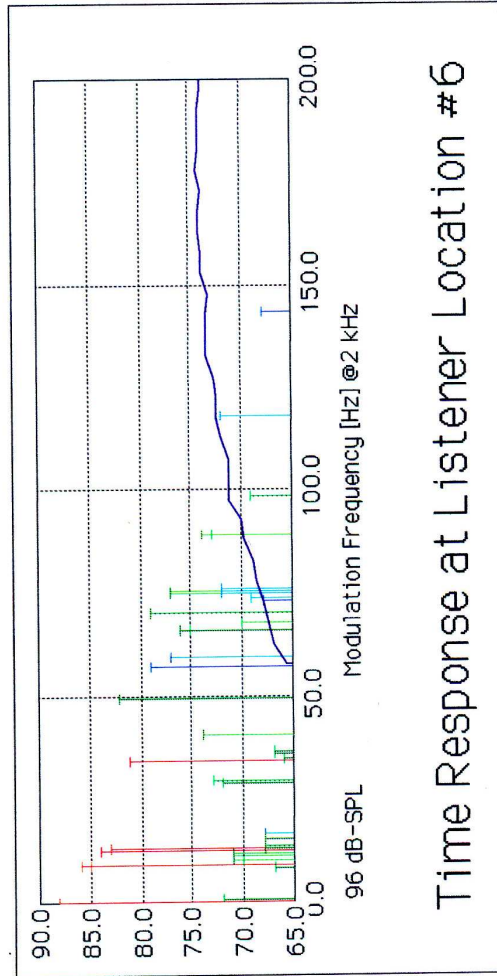
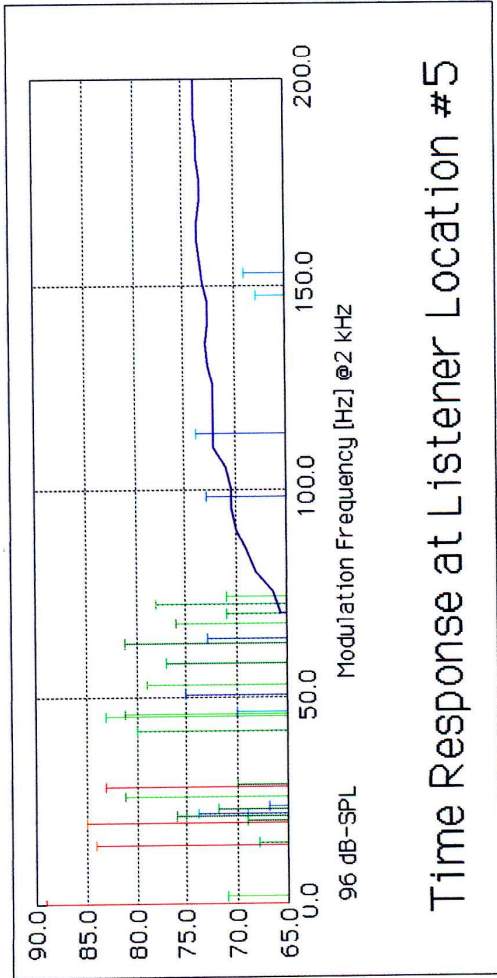
BOSE
 Sound System® Software

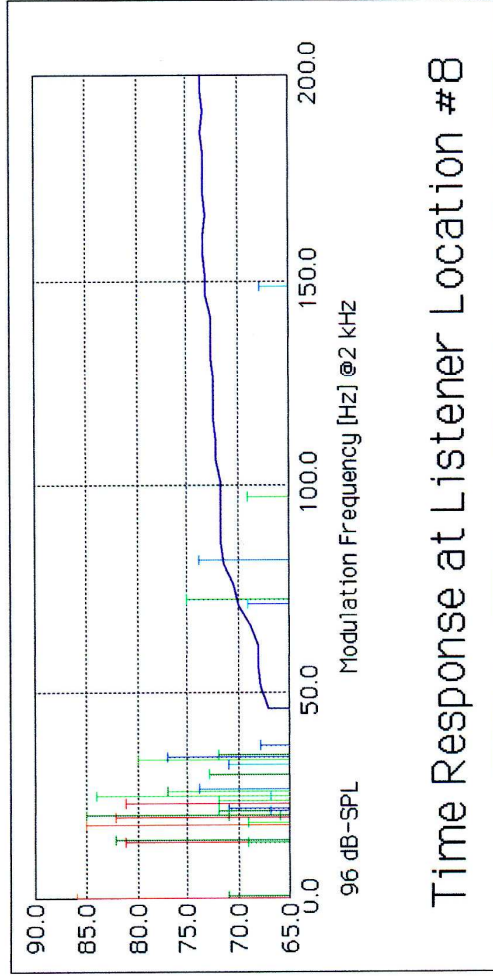
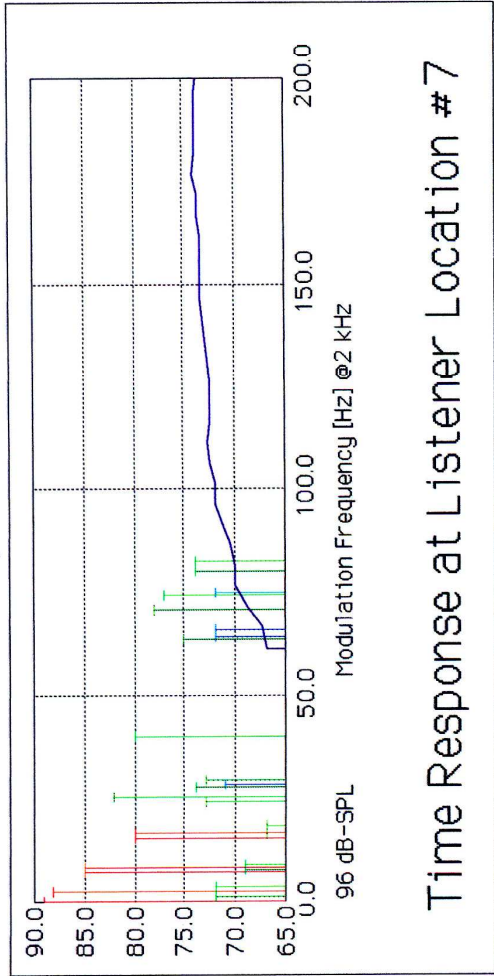




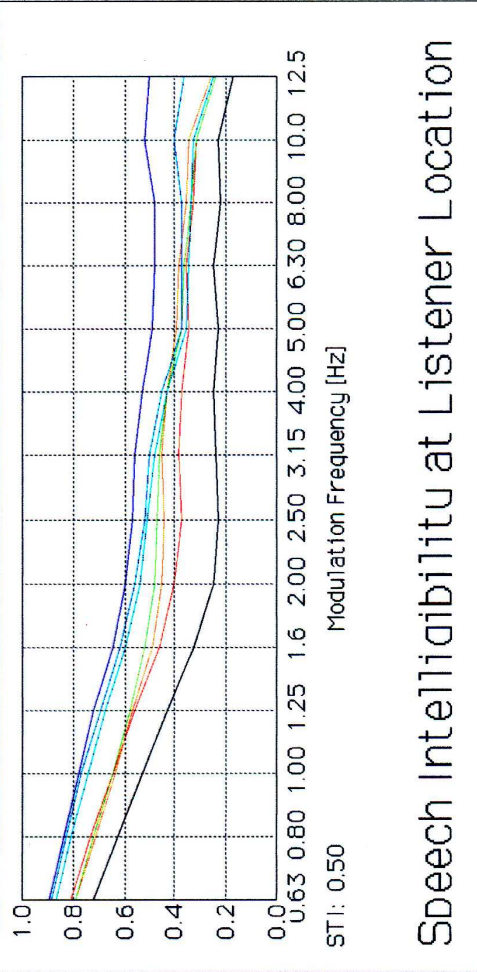
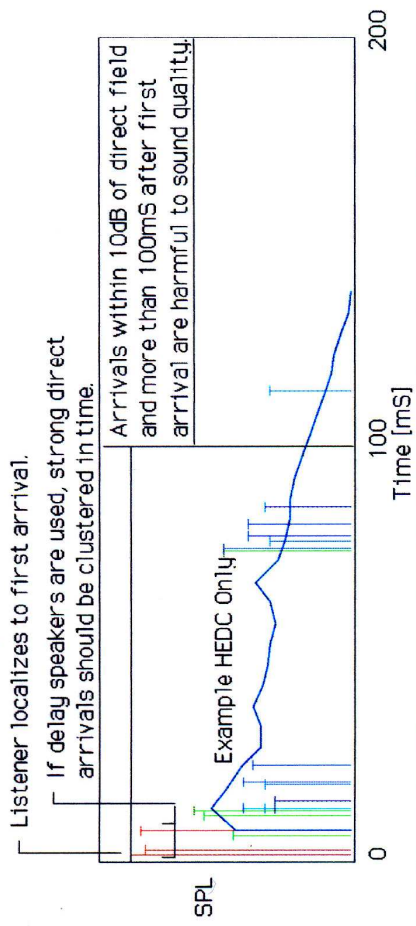




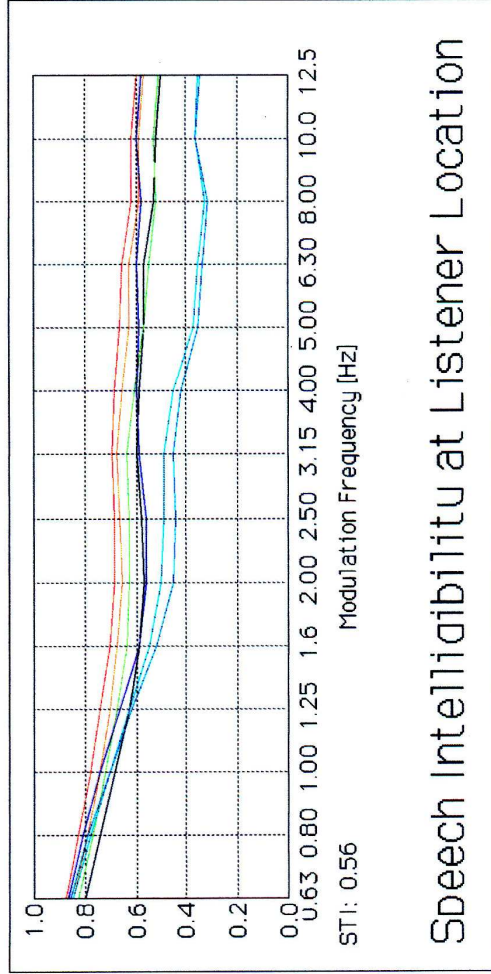
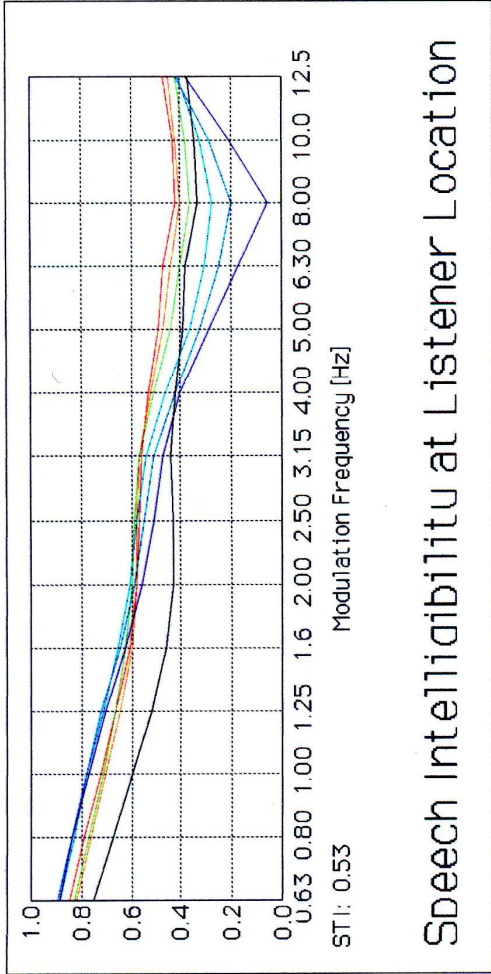


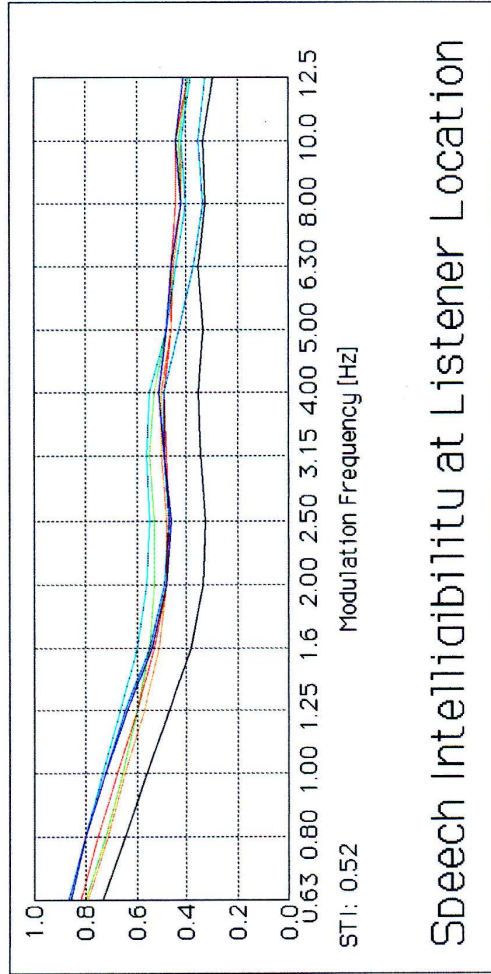
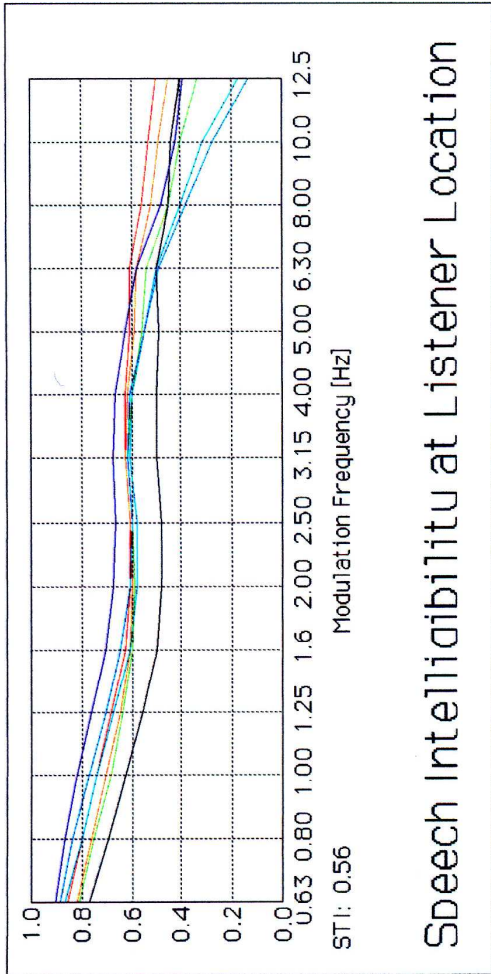


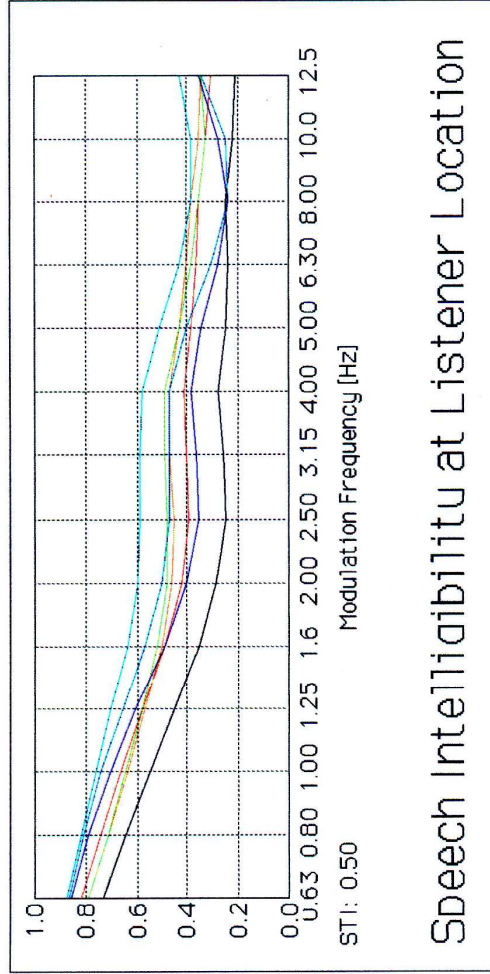
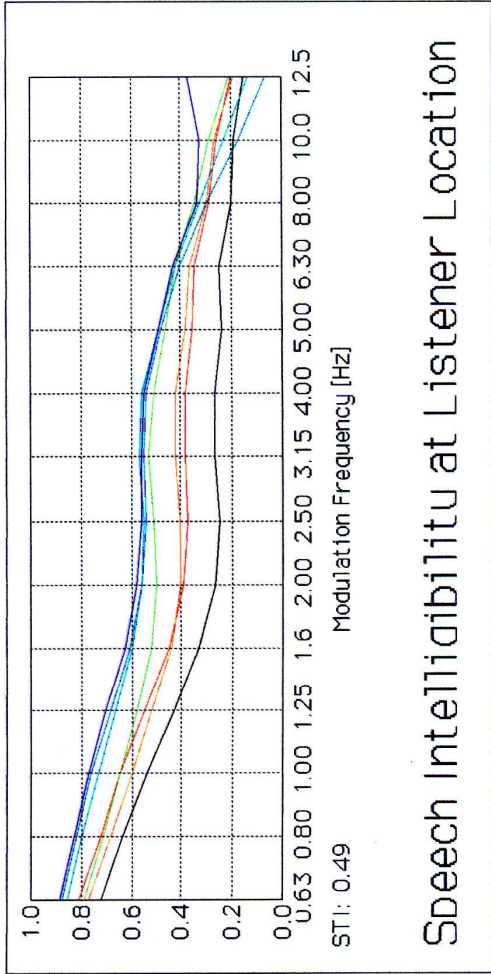
Quality of Time (HEDC) Respo

