



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπουδάστρια: Αραμπατζή Κατερίνα
Επιβλέπων καθηγητής: Σηφάκης Μηνάς

Θέμα: « Ακουστική αιθουσών διδασκαλίας. Μελέτη των διεθνών προτύπων και κανονισμών. Πραγματοποίηση μετρήσεων σε αίθουσες διδασκαλίας στην Κρήτη για την αποτίμηση της ακουστικής ποιότητας των ελληνικών σχολικών κτηρίων »



Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή Μηνά Σηφάκη, με την βοήθεια και καθοδήγηση του οποίου πραγματοποιήθηκε η υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας. Ευχαριστώ επίσης και τους διευθυντές των σχολείων, 2^ο Λυκείου Ηρακλείου και 30^ο Δημοτικού Ηρακλείου, κ. Φλουρή και κα Μανιδάκη, αντίστοιχα, για την ευγενή παραχώρηση των σχολικών αιθουσών και την υποστήριξη κατά τη διάρκεια της υλοποίησης των μετρήσεων, καθώς και τη φίλη Κωνσταντίνα Καπλάνη για την αξιόλογη βοήθειά της.

Κατερίνα Αραμπατζή

Σύνοψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται σε όλους τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου να γίνει μια ορθή και ολοκληρωμένη μελέτη του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού μιας αίθουσας που προορίζεται για ομιλία / διδασκαλία ειδικότερα, ώστε η ακουστική ποιότητα να είναι εφάμιλλη της διεθνούς σχετικής νομοθεσίας.

Ξεκινώντας με μια ανασκόπηση των βασικών εννοιών της ακουστικής των μικρών κλειστών χώρων διερευνήσαμε τη βιβλιογραφία προκειμένου να εντοπισθούν οι βασικές αντικειμενικές και υποκειμενικές παράμετροι που συνδέονται με αυτήν. Προσδιορίστηκε το βέλτιστο εύρος τιμών για κάθε μια από τις ποσότητες αυτές σύμφωνα με τη σχετική – ελληνική και διεθνή- νομοθεσία και διερευνήθηκε η επίδραση των διαφόρων χαρακτηριστικών της αίθουσας (γεωμετρία, όγκος, υφή των οριακών επιφανειών) σε κάθε μια εξ' αυτών.

Έπειτα και ως εφαρμογή των ανωτέρω πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αξιολόγησης της ακουστικής ποιότητας έξι συνολικά αιθουσών διδασκαλίας καθώς και μιας αίθουσας πολλαπλών χρήσεων των κτιριακών σχολικών εγκαταστάσεων του 2^{ου} Λυκείου Ηρακλείου και 30στου Δημοτικού Ηρακλείου. Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων (θόρυβος βάθους, στάθμη ηχητικής πίεσης, χρόνος αντήχησης, κρουστική απόκριση) συγκρίθηκαν με τις προτινόμενες στη βιβλιογραφία βέλτιστες τιμές και με τα αποτελέσματα θεωρητικών υπολογισμών βασισμένων στα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε αίθουσας. Συμπληρωματικά πραγματοποιήθηκε ερευνά με ερωτηματολόγια στο 30^ο δημοτικό σχολείο για την αξιολόγηση του κτιρίου από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	xv
Κεφάλαιο 1 - Βασικές έννοιες Ακουστικής - Δείκτες	1
Γενικά περί ακουστικής	2
1.1 Ακουστικές απαιτήσεις χώρων	2
1.2 Βασικές έννοιες ακουστικής	3
1.2.1 Αερόφερτος ήχος	3
1.2.2 Στερεόφερτος ήχος	4
1.2.3 Στάθμη ηχητικής πίεσης	5
1.2.4 Σταθμισμένη Α ηχοστάθμη	5
1.2.5 Ηχητικό φάσμα	5
1.2.6 Συντελεστής ηχοαπορρόφησης	6
1.2.7 Δείκτης ηχομείωσης	6
1.2.8 Χρόνος Αντήρησης (Reverberation Time, RT ₆₀)	
1.2.9 Αρχικός Χρόνος Μείωσης του Ηχητικού Πεδίου (Early Decay Time, EDT)	9
1.2.10 Δείκτης άρθρωσης (Articulation Index)	9
1.2.11 Δείκτης Μετάδοσης Λόγου και Ταχύς Δείκτης Μετάδοσης Λόγου (Speech Transmission Index, STI, and Rapid speech Transmission Index, RASTI)	9
1.2.12 Δείκτης καταληπτότητας ομιλίας (Speech Intelligibility Index, SII)	10
1.2.13 Διακριτότητα (Definition ,D)	10
1.2.14 Δείκτης απώλειας συμφώνων (AL, Articulation loss)	11
1.2.15 Θόρυβος βάθους	11
1.2.16 Καμπύλες στάθμισης θορύβου (Noise Weighting Curves)	11

Κεφάλαιο 2 - Προσδιορισμός απαιτήσεων και μεθοδολογία	
Με βάση το Βρετανικό Πρότυπο BB93 «Acoustics for schools»	15
Εισαγωγή	16
2.1 Στάθμες θορύβου βάθους σε άδειες αίθουσες	19
2.2.1 Ηχομείωση αερόφερτου θορύβου μεταξύ αιθουσών	
2.2.2. Ηχομείωση θορύβου μεταξύ χώρων κυκλοφορίας και συνάθροισης	20
2.3 Ηχομείωση κτυπογενούς θορύβου	21
2.4 Χρόνος Αντήχησης	22
2.5 Ηχοαπορρόφηση σε χώρους κυκλοφορίας	24
2.6 Δείκτης Καταληπτότητας	24
2.7 Απαιτήσεις Ακουστικής Μελέτης	26
2.8 Παραλαβή προς χρήση - Έλεγχοι και δόκιμες	27
Κεφάλαιο 3 – Ερωτηματολόγια και ανάλυση απαντήσεων	29
Εισαγωγή	
3.1 Ερωτηματολόγιο μαθητών	30
3.2 Ερωτηματολόγια εκπαιδευτικών	40
Κεφάλαιο 4 - Πειραματικό μέρος – Μετρήσεις	49
Εισαγωγή	49
4.1 2 ^ο Λύκειο	
4.2 3 ^ο Δημοτικό σχολείο	50
4.3 Μετρήσεις με το σχολείο (3 ^ο Δημοτικό) σε λειτουργία	51

Κεφάλαιο 5 – Επεξεργασία Μετρήσεων -Αποτελέσματα

5.1 30^ο Δημοτικό σχολείο

5.1.1 Αίθουσα οκτώ	53
5.1.2 Αίθουσα εννέα	53
5.1.3 Αίθουσα εργαστηρίου φυσικής	57
5.1.4 Μέτρηση δείκτη ηχομείωσης R και υπολογισμός σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης R_w για την αίθουσα 9	61
5.1.5 Μέτρηση δείκτη ηχομείωσης R και υπολογισμός σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης R_w για την αίθουσα εργαστηρίου Φυσικής	65

5.2 2^ο Λύκειο

5.2.1 Αίθουσα 3	70
5.2.2 Αίθουσα 4	74
5.2.3 Αίθουσα 5	78
5.2.4 Μέτρηση δείκτη ηχομείωσης R	81

5.3 Μελέτη 30^{ου} δημοτικού με το σχολείο σε λειτουργία

5.4 Θεωρητικός υπολογισμός χρόνου αντήχησης	83
---	----

5.4.1 30 ^{ου} δημοτικό σχολείο	88
---	----

5.4.2 2 ^ο Λύκειο	89
-----------------------------	----

5.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων και σύγκριση των δύο υπό μελέτη σχολικών κτιρίων	94
---	----

5.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων και σύγκριση των δύο υπό μελέτη σχολικών κτιρίων	97
---	----

Κεφάλαιο 6 – Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα – Προτάσεις για Μελλοντική Συνέχιση της Εργασίας	
Εισαγωγή	102
6.1 Όσον αφορά στο 30 ^ο δημοτικό σχολείο	103
6.2 Το 2 ^ο λύκειο Ηρακλείου	103
6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	104
Παράρτημα Α – Πίνακες και διαγράμματα από την πειραματική διαδικασία και επεξεργασία των αποτελεσμάτων	
Παράρτημα Β – Θεωρητικός Υπολογισμός χρόνου αντήχησης	
Παράρτημα Γ – Έρευνα με ερωτηματολόγια	
Βιβλιογραφικές Αναφορές	

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

Κεφάλαιο 1

Πίνακας 1.1.. Προτεινόμενες καμπύλες θορύβου NC για διάφορους χώρους και αντιστοιχία στο ανάλογο ποσοστό θορύβου	12
Πίνακας 1.2.. Προτεινόμενες καμπύλες θορύβου NR για διάφορους χώρους	13
Πίνακας 1,3..Χαρακτηρισμός του χώρου ανάλογα με την καμπύλη NR	14
Εικόνα 1.1.. Καμπύλες θορύβου NR	13
Εικόνα 1. 2.. Καμπύλες θορύβου NC	14

Κεφάλαιο 2

Πίνακας 2,1.. Επίπεδα θορύβου και ανάγκη ηχομείωσης (BB93)	18
Πίνακας 2.2..Συσχέτιση ανοχής θορύβου στο δωμάτιο λήψης με επίπεδα θορύβου εκπομπής (BB93)	19
Πίνακας 2,3.. Τιμές ηχομόνωσης σε dB για χώρους σε σχολεία (BB93)	20
Πίνακας 2,4..Ανώτατες στάθμες κτυπογενούς θορύβου για διάφορους χώρους (BB93)	22
Πίνακας 2,5..Συνιστώμενες τιμές χρόνου αντήχησης (Tmf) BB93	23
Πίνακας 2,6.. Δείκτης STI για χώρους ανοιχτού σχεδιασμού (BB93)	25

Κεφάλαιο 3

Πίνακας 3.1.. Διανομή ερωτηματολογίων	30
Πίνακας 3.2.. Ερώτηση 1 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	30
Πίνακας 3.3.. Ερώτηση 2 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	31
Πίνακας 3.4.. Ερώτηση 3 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	33
Πίνακας 3.5.. Ερώτηση 4 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	34
Πίνακας 3.6.. Ερώτηση 5 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	35
Πίνακας 3.7.. Ερώτηση 6 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	36
Πίνακας 3.8.. Ερώτηση 7 - Ερωτηματολόγιο μαθητών	37

Πίνακας 3.9.. Ερώτηση 7 -Με Ι συμβολίζεται ο σημαντικότερος βαθμός ενόχλησης, με ΙΙ ο αμέσως επόμενος και ούτω καθεξής. Οι διαφορετικές απαντήσεις συμβολίζονται με Α, Β, Γ, Δ και Ε.	37
Πίνακας 3.10.. Ερώτηση 7 – Επεξεργασία αποτελεσμάτων	38
Πίνακας 3.11.. Ερώτηση 8 - Ερωτηματολόγιο μαθητών	39
Πίνακας 3.12.. Ερώτηση 1 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	41
Πίνακας 3.13.. Ερώτηση 2 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	42
Πίνακας 3.14.. Ερώτηση 3 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	42
Πίνακας 3.15.. Ερώτηση 4 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	43
Πίνακας 3.16.. Ερώτηση 5 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	44
Πίνακας 3.17.. Ερώτηση 6 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	44
Πίνακας 3.18.. Ερώτηση 7 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	45
Πίνακας 3.19.. Ερώτηση 8 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	46
Πίνακας 3.20.. Ερώτηση 9 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	46
Πίνακας 3.21.. Ερώτηση 10 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	47
Πίνακας 3.22.. Ερώτηση 10 - Επεξεργασία Αποτελεσμάτων	47
Πίνακας 3.23.. Ερώτηση 11 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	48
Διάγραμμα 3. 3.. Ερώτηση 1 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	31
Διάγραμμα 3.2.. Ερώτηση 2 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	32
Διάγραμμα 3.3.. Ερώτηση 3 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	33
Διάγραμμα 3.4.. Ερώτηση 4 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	34
Διάγραμμα 3.5.. Ερώτηση 5 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	35
Διάγραμμα 3.6.. Ερώτηση 5 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών	36
Διάγραμμα 3.7.. Ερώτηση 7 - Αίθουσα 8	38
Διάγραμμα 3.8.. Ερώτηση 7 - Αίθουσα 9	38
Διάγραμμα 3.9.. Ερώτηση 7 – Εργαστήριο Φυσικής	39
Διάγραμμα 3.10.. Ερώτηση 8 – Ερωτηματολόγιο μαθητών	40
Διάγραμμα 3.11.. Ερώτηση 1 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	41
Διάγραμμα 3.12 .. Ερώτηση 2 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	42
Διάγραμμα 3.13 .. Ερώτηση 3 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	43
Διάγραμμα 3.14.. Ερώτηση 4 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	43

Διάγραμμα 3.15.. Ερώτηση 5 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	44
Διάγραμμα 3.16.. Ερώτηση 6 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	45
Διάγραμμα 3.17.. Ερώτηση 7 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	45
Διάγραμμα 3.18.. Ερώτηση 8 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	46
Διάγραμμα 3.19.. Ερώτηση 9 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	46
Διάγραμμα 3.20.. Ερώτηση 10 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	47
Διάγραμμα 3.21.. Ερώτηση 11 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών	48

Κεφάλαιο 5

Εικόνα 5.1.. Αίθουσα 8 - 30ου Δημοτικού σχολείου	53
Εικόνα 5.2.. Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό	57
Εικόνα 5.3.. Εργαστήριο Φυσικής - 30ο Δημοτικό	61
Εικόνα 5.4.. Εργαστήριο Φυσικής- Ντουλάπι που απορροφά τις χαμηλές συχνότητες - 30ο Δημοτικό	62
Εικόνες 5.5 και 5.6 .. Εσωτερικά και εξωτερικά της αίθουσας 8 - 30ο Δημοτικό	65
Εικόνα 5.7.. Είσοδος Εργαστηρίου Φυσικής	67
Εικόνα 5.8.. Αίθουσα 3 - 2ο Λύκειο	70
Εικόνα 5.9.. Αίθουσα 4 - 2ο Λύκειο	74
Εικόνα 5.10.. Αίθουσα 5 – 2 ^ο Λύκειο	78
Εικόνα 5.11 και 5.12.... Αίθουσα 5 Ηχοβόλιση και διάδρομος – 2 ^ο Λύκειο	81
Εικόνα 5.13 (πάνω αριστερά) Είσοδος του σχολείου	97
Εικόνα 5.14 (πάνω δεξιά) Χώρος πρασίνου απέναντι από το σχολείο	97
Εικόνα 5.15 (κάτω αριστερά) Παράθυρα και εξωτερική όψη των αιθουσών 8, 9 και εργαστηρίου φυσικής	97
Εικόνα 5.16.... (κάτω δεξιά) Χώρος της αυλής	97
Εικόνα 5.17 (πάνω αριστερά) 2 ^ο Λύκειο	98
Εικόνα 5.18 (πάνω δεξιά) 2 ^ο Λύκειο διαχωριστική αυλή και δεξιά το κτίριο του 2 ^{ου} γυμνασίου	98
Εικόνα 5.19 (κάτω αριστερά) 2 ^ο γυμνάσιο	98

Πίνακας 5.1.. Στάθμες θορύβου βάθους και εκπομπής(dB re 20mPa) - Αίθουσα 8 - 30ο Δημοτικό	54
Πίνακας 5.2..Χρόνος Αντήχησης - Αίθουσα 8(s) - 30ο Δημοτικό	55
Πίνακας 5.3.. EDT - Αίθουσα 8(s) - 30ο Δημοτικό	56
Πίνακας 5.4.. Definition - Αίθουσα 8 - 30ο Δημοτικό	56
Πίνακας 5.5.. RASTI και STI - Αίθουσα 8 - 30ο Δημοτικό	56
Πίνακας 5.6.. Στάθμες θορύβου βάθους (dB re 20mPa) - Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό	57
Πίνακας 5.7.. Χρόνος Αντήχησης- Αίθουσα 9(s) - 30ο Δημοτικό	58
Πίνακας 5.8.. EDT Αίθουσα 9(s) - 30ο Δημοτικό	59
Πίνακας 5.9.. Definition- Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό	60
Πίνακας 5.10.. RASTI και STI- Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό	60
Πίνακας 5.11.. Χρόνος Αντήχησης Εργαστήριο Φυσικής(s) - 30ο Δημοτικό	61
Πίνακας 5.12.. EDT - Εργαστήριο Φυσικής(s) - 30ο Δημοτικό	64
Πίνακας 5.13. Definition - Εργαστήριο Φυσικής - 30ο Δημοτικό	64
Πίνακας 5.14. RASTI και STI - Εργαστήριο Φυσικής - 30ο Δημοτικό	64
Πίνακας 5.15.. Στάθμες Θορύβου(dB re 20mPa) - 30ο Δημοτικό	65
Πίνακας 5.16.. Δείκτης ηχομείωσης R και R _w - Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό	66
Πίνακας 5.17.. Στάθμες Θορύβου Εργαστήριο Φυσικής(dB re 20mPa) - 30ο Δημοτικό	68
Πίνακας 5.18.. .. Δείκτης ηχομείωσης R και R _w - Εργαστήριο Φυσικής - 30ο Δημοτικό	68
Πίνακας 5.19.. Θόρυβος Βάθους(dB re 20mPa) – Αίθουσα 3 – 2 ^ο Λύκειο	70
Πίνακας 5.20.. Χρόνος Αντήχησης (s)– Αίθουσα 3 – 2 ^ο Λύκειο	71
Πίνακας 5.21.. EDT(s)– – Αίθουσα 3 – 2 ^ο Λύκειο	72
Πίνακας 5.22.. Definition – Αίθουσα 3 – 2 ^ο Λύκειο	73
Πίνακας 5.23.. RASTI και STI – Αίθουσα 3 – 2 ^ο Λύκειο	73
Πίνακας 5.24.. Θόρυβος βάθους (dB re 20mPa) – Αίθουσα 3 – 2 ^ο Λύκειο	74
Πίνακας 5.25.. Χρόνος Αντήχησης (s)– Αίθουσα 4 – 2 ^ο Λύκειο	75
Πίνακας 5.26.. EDT (s)– Αίθουσα 4 – 2 ^ο Λύκειο	76
Πίνακας 5.27.. Definition – Αίθουσα 4 – 2 ^ο Λύκειο	77

Πίνακας 5.28.. RASTI και STI – Αίθουσα 4 – 2 ^ο Λύκειο	77
Πίνακας 5.29.. Χρόνος Αντήχησης (s) – Αίθουσα 5 – 2 ^ο Λύκειο	78
Πίνακας 5.30.. EDT (s) – Αίθουσα 5 – 2 ^ο Λύκειο	79
Πίνακας 5.31.. Definition – Αίθουσα 5 – 2 ^ο Λύκειο	80
Πίνακας 5.32.. RASTI και STI – Αίθουσα 5 – 2 ^ο Λύκειο	80
Πίνακας 5.33.. Στάθμες Θορύβου(dB re 20mPa) – Αίθουσα 3 και 5 – 2 ^ο Λύκειο	81
Πίνακας 5.34.. Δείκτης ηχομείωσης R και σταθμισμένος δείκτης R _w – Αίθουσα 3 – 2 ^ο Λύκειο	81
Πίνακας 5.35.. Χρόνος Αντήχησης (s)– Μέτρηση με παιδιά – Αίθουσα 8 30 ^ο δημοτικό σχολείο	83
Πίνακας 5.36.. Χρόνος Αντήχησης(s) – Μέτρηση με παιδιά – Αίθουσα 9 30 ^ο δημοτικό σχολείο	83
Πίνακας 5.37.. Χρόνος Αντήχησης(s) – Μέτρηση με παιδιά – Εργαστήριο Φυσικής 30 ^ο δημοτικό σχολείο	84
Πίνακας 5.38.. Ηχοστάθμη εν ώρα μαθήματος (dB re 20mPa) – Αίθουσα 9 - 30 ^ο δημοτικό σχολείο	85
Πίνακας 5.39.. Ηχοστάθμη άδειου διαδρόμου εν ώρα διδασκαλίας(dB re 20mPa) - 30 ^ο δημοτικό σχολείο	86
Πίνακας 5.40.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης με τις αίθουσες γεμάτες και άδειες (s) - 30 ^ο δημοτικό σχολείο	86
Πίνακας 5.41.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 9 του 30 ^{ου} δημοτικού σχολείου	89
Πίνακας 5.42.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 9 του 30 ^{ου} δημοτικού σχολείου	89
Πίνακας 5.43.. Απορρόφηση A των επιφανειών για την αίθουσα 9 του 30 ^{ου} δημοτικού σχολείου	90
Πίνακας 5.44.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 9- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα	90
Πίνακας 5.45.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 8- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα	92
Πίνακας 5.46.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 8- Θεωρητική και πειραματική	

τιμή ανά συχνότητα	93
Πίνακας 5.47.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 3- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα	94
Πίνακας 5.48.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 4- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα	95
Πίνακας 5.49.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 5- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα	96
Πίνακας 5.50.. Μέσες τιμές Χρόνου Αντήχησης (s) για τις αίθουσες και μέση τιμή για το 3 ^ο δημοτικό σχολείο	99
Πίνακας 5.51..Τιμές RASTI και STI και μέση τιμή για το 3 ^ο δημοτικό σχολείο	99
Πίνακας 5.52.. Μέσες τιμές Χρόνου Αντήχησης (s) για τις αίθουσες και μέση τιμή για το 2 ^ο λύκειο	100
Πίνακας 5.53..Τιμές RASTI και STI και μέση τιμή για το 2 ^ο λύκειο	100
Πίνακας 5.54..Τιμές θορύβου βάθους (dB re 20mPa) για το 3 ^ο δημοτικό σχολείο και το 2 ^ο λύκειο Ηρακλείου	101
Διάγραμμα 5.1.. Θόρυβος Βάθους και καμπύλη NR – Αίθουσα 8	54
Διάγραμμα 5.2.. Μέση τιμή Χρόνου Αντήχησης Αίθουσα 8(s)	55
Διάγραμμα 5.3.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR - Αίθουσα 9	58
Διάγραμμα 5.4.. Χρόνος Αντήχησης (Μέση τιμή) (s) - Αίθουσα 9	59
Διάγραμμα 5.5.. Χρόνος Αντήχησης (Μέση τιμή) (s) - Εργαστήριο Φυσικής	63
Διάγραμμα 5.6.. Απορρόφηση ντουλαπιού - Εργαστήριο Φυσικής	63
Διάγραμμα 5.7.. Δείκτης ηχομείωσης R – Αίθουσα 9	66
Διάγραμμα 5.8. Διαφορά Στάθμης (dB re 20mPa) – Αίθουσα 9-Διαδρόμου	67
Διάγραμμα 5.9. Δείκτης Ηχομείωσης κοινού τοίχου Εργαστηρίου-Αίθουσας 8 και Εργαστηρίου-Διαδρόμου	69
Διάγραμμα 5.10.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR (dB re 20mPa)	71
Διάγραμμα 5.11.. Χρόνος Αντήχησης –Αίθουσα 3(πρώτο, τελευταίο, κεντρικό) – 2 ^ο Λύκειο	72
Διάγραμμα 5.12..Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR – Αίθουσα 4 (dB re 20mPa) -	
Διάγραμμα 5.13.. Χρόνος Αντήχησης στις μετρήσεις με κουρτίνες και σε αυτές χωρ Αίθουσα 4 - 2 ^ο Λύκειο	76

Διάγραμμα 5.14.. Χρόνος Αντήχησης (s)– Αίθουσα 5 - 2 ^ο Λύκειο	79
Διάγραμμα 5.15.. Δείκτης ηχοαπορρόφησης R τοίχου και πόρτας –Αίθουσα 3 – 2 ^ο λύκειο	82
Διάγραμμα 5.16.. Χρόνοι Αντήχησης Αίθουσα 8, 9 και Εργαστήριο Φυσικής (s) - Μέτρηση με αίθουσες γεμάτες - 30 ^ο δημοτικό	84
Διάγραμμα 5.17. Ηχοστάθμη σε ώρα μαθήματος(dB re 20mPa) - Αίθουσα 9 - 30 ^ο δημοτικό	85
Διάγραμμα 5.18.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) με την αίθουσα 8 γεμάτη και άδεια	86
Διάγραμμα 5.19.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) με την αίθουσα 9 γεμάτη και άδεια	87
Διάγραμμα 5.20.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) με το Εργαστήριο Φυσικής γεμάτο και άδειο	87
Διάγραμμα 5.21.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Αίθουσα 9 – Θεωρητική και πειραματική τιμή	91
Διάγραμμα 5.22.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Αίθουσα 8 – Θεωρητική και πειραματική τιμή	92
Διάγραμμα 5.23.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Εργαστήριο Φυσικής – Θεωρητική και πειραματική τιμή	93
Διάγραμμα 5.24.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Αίθουσα 3 – Θεωρητική και πειραματική τιμή	94
Διάγραμμα 5.25.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Αίθουσα 4 – Θεωρητική και πειραματική τιμή	95
Διάγραμμα 5.26.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Αίθουσα 5 – Θεωρητική και πειραματική τιμή	96
Διάγραμμα 5.27..Μεση τιμή Χρόνου Αντήχησης(s) για το 30 ^ο δημοτικό σχολείο	99
Διάγραμμα 5.28..Μεση τιμή Χρόνου Αντήχησης(s) για το 2 ^ο λύκειο	100
Διάγραμμα 5.29..Συγκρίσης μέσης τιμής Χρόνου Αντήχησης(s) για το 2 ^ο λύκειο και το 30 ^ο δημοτικό 1	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	
Πίνακας Α-1.. Πληροφορίες για την αίθουσα 8	106

Πίνακας A-2.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 1	106
Πίνακας A-3.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 2	107
Πίνακας A-4.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 3	107
Πίνακας A-5.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 4	107
Πίνακας A-6.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 5	107
Πίνακας A-7.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 6	108
Πίνακας A-8.. Θόρυβος βάθους –Αίθουσα 8	108
Πίνακας A-9.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR –Αίθουσα 8	109
Πίνακας A-10.. Στάθμη θορύβου εκπομπής –Αίθουσα 8	109
Πίνακας A-11.. Πληροφορίες για την αίθουσα 9	110
Πίνακας A-12.. Θόρυβος βάθους –Αίθουσα 9	110
Πίνακας A-13.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR –Αίθουσα 9	111
Πίνακας A-14.. Στάθμες θορύβου για τον υπολογισμό του δείκτη ηχομειωσης– Αίθουσα 9	111
Πίνακας A-15.. Υπολογισμός του δείκτη ηχομειωσης – Αίθουσα 9	112
Πίνακας A-16.. Πληροφορίες για το εργαστήριο φυσικής	113
Πίνακας A-17.. Στάθμη μέσα στο εργαστήριο φυσικής και την πηγή στο διάδρομο	113
Πίνακας A-18.. Δείκτης ηχομειωσης για κοινό τοίχο εργαστηρίου φυσικής και διάδρομου	114
Πίνακας A-19.. Στάθμη μέσα στο εργαστήριο φυσικής και την πηγή στην αίθουσα 8	114
Πίνακας A-20.. Δείκτης ηχομειωσης για κοινό τοίχο εργαστηρίου φυσικής και αίθουσας 8	115
Πίνακας A-21.. Impact Noise – Ντουλάπι εργαστηρίου Φυσικής – Μέτρηση 1	115
Πίνακας A-22.. Impact Noise – Ντουλάπι εργαστηρίου Φυσικής – Μέτρηση 2	116
Πίνακας A-23.. Πληροφορίες για την αίθουσα 3	117
Πίνακας A-24.. Θόρυβος βάθους για την αίθουσα 3	119
Πίνακας A-25.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR για την αίθουσα 3	119
Πίνακας A-26.. Στάθμη σ την αίθουσα 3 και την ηχητική πηγή στην αίθουσα 5	120
Πίνακας A-27.. Στάθμες θορύβου για τον υπολογισμό του δείκτη ηχομειωσης	120
Πίνακας A-28.. Στάθμες θορύβου και υπολογισμός του δείκτη ηχομειωσης για την αίθουσα 3	121

Πίνακας A-29.. Πληροφορίες για την αίθουσα 4	121
Πίνακας A-30..Θόρυβος βάθους για την αίθουσα 4	123
Πίνακας A-31..Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR για την αίθουσα 4	123
Πίνακας A-32..Πληροφορίες για την αίθουσα 5	124
Πίνακας A-33..Θόρυβος εκπομπής την αίθουσα 5	126
Πίνακας A-34..Χρόνος αντήχησης (s) για την αίθουσα 12 – Μέτρηση 1 και 2 και μέση τιμή	127
Πίνακας A-35..Χρόνος αντήχησης (s) για την αίθουσα 13 – Μέτρηση 1 και 2 και μέση τιμή	127
Πίνακας A-36..Χρόνος αντήχησης (s) για την αίθουσα 13 – Μέτρηση 1 και 2 και μέση τιμή	127
Πίνακας A-37..Χρόνος αντήχησης (s) για την αίθουσα 7 – Μέτρηση 1 και 2 και μέση τιμή	127
Διάγραμμα A-1 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 3 – Θέση μέτρησης: Πρώτο θρανίο	117
Διάγραμμα A-2 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 3 – Θέση μέτρησης: Θρανίο στο κέντρο	118
Διάγραμμα A-3 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 3 – Θέση μέτρησης: Τελευταίο θρανίο	118
Διάγραμμα A-4 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 4 – Μέτρηση χωρίς κουρτίνες	122
Διάγραμμα A-5 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 4 – Μέτρηση με κουρτίνες	122
Διάγραμμα A-6 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 5 – Θέση μέτρησης: Πρώτο θρανίο	124
Διάγραμμα A-7 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 5 – Θέση μέτρησης: Θρανίο στο κέντρο	125
Διάγραμμα A-8 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 5 – Θέση μέτρησης: Τελευταίο θρανίο	125
Διάγραμμα A-9 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 12	128
Διάγραμμα A-10 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 7	128
Διάγραμμα A-11- Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 13	129
Διάγραμμα A-12- Χρόνος Αντήχησης αιθουσών 7, 12 και 13	129

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακας Β-1.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 8 του 30 ^{ου} δημοτικού σχολείου	130
Πίνακας Β-2.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 8 του 30 ^{ου} δημοτικού σχολείου	131
Πίνακας Β-3.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα 8 του 30 ^{ου} δημοτικού σχολείου	131
Πίνακας Β-4.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 8 - Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα	132
Πίνακας Β-5.. Υπολογισμός επιφανειών για το εργαστήριο φυσικής – 30ο δημοτικό σχολείο	132
Πίνακας Β-6.. Απορρόφηση των υλικών για το εργαστήριο φυσικής – 30ο δημοτικό σχολείο	133
Πίνακας Β-7.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για το εργαστήριο φυσικής – 30ο δημοτικό σχολείο	133
Πίνακας Β-8.. Χρόνος Αντήχησης(s) για το εργαστήριο φυσικής – 30ο δημοτικό σχολείο - Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα	134
Πίνακας Β-9.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 3	134
Πίνακας Β-10.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 3	135
Πίνακας Β-11.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα	135
Πίνακας Β-12.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 3	136
Πίνακας Β-13.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 4	136
Πίνακας Β-14.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 4	137
Πίνακας Β-15.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα 4	137
Πίνακας Β-16.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 4	138
Πίνακας Β-17.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 5	138
Πίνακας Β-18.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 5	139
Πίνακας Β-19.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα 5	139
Πίνακας Β-20.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 5	140

Βιβλιογραφικές Αναφορές

BIBΛΙΑ

- [1] Σκαρλάτος, Σ. 2003, *Εφαρμοσμένη Ακουστική*, 2η έκδοση, Φιλομάθεια, Πάτρα.
- [2] Τσινίκας, Ν. 2005, *Ακουστικός Σχεδιασμός Χώρων*, 2η έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- [3] Barron, M. 1993, *Auditorium Acoustics And Architectural Design*, 1η, Taylor and Francis, Λονδίνο και Νέα Υόρκη.
- [4] Beranek, L. 1992, *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*, 2η, John Wiley & Sons, Η.Π.Α.
- [5] Bies, D. 2003, *Engineering Noise Control: Theory and Practice*, 3η έκδοση, Spon Press, Αυστραλία.
- [6] Egan, M. D. 1988, *Architectural Acoustics*, 2η έκδοση, McGraw-Hill, Νέα Υόρκη.
- [7] Kuttruff, H. 1999, *Room Acoustics*, 4η έκδοση, Spon Press, Λονδίνο.
- [8] Αθανάσιος Τροχίδης 2006, *Ηχομόνωση Βασικές αρχές και εφαρμογές*, 1^η έκδοση, Fibran ΑΕ, Θεσσαλονίκη
- [9] Building Bulletin 93, 2004 Βρετανικό Πρότυπο για την Ακουστική σχολικών κτιρίων

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ

- [16] Κουζούπης, Σ. 2006, *Μηχανική Ήχου II, Εργαστηριακές Ασκήσεις*, ΤΕΙ Κρήτης
- Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής, Ρέθυμνο.

[17] Πασχαλίδου, Σ. 2006, *Μηχανική Ήχου Ι, Εργαστηριακό Φυλλάδιο*, 1η έκδοση, ΤΕΙ Κρήτης - Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής, Ρέθυμνο.

[18] Σηφάκης, Μ. 2004, *Μηχανική Ήχου Ι, Εργαστηριακές Ασκήσεις*, 2η έκδοση, ΤΕΙ Κρήτης - Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής, Ρέθυμνο.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ

http://www.engineeringtoolbox.com/nc-noise-criterion-d_725.html

Εισαγωγή

Η ακουστική είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη του ήχου, δηλαδή με τον τρόπο παραγωγής και διάδοσής του μέσα σε κάποιο μέσο, την αλληλεπίδρασή του με την ύλη (στερεά, υγρή, αέρια), τους τρόπους με τους οποίους γίνεται αντιληπτός από τον άνθρωπο, και γενικότερα με τα διάφορα φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με αυτόν. Η παρούσα εργασία σχετίζεται με τον κλάδο της αρχιτεκτονικής ακουστικής, δηλαδή με την επιστήμη που μελετά τον έλεγχο του ήχου στο εσωτερικό των κτιρίων, και αφορά την διερεύνηση των μεθόδων – τεχνικών του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού κλειστών χώρων.

Σήμερα ο ορισμός της καλής ακουστικής ενός κλειστού χώρου είναι εφικτός και μπορούμε έστω και μερικώς να προσδιορίσουμε με αντικειμενικά μέτρα την έννοια της καλής ακουστικής ενός χώρου αλλά κυρίως μπορούμε να ακολουθήσουμε μια βασική μεθοδολογία για την κατάρτησή της.

Για τον ορισμό του προβλήματος εξετάζουμε την απλή περίπτωση όπου μία αίθουσα διδασκαλίας είναι γεμάτη με μαθητές εν ώρα μαθήματος με χαμηλά επίπεδα θορύβου βάθους.

Υπό αυτές τις συνθήκες η διδασκαλία και οι συνομιλίες μεταξύ μαθητών και καθηγητή μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς κάποιο πρόβλημα. Όσο όμως ο χώρος μεγαλώνει, ή αυξάνεται ο αριθμός των ατόμων ή αυξάνεται η στάθμη του θορύβου βάθους, τόσο δυσχεραίνεται η επικοινωνία. Σε μια σωστά σχεδιασμένη αίθουσα, τα επίπεδα θορύβου δεν ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και άρα η ενίσχυση της φωνής του ομιλητή δεν είναι απαραίτητη ακόμα και για τους μαθητές που βρίσκονται στα πιο απομακρυσμένα θρανία από την έδρα του καθηγητή. Η εργασία, λοιπόν, αναφέρεται σε όλους τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη σε μια τέτοια περίπτωση, προκειμένου να γίνει μια σωστή και ολοκληρωμένη μελέτη του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού των σχολικών αιθουσών, ώστε η διαδικασίες μάθησης να μη δυσχεραίνονται από τυχόν δυσμενείς συνθήκες ακουστικής.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται βασικές έννοιες και παράμετροι της ακουστικής μικρών κλειστών χώρων, καθώς και τα φαινόμενα που συναντάμε και οι μαθηματικοί τύποι που τα περιγράφουν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθενται συνοπτικά οι βασικές αρχές από το Βρετανικό Πρότυπο BB93 «Acoustics for schools» το οποίο αφορά στον καθορισμό του τρόπου με τον οποίο πρέπει να γίνεται μια ακουστική μελέτη σε σχολικά κτίρια και τη μεθοδολογία των μετρήσεων.

Το τρίτο κεφαλαίο αφορά την ερευνά με ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν σε μαθητές και εκπαιδευτικούς του 30^ο δημοτικού σχολείου Ηρακλείου. Παρατίθενται αναλυτικά οι απαντήσεις με πίνακες και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την υποκειμενική αξιολόγηση του υπό μελέτη κτιρίου.

Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά τις τη διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της πτυχιακής εργασίας, δηλαδή τις μετρήσεις ακουστικής. Παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε, οι ιδιαιτερότητες των χώρων και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων, η επεξεργασία των ποσοτήτων που μετρήθηκαν σε πίνακες και τελικά η αξιολόγηση των αιθουσών.

Τέλος, στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται μια μικρή ανακεφαλαίωση όσον αφορά γενικά την ακουστική σχολικών αιθουσών, καταγράφονται τα συμπεράσματα που βγαίνουν από τη σύγκριση θεωρίας και πράξης σχετικά με την εφαρμογή στα υπό μελέτη σχολικά κτίρια, καθώς και προτάσεις για συνέχιση της εργασίας.

Ακολουθούν τρία παραρτήματα με πληροφορίες σχετικά με την πειραματική διαδικασία που εξαιρέθηκαν από τα κυρίως κεφάλαια.

Κεφάλαιο 1

Βασικές έννοιες Ακουστικής - Δείκτες

Γενικά περί ακουστικής

Η ακουστική είναι ένας από τους αρχαιότερους κλάδους της φυσικής επιστήμης. Η πρώτη αναφορά για τη φύση του ήχου έγινε από τον Πυθαγόρα (570 – 497 π.Χ.) ο οποίος διατύπωσε την άποψη ότι ο ήχος δημιουργείται από ταλαντούμενα σωματίδια.

Η αλματώδης ανάπτυξη της ακουστικής έγινε από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα όταν δημιουργήθηκαν και αναπτύχθηκαν διάφοροι νέοι κλάδοι της ακουστικής. Η αρχιτεκτονική ακουστική, η υποβρύχια ακουστική η ηλεκτροακουστική, η κτιριακή ακουστική και η ακουστική των υπερήχων είναι μερικοί από τους κλάδους αυτούς.

Η ακουστική παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον σαν επιστήμη διότι ο ήχος συνοδεύει όλες σχεδόν τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Εκτός από τη μετάδοση πληροφοριών, την ψυχολογική επίδραση στον άνθρωπο (ευεργετική ή ενοχλητική) ο ήχος έχει πολύ μεγάλες εφαρμογές στην έρευνα και την τεχνολογία. Επίσης, η ηχορύπανση που τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί δραματικά λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας δημιουργεί ένα πρόβλημα που διογκώνεται συνεχώς. Υψηλές στάθμες θορύβου είναι δυνατόν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στον άνθρωπο, τόσο ψυχολογικές όσο και παθολογικές.

1.1 Ακουστικές απαιτήσεις χώρων

Ένας κλειστός χώρος λέμε ότι έχει καλή ακουστική όταν πληρεί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Ο ήχος φτάνει σε όλα τα σημεία του χώρου χωρίς αισθητή μείωση και κυρίως έχει την ίδια κατανομή παντού.
- Δεν εμφανίζεται το φαινόμενο της επικάλυψης από ήχους του περιβάλλοντος ή τουλάχιστον να είναι περιορισμένο.
- Ο ρυθμός μείωσης του ήχου (χρόνος αντήχησης) να είναι τέτοιος ώστε να εγκυάται την απρόσκοπτη παρακολούθηση της ομιλίας (προκειμένου για αίθουσες ομιλίας) και την απόλαυση της μουσικής προκειμένου για αίθουσες συναυλιών.
- Δεν υπάρχουν δυσμενείς καταστάσεις όπως:
 1. Ηχώ
 2. Ηχητικές σκιές
 3. Ηχητικές παραμορφώσεις / χρωματισμοί
 4. Ηχητική εστίαση

Ο χώρος να διαθέτει επαρκή ηχομόνωση.

1.2 Βασικές έννοιες ακουστικής

Για την ορθότερη κατανόηση του υπολοίπου της εργασίας κρίνεται απαραίτητη η ανακεφαλαίωση των παρακάτω βασικών εννοιών της ακουστικής:

1.2.1 Αερόφερτος ήχος

Τα ηχητικά κύματα στον αέρα προκαλούνται από τοπικές χρονικές μεταβολές της πίεσης στην περιοχή της ηχητικής πηγής που έχουν σαν αποτέλεσμα μεταβολές στην πυκνότητα του αέρα, την εμφάνιση δηλαδή πυκνωμάτων και αραιωμάτων. Η διάδοση αυτών των πυκνωμάτων και αραιωμάτων στον αέρα αποτελεί τον αερόφερτο ήχο και έχει ως χαρακτηριστικό ότι η διεύθυνση διάδοσης συμπίπτει με τη διάδοση ταλάντωσης του μέσου. (διαμήκη κύματα).

Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ατμοσφαιρική πίεση. Τα ηχητικά κύματα στον αέρα διαδίδονται με σταθερή ταχύτητα 340 m/s σε κανονικές συνθήκες (20°C και 1Pa). Η ταχύτητα διάδοσης c , το μήκος κύματος λ και η συχνότητα f συνδέονται με τη σχέση: $c = \lambda \cdot f$

1.2.2 Στερεόφερτος ήχος

Η διάδοση του ήχου στα στερεά διαφέρει από αυτήν στον αέρα γιατί ως ελαστικό μέσο επιδέχονται διαφορετικού είδους παραμορφώσεις από ότι τα αέρια. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των διαφόρων τύπων κυμάτων που εμφανίζονται στα στερεά θα περιοριστούμε απλά στην περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών δυο μόνο τύπων κυμάτων που έχουν πρακτική σημασία στην κτιριακή ακουστική. Τα διαμήκη και τα εγκάρσια κύματα είναι οι δυο τύποι κυμάτων που είναι φορείς του στερεόφερτου ήχου και είναι η αιτία εκπομπής ήχου από δομικά στοιχεία.

- **Διαμήκη:** Το είδος αυτό των κυμάτων εμφανίζεται σε στοιχεία σχήματος ράβδου (πχ υποστυλώματα) και παρουσιάζει ομοιότητες με τα διαμήκη κύματα στον αέρα. Τα διαμήκη κύματα δεν προκαλούν άμεση διάδοση του ήχου παρ'ολ'αυτά όμως έχουν ιδιαίτερη σημασία για την ηχομόνωση

γιατί με την ανάκλαση τους σε συνδέσεις μεταξύ των δομικών στοιχείων προκαλούν τη δημιουργία εγκάρσιων κυμάτων που είναι φορείς του κτυπογενούς ήχου. Η ταχύτητα διάδοσης τους δίνεται από τη σχέση: $c(L) = \sqrt{E/\rho}$ Όπου E το μέτρο ελαστικότητας και ρ η πυκνότητα του υλικού.

- **Εγκάρσια κύματα:** Τα εγκάρσια κύματα εμφανίζονται σε όλα τα δομικά στοιχεία που ταλαντώνονται. Η διεύθυνση διάδοσης των εγκάρσιων κυμάτων είναι κάθετη στη διεύθυνση της ταλάντωσης. Η ταχύτητα διάδοσης $c(B)$ των εγκάρσιων κυμάτων σε μια πλάκα δίνεται από τη σχέση:

$$c(B) = \sqrt{1,8c(L)hf}$$
 Σε αντίθεση με τα διαμήκη

κύματα που η ταχύτητα είναι σταθερή, η ταχύτητα διάδοσης εγκάρσιων κυμάτων εξαρτάται από τη συχνότητα και τα χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου, από την ακαμψία και την επιφανειακή μάζα. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την ηχομονωτική συμπεριφορά εύκαμπτων, ελαφρών χωρισμάτων.

1.2.3 Στάθμη ηχητικής πίεσης

Το χαρακτηριστικό μέγεθος για τη μέτρηση του ήχου είναι η στιγμιαία ηχητική πίεση $p(t)$, η μεταβολή δηλαδή της πίεσης σε σχέση με τη στατική ατμοσφαιρική πίεση λόγω της λειτουργίας μιας ηχητικής πηγής. Οι τιμές της κυμαίνονται από 20 μέχρι 10.000.000 μPa ανάλογα με την πηγή. Η στιγμιαία πίεση δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί στην πράξη για το χαρακτηρισμό ενός θορύβου. Στη θέση της χρησιμοποιείται η ενεργός τιμή της p που δίνεται από τη σχέση:

$$p = \sqrt{1/T \int p^2(t) dt}$$

όπου T η χρονική διάρκεια της μέτρησης.

Η ενεργός τιμή αποτελεί το ενεργειακό περιεχόμενο του ήχου.

Για την αποφυγή πράξεων με εκθέτες ή μεγάλους δεκαδικούς αριθμούς προκύπτει η αναγκαιότητα χρήσης μιας λογαριθμικής κλίμακας για το χαρακτηρισμό του

θορύβου. Η στάθμη ηχητικής πίεσης ορίζεται από τη σχέση: $L_p = 10 \log p^2/p_0^2$ και μετριέται σε dB.

Όπου p η ενεργός τιμή της πίεσης και p_0 μια πίεση αναφοράς ίση με την ελαχίστη πίεση που απαιτείται για να διεγερθεί το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής. (κατώφλι ακουστότητας).

1.2.4 Σταθμισμένη A ηχοστάθμη

Το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής λειτουργεί στην περιοχή από 16Hz μέχρι 16kHz. Η ευαισθησία του όμως δεν είναι ίδια σε όλες τις συχνότητες. Συγκεκριμένα το ανθρώπινο αυτί έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στις χαμηλές συχνότητες και τη μέγιστη ευαισθησία στη συχνότητα γύρω στα 1000 Hz. Για το λόγο αυτό και για να προσαρμοστεί ο μετρούμενος θόρυβος στον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου αυτιού χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θορύβου, φίλτρο A. Το φίλτρο αυτό δίνει διαφορετική βαρύτητα σε κάθε περιοχή συχνοτήτων και προσεγγίζει σε μορφή τις ιδιομορφίες της ανθρώπινης ακοής σε διαφορετικές συχνότητες.

Η στάθμη ηχητικής πίεσης που προκύπτει από τις μετρήσεις με φίλτρο A ονομάζεται σταθμισμένη A-ηχοστάθμη LA και μετριέται σε dB(A).

1.2.5 Ηχητικό φάσμα

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι η συχνότητα. Στις περισσότερες περιπτώσεις η τιμή μόνο ενός ακουστικού μεγέθους όπως π.χ. η στάθμη της ηχητικής πίεσης δεν αρκεί για το χαρακτηρισμό ενός ήχου, είναι εξίσου απαραίτητο και το φάσμα του, η μεταβολή δηλαδή της στάθμης ηχητικής πίεσης με της συχνότητα. Το φάσμα ενός ήχου καθορίζει το είδος του γιατί παρέχει πληροφορίες για την παραγωγή του, τον τρόπο διάδοσης και την επίδραση του στον άνθρωπο.

Τα συχνοτικά διαστήματα μπορεί να είναι διαστήματα οκτάβας ή τριτοκτάβας.

1.2.6 Συντελεστής ηχοαπορρόφησης

Ηχοαπορρόφηση είναι η μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας (συνήθως σε θερμότητα) που συντελείται όταν ο ήχος διέρχεται μέσα από ένα υλικό ή προσπίπτει σε μια επιφάνεια.

Η ικανότητα του υλικού να απορροφά τον ήχο χαρακτηρίζεται από το συντελεστή ηχοαπορροφησης α του υλικού που ορίζεται ως ο λόγος της ηχητικής ενέργειας που απορροφάται προς αυτήν που προσπίπτει. Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 0 (τέλεια ανάκλαση) και 1 (τέλεια απορρόφηση) και εξαρτάται από τη δομή του υλικού.

1.2.7 Δείκτης ηχομείωσης

Για τον υπολογισμό του ποσοστού διάδοσης του αερόφερτου θορύβου χρησιμοποιείται ο όρος δείκτης ηχομείωσης R ή απώλεια διάδοσης που εκφράζει σε db το ποσοστό ηχητικής ενέργειας που διέρχεται μέσα από τα τοιχώματα σε σχέση με αυτήν που προσπίπτει. Ο δείκτης ηχομείωσης ορίζεται για την κεντρική συχνότητα κάθε οκτάβας ή τριτοκτάβας και για την περιοχή των συχνοτήτων 150-8000Hz και δίνεται από τη σχέση:

$$R = 10\log(W_i/W_t)$$

Όπου W_i και W_t οι ενέργειες της διαδιδόμενης και προσπίπτουσας ακτίνας αντίστοιχα.

1.2.8 Χρόνος Αντήρησης (Reverberation Time, RT60)

Χρόνος αντήχησης ενός ολικά ή μερικά κλειστού χώρου, όπου λειτουργεί μια ηχητική πηγή, είναι ο χρόνος που απαιτείται, μετά από το απότομο σταμάτημα της ηχητικής πηγής, για να ελαττωθεί η στάθμη της ηχητικής πίεσης κατά 60dB. Συμβολίζεται με RT και εκφράζεται σε δευτερόλεπτα

Πρόκειται για μια μέτρηση που εκφράζει το πόσο γρήγορα φθίνει η ηχητική ενέργεια. Το ISO 3382 αφορά δωμάτια και αναφέρει τη χρήση μιας παντοκατευθυντικής (omnidirectional)

ηχητικής πηγής και ενός παντοκατευθυντικού (omni-directional) μικροφώνου για τη μέτρηση του χρόνου αντήχησης. Η πηγή τοποθετείται στη σκηνή και το μικρόφωνο τοποθετείται σε διαδοχικές θέσεις ακρόασης.

- Ο εμπειρικός τύπος του **Sabine** (1885) είναι :

$$RT60 = 0.161 V / S a$$

για $a < 0.1$

όπου RT60 ο χρόνος αντήχησης σε δευτερόλεπτα

V ο όγκος του δωματίου σε κυβικά μέτρα

S η συνολική απορρόφηση σε sabins με το μέσο συντελεστή

Απορρόφησης a

$$a = \frac{1}{S} (a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots + a_n S_n)$$

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$$

όπου a οι αντίστοιχοι συντελεστές απορρόφησης

S οι αντίστοιχες επιφάνειες

Ο χρόνος αντήχησης για τον ίδιο χώρο εξαρτάται από τη συχνότητα του ήχου και για το λόγο αυτό ορίζεται για τις κεντρικές συχνότητες κάθε οκτάβας. Όταν δεν προσδιορίζεται η συχνότητα ο χρόνος αντήχησης δίνεται για την κεντρική συχνότητα των 500 Hz.

- Ο τύπος των **Norris / Eyring** είναι :

$$RT60 = 0.161 V - S \ln(1 - a)$$

για $\alpha > 0.1$ (2-3)

όπου $RT60$ ο χρόνος αντήχησης σε δευτερόλεπτα

V ο όγκος του δωματίου σε κυβικά μέτρα

S η συνολική απορρόφηση σε sabins

με το μέσο συντελεστή απορρόφησης

a

$a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots + a_n S_n$

$S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$

όπου a οι αντίστοιχοι συντελεστές απορρόφησης

S οι αντίστοιχες επιφάνειες

- **Χρόνος αντήχησης $RT60$ - Fitzroy (1950)**

Στην περίπτωση ανομοιόμορφης απορρόφησης, δηλαδή στην περίπτωση ύπαρξης σε μια ή περισσότερες κατευθύνσεις ισχυρά ανακλαστικών επιφανειών όπως υαλοπίνακες, για τον υπολογισμό του χρόνου αντήχησης χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$RT60 = \frac{S_x}{S} [0,16V / \ln(1-a_x)^{-1}] + \frac{S_y}{S} [0,16V / \ln(1-a_y)^{-1}] + \frac{S_z}{S} [0,16V / \ln(1-a_z)^{-1}]$$

όπου $RT60$ ο χρόνος αντήχησης σε δευτερόλεπτα

V ο όγκος του δωματίου σε κυβικά μέτρα

a ο μέσος συντελεστής απορρόφησης

S η ολική επιφάνεια του δωματίου

- **Χρόνος αντήχησης για δωμάτια όπου ο αέρας είναι σημαντικός**

Στην περίπτωση που ο χώρος είναι υπερβολικά μεγάλος (π.χ. αίθουσες συναυλιών, θέατρα, αίθουσες συνελεύσεων) θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η απορρόφηση του αέρα.

Ο τύπος που χρησιμοποιείται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι :

$$RT60 = 0.161V/Sa \approx 4mV$$

όπου RT60 ο χρόνος αντήχησης σε δευτερόλεπτα
V ο όγκος του δωματίου σε κυβικά μέτρα
α ο μέσος συντελεστής απορρόφησης
S η ολική επιφάνεια του δωματίου
m ο συντελεστής εξασθένησης της ενέργειας που η τιμή του εξαρτάται
από τη
συχνότητα και την υγρασία

1.2.9 Αρχικός Χρόνος Μείωσης του Ηχητικού Πεδίου (Early Decay Time, EDT)

Το μέγεθος αυτό είναι συγγενές προς το χρόνο αντήχησης. Υπολογίζεται με βάση το ρυθμό μείωσης των πρώτων 10 dB. Σε ένα χώρο με διάχυτο πεδίο ταυτίζεται με το χρόνο αντήχησης. Έρευνες με ψυχομετρικά τεστ αποδεικνύουν ότι ο EDT σχετίζεται περισσότερο με την υποκειμενική αίσθηση της αντήχησης.

Ο χρόνος αντήχησης όπως και ο αρχικός χρόνος μείωσης υπολογίζονται από την αντίστροφη ολοκλήρωση του τετραγώνου της κρουστικής απόκρισης του χώρου (μέθοδος Schroeder)

1.2.10 Δείκτης άρθρωσης (Articulation Index)

Ο δείκτης άρθρωσης χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της καταληπτότητας (intelligibility). Ο δείκτης άρθρωσης είναι υποκειμενική μέτρηση της καταληπτότητας ομιλίας αφού υπολογίζεται από τις απαντήσεις μιας ομάδας έμπειρων ακροατών με κανονική ακουστική ικανότητα, οι οποίοι γράφουν προτάσεις, λέξεις ή συλλαβές οι οποίες τους διαβάζονται από συγκεκριμένες λίστες.

Περιλαμβάνει και την πρώτη ανάκλαση από το δάπεδο της αίθουσας. Δεδομένου όμως ότι η εν λόγω ανάκλαση είναι λίγο-πολύ ταυτόσημη σε όλες τις αίθουσες, δεν αποτελεί χαρακτηριστικό της αίθουσας και έτσι επιλέχθηκε να συμπεριληφθεί στον απευθείας ήχο της ηχητικής πηγής

1.2.11 Δείκτης Μετάδοσης Λόγου και Ταχύς Δείκτης Μετάδοσης Λόγου (Speech Transmission Index, STI, and Rapid speech Transmission Index, RASTI)

Οι δείκτες STI και RASTI προέρχονται από τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα και αντιμετωπίζουν την αλυσίδα ηχητική πηγή-χώρος-ακροατής ως ένα κανάλι μετάδοσης (γραμμή μεταφοράς) και μετρούν τη μεταβολή του πλάτους διαμόρφωσης αργά μεταβαλλόμενων σημάτων κατά μήκος της γραμμής. Για την πραγματοποίηση της μέτρησης τα παλαιότερα μετρητικά συστήματα χρησιμοποιούσαν ένα ειδικό σήμα που προσομοίωνε κάποια από τα βασικά φασματικά και στατιστικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης ομιλίας αλλά τα περισσότερα σύγχρονα μετρητικά συστήματα βασίζονται στη μέτρηση της κρουστικής απόκρισης και στην εξαγωγή τιμής των δεικτών καταληπτότητας από αυτήν

. Οι μετρήσεις για το STI γίνονται σε ζώνες εύρους οκτάβας στις συχνότητες 125 Hz έως 8 kHz και για το λόγο αυτό είναι κατάλληλη μέθοδος για μετρήσεις σε συστήματα ενίσχυσης ήχου.

Η μέθοδος RASTI προέκυψε από την απλοποίηση της μεθόδου STI και χρησιμοποιείται για ευκολότερο και γρηγορότερο υπολογισμό της καταληπτότητας ομιλίας. Η διαφορά της από την μέθοδο STI είναι ότι χρησιμοποιεί σήμα εύρους οκτάβας, γύρω από δύο μόνο συχνότητες, τα 500 Hz και τα 2000 Hz. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται έχει εύρος από 0 μέχρι 1.

1.2.12 Δείκτης καταληπτότητας ομιλίας (Speech Intelligibility Index, SII)

Υπολογίζει τον ενεργό λόγο σήματος προς θόρυβο σε έναν αριθμό περιοχών συχνοτήτων που σχετίζονται με την ομιλία. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες περιοχών

συχνοτήτων (α) κρίσιμης ζώνης (21 ζώνες), (β) με εύρος 1/3 οκτάβας (18 ζώνες), (γ) ισομερής συμβολή κρίσιμης ζώνης (17 ζώνες) και (δ) με εύρος οκτάβας (6 ζώνες). Προσφέρει τη μεγαλύτερη ανάλυση σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεθόδους που περιγράφονται πιο πάνω και συνυπολογίζει παράγοντες όπως η αντήχηση, ο θόρυβος και η παραμόρφωση, χρειάζεται όμως προσοχή γιατί μπορεί να οδηγήσει εύκολα σε λανθασμένα αποτελέσματα, λόγω ανακλάσεων ή ηχούς.

1.2.13 Διακριτότητα (Definition ,D)

Η πρώτη προσπάθεια για τον ορισμό ενός αντικειμενικού μετρήσιμου κριτηρίου έγινε από τον Thiele που χρησιμοποίησε τον όρο διακριτότητα (Definition, Deutlichkeit). Η διακριτότητα χαρακτηρίζει την καταληπτότητα ομιλίας (speech intelligibility) δηλαδή την κατανόηση του λόγου.

(D= early-to-late energy ratio)

Όπου $p(t)$: η στιγμιαία ηχητική πίεση (κρουστική απόκριση)

Η χρονική στιγμή $t=0$ αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή που φθάνει η ηχητική ενέργεια στο δέκτη. Η διακριτότητα είναι ο λόγος της ηχητικής ενέργειας που φθάνει στον ακροατή στα πρώτα 50 ms προς τη συνολική ενέργεια, μιας παλμικής πηγής ήχου, όταν φθάνει στον ίδιο ακροατή. Εκφράζεται ως ποσοστό (%).

1.2.14 Δείκτης απώλειας συμφώνων (AL, Articulation loss)

Η ποσότητα αυτή μέτρα το ποσοστό των συμφώνων που δεν αντιλαμβάνεται ο μέσος ακροατής και προτάθηκε από τον Peutz ο οποίος μετέβαλλε τον χρόνο αντήχησης, την απόσταση από την πηγή και το θόρυβο βάθους και μέτρησε την απώλεια συμφώνων. Με βάση τα πειράματα του πρότεινε την εμπειρική σχέση:

$$\%Alcons = 200(rT60)^{2/V}$$

Όπου r η απόσταση από την πηγή, $T60$ ο χρόνος αντήχησης και V ο όγκος του χώρου.

Για αποστάσεις από την πηγή μεγαλύτερες της κρίσιμης απόστασης r_c όπου $r_c = \sqrt{V/T60}$ η παραπάνω σχέση δεν ισχύει και η απώλεια συμφώνων είναι σταθερή και ίση με $9T60$.

1.2.15 Θόρυβος βάθους

Ονομάζεται ο θόρυβος που εκπέμπεται από όλες τις πηγές που βρίσκονται στο χώρο και που δε μας ενδιαφέρουν. Ο θόρυβος περιβάλλοντος είναι μέρος του θορύβου βάθους.

Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ 263.1 ως θόρυβος βάθους ορίζεται ο θόρυβος που προέρχεται από όλες τις πηγές που δεν έχουν σχέση με έναν ορισμένο ήχο ο οποίος αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος.

1.2.16 Καμπύλες στάθμησης θορύβου (Noise Weighting Curves)

Οι καμπύλες NR χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη ενώ στην Αμερική χρησιμοποιούνται οι καμπύλες PNC που αντικατέστησαν τη χρήση των καμπύλων NC. Για τον υπολογισμό της αποδοχής μιας στάθμης θορύβου σε σχέση με τη συχνότητα του, χρησιμοποιούνται οι καμπύλες κατάταξης θορύβου χρησιμοποιούνται οι καμπύλες κατάταξης θορύβου NC (Noise criteria) ή NCB (Balanced noise criteria) που προτάθηκαν από τον Beranec το 1988. Οι καμπύλες είναι βελτιωμένες όσον αναφορά την απόκριση του ανθρώπου σε υψηλές και χαμηλές συχνότητες, αλλά δεν είναι τυποποιημένες κατά ΕΛΟΤ ή ISO και έχουν μάλλον ποιοτικό χαρακτήρα.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για δημόσια κτίρια και συσχετίζουν το φάσμα του θορύβου με την επίπτωση του στην αντιληπτότητα της ομιλίας.