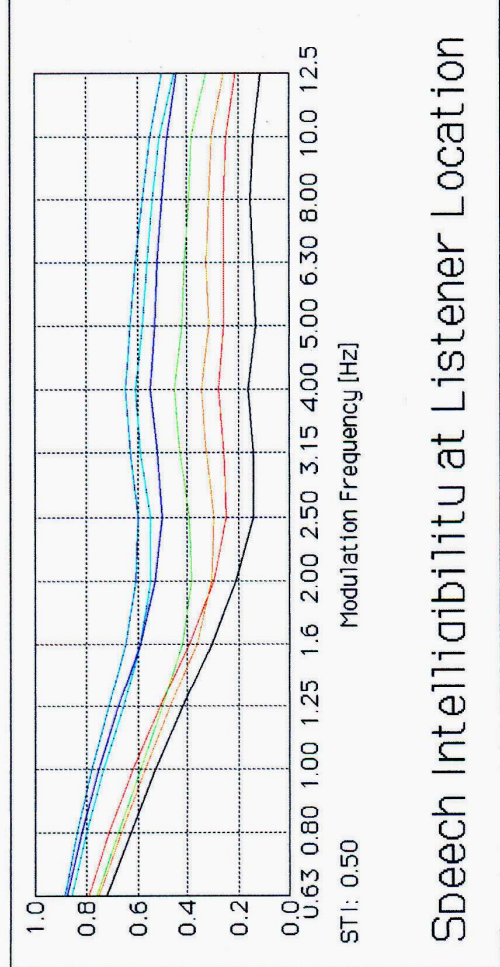
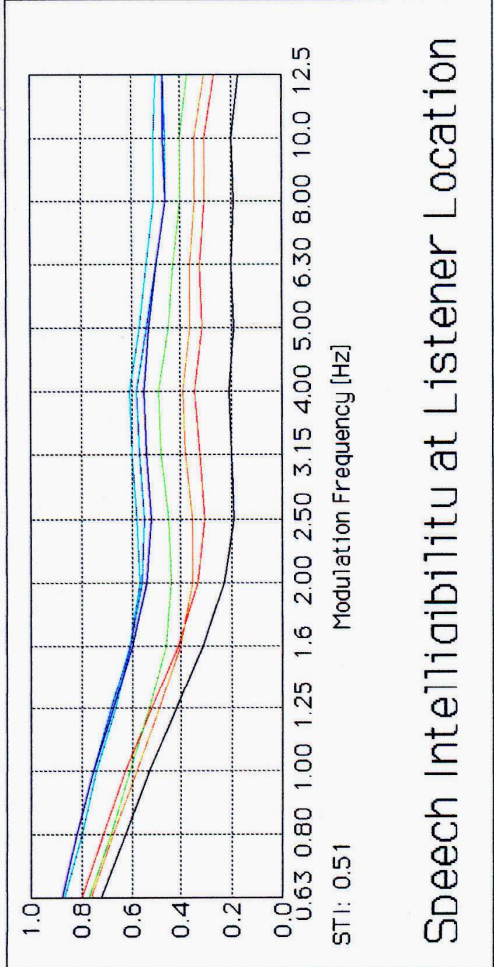


Speech Intelligibility at Listener Location

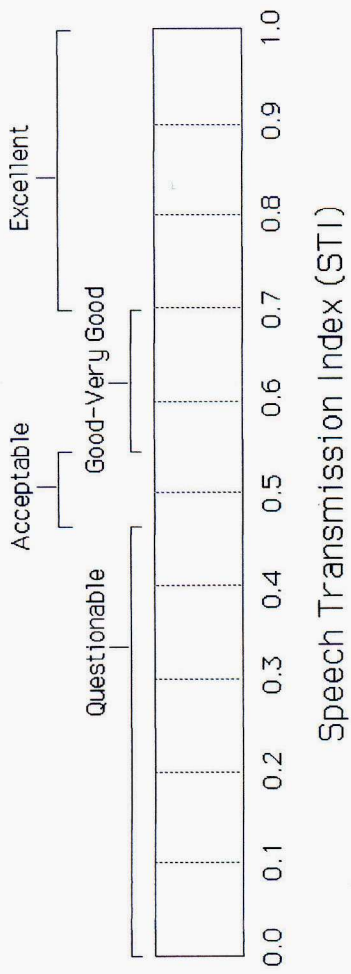






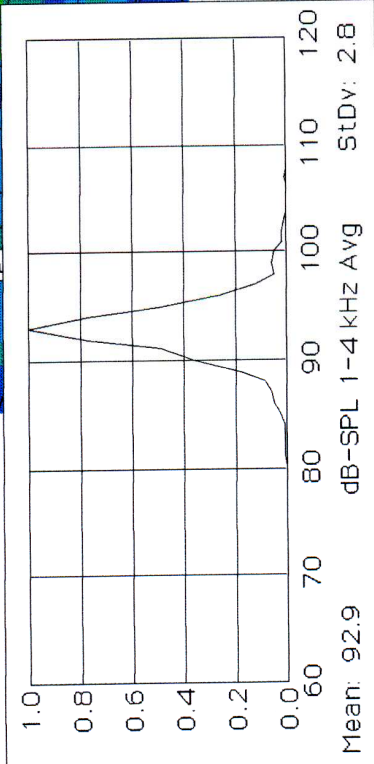
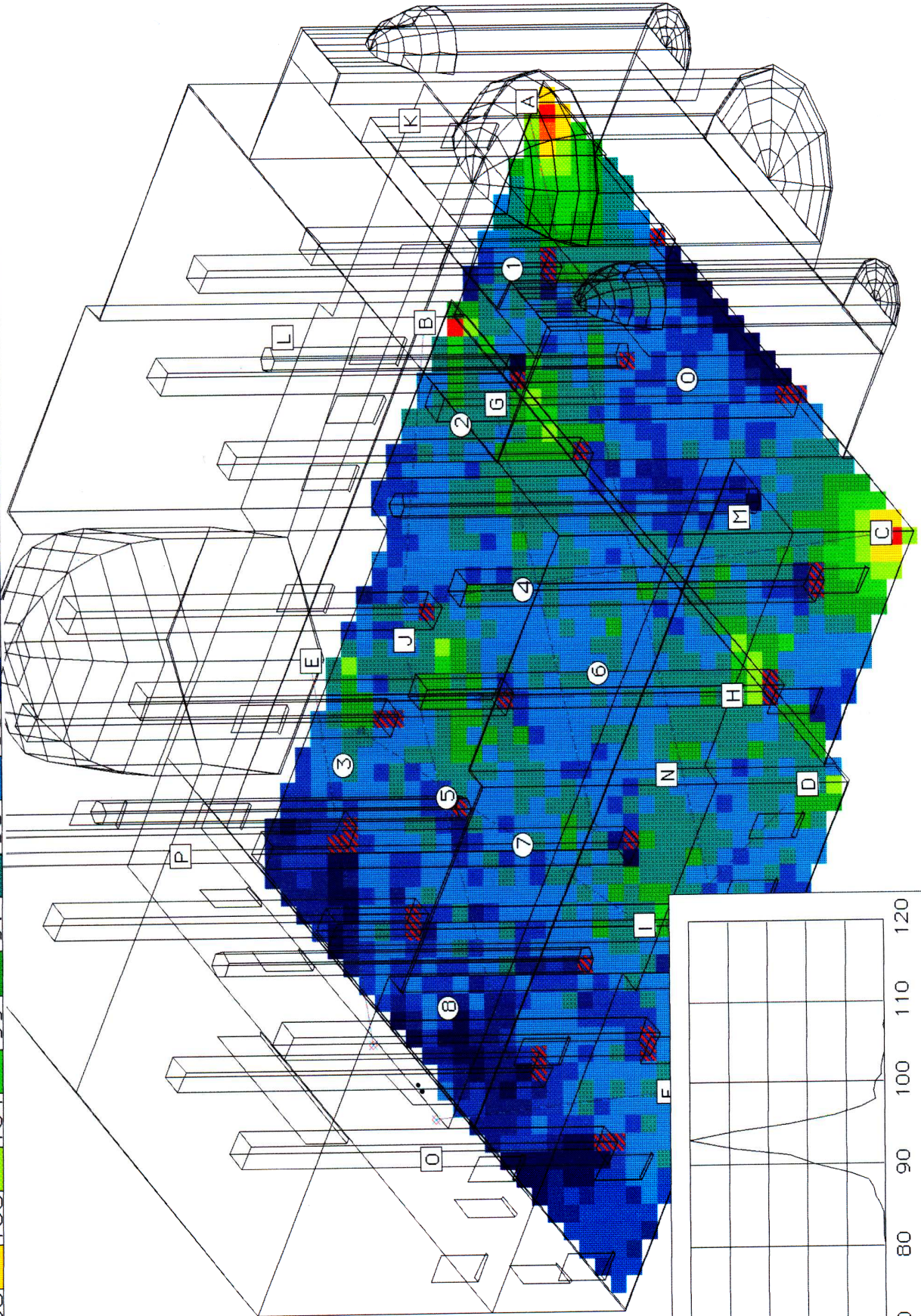


Quality of Speech Intelligibility Prediction



ΑΔΕΙΑ ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΜΕ ΚΑΘΙΣΜΑΤΑ

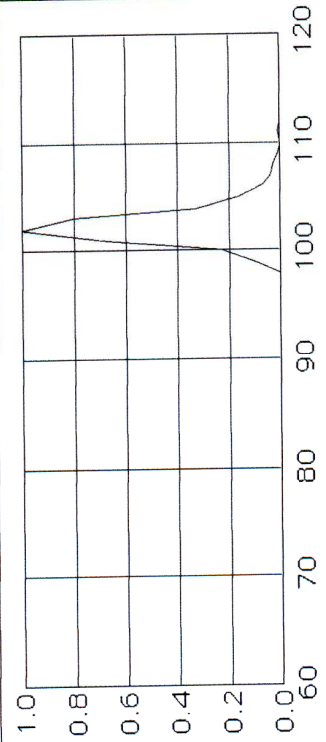
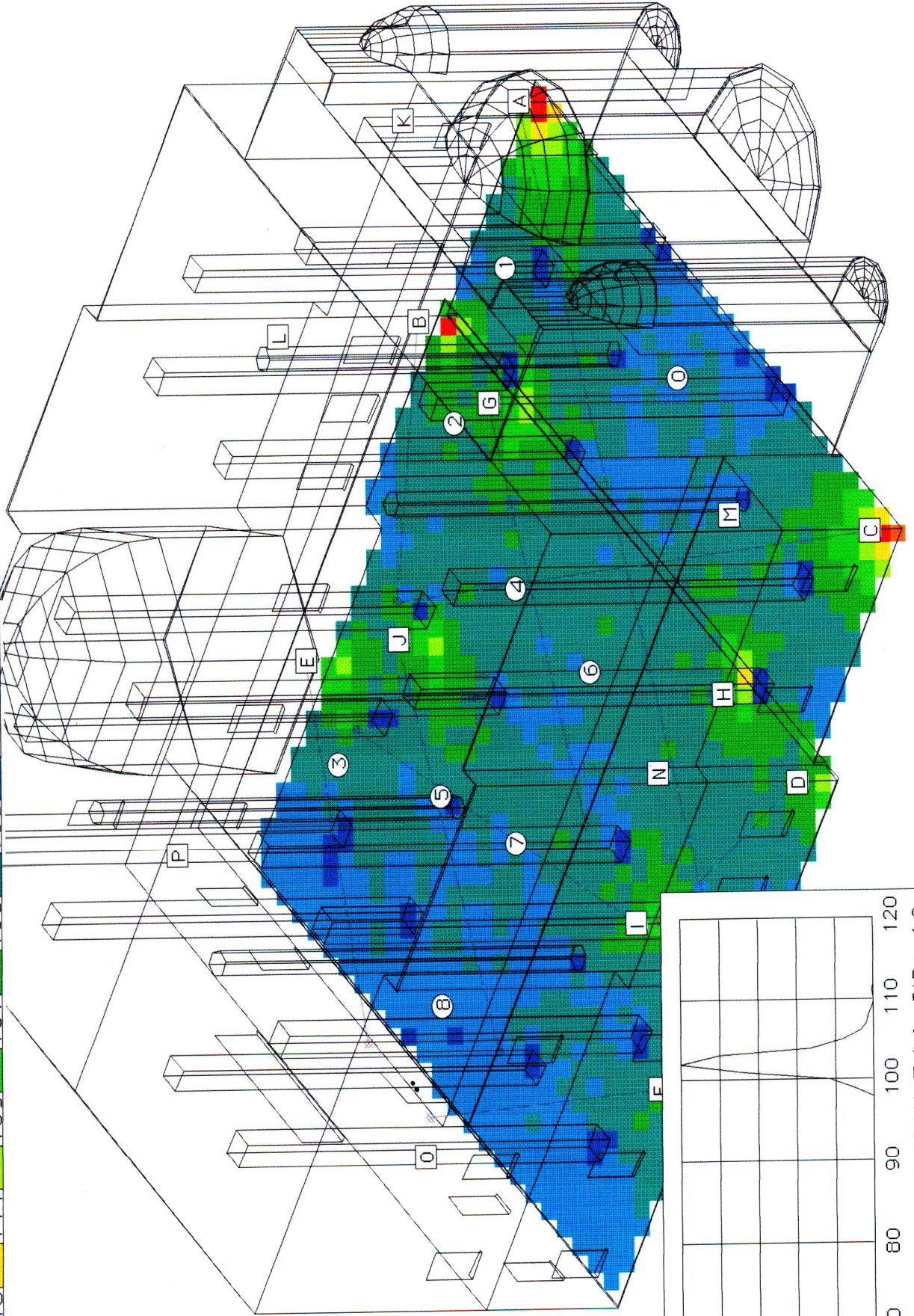
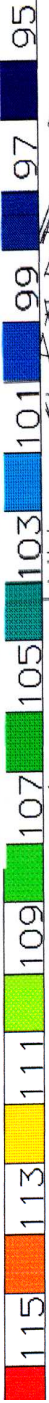
Direct Field SPL (dB) : Phasor Sum : 1-4 kHz Averaged