Τύπος δωματίου	Συνιστώμενη NC Level	Equivalent Sound Level
	NC καμπύλη	dBA
Αίθουσες διδασκαλίας	25-30	35-40
Αίθουσες ανοιχτού τύπου	35-40	45-50
Σινεμά, θέατρα	30-35	40-45
Βιβλιοθήκες	35-40	40-50
Χώροι εστίασης	40-45	50-55
Studios ηχογραφήσεων	15-20	25-30
Αμφιθέατρα και χώροι ορχήστρας	15-20	25-30
Γυμναστήρια	45-55	55-65

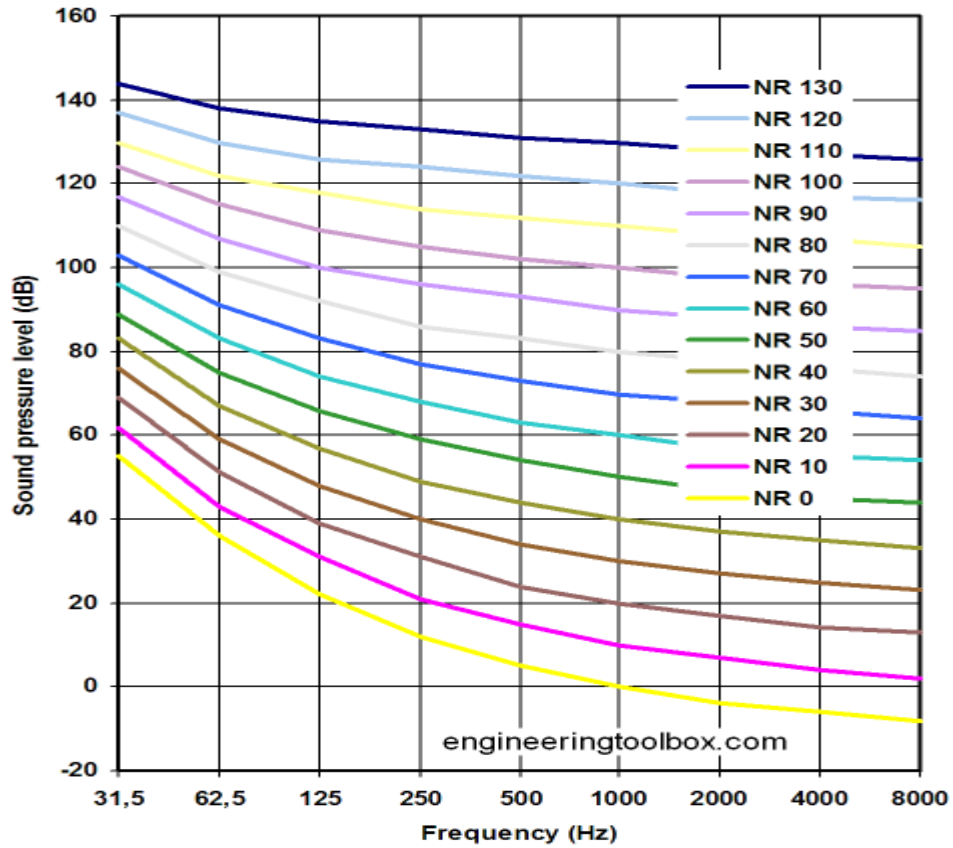
Πίνακας 1.1.. Προτεινόμενες καμπύλες θορύβου NC για διάφορους χώρους και αντιστοιχία στο ανάλογο ποσοστό θορύβου

Παραπάνω βλέπουμε τον πίνακα 1.1 με τιμές NC για σχολικές αίθουσες και ακλουθεί ο πίνακας 1.2 με προτεινόμενες τιμές NR για διάφορους χώρους καθώς και καμπύλες κατάταξης θορύβου NR και NC.

NR καμπύλη θορύβου	Εφαρμογή
10-20	Κλινικές, χώροι για ακουομετρία
20-25	Concert halls, opera houses, recital rooms
20-30	Σχολικές αίθουσες, Studios TV, χώροι διαλέξεων
25-35	Κινηματογράφοι, νοσοκομεία, μικροί χώροι διάλεξης
30-40	Γραφεία, βιβλιοθήκες, αίθουσες δικαστηρίων
35-45	Εστιατόρια, κφετερίες, bar
40-50	Γυμναστήρια, πισίνες
60-70	Χώροι εργασίας

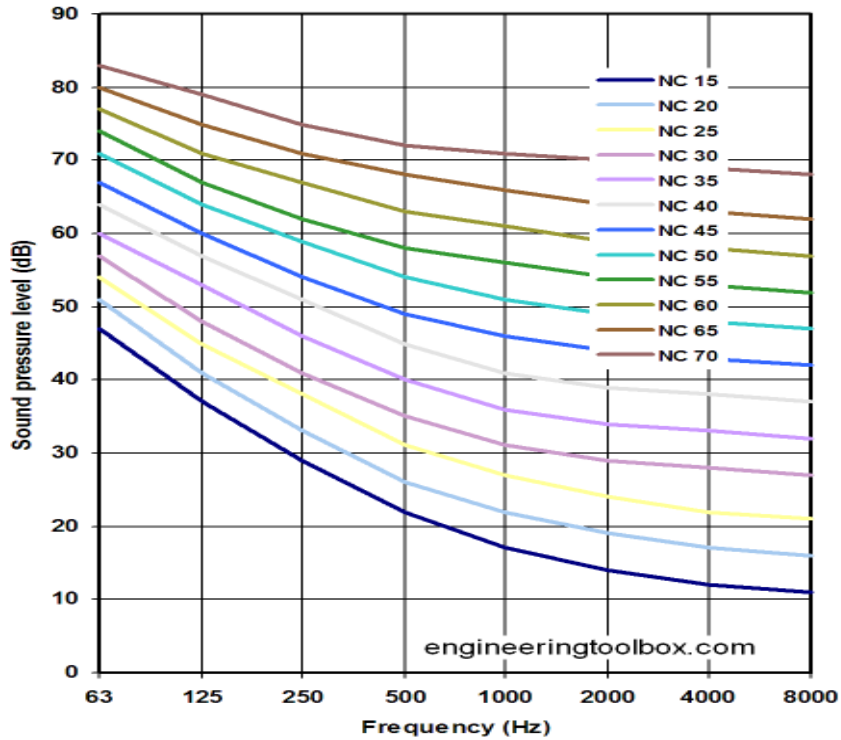
Πίνακας 1.2.. Προτεινόμενες καμπύλες θορύβου NR για διάφορους χώρους

Οι καμπύλες θορύβου NR:



Εικόνα 1.4.. Καμπύλες θορύβου NR

Και οι καμπύλες NC:



Εικόνα 1. 5.. Καμπύλες θορύβου NC

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει το χαρακτηρισμό των χώρων ανάλογα με την καμπύλη NR που αντιπροσωπεύει.

Χώρος	NR
Πολύ ήσυχος	<30
Ήσυχος	30
Σχετικά θορυβώδης	40
Θορυβώδης	50
Πολύ θορυβώδης	60

Πίνακας 1.3...Χαρακτηρισμος του χώρου ανάλογα με την καμπύλη NR

Κεφάλαιο 2

Προσδιορισμός απαιτήσεων και μεθοδολογία

Με βάση το Βρετανικό Πρότυπο BB93 «Acoustics for schools»

Εισαγωγή:

Ο σκοπός του προτύπου που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο είναι να διασφαλίσει ότι οι συνθήκες ακουστικής θα είναι κατάλληλες ώστε:

A). Να διευκολύνει τη λεκτική επικοινωνία μεταξύ μαθητών και καθηγητών αλλά και μεταξύ μαθητών.

B). Να μη δημιουργεί προβλήματα στις διδακτικές διαδικασίες.

Σε αυτό το πλαίσιο θα εξετασθεί η εξάρτηση από τις παραμέτρους:

- Στάθμες θορύβου βάθους σε άδειες αίθουσες.
- Ηχομείωση αερόφερτου θορύβου μεταξύ αιθουσών
- Ηχομείωση αερόφερτου θορύβου μεταξύ κοινόχρηστων χώρων των μαθητών
- Ηχομείωση κτυπογενούς θορύβου από τα δάπεδα.
- Αντήχηση σε αίθουσες διδασκαλίας και μελέτης.
- Ηχοαπορρόφηση σε διαδρόμους, χώρο εισόδου και σκάλες.
- Δείκτης καταληπτότητας σε γραφεία ανοικτού τύπου.

2.1 Στάθμες θορύβου βάθους σε αίθουσες

Εξετάζεται αρχικά ο θόρυβος βάθους διότι σχετίζεται άμεσα με την καταληπτότητα του λόγου και την επικοινωνία μεταξύ μαθητών και διδασκόντων. Υψηλά επίπεδα θορύβου βάθους έχει αποδειχθεί ότι σχετίζονται με μείωση της συγκέντρωσης και κατά συνέπεια οδηγούν σε πτώση της απόδοσης των μαθητών στα μαθήματα τους.

Εξετάζονται θόρυβοι που μεταδίδονται σε εσωτερικό χώρο και περιλαμβάνουν:

- Πηγές θορύβου εκτός των κτιριακών εγκαταστάσεων του σχολείου (μεταξύ των οποίων και θόρυβος από δρόμους, τη βροχή, τα αεροπλάνα, βιομηχανικά και εμπορικά κτίρια).
- Λειτουργίες εντός του σχολείου (συστήματα εξαερισμού, μηχανικές εγκαταστάσεις κ.τ.λ.) Αν μια αίθουσα έχει φυσικό εξαερισμό τότε τα παράθυρα ή οι αεραγωγοί πρέπει να θεωρούνται ανοιχτοί αρκετά ώστε να παρέχεται αρκετός εξαερισμός. Αν η αίθουσα είναι μηχανικά εξαεριζόμενη, θα πρέπει να θεωρείται ότι το στοιχείο λειτουργεί σε μέγιστη ισχύ.

Τα επίπεδα θορύβου βάθους σε εσωτερικό χώρο δεν περιλαμβάνουν και θορύβους που προέρχονται από:

- Δραστηριότητες διδασκαλίας εντός του σχολικού χώρου, που περιλαμβάνουν θόρυβο από το προσωπικό, τους μαθητές και τον εξοπλισμό εντός του κτιρίου ή του προαύλιου χώρου.
- Μηχανικά συστήματα που λειτουργούν εν ώρα εργασίας. Αυτά μπορεί να είναι π.χ. συστήματα εξαερισμού και ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Τα επίπεδα θορύβου που προκαλούν τα παραπάνω θα πρέπει όμως να μελετηθούν κατά την κατασκευή του κτιρίου.

- Θόρυβος προερχόμενος από τη βροχή και γενικότερα καιρικά φαινόμενα.

Παρατίθεται παρακάτω πίνακας με τα αναμενόμενα επίπεδα θορύβου ανάλογα με τη χρήση της αίθουσας και την απαιτούμενη ηχομείωση, καθώς και τα ανώτατα όρια θορύβου για σωστή χρήση του χώρου.

Τα επίπεδα θορύβου στον πίνακα 2,1 είναι ορισμένα σε $L_{Aeq} 30min$ το οποίο είναι οι μέσες τιμές θορύβου βάθους μετρημένες για 30 λεπτά. Οι τιμές αυτές αναφέρονται στα μέγιστα ισοδύναμα όρια σταθμισμένης πίεσης με φίλτρο A. Εξωγενείς παράγοντες θορύβου που οφείλονται σε ειδικούς περιστασιακούς παράγοντες μπορούν να πασαλειφθούν.

Τα επίπεδα θορύβου βάθους που αναφέρονται στον πίνακα 2,1 αναφέρονται σε άδειες αίθουσες.

Θόρυβοι που είναι ασυνεχείς και μεμονωμένοι τείνουν να είναι περισσότερο ενοχλητικοί από τους συνεχείς σε ίδια επίπεδα έντασης. Οπότε ο θόρυβος που παράγεται από μηχανικό εξοπλισμό εντός του κτιρίου θα πρέπει να είναι συνεχής και χωρίς στοιχεία τονικότητας. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να μειώνονται τουλάχιστον κατά 5 dB από τα ανώτατα όρια που ορίζονται.

Είδος Αίθουσας	Αναμενόμενος θόρυβος σε ώρες εργασίας (δωμάτιο εκπομπής)	Ανάγκη για ηχομείωση (δωμάτιο λήψης)	Ανώτατο όριο θορύβου Laeq, 30min
Χώροι παιχνιδιού νηπιαγωγείων	Υψηλός	Μεγάλη	35
Ήσυχα δωμάτια νηπιαγωγείων	Χαμηλός	Μεγάλη	35
Αίθουσες δημοτικών σχολείων	Μεσαία επίπεδα	Μεγάλη	35
Αίθουσες γυμνασίων-λυκείων	Μεσαία επίπεδα	Μεγάλη	35
Αίθουσες διδασκαλίας ανοιχτού τύπου	Μεσαία επίπεδα	Μεσαία	40
Χώροι μουσικής			
Αίθουσες μουσικής	Πολύ υψηλός	Μεγάλη	35
Μικροί χώροι εξάσκησης	Πολύ υψηλός	Μεγάλη	35
Χώροι ορχήστρας	Πολύ υψηλός	Πολύ Μεγάλη	30
Αίθουσες συναυλιών	Πολύ υψηλός	Πολύ Μεγάλη	30
Studio ηχογράφησης	Πολύ υψηλός	Πολύ Μεγάλη	30
Control rooms των studios	Υψηλός	Μεγάλη	35
Χώρος διαλέξεων			
Μικρός (λιγότερο από 50 άτομα)	Μεσαία επίπεδα	Μεγάλη	35
Μεγάλος (περισσότερο από 50 άτομα)	Μεσαία επίπεδα	Πολύ Μεγάλη	30
Αίθουσες ειδικά σχεδιασμένες για μαθητές με προβλήματα ακοής	Μεσαία επίπεδα	Πολύ Μεγάλη	30
Αίθουσες μελέτης (μελέτης μαθητών, προετοιμασίας διδασκόντων)	Χαμηλός	Μεγάλη	35
Βιβλιοθήκες			
Περιοχές ησυχίας	Χαμηλός	Μεγάλη	35
Περιοχές συνάντησης και μελέτης	Μεσαία επίπεδα	Μεσαία	40
Εργαστήρια φυσικής	Μεσαία επίπεδα	Μεσαία	40
Αίθουσες θεάτρου	Υψηλός	Πολύ μεγάλη	30
Αίθουσες συνελεύσεων, πολυμορφικοί χώροι, προβολής ταινιών)	Υψηλός	Μεγάλη	35
Αίθουσες χορού	Υψηλός	Μεσαία	40
Γυμναστήρια	Υψηλός	Μεσαία	40
Χώροι πισίνας	Υψηλός	Μεγάλη	50
Εστιατόρια, χώροι εστίασης	Υψηλός	Μεγάλη	45
Γραφεία, χώροι διδακτικού προσωπικού	Μεσαία επίπεδα	Μεσαία	40
Διάδρομοι, σκάλες	Υψηλός	Μεσαία	45

Πίνακας 2,1.. Επίπεδα θορύβου και ανάγκη ηχομείωσης (BB93)

2.2.1 Ηχομείωση αερόφερτου θορύβου μεταξύ αιθουσών

Η ηχομόνωση είναι απαραίτητη ειδικά σε χώρους όπως τα σχολικά κτίρια μιας και υπάρχει αυξημένη παραγωγή θορύβου. Αν ο θόρυβος αυτός μεταδίδεται από αίθουσα σε αίθουσα προκαλείται αύξηση του θορύβου βάθους σε κάθε αίθουσα με όλες τις δυσάρεστες συνέπειες που προαναφέρθηκαν. Άρα στόχος είναι η μείωση του μεταδιδόμενου θορύβου από τοίχους και πόρτες.

Ο πίνακας 2.2 παρακάτω παραθέτει τα ελάχιστα όρια ηχομείωσης αερόφερτου θορύβου που απαιτούνται μεταξύ αιθουσών.

		Επίπεδα θορύβου στο δωμάτιο εκπομπής			
		Χαμηλά	Μεσαία	Υψηλά	Πολύ Υψηλά
Ανοχή θορύβου στο δωμάτιο λήψης	Καλή	30	35	45	55
	Μεσαία	35	40	50	55
	Χαμηλή	40	45	55	55
	Πολύ χαμηλή	45	50	55	60

Πίνακας 2.2..Συσχέτιση ανοχής θορύβου στο δωμάτιο λήψης με επίπεδα θορύβου εκπομπής (BB93)

Οι στάθμες αυτές καθορίζονται από τα επίπεδα θορύβου στο δωμάτιο-πηγή και από αυτά που μεταδίδονται στο δωμάτιο λήψης. Η απαιτούμενη ηχομόνωση εκφράζεται μέσω της κανονικοποιημένης διαφοράς στάθμης ανάμεσα σε δυο δωμάτια. $DnT(T_{mf,max})$ και λαμβάνει υπόψη την τιμή αναφοράς του χρόνου αντήχησης στο δωμάτιο λήψης.

$$DnT(T_{mf,max}) = D + 10\log(T/T_{mf,max}) \text{ dB}$$

Όπου:

D: η διαφορά στάθμης

T:ο χρόνος αντήχησης στο δωμάτιο λήψης

$T_{mf,max}$: η τιμή αναφοράς για το χρόνο αντήχησης είναι ίση με το ανώτατο όριο T_{mf} που δίδεται στον πίνακα 2,5 παρακάτω ανάλογα με το είδος του χώρου όπου γίνονται οι μετρήσεις.

Οι μετρήσεις σύμφωνα με το πρότυπο γίνονται σε οκτάβα ή ένα τρίτο οκτάβας στη συνέχεια σταθμίζονται και παρουσιάζονται ως μονοδιάστατη ποσότητα. Η μέτρηση αυτή πρέπει να γίνει και στα δωμάτια λήψης-πηγής με εναλλαγή καθώς η τιμή της αλλάζει ανάλογα με τον όγκο του χώρου.

2.2.2. Ηχομείωση θορύβου μεταξύ χώρων κυκλοφορίας και συνάθροισης

Ο στόχος είναι η μείωση του αερόφερτου θορύβου σε χώρους κίνησης και συνάθροισης των μαθητών.

Στον πίνακα 2.3 παρατίθενται οι ελάχιστες τιμές ηχομόνωσης για αερόφερτο θόρυβο είτε από επιφάνειες τοίχου είτε από επιφάνειες πορτών και συστημάτων εξαερισμού.

Χώροι που χρησιμοποιούν μαθητές	Minimum Rw (dB) Wall including Any glazing	Doorset	Minimum Dn,e,w - 10logN (dB)
Αίθουσες διαφόρων χρήσεων	40	30	39
Αίθουσες Μουσικής	45	35	45

Πίνακας 2.3.. Τιμές ηχομόνωσης σε dB για χώρους σε σχολεία (BB93)

Από τον πίνακα εξαιρούνται:

- Διάδρομοι υπηρεσίας που δε χρησιμοποιούνται από μαθητές
- Αίθουσες αναμονής που οδηγούν σε χώρους που χρησιμοποιούν μαθητές και έχουν υψηλή ανοχή σε θόρυβο

Οι τιμές αναφοράς έχουν οριστεί από εργαστηριακές μετρήσεις εξαιτίας της δυσκολίας του καθορισμού με ακρίβεια της ηχοαπορρόφησης μεταξύ αιθουσών και διαδρομών ή χώρων σκάλας

2.3 Ηχομείωση κτυπογενούς θορύβου

Στόχος είναι η μείωση του κτυπογενούς θορύβου που μεταφέρεται μέσω του πατώματος.

Ο πίνακας 2.4 παρακάτω περιέχει τις ανώτατες συνιστώμενες σταθμισμένες κτυπογενούς θορύβου $L_nT(T_{mf,max}),w$ για αίθουσες διάφορων ειδών και χρήσεων.

Οι τιμές της $L_nT(T_{mf,max}),w$ ανταποκρίνονται στις τιμές αναφοράς του BB93 για το χρόνο αντήχησης στο δωμάτιο λήψης:

$$L_nT(T_{mf,max}) = L_i - 10\log(T_{mf}/max) \text{ db}$$

Όπου:

L_i : η στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς θορύβου

T : ο χρόνος αντήχησης στο δωμάτιο λήψης

$T_{mf,max}$: : η τιμή αναφοράς για το χρόνο αντήχησης που είναι ίση με το ανώτατο όριο T_{mf} που δίδεται στον πίνακα 2,5 παρακάτω ανάλογα με το είδος του χώρου όπου γίνονται οι μετρήσεις.

Οι μετρήσεις σύμφωνα με το πρότυπο γίνονται σε οκτάβα ή τριτοκτάβα στη συνέχεια σταθμίζονται και παρουσιάζονται ως αριθμητική ποσότητα.

Η ηχομόνωση για κτυπογενή θόρυβο θα πρέπει να μετράται και να σχεδιάζεται χωρίς να υπάρχουν μονωτικά υλικά στο χώρο όπως χαλιά, αφρώδη και άλλα μονωτικά υλικά, εκτός αν αυτά βρίσκονται στο εσωτερικό της κατασκευής των τοίχων και πατωμάτων.