BOSE

INAM2

Direct+Reverberant Field SPL (dB) : Phasor Sum : 31 Hz-16 kHz Total



Mean: 102.4 dB-SPL 31Hz-16 kHz Total StDv: 1.9

BOSE

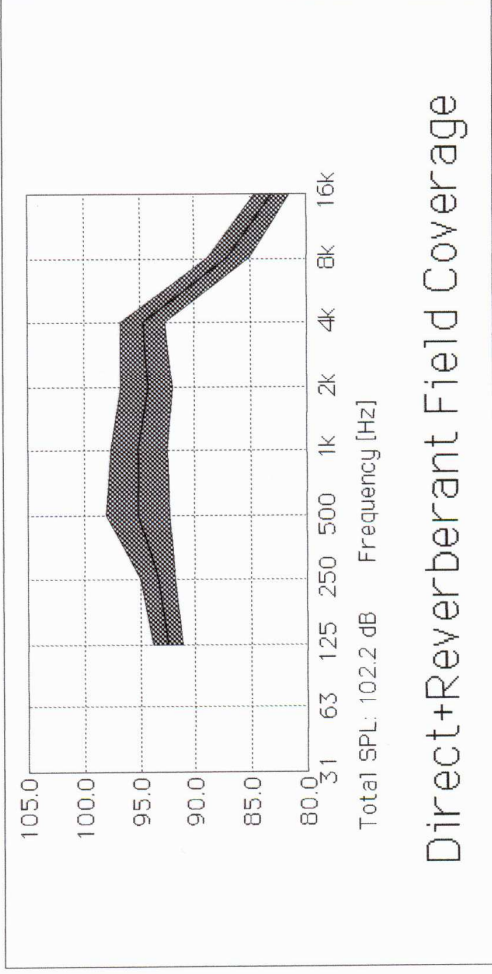
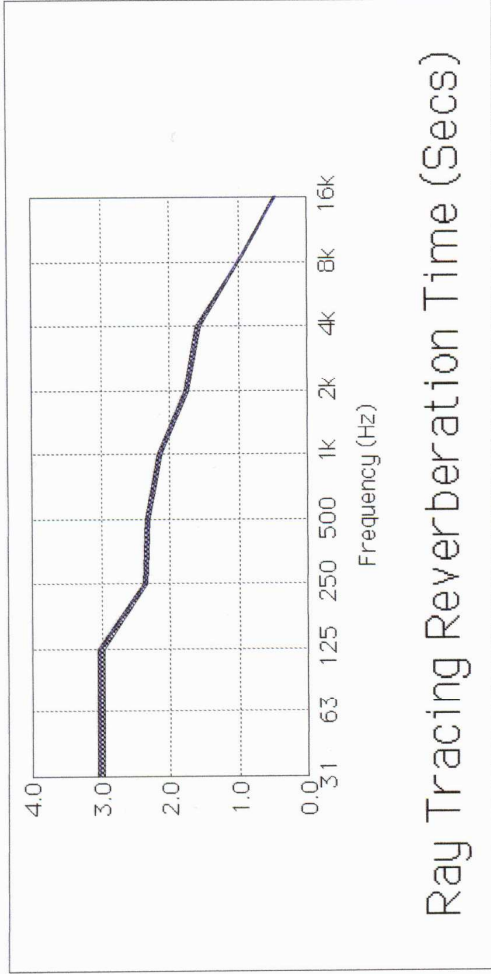
INAM2

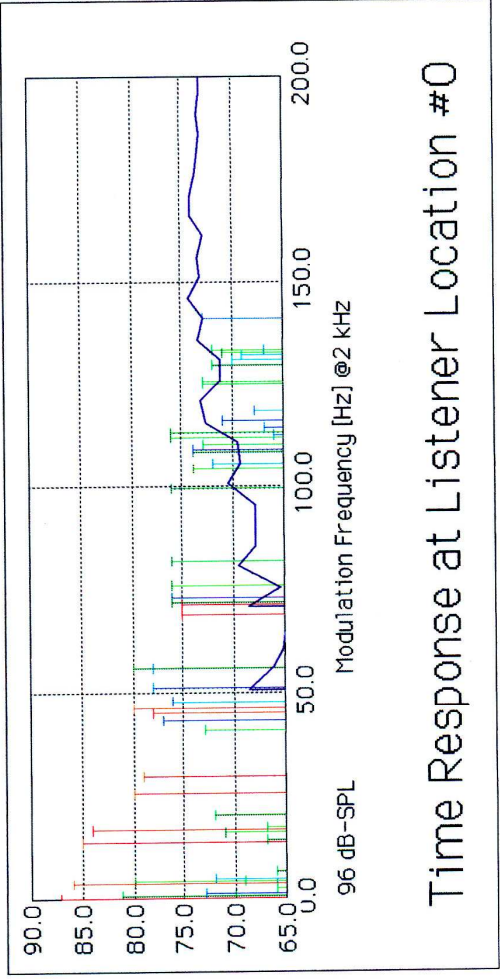
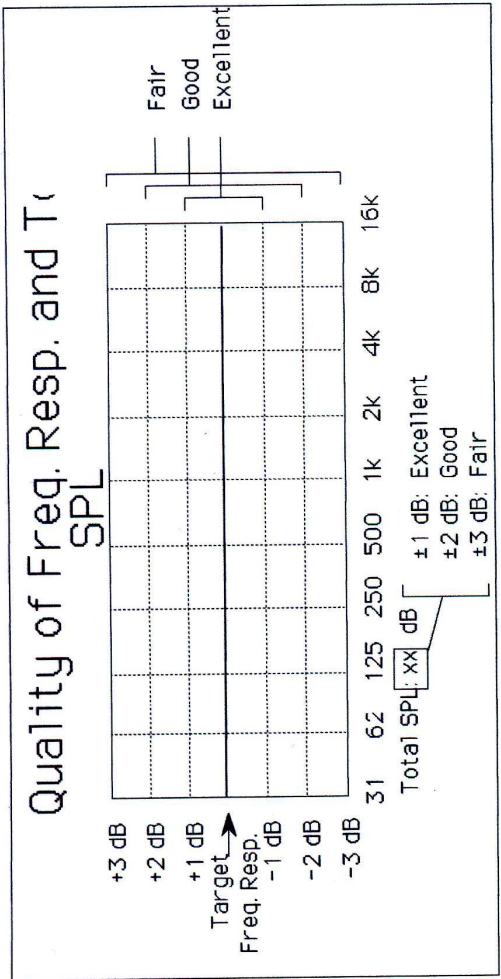


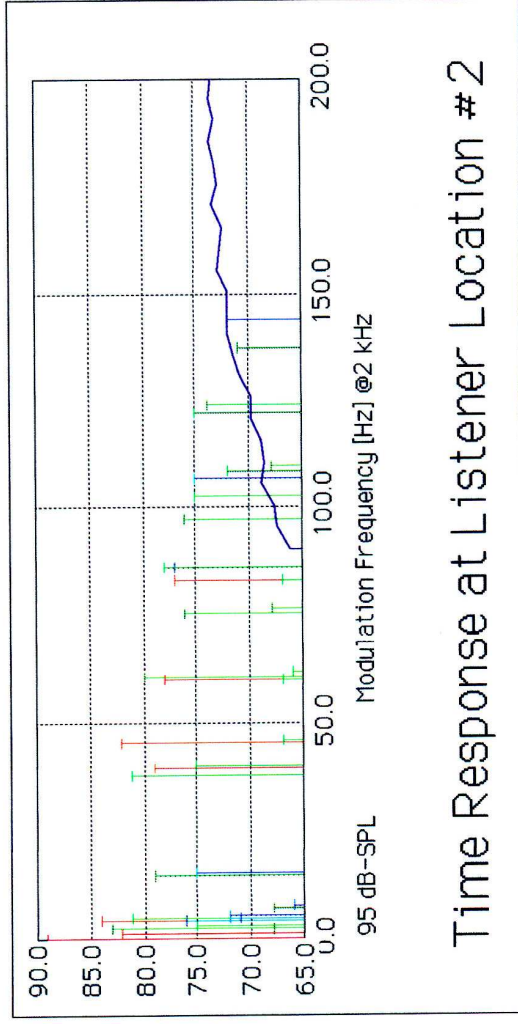
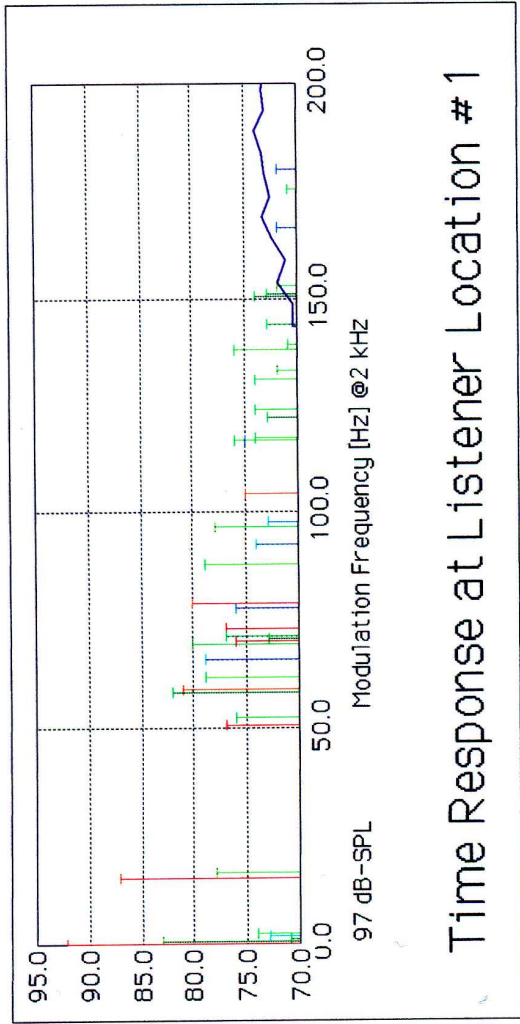
INAM2 Intelligibility

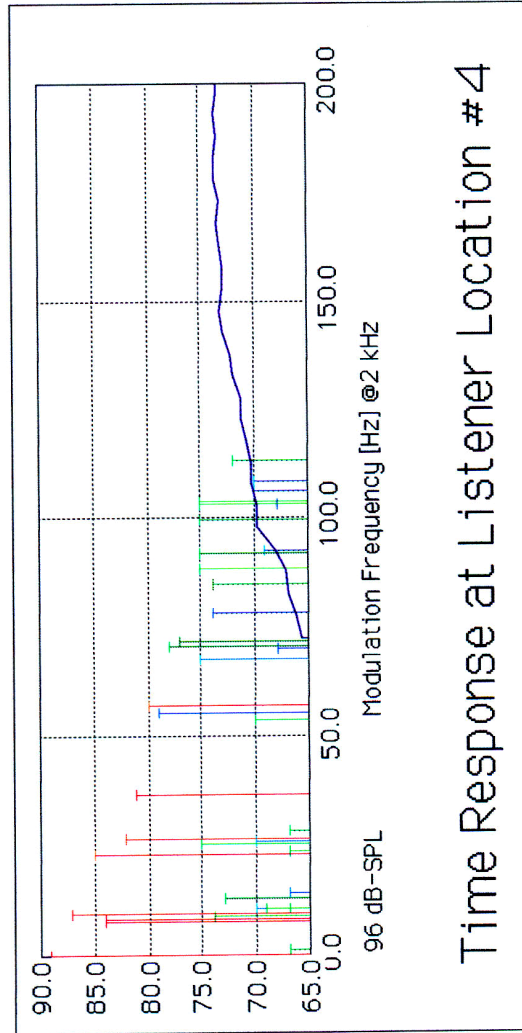
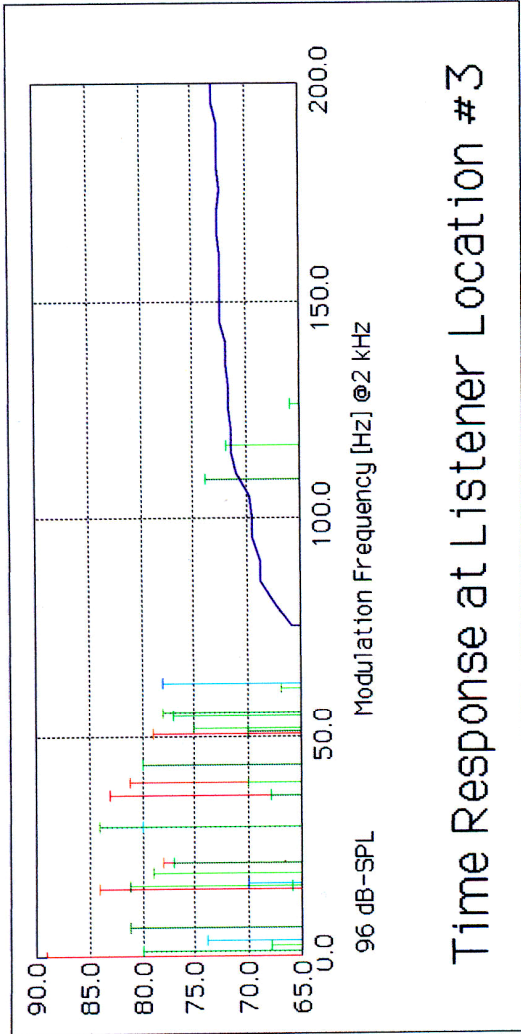
BOSE

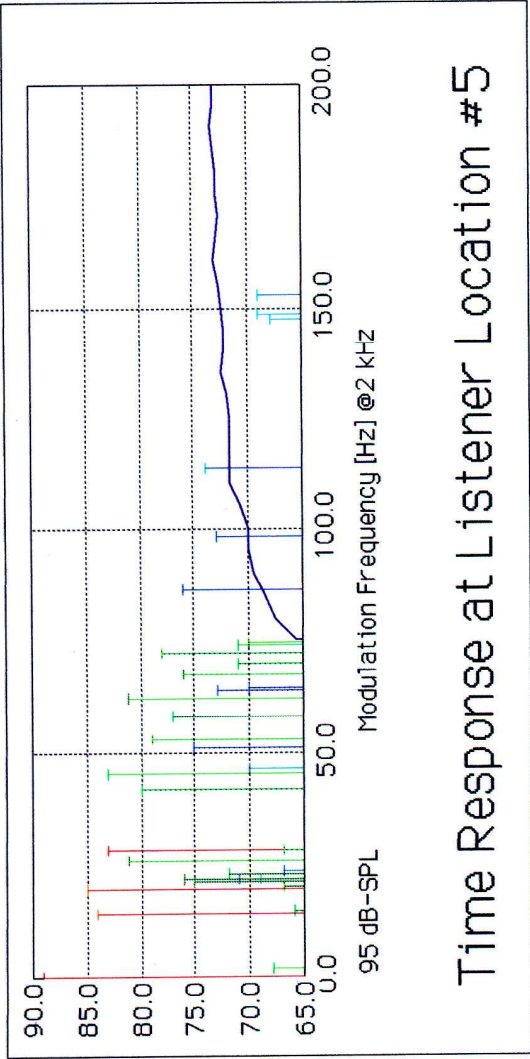
Sound System® Software



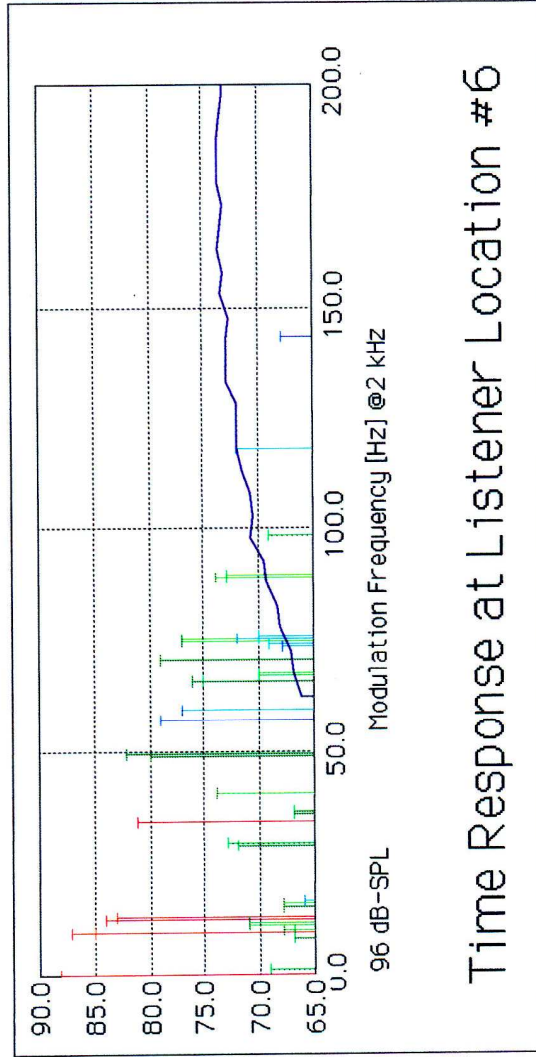




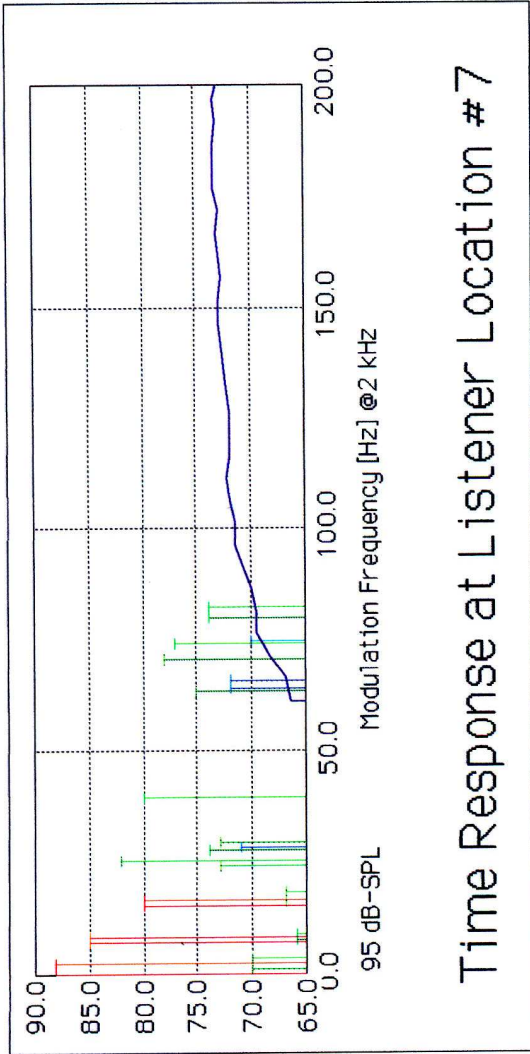




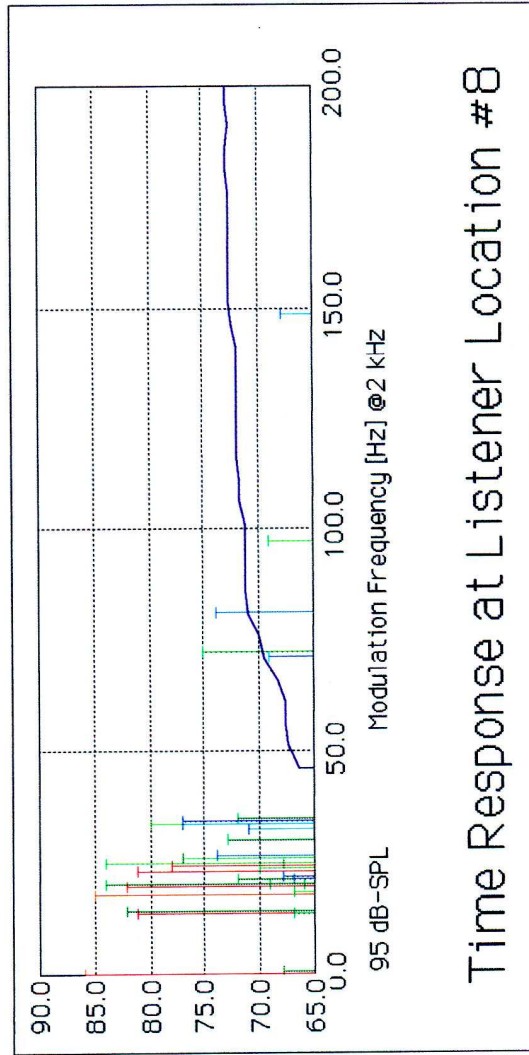
Time Response at Listener Location #5



Time Response at Listener Location #6

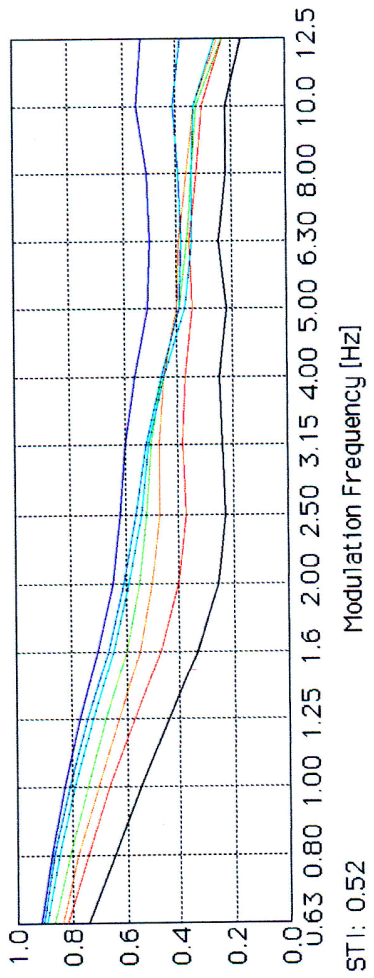
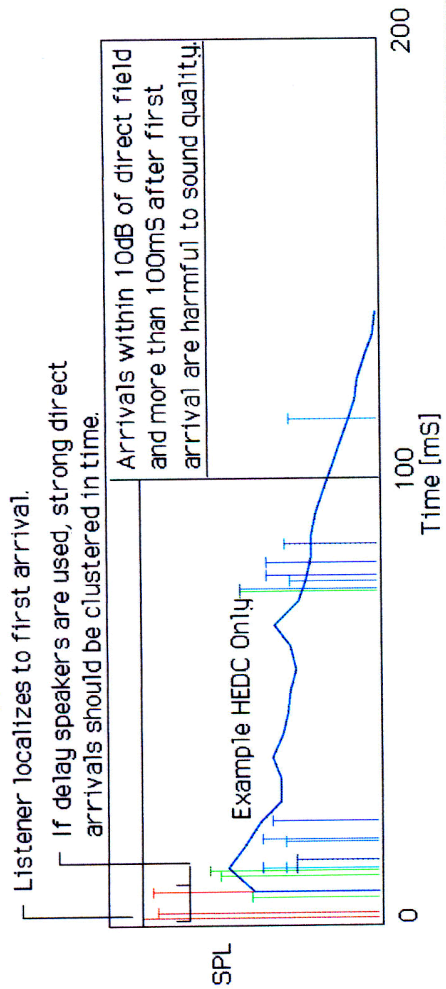


Time Response at Listener Location #7

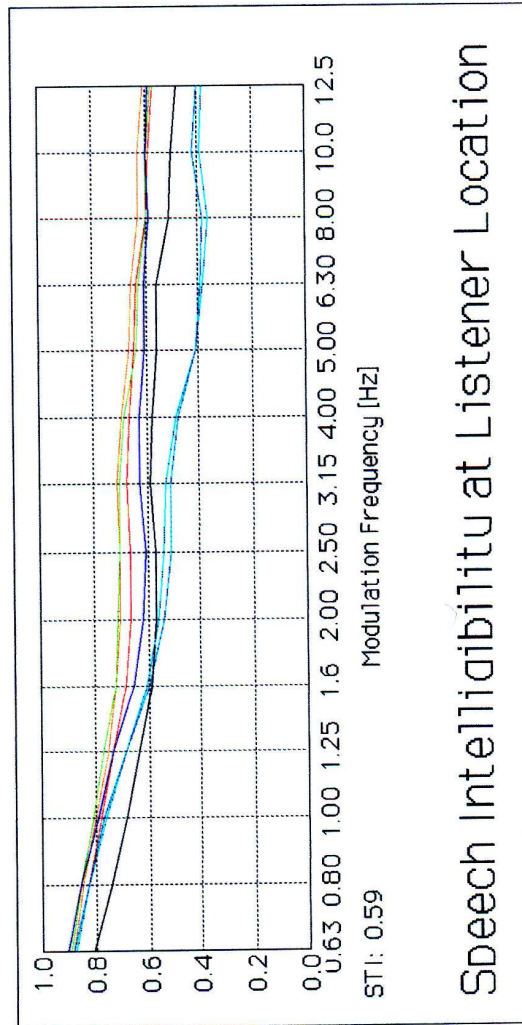
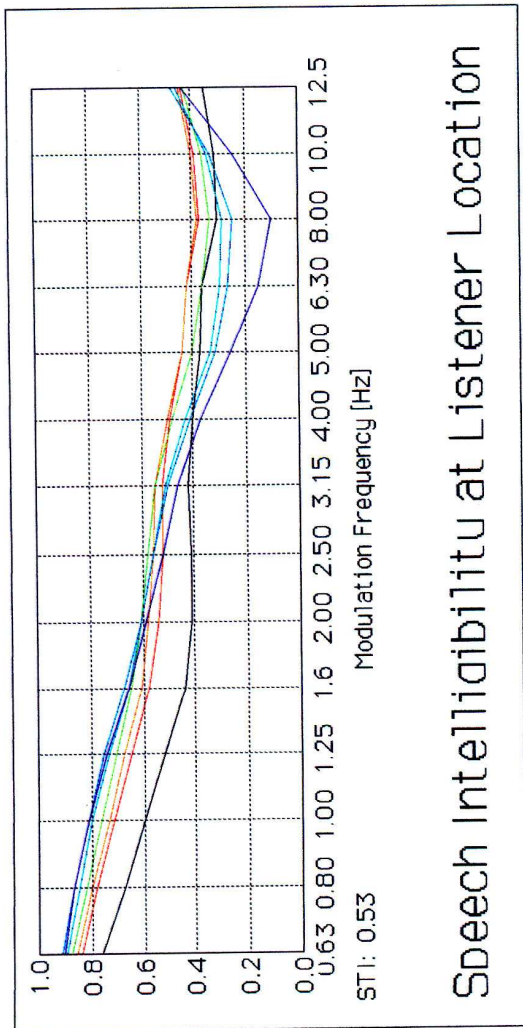


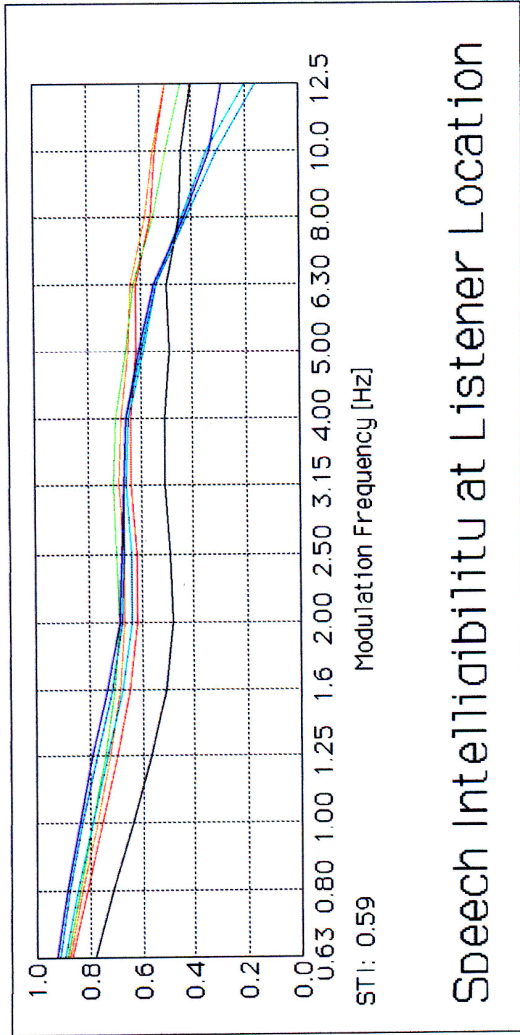
Time Response at Listener Location #8

Quality of Time (HEDC) Respoi

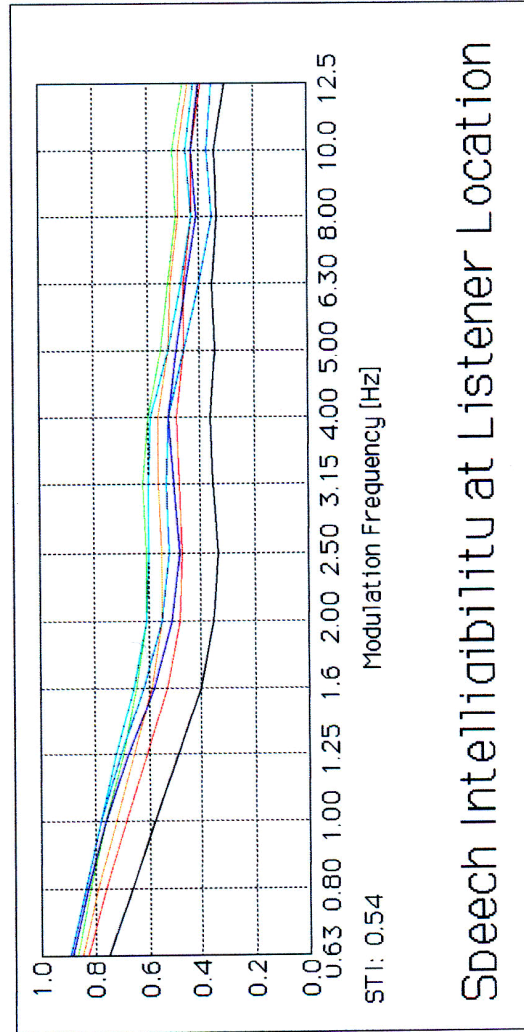


Speech Intelligibility at Listener Location

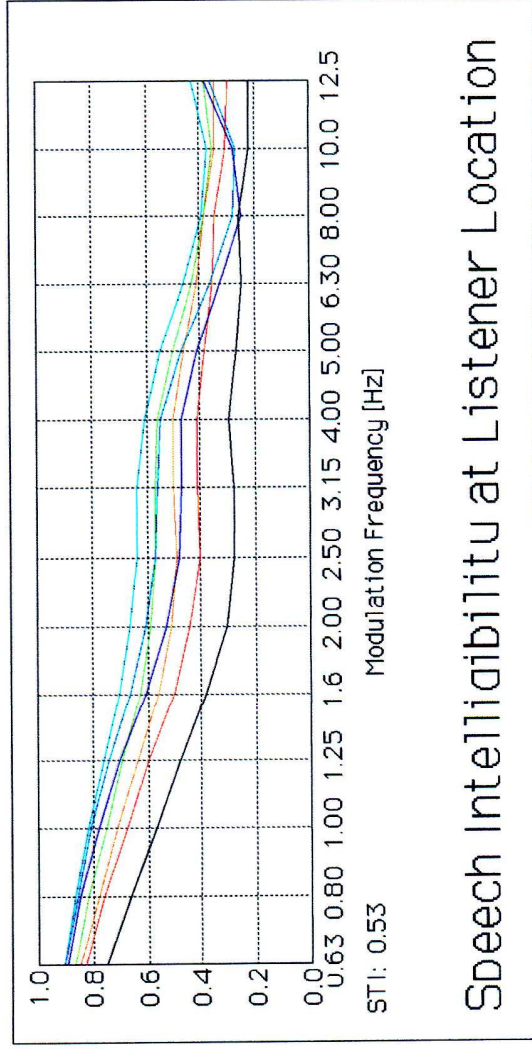
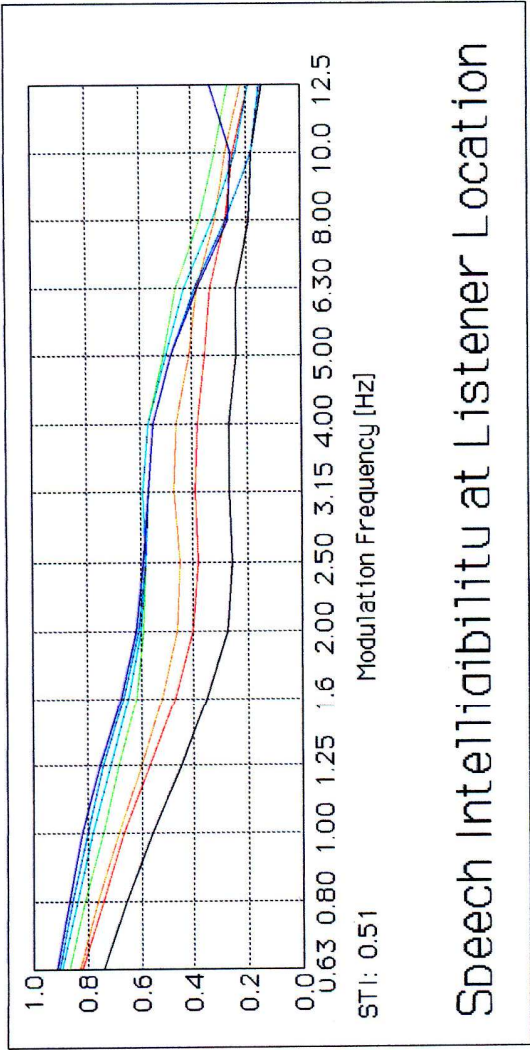


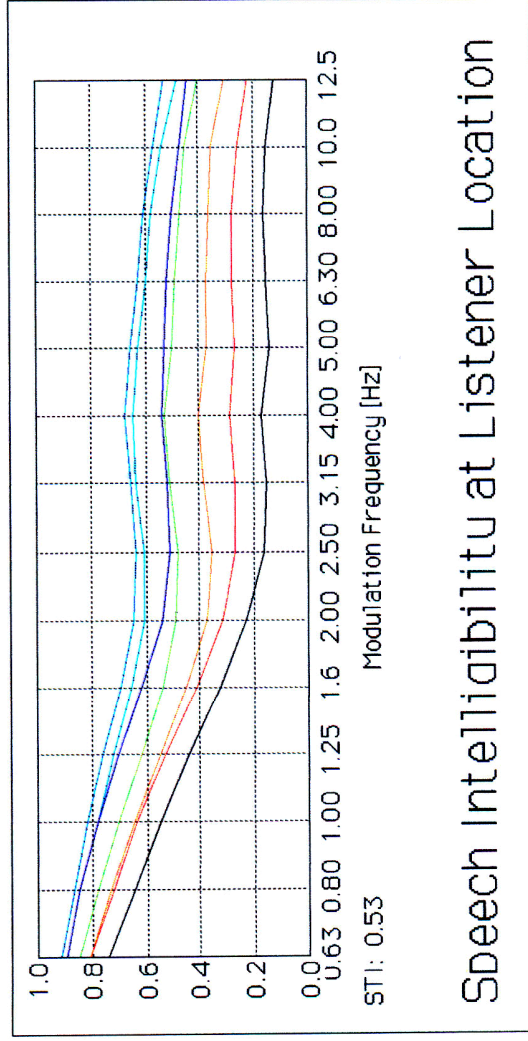
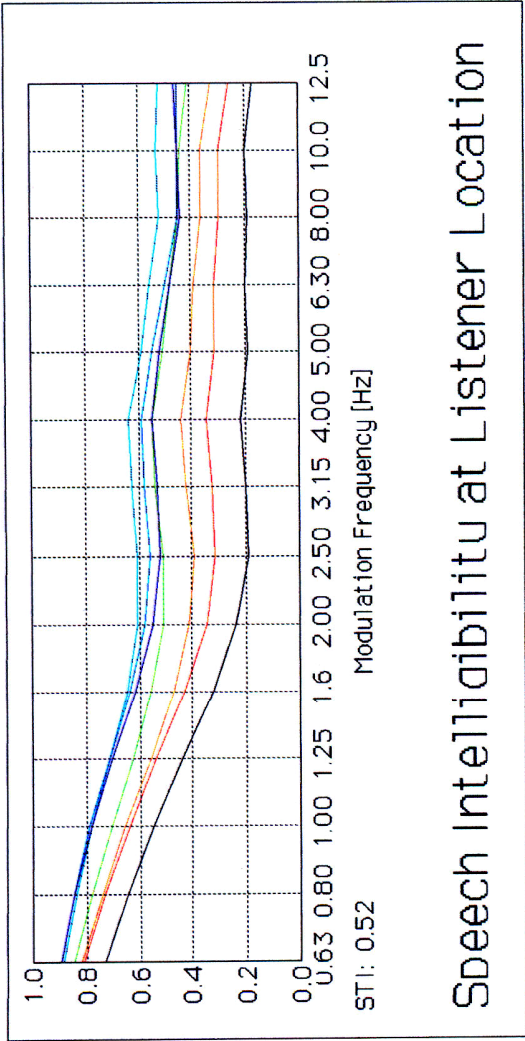