Type of room (receiving room)	Maximum weighted BB93 standardised impact sound pressure level L'Nt(Tmf,max),w
Χώροι παιχνιδιού νηπιαγωγείων	65
Ήσυχά δωμάτια νηπιαγωγείων	60
Αίθουσες δημοτικών σχολείων	60
Αίθουσες γυμνάσιων-λυκείων	60
Αίθουσες διδασκαλίας ανοιχτού τύπου	60
Χώροι μουσικής	
Αίθουσες μουσικής	55
Μικροί χώροι εξάσκησης	55
Χώροι ορχήστρας	55
Αίθουσες συναυλιών	55
Studio ηχογράφησης	55
Control rooms των studios	55
Χώρος διαλέξεων	
Μικρός (λιγότερο από 50 άτομα)	60
Μεγάλος (περισσότερο από 50 άτομα)	55
Αίθουσες ειδικά σχεδιασμένες για μαθητές με προβλήματα ακοής	55
Αίθουσες μελέτης (μελέτης μαθητών, προετοιμασίας διδασκόντων)	60
Βιβλιοθήκες και διάφοροι χώροι	
Περιοχές ησυχίας	60
Περιοχές συνάντησης και μελέτης	60
Εργαστήρια φυσικής	65
Αίθουσες θεάτρου	55
Αίθουσες συνελεύσεων, πολυμορφικοί χώροι, προβολής ταινιών)	60
Αίθουσες χορού	60
Γυμναστήρια	65
Χώροι πισίνας	65
Εστιατόρια, χώροι εστίασης	65
Γραφεία, χώροι διδακτικού προσωπικού	65
Διάδρομοι, σκάλες	65

Πίνακας 2,4...Ανώτατες στάθμες κτυπογενούς θορύβου για διάφορους χώρους (BB93)

2.4 Χρόνος Αντήχησης

Στόχος είναι να παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος αντήχησης ώστε να επιτυγχάνεται:

A). Καλή λεκτική επικοινωνία μεταξύ μαθητών και διδασκόντων και μεταξύ των ίδιων των μαθητών στις αίθουσες διδασκαλίας, και

B) Αποδοτική διδασκαλία της μουσικής και μουσικές εκτελέσεις σε ειδικούς χώρους.

Στον πίνακα 2.5 παρέχονται οι συνιστώμενοι χρόνοι αντήχησης στις μεσαίες συχνότητες για αίθουσες που είναι χωρίς επίπλωση και χωρίς μαθητές. Οι τιμές αυτές παρατίθενται σε T_{mf} , το αριθμητικό μέσο των χρόνων αντήχησης στις συχνότητες 500Hz, 1kHz και 2kHz.

Type of room (receiving room)	T_{mf} (seconds)
Χώροι παιχνιδιού νηπιαγωγείων	<0,6
Ήσυχα δωμάτια νηπιαγωγείων	<0,6
Αίθουσες δημοτικών σχολείων	<0,6
Αίθουσες γυμνάσιων-λυκείων	<0,8
Αίθουσες διδασκαλίας ανοιχτού τύπου	<0,8
Χώροι μουσικής	
Αίθουσες μουσικής	<1,0
Μικροί χώροι εξάσκησης	<0,8
Χώροι ορχήστρας	0,6 - 1,2
Αίθουσες συναυλιών	1,0 - 1,5
Studio ηχογράφησης	0,6 - 1,2
Control rooms των studios	<0,5
Χώροι διαλέξεων	
Μικρός (λιγότερα από 50 άτομα)	<0,8
Μεγάλος (περισσότερα από 50 άτομα)	<1,0
Αίθουσες ειδικά σχεδιασμένες για μαθητές με προβλήματα ακοής	<0,4
Αίθουσες μελέτης (μελέτης μαθητών, προετοιμασίας διδασκόντων)	<0,8
Βιβλιοθήκες και διάφοροι χώροι	
Περιοχές ησυχίας	<1,0
Περιοχές συνάντησης και μελέτης	<1,0
Εργαστήρια φυσικής	<0,8
Αίθουσες θεάτρου	<1,0
Αίθουσες συνελεύσεων, πολυμορφικοί χώροι, προβολής ταινιών)	0,8 - 1,2
Αίθουσες χορού	< 1,2
Γυμναστήρια	<1,5
Χώροι πισίνας	<2,0
Εστιατόρια, χώροι εστίασης	<1,0
Γραφεία, χώροι διδακτικού προσωπικού	<1,0
Διάδρομοι, σκάλες	<1,5

Πίνακας 2,5..Συνιστώμενες τιμές χρόνου αντήχησης (T_{mf}) BB93

2.5 Ηχοαπορρόφηση σε χώρους κυκλοφορίας

Στόχος είναι η απορρόφηση του θορύβου στους χώρους διαδρόμων και σκάλας ώστε να μη δημιουργεί προβλήματα στις κοντινές αίθουσες διδασκαλίας ή μελέτης. Αυτό που απαιτείται είναι να χρησιμοποιηθούν επιπλέον ηχοαπορροφητικά υλικά σε διαδρόμους, χώρους εισόδου και στις σκάλες.¹

2.6 Δείκτης Καταληπτότητας

Στόχος είναι να εξασφαλιστεί καλή επικοινωνία μεταξύ διδάσκοντα και μαθητή και μεταξύ των μαθητών στους χώρους ανοιχτού τύπου.

Για τους κλειστούς χώρους διδασκαλίας μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητικός δείκτης καταληπτότητας μέσω του προσδιορισμού του θορύβου βάθους, της ηχοαπορρόφησης και του χρόνου αντήχησης. Οι χώροι ανοιχτού σχεδιασμού (open plan) όπου συγκεντρώνονται διαφορετικές ομάδες που δρουν συγχρόνως ξεχωριστά είναι πιο σύνθετοι ακουστικά οπότε και απαιτούν περαιτέρω μελέτη.

Οι χώροι αυτοί σχεδιάζονται για να υπάρχει μια ελαστικότητα σχετικά με το πώς θα χρησιμοποιηθούν σε μαθησιακές διεργασίες, οπότε και δεν υπάρχει συγκεκριμένο πλάνο χρήσης τους πριν να λειτουργήσει το σχολείο. Αυτό δυσχεραίνει τον προσδιορισμό του δείκτη καταληπτότητας που απαιτείται. Κατά το σχεδιασμό του κτιρίου θα πρέπει να προσδιοριστεί η πιθανότερη διάταξη για τέτοιους χώρους και πιο συγκεκριμένα:

-Η θέση από την οποία ο διδάσκοντας θα μιλάει στις ομάδες των μαθητών.

¹ Τα κοινά ηχοαπορροφητικά υλικά συνήθως απορροφούν περισσότερο τις ψηλές συχνότητες με αποτέλεσμα ο χρόνος αντήχησης να είναι μεγαλύτερος στις χαμηλές συχνότητες. Σε αίθουσες που η χρήση του λόγου είναι σημαντική ο χρόνος αντήχησης στις συχνότητες 125Hz και 250Hz μπορεί να αυξάνεται στις χαμηλότερες συχνότητες με τιμές που δεν ξεπερνούν το 30%.

Για πολύ μεγάλους χώρους και αίθουσες συναθροίσεων που χρησιμοποιούνται κυρίως για μουσική χωρίς ενίσχυση και όχι για ομιλία, δεν επαρκεί η μελέτη μόνο με βάση το χρόνο αντήχησης και απαιτούνται πιο εξειδικευμένες μέθοδοι.

-Οι θέσεις στις οποίες θα βρίσκονται οι μαθητές και οι διδάσκοντες κάθε ομάδας ή τάξης.

-Οι προκαθορισμένες θέσεις των τμημάτων των μαθητών στο χώρο.

Το πλάνο δραστηριοτήτων θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει:

-Τον αριθμό των δασκάλων που θα διεξάγουν ομιλίες στους μαθητές κάθε φορά.

-Τον αριθμό των μαθητών που θα εμπλέκονται σε συζήτηση κάθε φορά.

-Τον αριθμό των ατόμων που θα κινούνται στους διαδρόμους του χώρου κατά την ώρα της διδασκαλίας

-Οποιοδήποτε μηχανικό σύστημα (σύστημα εξαερισμού, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές) που θα βρίσκονται μέσα στο χώρο.

Το πλάνο δραστηριοτήτων είναι χρήσιμο για να καθοριστεί τόσο το επίπεδο του θορύβου βάθους από τις δραστηριότητες διδασκαλίας εντός του χώρου αλλά και τα επίπεδα του μεταδιδόμενου θορύβου στις γειτονικές αίθουσες.

Ένα μοντέλο πρόβλεψης από ηλεκτρονικό υπολογιστή θα ήταν κατάλληλο για τον προσδιορισμό του δείκτη μετάδοσης λόγου (STI) και τα επίπεδα θορύβου που αναφέρθηκαν παραπάνω να χρησιμοποιηθούν σαν θόρυβος βάθους. Ο προσδιορισμός του STI βάσει του προτύπου φαίνεται στον πίνακα 2,6 το οποίο δίνει μια τιμή που κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 1,0 διαβαθμίζοντας το χώρο ακουστικά από άριστο μέχρι καλό.

Η προτεινόμενη τιμή για το STI στον πίνακα 2,6 που ακολουθεί υποδεικνύει κατά βάση ότι οι χώροι ανοιχτού τύπου δημιουργούνται στα σχολεία μόνο αν αποδεικνύεται ότι η διάταξη λειτουργίας τους συμφωνεί με το πρότυπο. Με βάση κάποια πλάνα λειτουργικότητας δεν είναι δυνατή η επίτευξη της τιμής αυτής του δείκτη μετάδοσης λόγου. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να επανεξεταστεί η αναγκαιότητα δημιουργίας αυτού του τύπου αίθουσας στο σχολείο, αν παρ' όλ' αυτά κριθεί αναγκαία τότε θα πρέπει να εξεταστεί η χρήση κινητών διαχωρισμάτων τοίχου για τις θέσεις κάθε τμήματος μαθητών στο χώρο.

Είδος αίθουσας	Δείκτης μετάδοσης λόγου (STI) Speech transmission index
Χώροι ανοιχτού τύπου	>0,6

Πίνακας 2,6.. Δείκτης STI για χώρους ανοιχτού σχεδιασμού (BB93)

2.7 Απαιτήσεις Ακουστικής Μελέτης

Κάθε κτιριακή εγκατάσταση σχολείου μπορεί να συμμορφωθεί με το πρότυπο ακολουθώντας μια διαδικασία μελέτης, σχεδιασμού και υπολογισμών όπως περιγράφεται παρακάτω. Κάθε μελέτη θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Εκτίμηση του ανώτατου θορύβου βάθους $L_{Aeq,30min}$ σε κάθε χώρο ξεχωριστά και την σύγκρισή του με τις τιμές του πίνακα 1,2.
- Την εκτιμώμενη κανονικοποιημένη διαφορά στάθμης BB93, $DnT(T_{mf,max})$ και την κατάλληλη ελάχιστη τιμή της από τον πίνακα 1,2.
- Την προτεινόμενη τιμή του R_w για τις ενδιάμεσες επιφάνειες τοίχου και το $D_{n,e,w} - 10 \log N$ για τα συστήματα εξαιρισμού στους διαδρόμους και σε κοινόχρηστους χώρους.
- Τις εκτιμώμενες κανονικοποιημένες τιμές για την ηχητική πίεση κτυπογενούς θορύβου $L_nT(T_{mf,max}),w$ για τις επιφάνειες πατώματος σε σχέση με τα ανώτατα όρια του πίνακα 1,4
- Τις τιμές του χρόνου αντήχησης στις μεσαίες συχνότητες T_{mf} για κάθε αίθουσα ξεχωριστά και το κατάλληλο εύρος τιμών του πίνακα 1,5.
- Τα προτεινόμενα επιπλέον μέτρα ηχοαπορρόφησης για διαδρόμους και χώρους εισόδου.
- Για τις αίθουσες ανοιχτού τύπου το εκτιμώμενο εύρος τιμών του STI αλλάζουν όταν πρόκειται για επικοινωνία μεταξύ μαθητών και επικοινωνία μεταξύ μαθητών και διδασκόντων.

Οι βοηθητικές πληροφορίες θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

- Λεπτομέρειες κατασκευής και διευκρινίσεις για τα υλικά δόμησης του εξωτερικού περιβλήματος του κτιρίου.

- Υπολογισμούς της ηχομονώσης $DnT(T_{mf,max}),w$ και $L_nT(T_{mf,max}),w$
- Υπολογισμός της επιφάνειας που θα πρέπει να καλυφτεί με ηχοαπορροφητικά υλικά στις σκάλες, τους διαδρόμους και τους χώρους εισόδου.
- Μετρήσεις ηχοαπορροφητικής ικανότητας από πιστοποιημένο εργαστήριο.
- Διάταξη λειτουργίας και πλάνο δραστηριοτήτων για τους χώρους ανοιχτού σχεδιασμού.

2.8 Παραλαβή προς χρήση - Έλεγχοι και δοκιμές

Για να εξασφαλιστεί η εφαρμογή των τιμών του πίνακα 2,1 σχετικά με το θόρυβο βάρους θα πρέπει να γίνουν μετρήσεις τουλάχιστον στο $\frac{1}{4}$ των αιθουσών διδασκαλίας και επίσης να γίνουν μετρήσεις στις αίθουσες που λόγω θέσης είναι εκτεθειμένες σε περισσότερο θόρυβο. Οι αίθουσες πρέπει να είναι έτοιμες για χρήση, χωρίς μαθητές και μπορεί να είναι είτε επιπλωμένες είτε χωρίς επίπλωση. Η διαδικασία των μετρήσεων θα πρέπει να γίνει σε ώρες όπου τα επίπεδα θορύβου είναι αντιπροσωπευτικά των καθημερινών συνθηκών εν ώρα λειτουργίας του σχολείου.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θα πρέπει:

- Τα μηχανικά συστήματα του κτιρίου (συστήματα εξαερισμού κλπ) να είναι σε λειτουργία
- Σε αίθουσες με φυσικό εξαερισμό τα παράθυρα θα πρέπει να είναι ανοιχτά ή όπως ακριβώς είναι κατά τη διάρκεια των διδακτικών ωρών.
- Θα πρέπει να είναι μονό ένα άτομο παρών ενώ διεξάγονται οι μετρήσεις.
- Οι καιρικές συνθήκες θα πρέπει να είναι σχετικά χωρίς υγρασία.

Οι μετρήσεις του $L_{Aeq,T}$ θα πρέπει να γίνονται τουλάχιστον σε απόσταση ενός μέτρου από κάθε επιφάνεια μέσα στο χώρο και σε ύψος 1,2 μέτρων από το πάτωμα σε τουλάχιστον τρεις θέσεις που είναι συνήθως κατειλημμένες κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

Όταν οι διακυμάνσεις στο θόρυβο είναι αμελητέες κατά τη διάρκεια των ωρών διδασκαλίας τότε οι μετρήσεις του LAeq,T για χρονικά διαστήματα μικρότερα των 30 λεπτών μπορούν να δώσουν ικανοποιητικό αποτέλεσμα, για παράδειγμα LAeq,5min. Αντίθετα αν υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις στα επίπεδα θορύβου που να οφείλονται σε ασυνεχείς θορύβους όπως ήχοι από αεροπλάνα, τρένα, οι μετρήσεις θα πρέπει να γίνουν για περισσότερο χρόνο από αυτό των 30 λεπτών.

Για να διαπιστωθεί αν υπάρχει συμφωνία με τις τιμές του πίνακα 2,2 μετρήσεις για την ηχομόνωση του αερόφερτου θορύβου θα πρέπει να γίνονται σε αίθουσες γειτονικές κατά τον οριζόντιο και κάθετο άξονα όταν αυτές χρησιμοποιούνται είτε για διδασκαλία είτε για μελέτη. Τουλάχιστον το ¼ αυτών των αιθουσών θα πρέπει να ελεγχθεί. Οι μετρήσεις θα πρέπει να γίνουν κατά προτεραιότητα στις αίθουσες με την πιο έντονη ανάγκη για ηχοαπορρόφηση.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων το σύστημα εξαερισμού ή τα παράθυρα θα πρέπει να είναι ανοιχτά ώστε να παρέχουν τα συνηθισμένα κατά τις ώρες λειτουργίας του σχολείου επίπεδα θορύβου τόσο για το δωμάτιο λήψης όσο και για το δωμάτιο εκπομπής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ερωτηματολόγια και ανάλυση απαντήσεων

Εισαγωγή

Τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν σε μαθητές και δασκάλους του τριακοστού δημοτικού σχολείου Ηρακλείου. Δημιουργήθηκαν δύο ξεχωριστοί τύποι ερωτηματολογίων ώστε να μπορούν τα παιδιά αφενός να κατανοήσουν τις ερωτήσεις και αφετέρου να δείξουν ενδιαφέρον και να απαντήσουν με συνέπεια. Το κομμάτι αυτό της έρευνας πρέπει να σημειωθεί ότι έγινε πριν από το βασικό όγκο των μετρήσεων για την καταγραφή των ακουστικών παραμέτρων του κτιρίου και η υποκειμενική εκτίμηση από τους χρηστές του σχολείου προηγήθηκε της αντικειμενικής αξιολόγησης. Πρωταρχικά μοιράστηκαν στους μαθητές που βρίσκονταν στις υπό μελέτη αίθουσες, δηλαδή στις αίθουσες οκτώ, εννέα και εργαστηρίου φυσικής και έπειτα συμπληρωματικά σε άλλες τρεις αίθουσες κατόπιν εκδήλωσης ενδιαφέροντος από τους εκπαιδευτικούς.

Ο συνολικός αριθμός των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν εκατόν δεκαεπτά ενώ οι ηλικίες των παιδιών ήταν μεταξύ εννέα και δώδεκα ετών. Οι ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο που απευθύνονταν στα παιδιά ήταν στοχευόμενες ώστε να εκμαιεύσουμε μέσα από τις απαντήσεις την αξιολόγηση τους για ακουστικές παραμέτρους του κτιρίου χωρίς να γίνει σαφώς αναφορά σε ορολογία ακουστικής. Οι ποσότητες που διαπραγματεύονται μέσα από τις ερωτήσεις είναι ο θόρυβος βάθους, ο χρόνος αντήχησης, οι δείκτες STI και RASTI καθώς και η ηχομονωτική ικανότητα των διαχωριστικών τοιχωμάτων του κτιρίου.

Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν δεκαοκτώ στον αριθμό. Στα ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν στους εκπαιδευτικούς οι ερωτήσεις ήταν ξεκάθαρες σχετικά με το αντικείμενο της μελέτης αλλά και πάλι χωρίς εξειδικευμένη ορολογία. Ακολουθεί πίνακας με τις αίθουσες όπου μοιράστηκαν ερωτηματολόγια και τις ηλικίες των παιδιών που απάντησαν και ανάλυση των ερωτήσεων και των αποτελεσμάτων:

Αίθουσα 9	Παιδιά 12 ετών
Αίθουσα 8	Παιδιά 12 ετών
Αίθουσα 6	Παιδιά 11 ετών
Αίθουσα 12	Παιδιά 9 ετών
Αίθουσα 11	Παιδιά 9 ετών
Αίθουσα εργαστηρίου φυσικής	Παιδιά 11 ετών

Πίνακας 3.1.. Διανομή ερωτηματολογίων

3.1 Ερωτηματολόγιο μαθητών

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ είναι συγκεντρωτικά και αναλυτικά. Στους πίνακες υπάρχει και συνολικός αριθμός για κάθε απάντηση (τελευταία στήλη) ώστε να παρέχεται μία συνολική εικόνα για το σχολείο, αλλά και αναλυτικά η κατανομή των απαντήσεων ανά αίθουσα για να εξακριβωθεί -κατά την κρίση των μαθητών πάντα- ποιες είναι οι αίθουσες που έχουν προβλήματα ακουστικής φύσεως. Ακολουθούν και τα αντίστοιχα διαγράμματα.

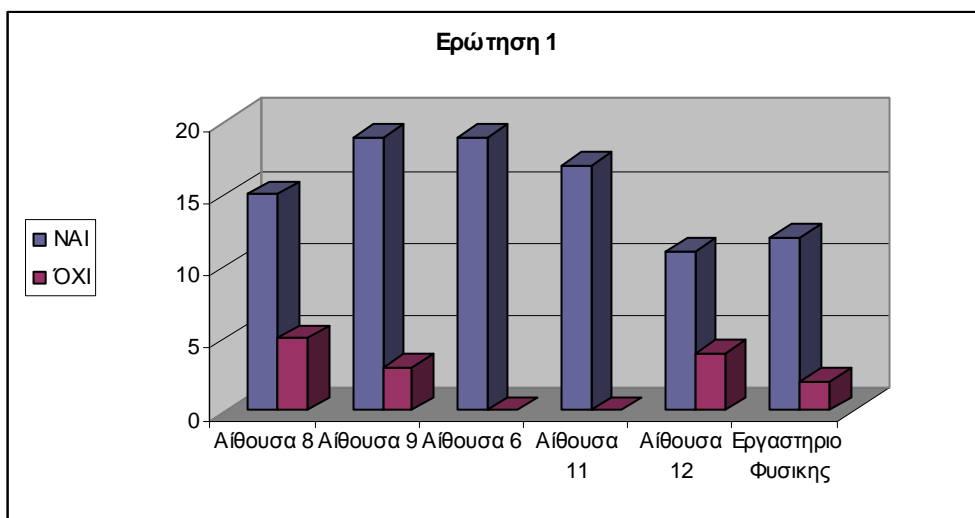
Η πρώτη ερώτηση αποτελείται από δύο σκέλη. Το πρώτο σκέλος αφορά απλώς την αξιολόγηση του ακουστικού περιβάλλοντος των αιθουσών και κατ' επέκταση του κατά πόσο παρέχεται στους μαθητές το κατάλληλο περιβάλλον για τις μαθησιακές λειτουργίες.