Speech Intelligibility at Listener Location

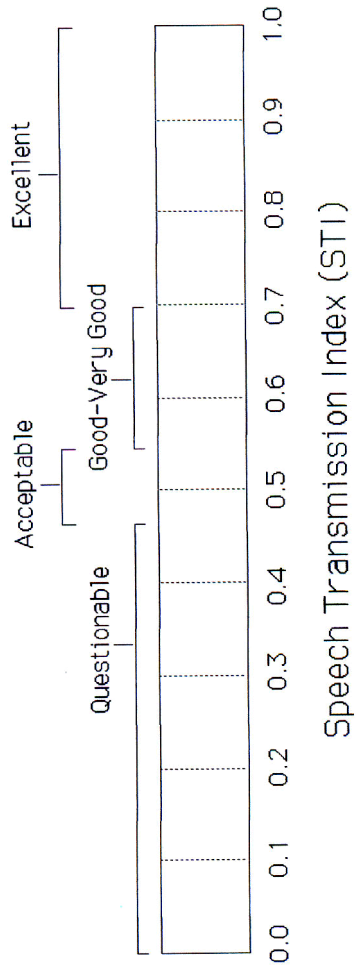


Speech Intelligibility at Listener Location



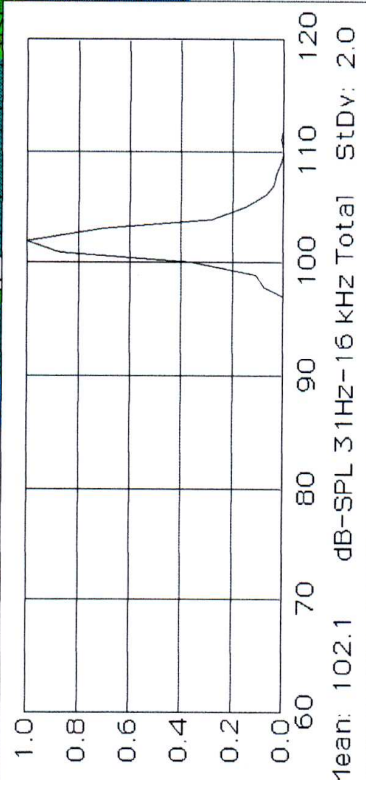
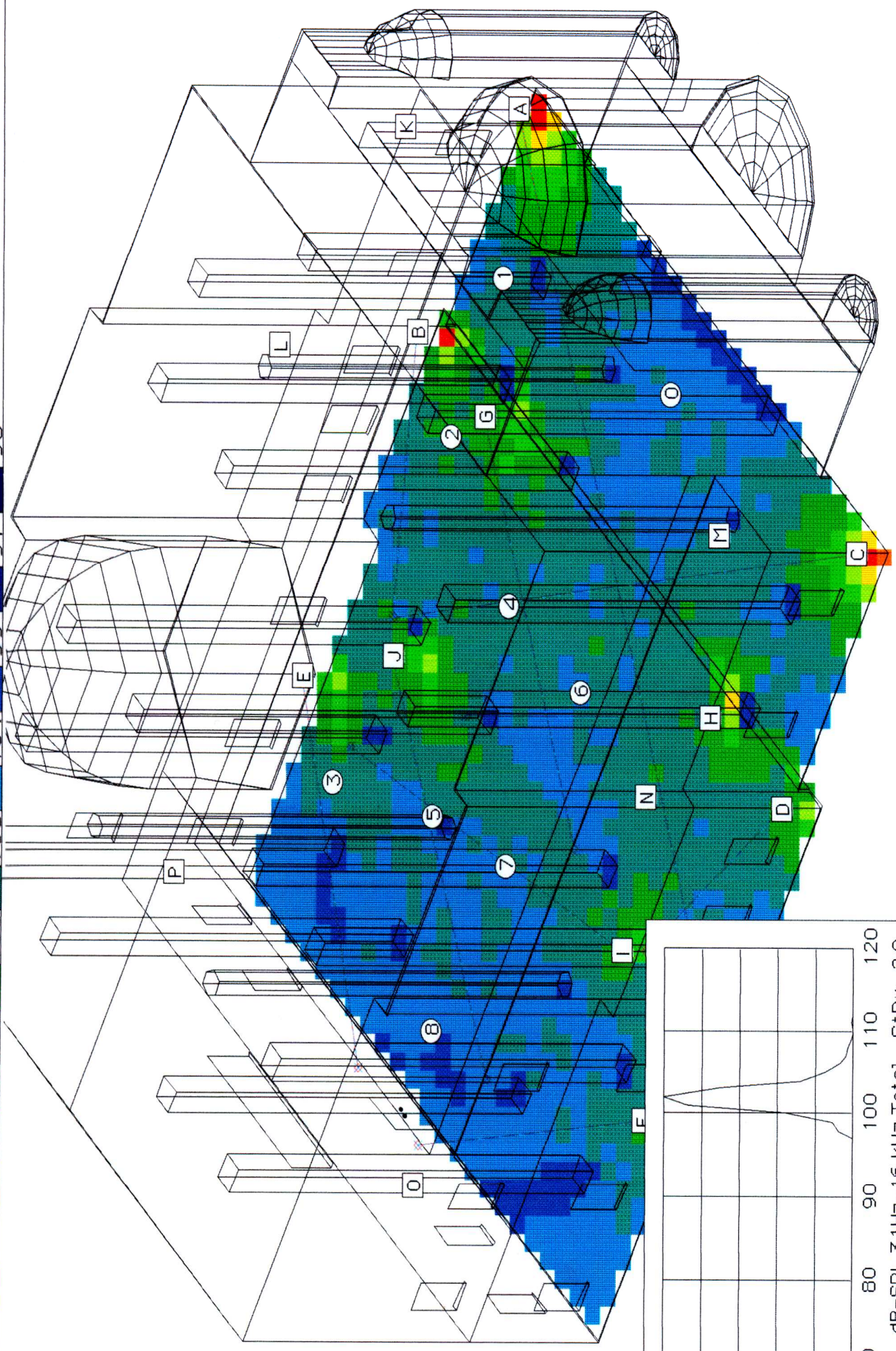
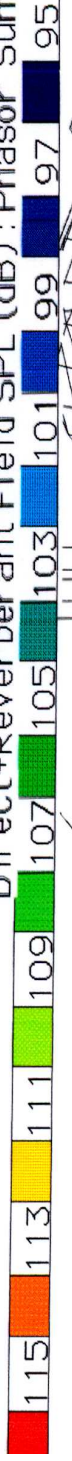


Quality of Speech Intelligibility Prediction



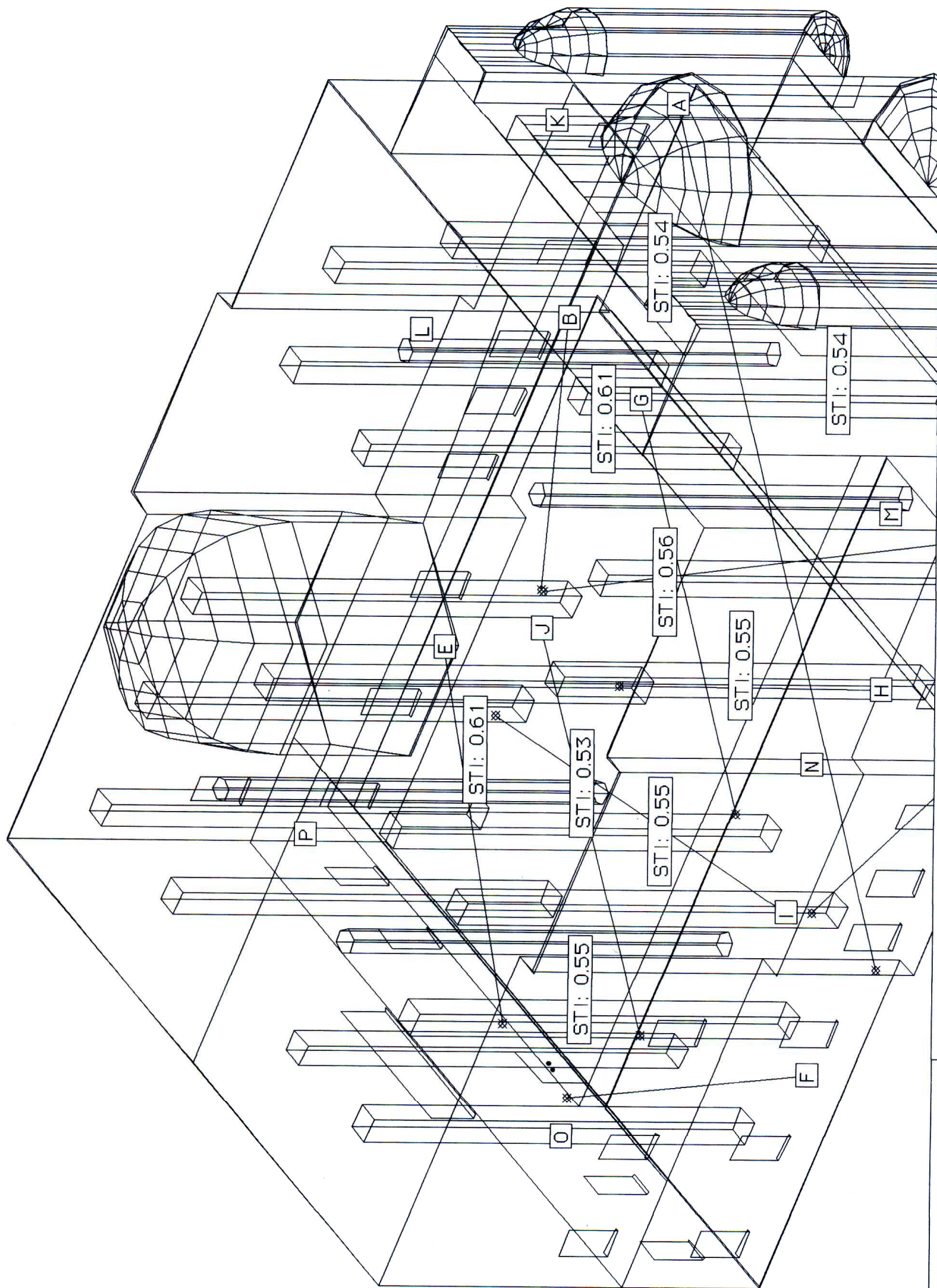
ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΜΕ 500 ΑΤΟΜΑ ΚΑΙ ΚΑΘΙΣΜΑΤΑ

Direct+Reverberant Field SPL (dB) : Phasor Sum : 31 Hz-16 kHz Total



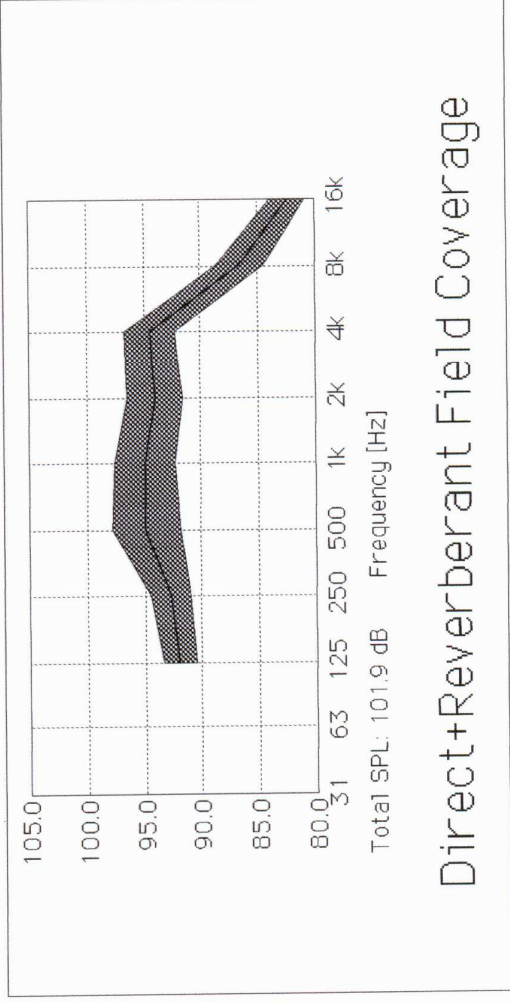
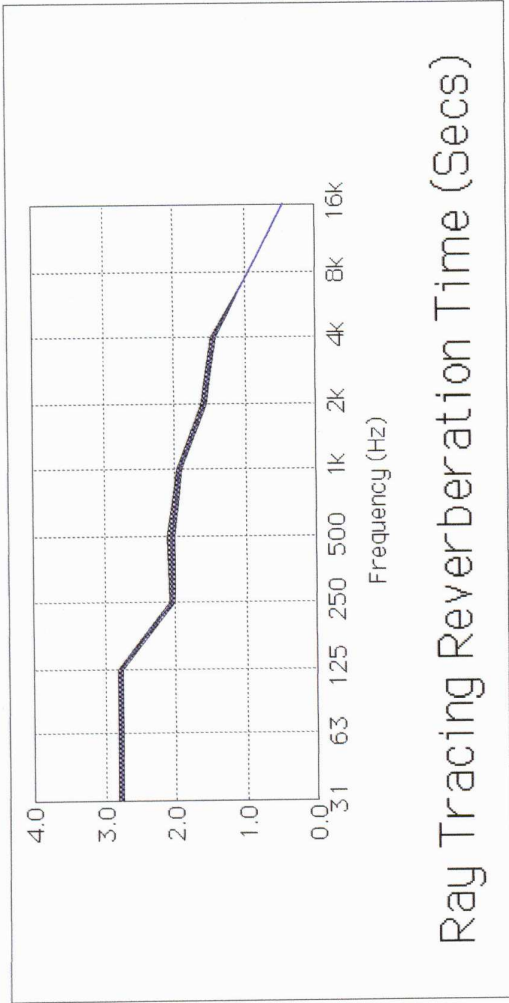
BOSE
Sound System® Software