Η ερώτηση ήταν διατυπωμένη ως εξής:

«Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων σας ενόχλησαν θόρυβοι;»

Ερώτηση 1 - Ανάγκη για ηχομείωση							
	Αίθουσα 8	Αίθουσα 9	Αίθουσα 6	Αίθουσα 11	Αίθουσα 12	Εργαστήριο Φυσικής	ΣΥΝΟΛΟ
ΝΑΙ	15	19	19	17	11	12	93
ΌΧΙ	5	3	0	0	4	2	14

Πίνακας 3.2.. Ερώτηση 1 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών



Διάγραμμα 3. 6.. Ερώτηση 1 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών

Παρατηρούμε από τα αποτελέσματα ότι το ακουστικό περιβάλλον αξιολογείται από τους μαθητές ως θορυβώδες με τη συντριπτική πλειοψηφία των παιδιών να δηλώνει ότι ενοχλείται από θορύβους κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

Στο δεύτερο σκέλος ζητείται από τους μαθητές να δώσουν μία πιο συγκεκριμένη απάντηση σχετικά με την πηγή του θορύβου βάθους που έχουν εντοπίσει ότι αποτελεί πρόβλημα. Αρχικά η πηγή ενόχλησης έχει χωριστεί σε δύο σκέλη, το θόρυβο που προέρχεται μέσα από το κτίριο του σχολείου (Α) και το θόρυβο που προέρχεται από εξωτερικούς παράγοντες (Β).

Ερώτηση 2 - Τι είδους θόρυβος δημιουργεί ενόχληση							
	Αίθουσα 8	Αίθουσα 9	Αίθουσα 6	Αίθουσα 11	Αίθουσα 12	Εργαστήριο Φυσικής	ΣΥΝΟΛΟ
A	17	6	17	9	6	22	77
B	17	15	16	17	15	19	99

Πίνακας 3.3.. Ερώτηση 2 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών

Βλέπουμε ότι οι απαντήσεις είναι σχεδόν ομοιόμορφα μοιρασμένες. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις ερωτήσεις αυτές τα παιδιά μπορούσαν να επιλέξουν και παραπάνω από μία απάντηση, έτσι εξηγείται και ο συνολικός αριθμός απαντήσεων 176 ενώ το σύνολο των παιδιών ήταν 117, γεγονός που υποδεικνύει ότι πολλοί μαθητές θεωρούν ότι υπάρχει θόρυβος τόσο εντός όσο και εκτός του σχολείου τους.

Η ερώτηση ήταν διατυπωμένη ως εξής:

A). Θόρυβος που προερχόταν εκτός του σχολείου

Μπορείτε να επιλέξετε και παραπάνω από μία απαντήσεις αν θέλετε.

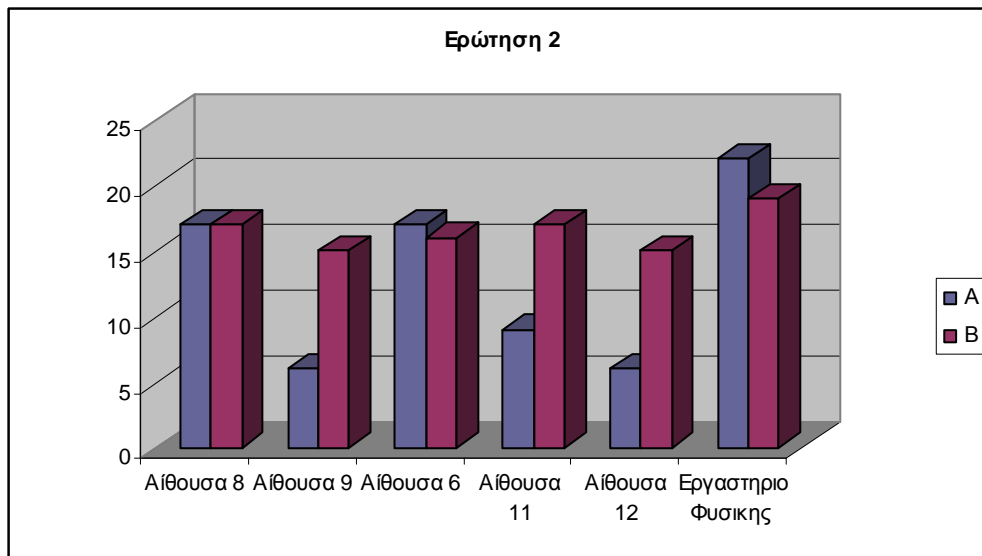
1. Θόρυβος αυτοκίνητων
2. Θόρυβος αεροπλάνων.
3. Άλλο. Τι;;.....

B). Θόρυβος μέσα από το σχολείο.

1. Φωνές συμμαθητών που βρίσκονται στην αυλή.
2. Θόρυβος από τους διαδρόμους έξω από την αίθουσα

Στο πρώτο κομμάτι όλα σχεδόν τα παιδιά έδωσαν την απάντηση ότι ο εξωγενής παράγοντας θορύβου είναι τα αυτοκίνητα.

Ακολουθεί και το αντίστοιχο διάγραμμα:

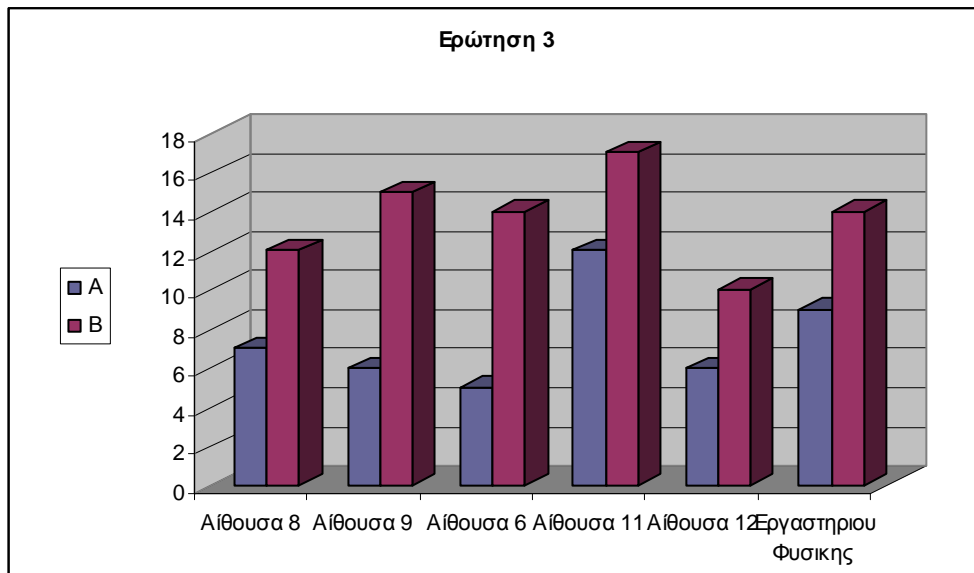


Διάγραμμα 3.2.. Ερώτηση 2 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών

Στο δεύτερο μέρος της ερώτησης αυτής σχετικά με τον εντοπισμό του θορύβου εντός του σχολικού συγκροτήματος βλέπουμε την υποκειμενική εκτίμηση σχετικά με του που θα χρειαζόταν ίσως βελτίωση της ηχομονωτικής ικανότητας του κτιρίου.

Ερώτηση 3 - Από που εντοπίζεται να προέρχεται ο εσωτερικός θόρυβος							
	Αίθουσα 8	Αίθουσα 9	Αίθουσα 6	Αίθουσα 11	Αίθουσα 12	Εργαστηρίου Φυσικής	ΣΥΝΟΛΟ
A	7	6	5	12	6	9	45
B	12	15	14	17	10	14	82

Πίνακας 3.4.. Ερώτηση 3 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών



Διάγραμμα 3.3.. Ερώτηση 3 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών

Παρατηρούμε ότι σχεδόν διπλάσιος αριθμός μαθητών πιστεύει ότι ο θόρυβος που δημιουργεί ενόχληση προέρχεται από τους διαδρόμους. Οπότε βασισμένοι στην υποκειμενική εκτίμηση καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα εσωτερικά διαχωριστικά τοιχώματα και οι πόρτες των αιθουσών πιθανόν να χρήζουν ηχομονωτικής αναβάθμισης.

Στην ερώτηση για το αν υπάρχει μετάδοση θορύβου από διπλανές αίθουσες οι απαντήσεις των μαθητών είναι σχετικά συγκεχυμένες αν και η πλειοψηφία των απάντησε «πολύ συχνά» και «αρκετά συχνά». Αν και ένα σημαντικό ποσοστό απάντησε «σπάνια» τα αποτελέσματα να είναι ξεκάθαρα αν μελετήσουμε την κάθε αίθουσα ξεχωριστά. Όπως διαπιστώθηκε η διαφοροποίηση αυτή δεν οφείλεται σε διαφορετικότητα των ακουστικών

χαρακτηριστικών κάποιας αίθουσας αλλά σε διαφορετικές συνθήκες θορύβου κάποιων τάξεων παιδιών που προκαλούν πρόβλημα θορύβου σε γειτονικές αίθουσες.

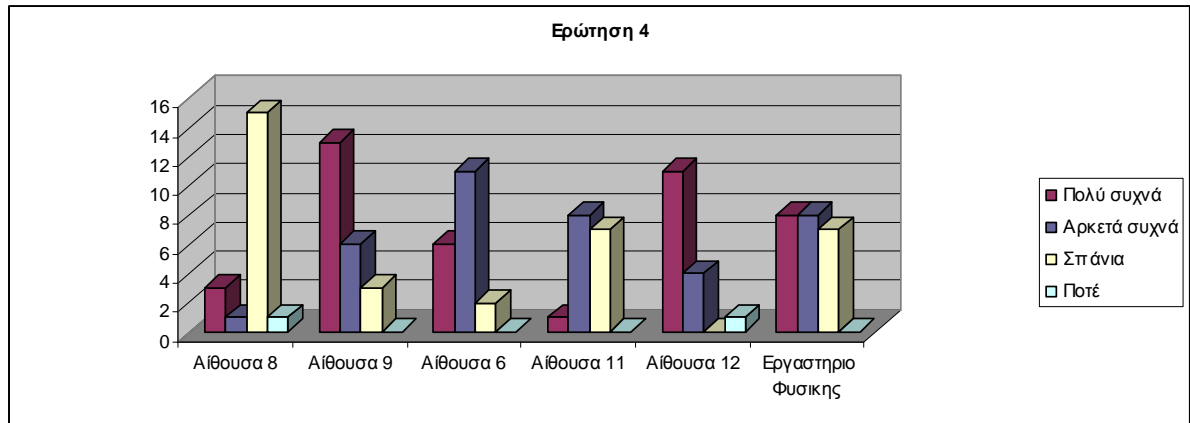
Η ερώτηση ήταν διατυπωμένη ως εξής:

«Σας έχει συμβεί να ακούτε το δάσκαλο ή τα παιδιά από τις διπλανές αίθουσες την ώρα των μαθημάτων;

1. Πολύ συχνά.
2. Αρκετά συχνά.
3. Σπάνια.
4. Ποτέ.»

Ερώτηση 4 - Υπάρχει μετάδοση θορύβου από διπλανές αίθουσες							
	Αίθουσα 8	Αίθουσα 9	Αίθουσα 6	Αίθουσα 11	Αίθουσα 12	Εργαστήριο Φυσικής	ΣΥΝΟΛΟ
Πολύ συχνά	3	13	6	1	11	8	42
Αρκετά συχνά	1	6	11	8	4	8	38
Σπάνια	15	3	2	7	0	7	34
Ποτέ	1	0	0	0	1	0	2

Πίνακας 3.5.. Ερώτηση 4 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών



Διάγραμμα 3.4.. Ερώτηση 4 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών

Η επόμενη ερώτηση αφορά στο πόσο άνετη είναι η επικοινωνία των μαθητών και του εκπαιδευτικού μέσα στις αίθουσες κατά τις ώρες των μαθημάτων. Αφορά δηλαδή τους δείκτες STI και RASTI καθώς και το χρόνο αντήχησης. Παρατηρούμε από τα αποτελέσματα παρακάτω ότι μεγάλος αριθμός παιδιών (961) απαντά ότι έχει παρατηρήσει πρόβλημα στην καταληπτότητα του λόγου πολύ συχνά και αρκετά συχνά.

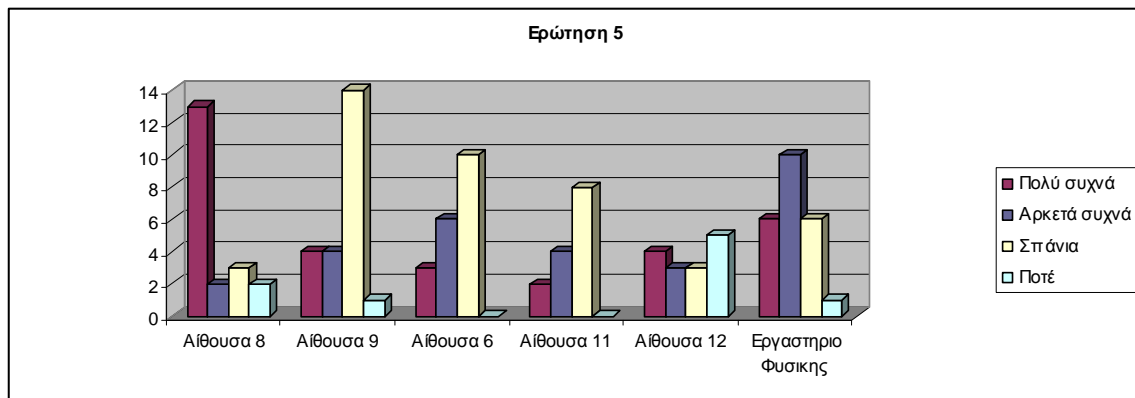
Η ερώτηση ήταν διατυπωμένη ως εξής:

«Στην αίθουσα σας έχει τύχει να μην μπορείτε να ακούσετε καλά και να καταλάβετε τι λέει ο δάσκαλος ή οι συμμαθητές σας;

1. Πολύ συχνά.
2. Αρκετά συχνά.
3. Σπάνια.
4. Ποτέ.»

Ερώτηση 5 - Υπάρχει δυσκολία κατανόησης του λόγου μέσα στην αίθουσα							
	Αίθουσα 8	Αίθουσα 9	Αίθουσα 6	Αίθουσα 11	Αίθουσα 12	Εργαστήριο Φυσικής	ΣΥΝΟΛΟ
Πολύ συχνά	13	4	3	2	4	6	32
Αρκετά συχνά	2	4	6	4	3	10	29
Σπάνια	3	14	10	8	3	6	44
Ποτέ	2	1	0	0	5	1	9

Πίνακας 3.6.. Ερώτηση 5 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών



Διάγραμμα 3.5.. Ερώτηση 5 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών

Προς διερεύνηση του παραπάνω ερωτήματος τέθηκε η επόμενη ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να εξακριβώσουν σε τι πιστεύουν ότι οφείλεται η δυσκολία κατανόησης λόγου εφόσον έχει παρατηρηθεί. Εδώ η πλειοψηφία των μαθητών απαντά ότι το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε υψηλά επίπεδα θορύβου μέσα στην αίθουσα.

Η ερώτηση ήταν διατυπωμένη ως εξής σαν συνέχεια του παραπάνω ερωτήματος:
«Αν ναι, τι πιστεύετε ότι φταίει;

Μπορείτε να επιλέξετε και παραπάνω από μία απαντήσεις αν θέλετε

A). Ο τρόπος ομιλίας (μιλάνε γρήγορα και όχι πολύ καθαρά).

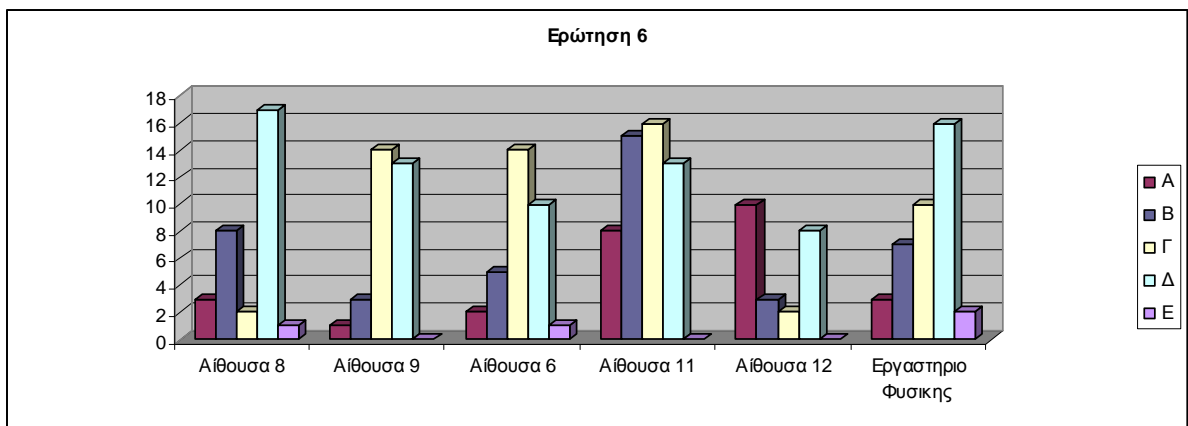
B). Η ένταση της φωνής του δασκάλου ή των παιδιών.

Γ). Δεν ακούγεται καθαρά η φωνή γιατί ακούγεται δυνατά και θόρυβος από έξω.

- Δ).Γίνεται φασαρία από τους άλλους συμμαθητές μέσα στην τάξη και δεν ακούμε τον ομιλητή.
 Ε).Ο ομιλητής βρίσκεται μακριά από το θρανίο που βρίσκεστε και έτσι δεν ακούγεται.»

Ερώτηση 6 - Σε τι πιστεύουν οι μαθητές ότι οφείλεται το παραπάνω πρόβλημα							
Α: Στον τρόπο ομιλίας των ομιλιτών							
Β: Η ένταση της φωνής του ομιλητή							
Γ: Θόρυβος έξω από την αίθουσα							
Δ: Φασαρία μέσα στην αίθουσα							
Ε: Η θέση του ακροατή είναι μακριά από τον ομιλητή							
	Αίθουσα 8	Αίθουσα 9	Αίθουσα 6	Αίθουσα 11	Αίθουσα 12	Εργαστήριο Φυσικής	ΣΥΝΟΛΟ
A	3	1	2	8	10	3	27
B	8	3	5	15	3	7	41
Γ	2	14	14	16	2	10	58
Δ	17	13	10	13	8	16	77
E	1	0	1	0	0	2	4

Πίνακας 3.7.. Ερώτηση 6 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών



Διάγραμμα 3.6.. Ερώτηση 5 - Ερωτηματολόγιο Μαθητών

Η απάντηση αυτή θα μπορούσε να ερμηνευθεί και ως αναμενόμενη και χωρίς να μαρτυρά προβλήματα για την ακουστική ποιότητα του σχολείου. Όμως αποτελεί και ένδειξη για πιθανά υψηλή τιμή του χρόνου αντήχησης.

Στις τελευταίες ερωτήσεις ζητείται από τους μαθητές να καταχωρήσουν τους παράγοντες ενόχλησης στο σχολείο τους κατά σειρά προτεραιότητας. Για να

ερμηνευθούν τα αποτελέσματα αυτής της ερώτησης εφαρμόστηκε μια μέθοδος μοριοδότησης των απαντήσεων ανάλογα με τις επιλογές των μαθητών και τελικά την εξαγωγή ενός βαθμού ενόχλησης για την κάθε επιλογή Α, Β, Γ, Δ και Ε. Αυτό έγινε πολλαπλασιάζοντας την απάντηση με την μεγαλύτερη σημαντικότητα με το 5, την επόμενη με το 4 και ούτω καθεξής. Παρατίθεται αρχικά ως παράδειγμα ένας πίνακας με τα αποτελέσματα ως δόθηκαν από τους μαθητές για την αίθουσα 11 και στη συνέχεια ο πίνακας με την εξαγωγή του βαθμού ενόχλησης για κάθε αίθουσα.

Ο παράγοντας ενόχλησης που κυριαρχεί στις απαντήσεις των περισσότερων μαθητών όπως φαίνεται και παρακάτω ήταν η ζέστη ενώ αμέσως μετά οι μαθητές κατέταξαν το θόρυβο κατά τη διάρκεια των μαθημάτων τους. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι στο σχολείο δεν υπήρχε μηχανικό σύστημα εξαερισμού, οπότε οι εκπαιδευτικοί συχνά προκειμένου να αποφύγουν εξωτερικούς θορύβους κρατούσαν τα παράθυρα κλειστά καθ' όλη τη διάρκεια των μαθημάτων. Επίσης, η έρευνα αυτή είχε διεξαχθεί κατά τον μήνα Ιούνιο σχετικά κοντά στο τέλος της σχολικής χρονιάς.