INAM2

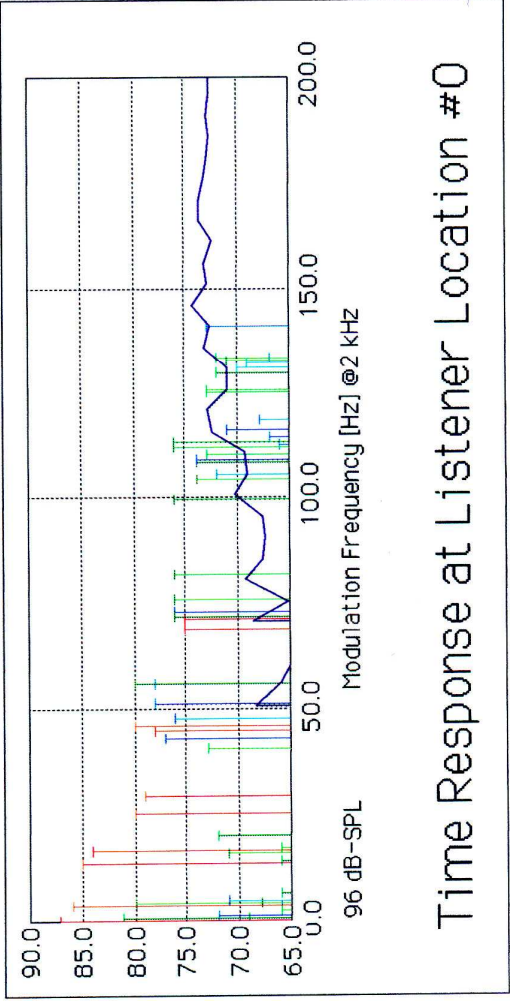
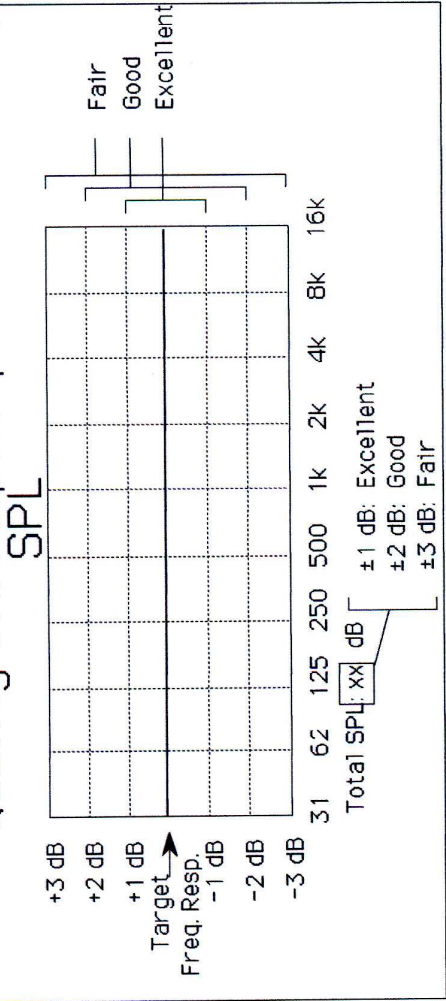


INAM2 Intelligibility

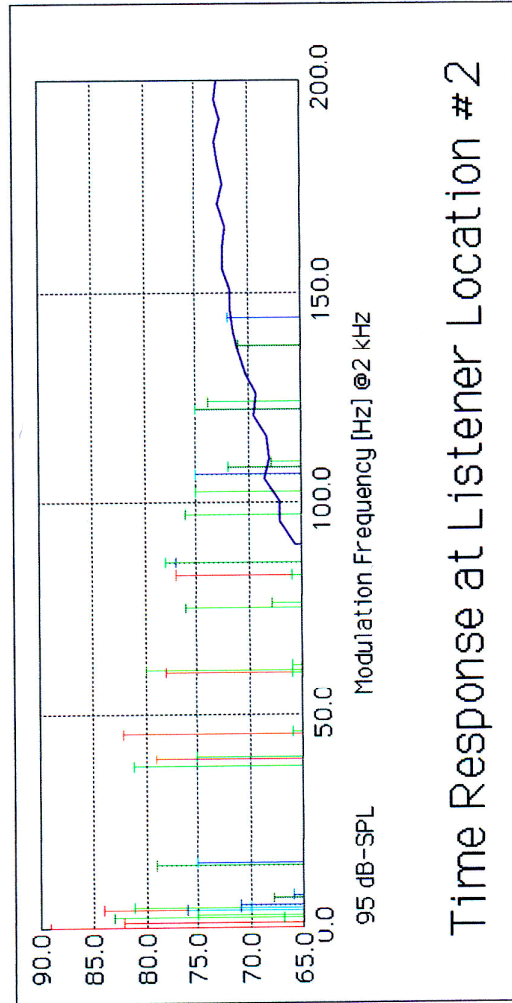
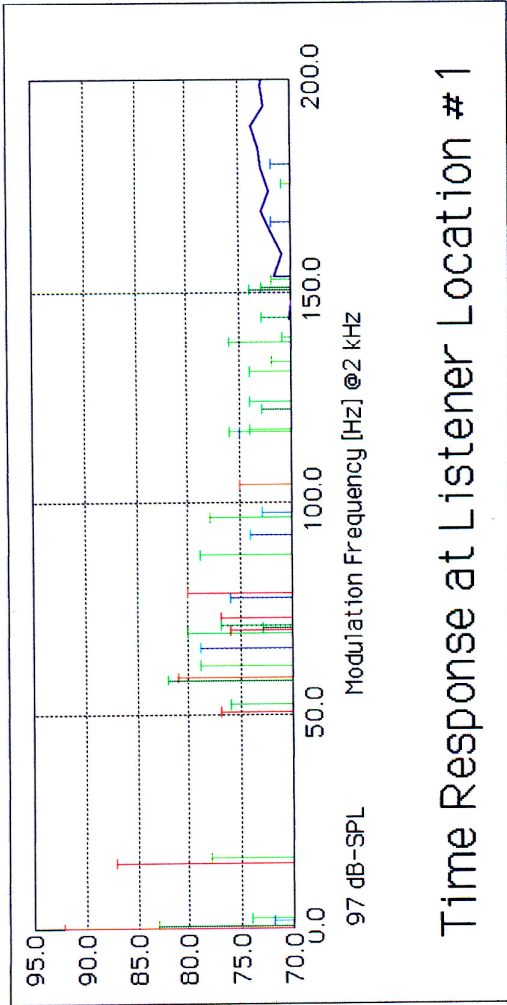
BOSE
Sound System® Software

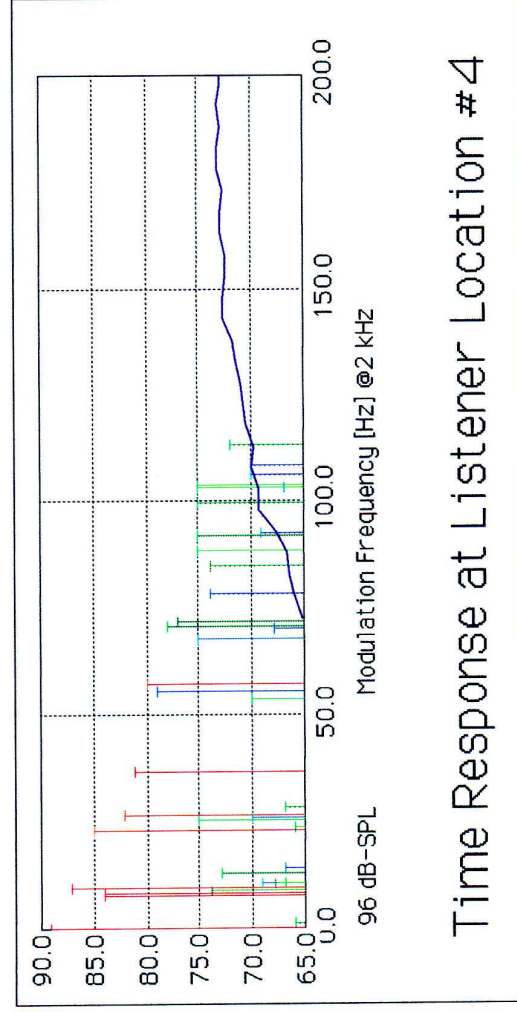
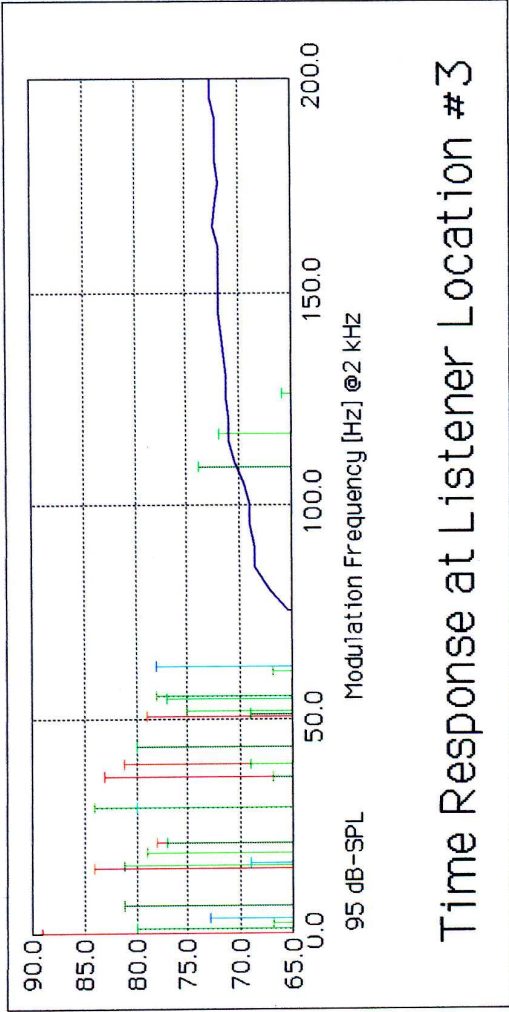


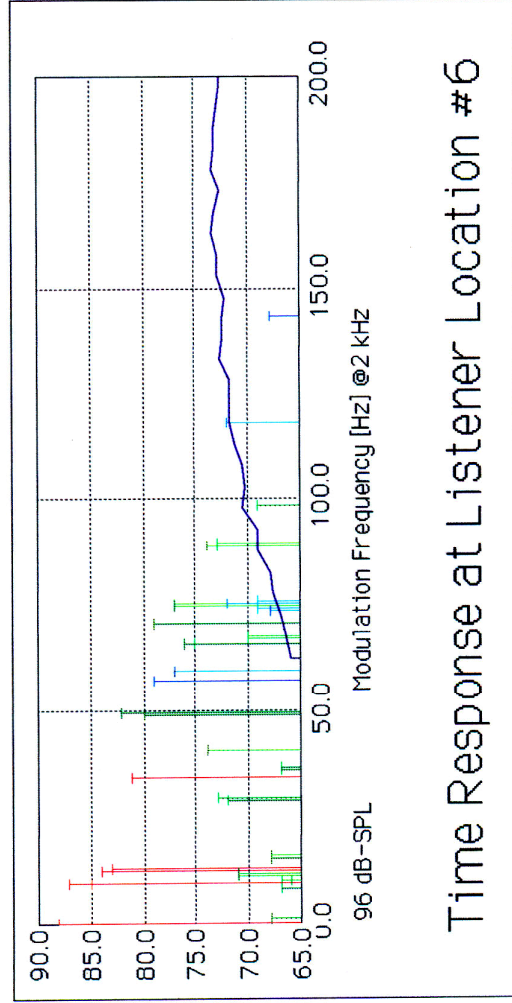
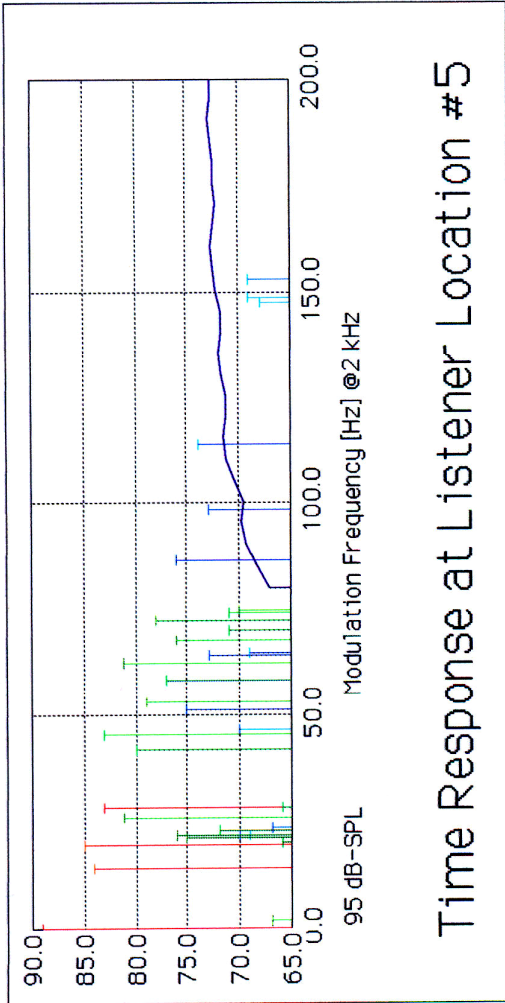
Quality of Freq. Resp. and T(

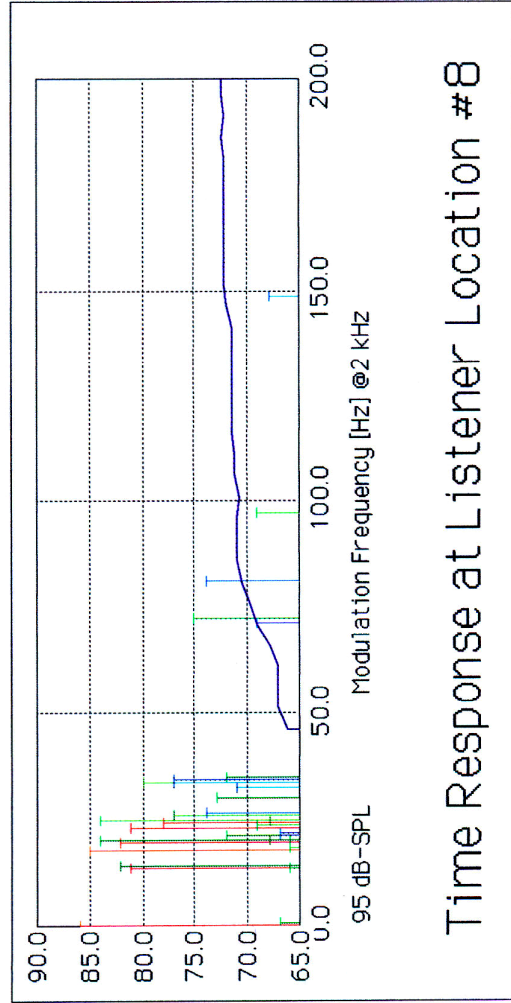
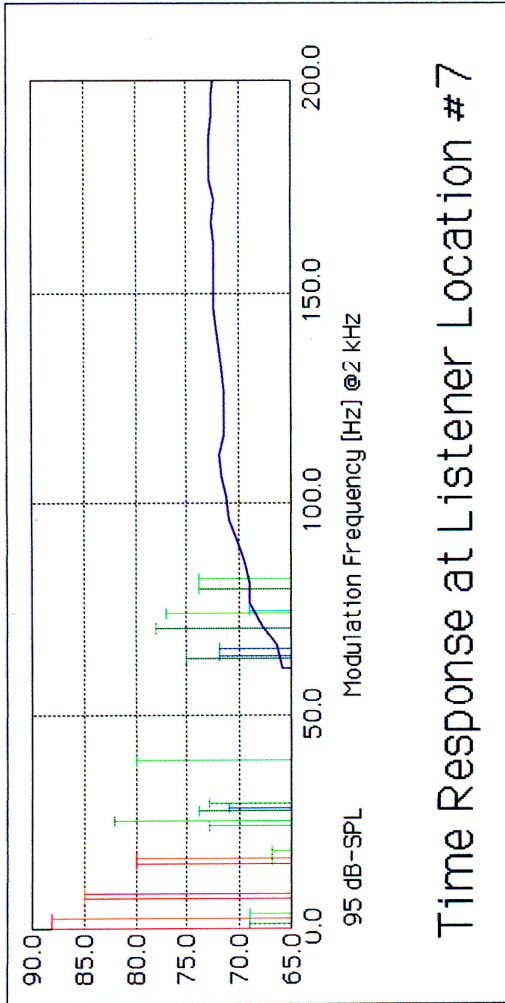


Time Response at Listener Location #0

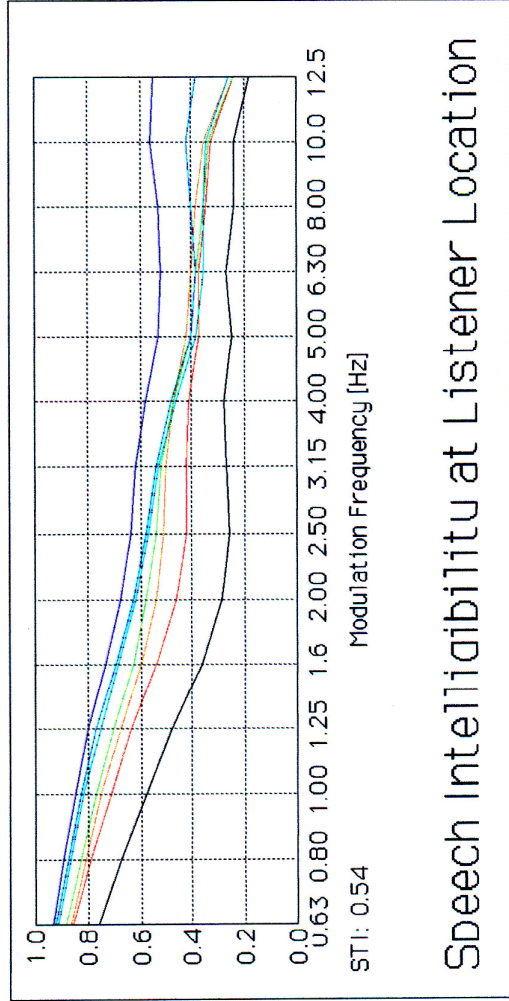
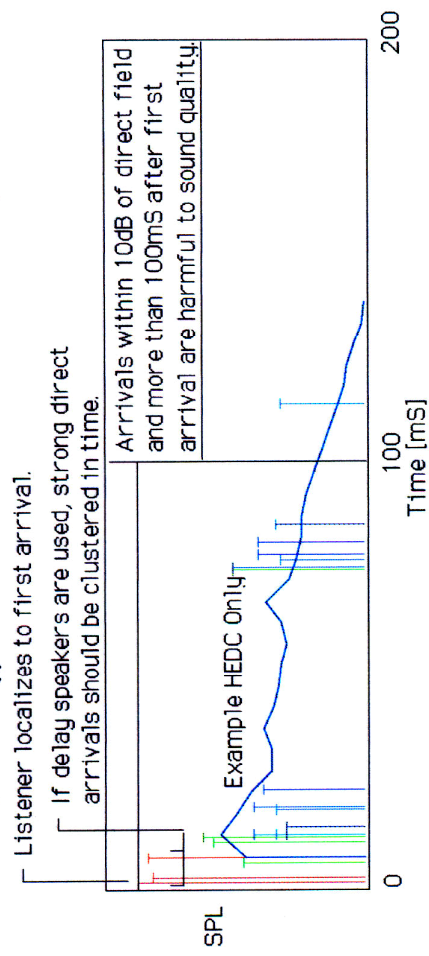