Η ερώτηση ήταν διατυπωμένη ως εξής:

«Βάλτε αριθμούς από το 1 μέχρι το 5 ανάλογα με αυτά που εσείς θεωρείτε πιο ενοχλητικά στο σχολείο σας και που θα θέλατε να αλλάξουν.

*Οι αίθουσες δεν αερίζονται καλά.
Υπάρχει πολύ θόρυβος όταν κάνουμε μάθημα.
Πολύ σκόνη στις αίθουσες και στην αυλή.
Υγρασία.
Ζέστη.»*

Ερώτηση 7 - Καταχωρήστε σε σειρά προτεραιότητας τους παρακάτω παράγοντες θορύβου:

- A: Ελλιπής εξαερισμός των αιθουσών
- B: Θόρυβος κατά τη διάρκεια των μαθημάτων
- Γ: Σκόνη στις αίθουσες και στην αυλή
- Δ: Υγρασία
- Ε: Ζέστη

Πίνακας 3.8.. Ερώτηση 7 - Ερωτηματολόγιο μαθητών

	A	B	Γ	Δ	E
I	0	11	0	0	5
II	6	1	6	0	2
III	8	0	5	2	1
IV	0	2	1	11	1
V	0	1	3	2	6

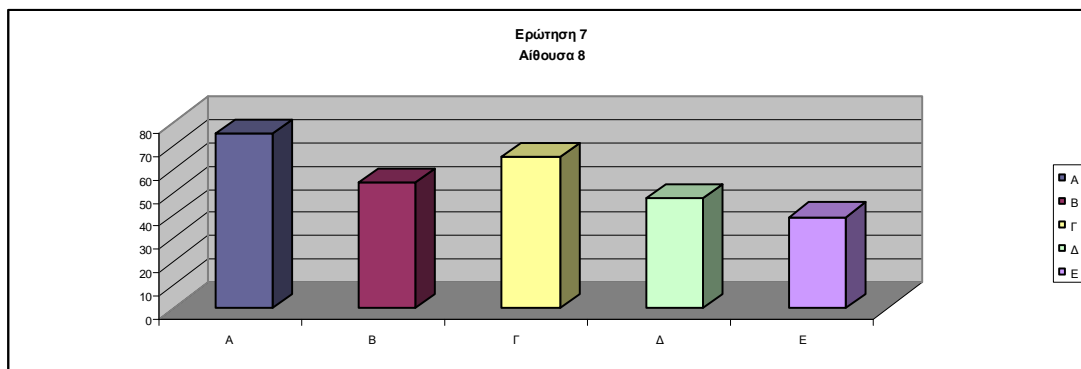
Πίνακας 3.9.. Ερώτηση 7 -Με I συμβολίζεται ο σημαντικότερος βαθμός ενόχλησης, με II ο αμέσως επόμενος και ούτω καθεξής. Οι διαφορετικές απαντήσεις συμβολίζονται με A, B, Γ, Δ και E.

Συγκεντρωτικά έχουμε (μαζί με την εξαγωγή του βαθμού ενόχλησης):

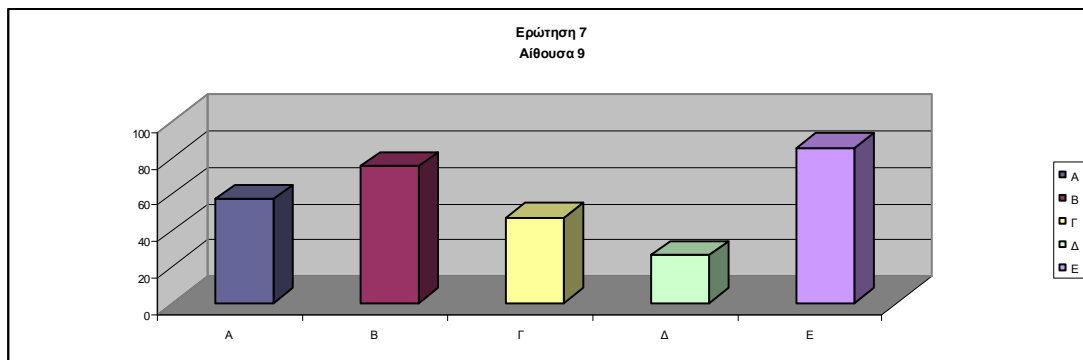
Ερώτηση 7 - Καταχωρήστε σε σειρά προτεραιότητας τους παρακάτω παράγοντες θορύβου							
A: Ελλειπής εξαερισμός των αίθουσών							
B: Θόρυβος κατά τη διάρκεια των μαθημάτων							
Γ: Σκόνη στις αίθουσες και στην αυλή							
Δ: Υγρασία							
E: Ζέστη							
	Αίθουσα 8	Αίθουσα 9	Αίθουσα 6	Αίθουσα 11	Αίθουσα 12	Εργαστήριο Φυσικής	ΣΥΝΟΛΟ
A	75	57	53	48	36	66	335
B	54	75	77	64	57	64	391
Γ	65	47	43	44	42	37	278
Δ	47	26	34	30	41	31	209
E	39	85	75	44	64	81	388

Πίνακας 3.10.. Ερώτηση 7 – Επεξεργασία αποτελεσμάτων

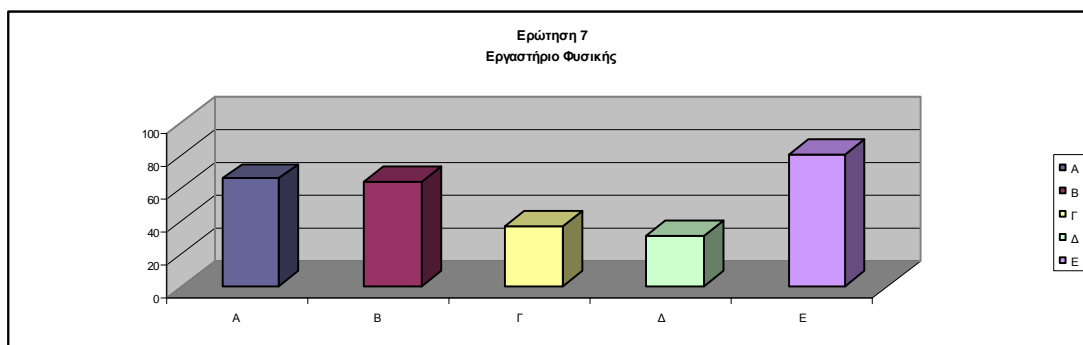
Παρατίθενται και τα διαγράμματα για αυτή την ερώτηση από τις αίθουσες 8, 9 και εργαστηρίου φυσικής, τις αίθουσες δηλαδή όπου έγιναν και οι βασικές μετρήσεις ακουστικής και όχι ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα μιας και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η παρατήρηση της κάθε αίθουσας ξεχωριστά.



Διάγραμμα 3.7.. Ερώτηση 7 - Αίθουσα 8



Διάγραμμα 3.8 .. Ερώτηση 7 - Αίθουσα 9



Διάγραμμα 3.9 .. Ερώτηση 7 – Εργαστήριο Φυσικής

Παρατηρούμε από τον πίνακα αποτελεσμάτων πως αν και η δεύτερη θέση που έχει ο θόρυβος σε βαθμό ενόχλησης δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντική για την ποιότητα του ακουστικού περιβάλλοντος, παρ' όλ' αυτά δεν αποτελεί ένδειξη ιδιαίτερων προβλημάτων βάσει της υπόδειξης των μαθητών που είναι και οι βασικοί χρήστες του κτιρίου.

Τέλος, δόθηκε μια ερώτηση η οποία δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από πλευράς ακουστικής αλλά εισήχθη για να εκλεχθεί η εγκυρότητα των απαντήσεων των μαθητών. Οι μαθητές ρωτήθηκαν για το κατά πόσο είναι δυσκολότερο για εκείνους να συγκεντρωθούν στο μάθημα τους κατά τις τελευταίες ώρες. Οι απαντήσεις ήταν στην

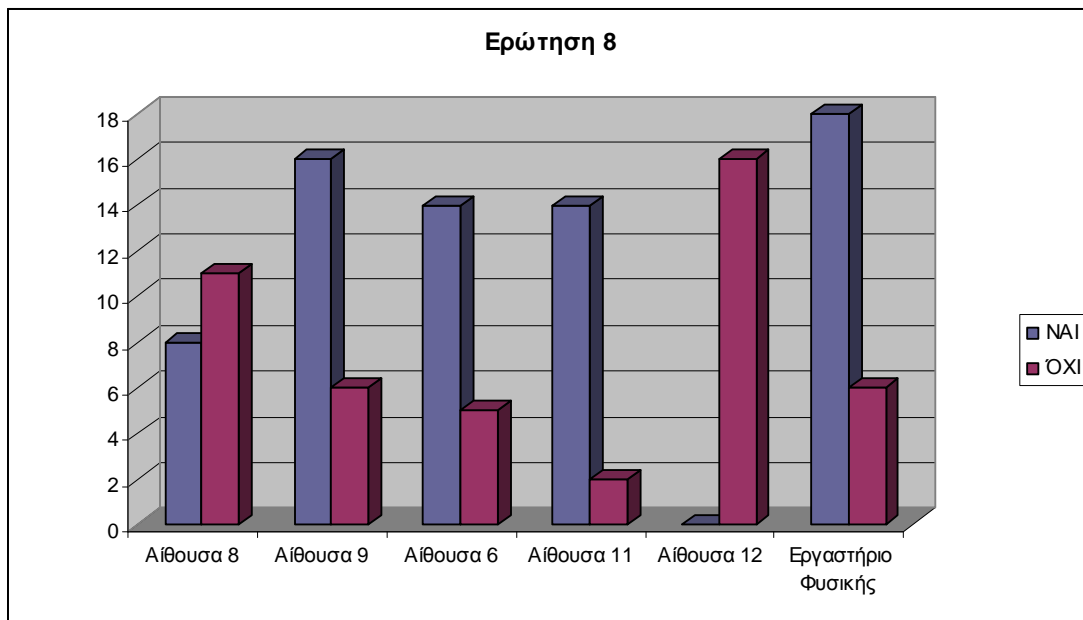
πλειοψηφία τους ειλικρινείς αφού εβδομήντα οκτώ παιδιά απάντησαν ναι έναντι σαράντα έξι που απάντησαν όχι.

Η ερώτηση ήταν διατυπωμένη ως εξής:

«Είναι πιο δύσκολο για σας να συγκεντρωθείτε στις τελευταίες ώρες των μαθημάτων;
 ΝΑΙ..... ΟΧΙ.....»

Ερώτηση 8 - Είναι δυσκολότερη η συγκέντρωση στο μάθημα κατά τις τελευταίες ώρες διδασκαλίας							
	Αίθουσα 8	Αίθουσα 9	Αίθουσα 6	Αίθουσα 11	Αίθουσα 12	Εργαστήριο Φυσικής	ΣΥΝΟΛΟ
ΝΑΙ	8	16	14	14	0	18	70
ΟΧΙ	11	6	5	2	16	6	46

Πίνακας 3.11.. Ερώτηση 8 - Ερωτηματολόγιο μαθητών



Διάγραμμα 3.10.. ... Ερώτηση 8 – Ερωτηματολόγιο μαθητών

3.2 Ερωτηματολόγια εκπαιδευτικών

Τα ερωτηματολόγια των εκπαιδευτικών μοιράστηκαν την ίδια ημέρα με αυτά των μαθητών. Όλοι σχεδόν οι εκπαιδευτικοί έδειξαν ενδιαφέρον και μάλιστα εξέφρασαν και πολλά παράπονα για το ακουστικό περιβάλλον του σχολείου. Είναι γεγονός ότι προκαλούσε εντύπωση στον οποιοδήποτε παρατηρητή με την είσοδο του στο σχολείο –εν ώρα λειτουργίας- ο πολύ υψηλός θόρυβος στους κοινόχρηστους χώρους. Αυτό ήταν και ένα από τα βασικότερα παράπονα των εκπαιδευτικών, ότι δηλαδή κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων η φασαρία είναι έντονη σε μη αναμενόμενα επίπεδα με αποτέλεσμα την πρόκληση ψυχολογικών και παθολογικών ενοχλήσεων στους εκπαιδευτικούς, όπως για παράδειγμα έντονο stress, πονοκεφάλους κ.α. Οι ίδιοι τόνισαν ότι κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας του υπό μελέτη σχολικού κτιρίου οι ενοχλήσεις αυτές ήταν ακόμη πιο δυσάρεστες και έντονες καθιστώντας την εργασία τους δυσκολότερη και επίπονη.

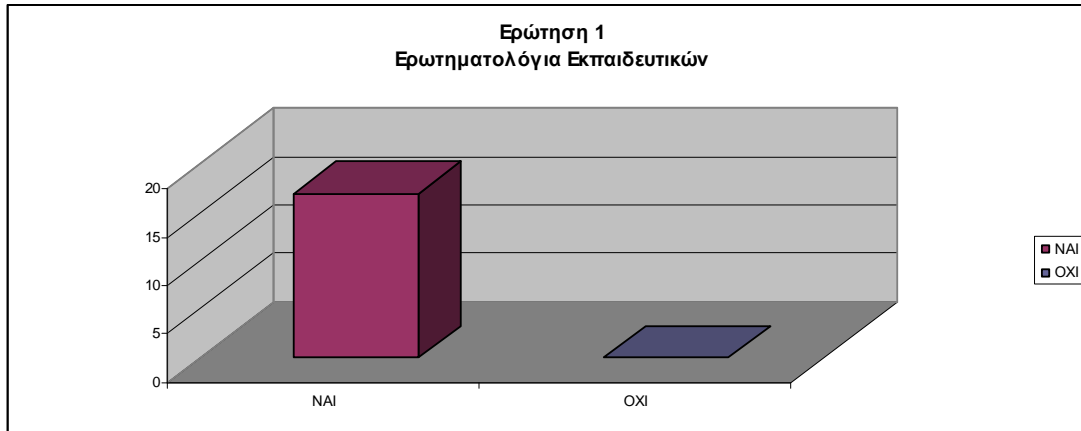
Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την περιγραφή των συνθηκών ακουστικής στους κοινόχρηστους χώρους ήταν το παιχνίδι που είχαν εφεύρει τα παιδιά – παρατηρώντας προφανώς την έντονη παρουσία ανακλάσεων- να δημιουργούν διάλογους με «πολυφωνίες» από κραυγές και τις ανακλάσεις τους σε συγκεκριμένες θέσεις στους διαδρόμους και στο χώρο εισόδου.

Οι ερωτήσεις είχαν σκοπό να εκμαιεύσουν τα ίδια συμπεράσματα όπως και στα ερωτηματολόγια των μαθητών οπότε το περιεχόμενο τους είναι ίδιο με διαφορετική διατύπωση.

Χαρακτηριστική είναι η απάντηση των εκπαιδευτικών στην πρώτη ερώτηση όπου ερωτώνται αν κατά τη διάρκεια των μαθημάτων εντοπίζουν πρόβλημα θορύβου. Όλοι απάντησαν θετικά.

Ερώτηση 1 - Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων σας αντιμετωπίζετε πρόβλημα με το θόρυβο;	
ΝΑΙ	ΟΧΙ
17	0

Πίνακας 3.12.. Ερώτηση 1 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

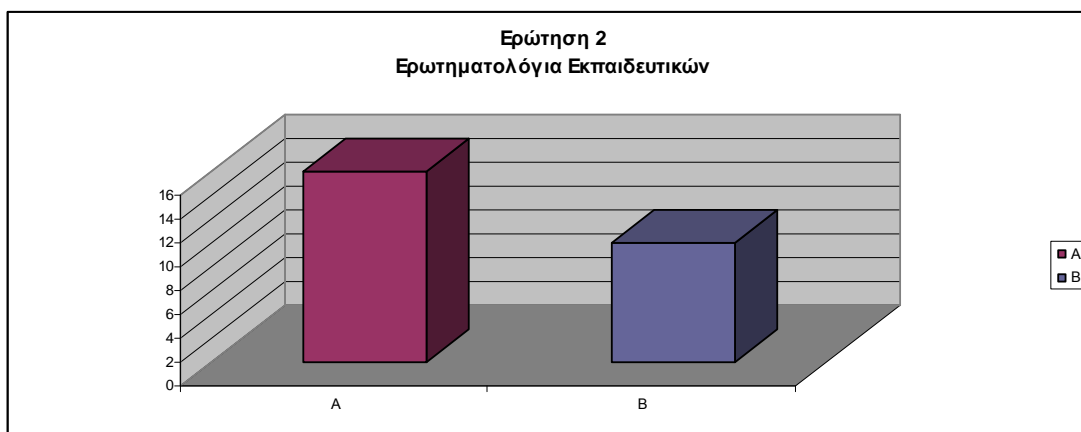


Διάγραμμα 3.11 .. Ερώτηση 1 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Σε παρακάτω ερώτηση σχετικά με το αν ο θόρυβος που αποτελεί πρόβλημα έχει προέλευση εντός ή εκτός του σχολείου, οι περισσότεροι δάσκαλοι απάντησαν θετικά και στις δυο παραμέτρους. Η πρώτη επιλογή όμως, δηλαδή ότι ο θόρυβος προέρχεται από παράγοντες εκτός του κτιρίου συγκέντρωσε περισσότερες απαντήσεις.

Ερώτηση 2 - Τι είδους θόρυβος δημιουργεί ενόχληση	
A: Θόρυβος από παράγοντες εκτός του σχολικού κτιρίου	
B: Θόρυβος από παράγοντες εντός του κτιρίου	
A	B
16	10

Πίνακας 3.13.. Ερώτηση 2 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

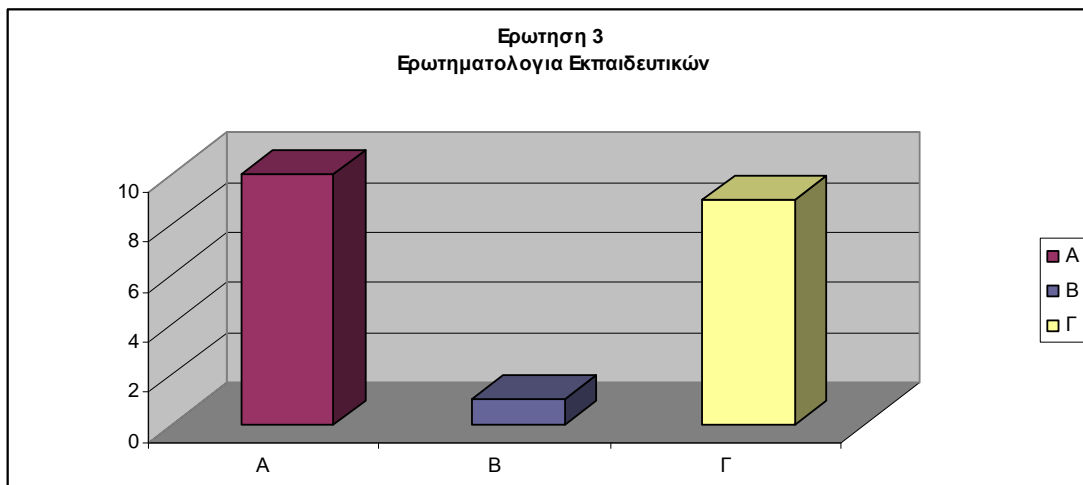


Διάγραμμα 3.12 .. Ερώτηση 2 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Διευκρινίζοντας, παρακάτω επισημαίνουν ότι ο εξωτερικός θόρυβος έχει πηγή την κυκλοφοριακή κίνηση ενώ μεγάλο μέρος των εκπαιδευτικών σημειώνει ότι υπάρχει δίπλα στο σχολείο εργοτάξιο ανέγερσης οικοδομής

Ερώτηση 3 - Που εντοπίζεται ο θόρυβος που προέρχεται εκτός του σχολικού περιβάλλοντος	
A: Θόρυβος αυτοκινήτων	10
B: Θόρυβος αεροπλάνων	1
Γ: Άλλο, παρακαλώ αναφέρετε	9
Όλοι οι εκπαιδευτικοί που έδωσαν την απάντηση Γ ανέφεραν την ανέγερση οικοδομής κοντά στο σχολείο.	