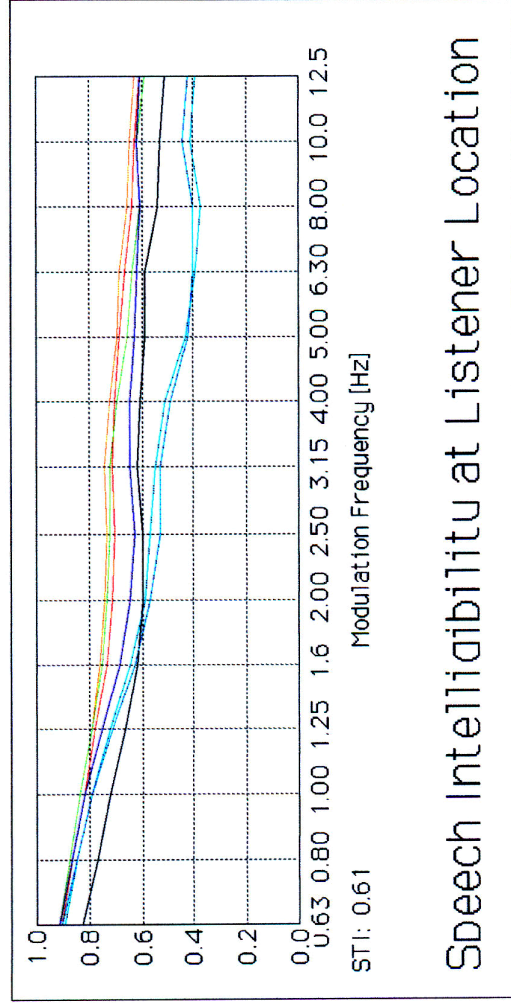
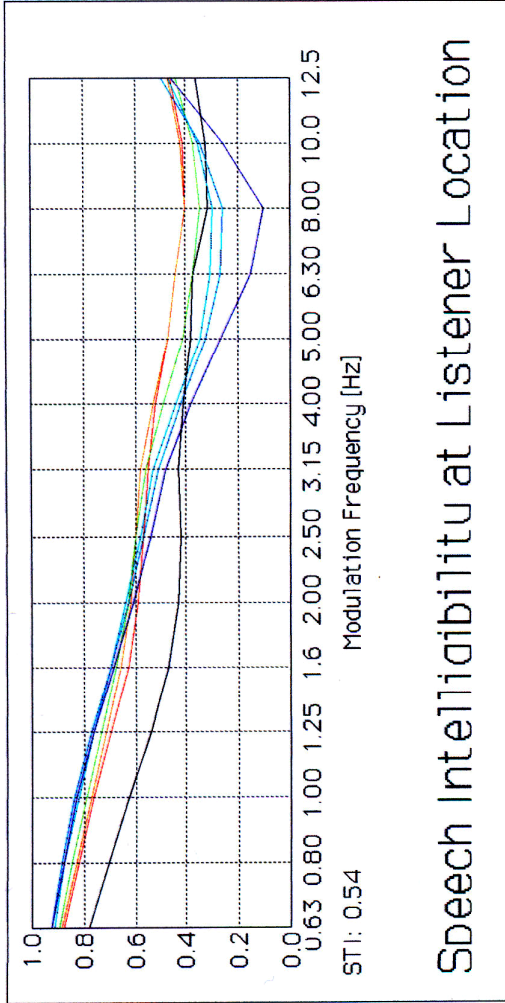


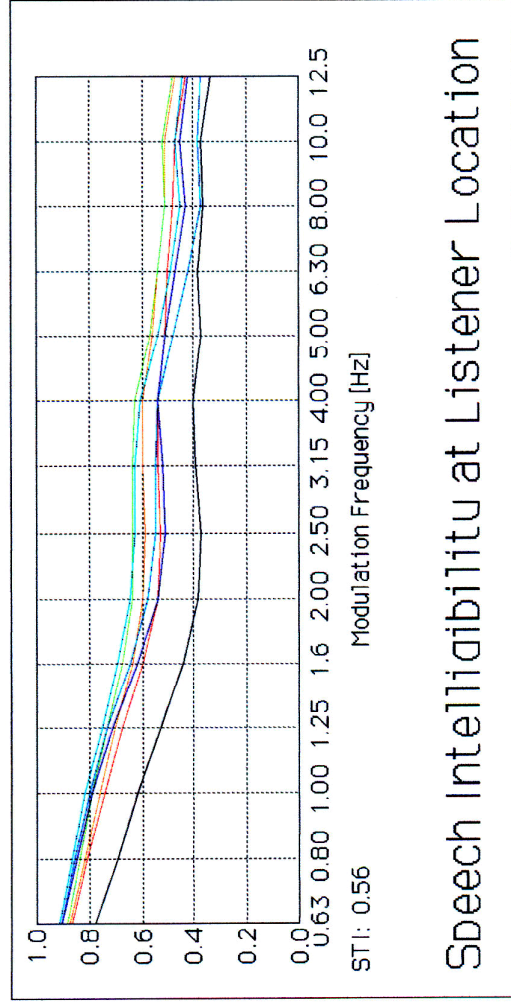
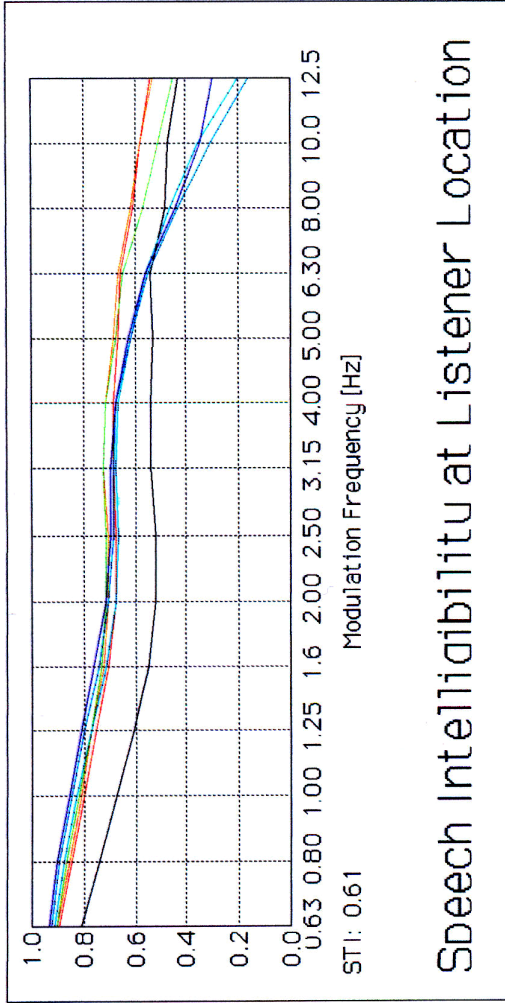


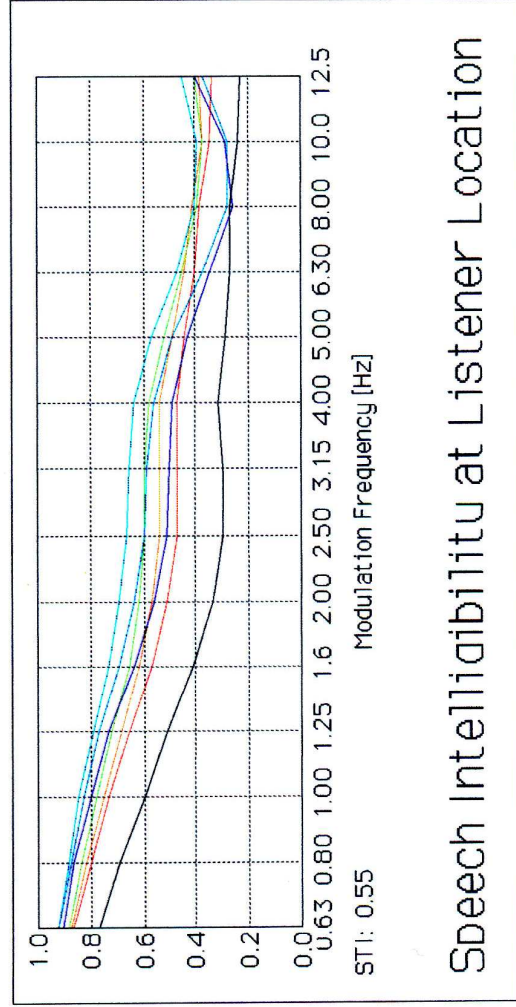
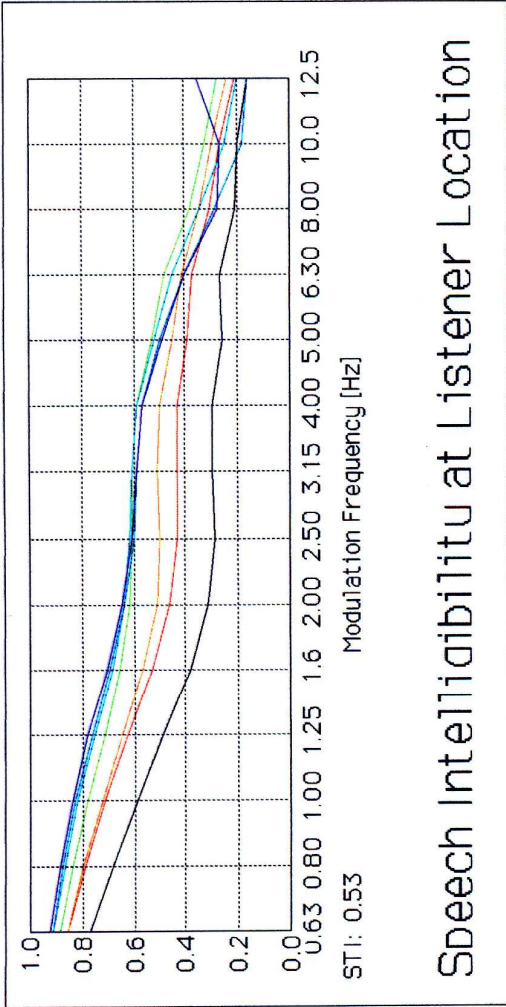


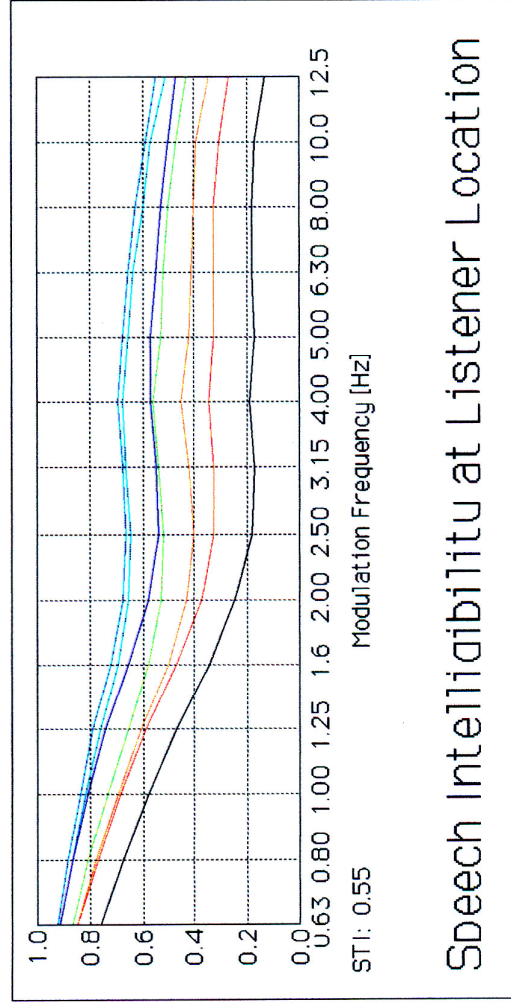
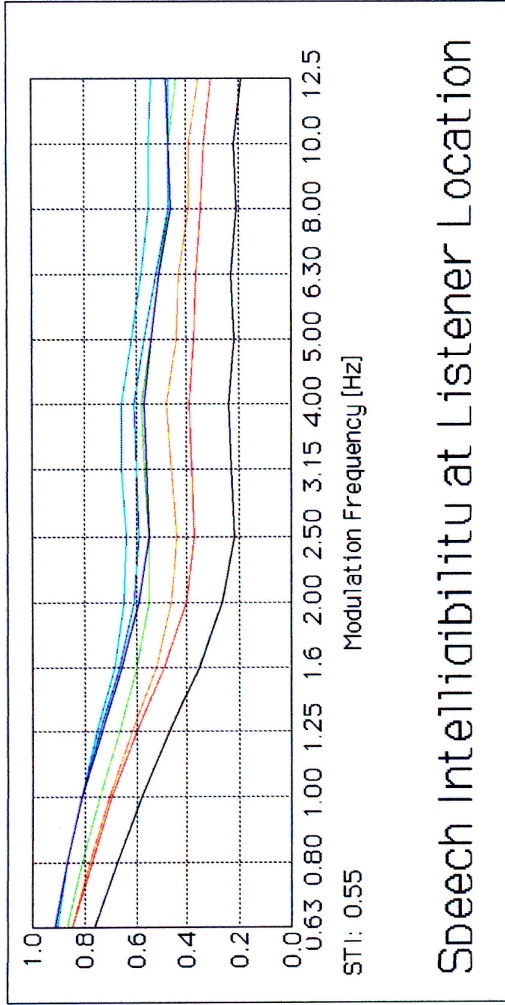
Quality of Time (HEDC) Respoi



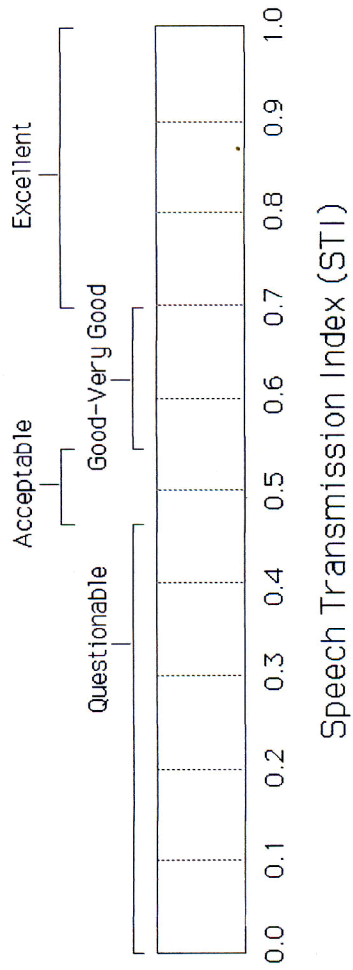








Quality of Speech Intelligibility Prediction



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Σ' ένα χώρο εκτέλεσης ομιλιών ή μουσικής , για να καταλαβαίνουμε καλύτερα τις μονοσύλλαβες λέξεις , πρέπει να έχουμε καταληπτότητα περισσότερο από 65 % και να ακούμε όλους τους ήχους με την αυτή φάση. Όταν έχουμε μια δεδομένη κατάσταση χώρου (που δε βελτιώνεται με πρόσθετα) , πρέπει να έχουμε ηχοστήλες με ελάχιστες δυνατές ανακλάσεις (να μας προσφέρουν μεγάλο πρωτογενή ήχο , αλλά να μας ελαχιστοποιούν τις ανακλάσεις) . Γι' αυτό το λόγο κατά την τελική ρύθμιση χρησιμοποιούμε αναλυτή φάσματος σε κάθε ομάδα – χώρο ξεχωριστά , έτσι ώστε να επιτύχουμε την καλύτερη ρύθμιση του γραφικού ισοσταθμιστού της κάθε ομάδας .

Ομάδες – Θέσεις ηχείων.

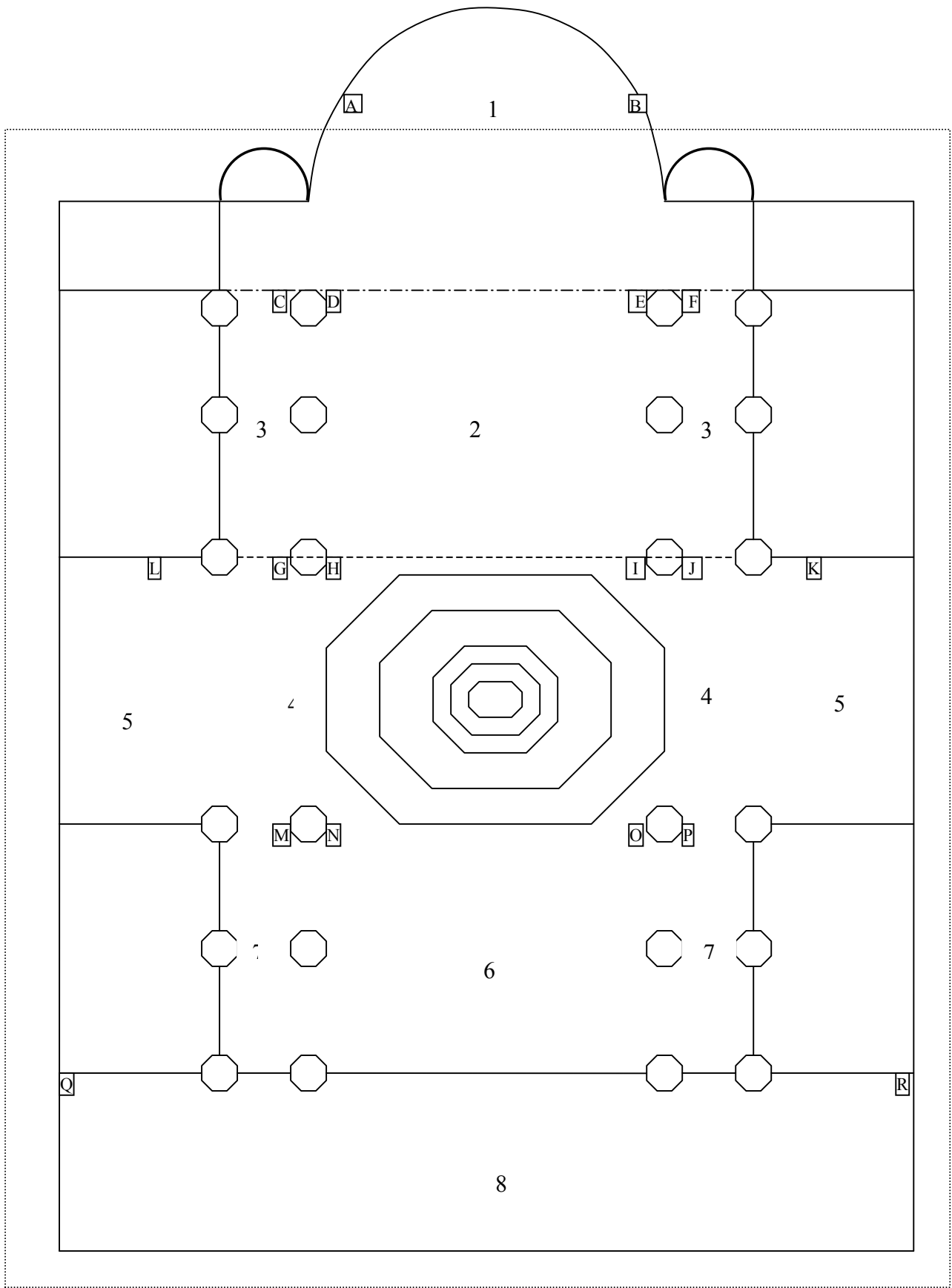
Εκτός από το χρόνο αντήρησης που υπολογίζουμε στις παραπάνω περιπτώσεις, πρέπει να χωρίσουμε το ναό σε ζώνες – ομάδες έτσι ώστε να πετύχουμε την σωστότερη τοποθέτηση των ηχείων.

Από την μελέτη χώρου (κατόψεων ισογείου και ορόφου) , προκύπτουν οι παρακάτω ζώνες :

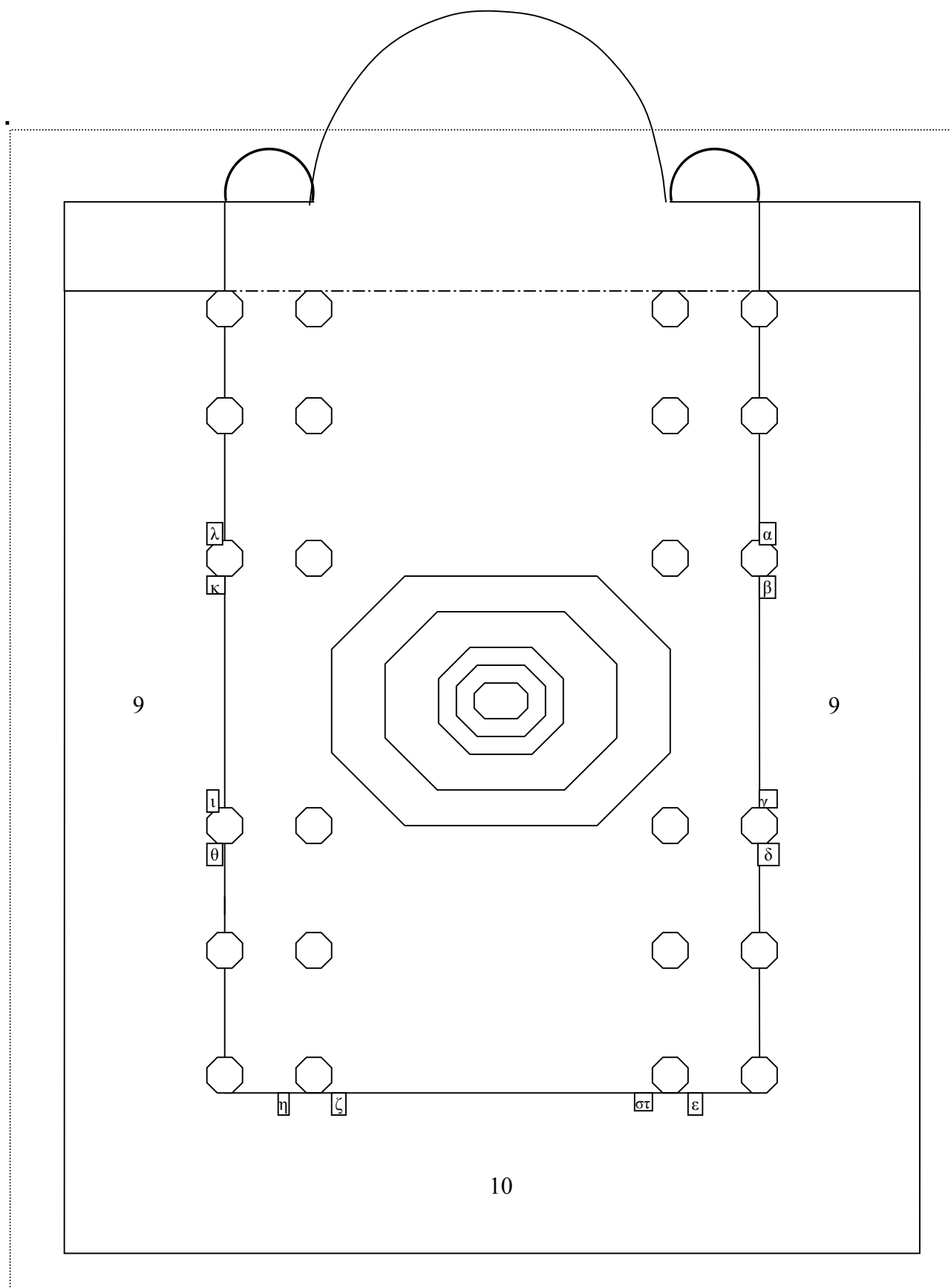
1. ιερό	ηχοστ. MA12	τεμ 2
2. σολέας	ηχοστ. MA12	τεμ 2
3. χώρος πίσω από Αριστ. και Δεξ. Ψάλτη	ηχοστ. MA12	τεμ 2
4. χώρος κυρίου ναού	ηχοστ. MA12	τεμ 4
5. χώρος Δεξ. Και Αριστ Κλίτους κ. ναού	ηχοστ. MA12	τεμ 2
6. ομάδα νάρθηκος	ηχοστ. MA12	τεμ 2
7. ομάδα Αριστ. και Δεξ νάρθηκος	ηχοστ. MA12	τεμ 2
8. ομάδα προνάρθηκος	ηχοστ. MA12	τεμ 2
9. ομάδα γυναικωνίτη νότιας και βόρειας πλευράς	ηχοστ. MA12	τεμ 8
10. ομάδα γυναικωνίτη δυτικής πλευράς	ηχοστ. MA12	τεμ 4
Σύνολο ηχοστηλών		τεμ 30
Βάσεις ηχοστηλών		τεμ 30

Ακολουθεί σχέδιο κάτοψης του ναού με τοποθετημένες τις ανωτέρω ηχοστήλες σε συγκεκριμένες θέσεις των διαφόρων ομάδων - ζωνών:

1) ΚΥΡΙΟΣ ΝΑΟΣ



2) ΓΥΝΑΙΚΩΝΙΤΗΣ



3) ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ

Στον εξωτερικό χώρο θα χρησιμοποιηθούν τέσσερις κόνρες (60Watt RMS,70V,127DB ATLAS) δυο δεξιά και δυο αριστερά της κύριας πόρτας.

Ύψος – κέντρο βάρους ηχοστηλών.

Κατά την τοποθέτηση των ηχοστηλών σε κάθε ομάδα – χώρο ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία :

Στήνουμε τις ηχοστήλες σε ρυθμιζόμενες βάσεις και χρησιμοποιώντας τον αναλυτή φάσματος και το μικρόφωνο βλέπουμε την κατάσταση που επικρατεί.

Κάνουμε τις απαραίτητες αλλαγές και ρυθμίσεις έτσι ώστε να πετύχουμε μια ανοχή περίπου συν πλην 20% στις ηχοστήλες .

Οι ηχοστήλες τέτοιων χαρακτηριστικών , πρέπει να έχουν και τον αντίστοιχο μετασχηματιστή προσαρμογής για την ηχοστήλη MA12 , έτσι ώστε να πετύχουμε τη μέγιστη μεταφορά ισχύος (λόγω μεγάλου μήκους καλωδίων).

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και άλλη ηχοστήλη άλλης εταιρείας με την ίδια φιλοσοφία κατασκευής .

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ

1. Σύνολο ηχοστηλών	BOSE MA 12/100V 70V	τεμ	30
2. Βάσεις ηχοστηλών	BOSE MA 12 επίτοιχες	τεμ	30
3. Καλωδιώσεις (γραμμές μεταφοράς ηχοστ.)->	300μ		
	μεγαφωνικό καλωδιο 2x1,5mm εύκαμπτο (πολύκλωνο)		
4. Ενισχυτές CROWN CH2	2x600W RMS/100V ,70V	τεμ	8
5. Equalizer BSS	FCS 966 8x2x31	τεμ	8
6. Controller	PANARAY BOSE Delay	τεμ	2
7. Μίκτης 20Ch	CREST XR20	τεμ	1
9.Μικρόφωνα CK-63	ULS/C480-ULS/AKG SET	τεμ	12
10.Βάσεις μικροφώνων		τεμ	12
	ATS 88 EUROMET επιτραπέζιες	τεμ	2
	A 84 R EUROMET επιδαπέδιες	τεμ	10
11.Γραμμές μεταφοράς μικροφώνων	2+ θωράκιση		
12.EQUALIZER ΚΕΝΤΡΙΚΟ BSS	FCS 966 8x2x31	τεμ	1
13.Βύσματα μικροφώνων	XLR θηλυκά	τεμ	12
14.Βύσματα μικροφώνων	XLRA αρσενικά	τεμ	12
15.Βύσματα ηχοστηλών και μηχανημάτων			
	spekon αρσενικά	τεμ	60
16.Ικρίωμα μηχανημάτων		τεμ	2
17.Κόρνες εξωτερικού χώρου			
	60Watt RMS,70V,127DB ATLAS - χοάνη		
	CJ - 46 και DRIVER PD - 60TA	τεμ	4
18.Σπирαλ μικροφώνου F/30cm	σε χρώμα μαύρο	τεμ	10

Μετά από μελέτη που κάναμε πάνω στα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών διαφόρων εταιρειών για να έχουμε την καλύτερη καταληπτότητα, καταλήξαμε στην επιλογή των ανωτέρω υλικών , τα οποία φαίνονται και στον παρακάτω πίνακα με τις τιμές τους .

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

A/A	ΥΛΙΚΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1.	Ηχοστήλες	BOSE MA 12/100V 70V	30	1000€	30.000€
2.	Βάσεις ηχοστηλών	BOSE MA 12 επίτοιχες	30	200€	6.000€
3.	Καλωδιώσεις (γραμμές μεταφοράς ηχοστ.)	μεγαφωνικό καλωδιο 2χ1,5mm εύκαμπτο (πολύκλωνο)	300μ	0,9€	270€
4.	Ενισχυτές	CROWN CH2 2x600W RMS/100V , 70V	8	900€	7.200€
5.	Equalizer	BSS FCS 966 8x2x31	8	800€	6400€
6.	controller	PANARAY BOSE Delay	2	1000€	2000€
7.	Μίκτης	20Ch CREST XR20	1	2500€	2500€
8.	Μικρόφωνα	CK-63 ULS/C480-ULS/AKG SET	12	570€	6840€
9.	Βάσεις μικροφώνων	ATS 88 EUROMET επιτραπέζιες	2	38€	76€
10.	Βάσεις μικροφώνων	A 84 R EUROMET επιδαπέδιες	10	44€	440€
11.	Γραμμές μεταφοράς μικροφώνων	2+ θωράκιση	350μ	1,1€	385€
12.	EQUALIZER ΚΕΝΤΡΙΚΟ	BSS FCS 966 8x2x31	1	800€	800€
13.	Βύσματα μικροφώνων	XLR θηλυκά	12	3,5€	42€
14.	Βύσματα μικροφώνων	XLRA αρσενικά	12	3€	36€
15.	Βύσματα ηχοστηλών και μηχανημάτων	spekon αρσενικά	60	6,5€	390€
16.	Ικρίωμα μηχανημάτων		2	500€	1000€
17.	Κόρνες εξωτερικού χώρου	60Watt RMS, 70V, 127DB ATLAS - χοάνη CJ - 46 και DRIVER PD - 60TA	4	385€	1540€
18.	Σπιραλ μικροφώνου	F/30cm σε χρώμα μαύρο	10	15€	150€
19.	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				66.069€

Οι τιμές έχουν υπολογιστεί με ΦΠΑ 19 % και περιλαμβάνουν τη μελέτη ,την εγκατάσταση ,τις ρυθμίσεις , καθώς επίσης και εγγύηση για πέντε έτη με τεχνική υποστήριξη.

Βιβλιογραφία

ΗΧΟΣ – ΜΟΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ , Λουκάς Χαδέλλης Τόμος Α', εκδ. «Σύγχρονη Μουσική»

Ηλεκτρακουστική Γ. Παπανικολάου UNIVERSITY STUDIO PRESS PROJECT STUDIO BLUEPRINT , Geg Galluccio, SAMS (Διεθνές τεχνικό βιβλιοπωλείο Παπασωτηρίου)

ΗΧΟΛΗΨΙΑ , Δημήτρης Δώδης , εκδ. «ΙΩΝ»

ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΑ , Απόστολος Κ. Κασμάς, ίδρυμα Ευγενίδου

ΗΧΟΤΕΧΝΙΑ τόμος Ι , Κων/νος Κουλούρης και Αντώνης Πετρίδης

ΗΧΟΤΕΧΝΙΑ τόμος ΙΙ , Κων/νος Κουλούρης και Αντώνης Πετρίδης

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ , F. Alton Everest

Ηλεκτρονικές ηχητικές διατάξεις , Νίκος Τουσούνης και Σωτήρης Κόρδας

Bose acoustic engineering.

The acoustics design of talks studios and listening rooms, C.L.S. Gilford .

Bose Modeler 4.7 training book.

Elements of acoustical engineering , Harry Olson.

Διευθύνσεις internet

<http://www.bose.com>

<http://www.boseent.com>

<http://www.renkus-heinz.com>

<http://www.acoustics-engineering.com>

<http://www.akg-acoustics.com>

<http://www.echo-on.net/~jdbsound/jdbsound.htm>

<http://www.archpropplan.Auckland.ac.nz/acoustix/cources.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

MANUAL – ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