Πίνακας 3.14.. Ερώτηση 3 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

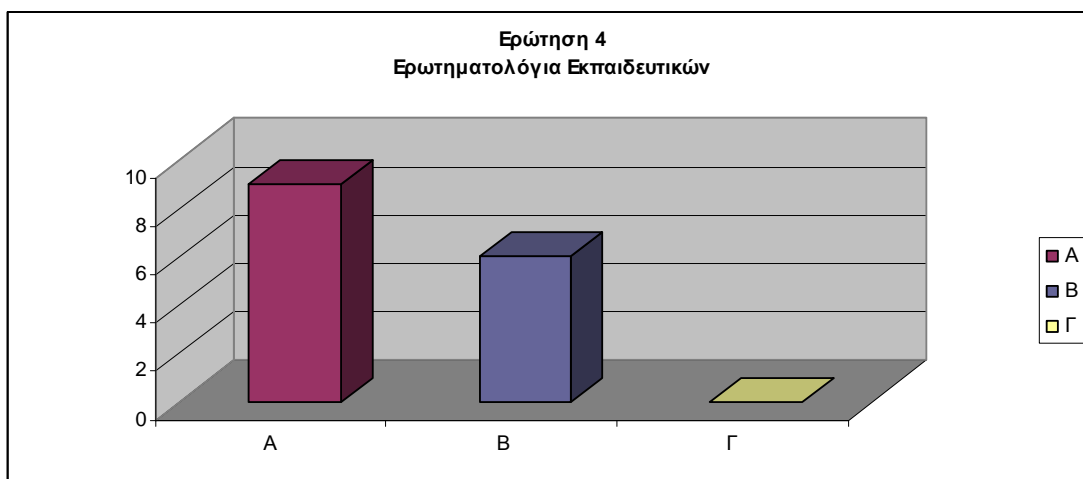


Διάγραμμα 3.13 .. Ερώτηση 3 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Σχετικά με το θόρυβο που δημιουργείται εντός του σχολικού κτιρίου, οι δάσκαλοι θεωρούν ότι προέρχεται από την αυλή και τις δραστηριότητες των μαθητών εκεί. Οπότε σαν συμπέρασμα προκύπτει ότι ίσως τα παράθυρα να μην παρέχουν αρκετή ηχομόνωση.

Ερώτηση 4 - Που εντοπίζεται ο θόρυβος που προέρχεται εντός του σχολικού περιβάλλοντος	
A: Φωνές των παιδιών που βρίσκονται στην αυλή	9
B: Μετάδοση του ήχου από διπλανές αίθουσες	6
Γ: Μηχανολογικό θόρυβο	0

Πίνακας 3.15.. Ερώτηση 4 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

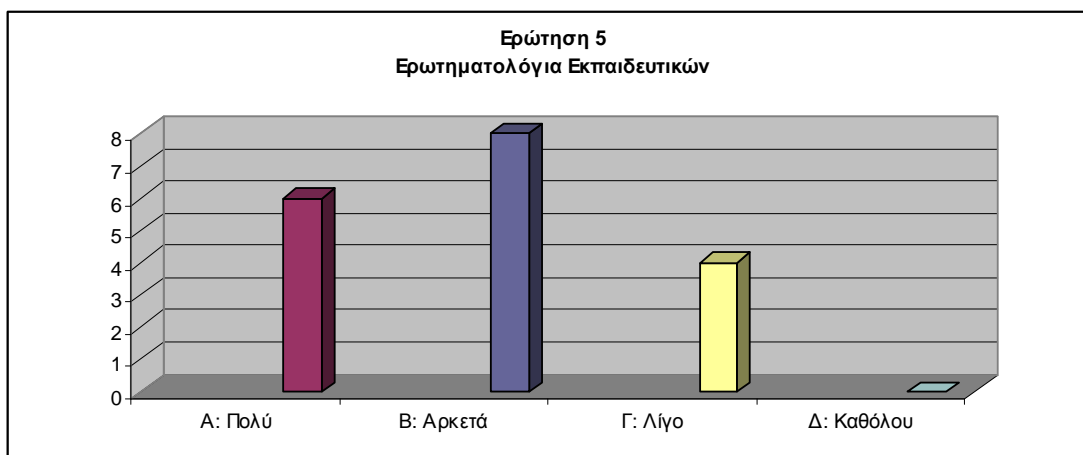


Διάγραμμα 3.14.. Ερώτηση 4 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Μάλιστα σε ερώτηση σχετική με το πόσο ενοχλητικά είναι τα φαινόμενα αυτά στις διδασκαλίες τους η πλειοψηφία απαντά «αρκετά» ενώ σημαντικό ποσοστό τα χαρακτηρίζει «πολύ ενοχλητικά».

Ερώτηση 5 - Πόσο ενοχλητικές βρίσκετε τις "παρεμβόλες" που αναφέρατε κατά τη διδασκαλία σας	
A: Πολύ	6
B: Αρκετά	8
Γ: Λίγο	4
Δ: Καθόλου	0

Πίνακας 3.16.. Ερώτηση 5 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

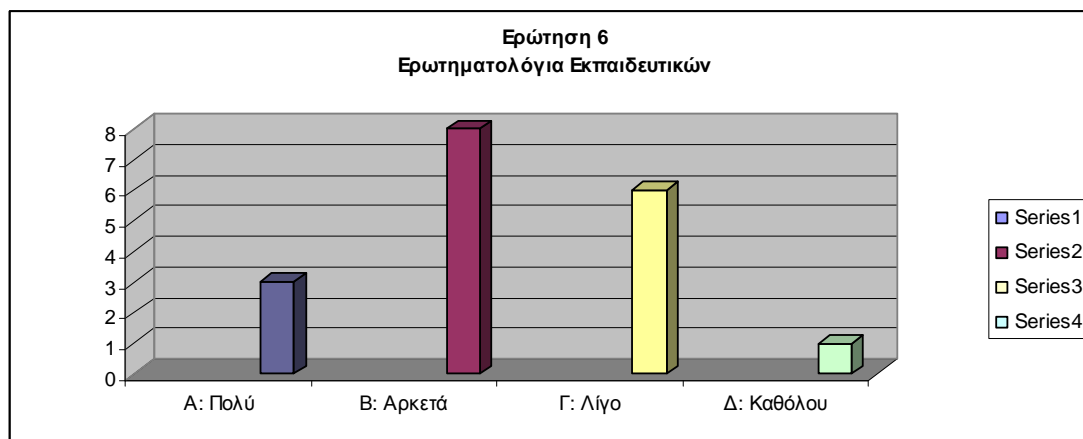


Διάγραμμα 3.15.. Ερώτηση 5 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Στην ερώτηση που αφορά την κατανόηση του λόγου μέσα στις αίθουσες και πάλι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί απαντούν ότι το πρόβλημα είναι αρκετά συχνό και εντοπίζουν τις αιτίες στην ένταση της φωνής του ομιλητή, σε εξωγενής θορύβους και λιγότερο στον τρόπο ομιλίας των παιδιών. Οι απαντήσεις αυτές θα μπορούσαν να ερμηνευθούν σαν πιθανή ένδειξη για αυξημένο θόρυβο βάρους κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

Ερώτηση 6 - Στην αίθουσα όπου διδάσκετε υπάρχει πρόβλημα κατανόησης της ομιλίας των μαθητών;	
A: Πολύ	3
B: Αρκετά	8
Γ: Λίγο	6
Δ: Καθόλου	1

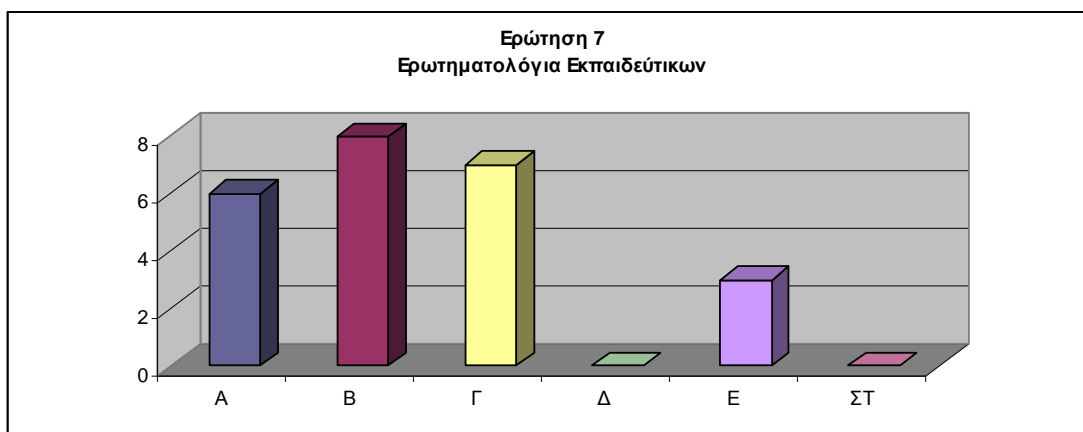
Πίνακας 3.17.. Ερώτηση 6 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών



Διάγραμμα 3.16.. Ερώτηση 6 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Ερώτηση 7 - Αν ναι τι πιστεύετε ότι φταίει;	
A: Ο τρόπος ομιλίας των παιδιών (ταχύτητα και καθαρότητα άρθρωσης)	6
B: Η ένταση της φωνής του ομιλητή	8
Γ: Θόρυβος από εξωτερικούς παράγοντες	7
Δ: Θόρυβος από άλλες δραστηριότητες εντός της αίθουσας	0
Ε: Κακή ακουστική στην αίθουσα	3
ΣΤ: Η μεγάλη απόσταση από τον ομιλητή	0

Πίνακας 3.18.. Ερώτηση 7 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

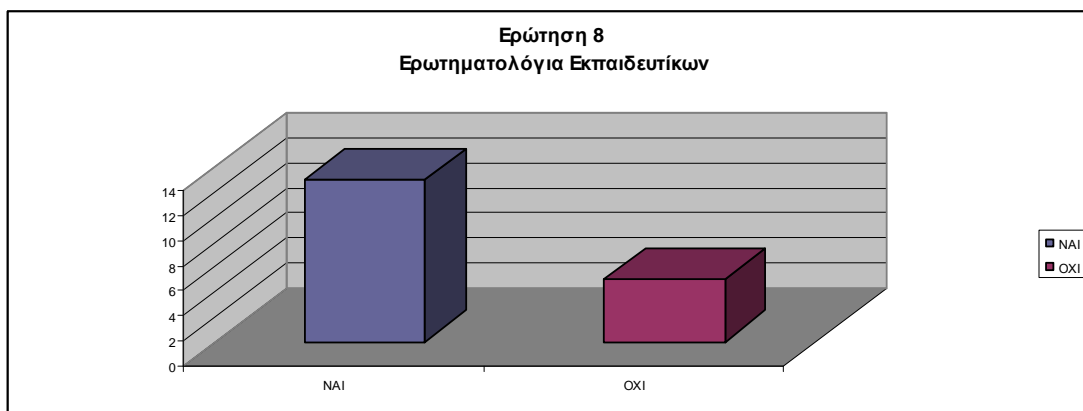


Διάγραμμα 3.17.. Ερώτηση 7 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Σε επόμενη ερώτηση οι εκπαιδευτικοί απαντούν κατά την πλειοψηφία τους ότι θεωρούν πως κατά την κατασκευή του κτιρίου δε λήφθηκαν επαρκή μέτρα για την ακουστική ποιότητα του κτιρίου.

Ερώτηση 8 -Πιστεύετε ότι κατά την κατάσκευή του σχολείου θα έπρεπε να έχουν ληφθεί κάποια μέτρα ώστε οι συνθήκες ακουστικής να είναι καλύτερες	
ΝΑΙ	ΟΧΙ
13	5

Πίνακας 3.19.. Ερώτηση 8 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

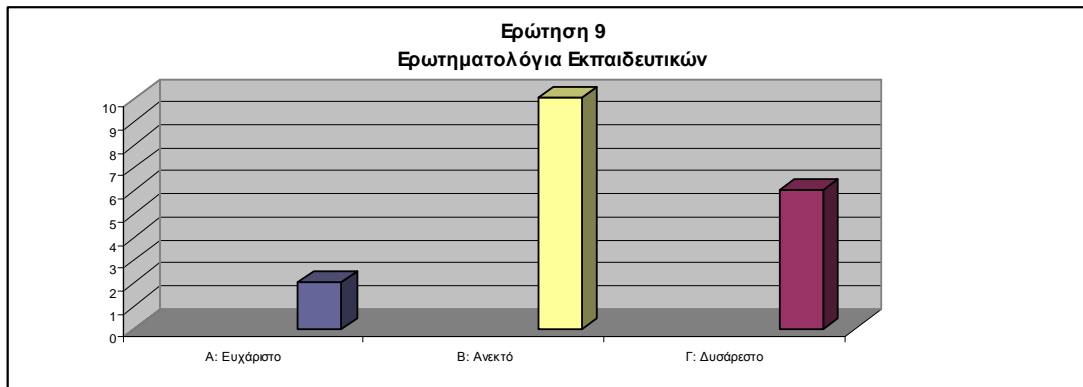


Διάγραμμα 3.18.. Ερώτηση 8 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Παρ' όλ' αυτά όμως οι περισσότεροι χαρακτηρίζουν το ακουστικό περιβάλλον ανεκτό ενώ ένα σημαντικό ποσοστό το θεωρεί δυσάρεστο.

Ερώτηση 9 - Πως θα χαρακτηρίζατε το ακουστικό περιβάλλον	
A: Ευχάριστο	2
B: Ανεκτό	10
Γ: Δυσάρεστο	6

Πίνακας 3.20.. Ερώτηση 9 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών



Διάγραμμα 3.19.. Ερώτηση 9 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

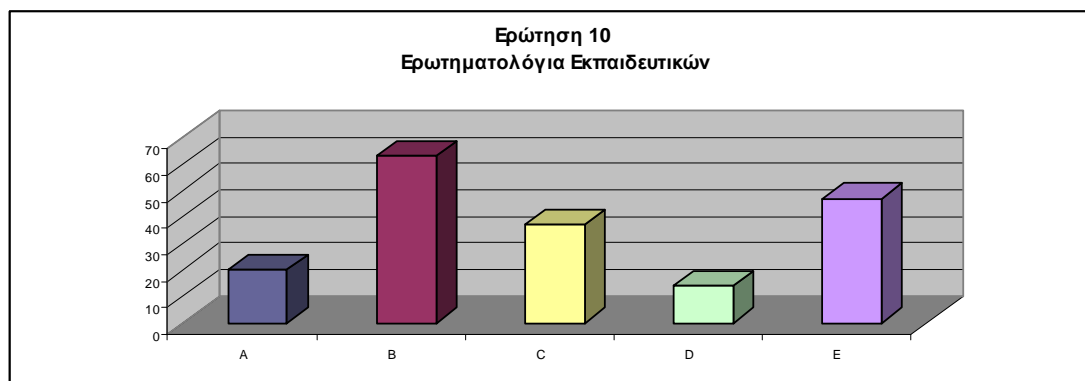
Στην ερώτηση όπου ζητείται να καταταχθούν οι παράγοντες ενόχλησης κατά σειρά προτεραιότητας στην πρώτη θέση βλέπουμε το θόρυβο ενώ αμέσως μετά κατατάσσεται η ζέστη. Εδώ η μετατροπή από τα αρχικά αποτελέσματα σε βαθμό ενόχλησης ήταν πιο απλή γι' αυτό και σημειώνεται απλά με μια παραπάνω γραμμή στον πίνακα των αποτελεσμάτων παρακάτω.

Ερώτηση 10 - Αριθμήστε κατά σειρά προτεραιότητας τους παράγοντες που θεωρείτε ότι αποτελούν πρόβλημα στο σχολείο σας	
A: Ανεπαρκής αερισμός	
B: Θόρυβος	
Γ: Σκόνη	
Δ: Υγρασία	
E: Ζέστη	

Πίνακας 3.21.. Ερώτηση 10 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

	A	B	C	D	E
I	0	50	5	0	20
II	4	8	16	0	16
III	9	3	12	3	9
IV	4	2	4	6	2
V	3	0	0	5	0
ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΟΧΛΗΣΗΣ	20	63	37	14	47

Πίνακας 3.22.. Ερώτηση 10 - Επεξεργασία Αποτελεσμάτων



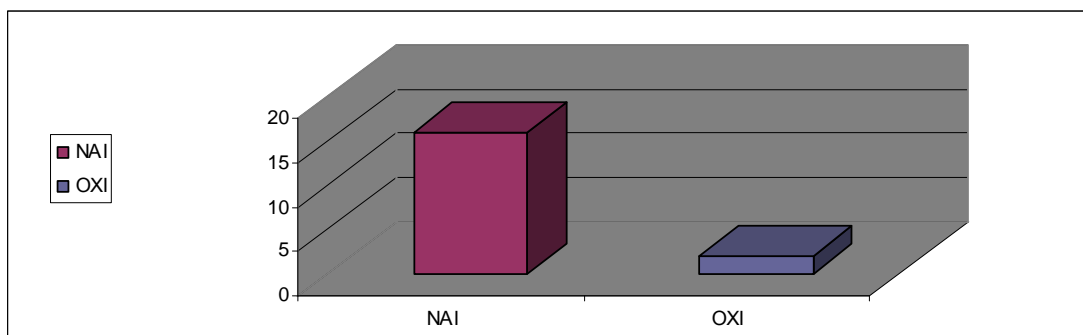
Διάγραμμα 3.20.. Ερώτηση 10 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Πρέπει να σημειωθεί ότι υπήρχαν αίθουσες με εξωτερικούς τοίχους και παράθυρα σε πλευρά με συνεχή ηλιοφάνεια. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την απουσία μηχανικού εξαερισμού και τα κλειστά παράθυρα –λόγω θορύβου- καθιστούσαν τις συνθήκες ιδιαίτερα δυσμενείς ειδικά κατά την εποχή που διεξάγει η παρούσα έρευνα. (Ιούνιος).

Και στους εκπαιδευτικούς δόθηκε μία ερώτηση για διαπίστωση της εγκυρότητας των απαντήσεων που δόθηκαν. Η ερώτηση αυτή έχει να κάνει με την προσοχή και την επιμέλεια των μαθητών ανάλογα με τις ώρες των μαθημάτων.

Ερώτηση 11 -Έχετε παρατηρήσει διαφορές στην επίδοση των παιδιών αλλά και στις δικές σας ανοχές ανάμεσα στις πρωινές και τις μετέπειτα ώρες διδασκαλίας	
ΝΑΙ	ΟΧΙ
16	2

Πίνακας 3.23.. Ερώτηση 11 - Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών



Διάγραμμα 3.21.. Ερώτηση 11 – Ερωτηματολόγιο Εκπαιδευτικών

Κεφάλαιο 4

Πειραματικό μέρος – Μετρήσεις

Εισαγωγή

Ο βασικός όγκος των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε κατά τις ημερομηνίες 19 και 20 Οκτωβρίου 2007 στα σχολεία 2^ο λύκειο και 30^ο δημοτικό Ηρακλείου. Η διεξαγωγή τους πραγματοποιήθηκε κατόπιν συνεννόησης με τους διευθυντές των σχολείων και μετά από χορηγία σχετικής άδειας.

Οι μετρήσεις έγιναν με εξοπλισμό που παραχωρήθηκε από το ΤΕΙ Ρεθύμνου και ήταν:

- Ηχόμετρο: SIP95 type1, κατασκευαστής-01dB STELL
- Πηγή και ενισχυτής: GDB95, κατασκευαστής 01dB-STEEL
- Δωδεκάεδρο Ηχείο: DO12, κατασκευαστής 01dB-STEEL
- Λογισμικό: 01db-Metranib

4.1 2^ο Λύκειο

Κατά την Παρασκευή 19/10/2007 πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στο 2^ο λύκειο Ηρακλείου κατά τις απογευματινές ώρες με το σχολείο άδειο. Οι αίθουσες που μελετήθηκαν ήταν τρεις στον αριθμό, γειτονικές μεταξύ τους και βρίσκονταν στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου με παράθυρα σε δρόμο υψηλής κυκλοφορίας

Οι αίθουσες που μελετήθηκαν αναφέρονται παρακάτω με το όνομα αίθουσα τρία, τέσσερα και πέντε. Η πρώτη μέτρηση σε κάθε αίθουσα αφορούσε το θόρυβο βάθους Για την καταγραφή του θορύβου βάθους έγινε μια μέτρηση διάρκειας πέντε λεπτών σε κάθε αίθουσα. Η θέση γι' αυτή τη μέτρηση ήταν κάθε φορά σε θρανία που βρίσκονταν κοντά στα παράθυρα.

Στη συνέχεια για την καταγραφή των ακουστικών παραμέτρων κάθε αίθουσας τοποθετήθηκε η ηχητική πηγή στη θέση όπου βρίσκονταν η έδρα του διδάσκοντα και η λήφθηκαν μετρήσεις για αντιπροσωπευτικές θέσεις των μαθητών, πρώτο, μεσαίο και τελευταίο θρανίο. Για κάθε θέση μαθητή πραγματοποιήθηκαν τρεις λήψεις. Ο εκπεμπόμενος θόρυβος της πηγής ήταν ψευδοτυχαίος MLS θόρυβος. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε παρείχε τιμές για τις παραμέτρους RT, EDT, Definition, STI και RASTI.

Έπειτα, προκειμένου να μελετηθεί η ηχομονωτική ικανότητα των τοιχωμάτων έγιναν μετρήσεις για τη μετάδοση του ήχου από τη μια αίθουσα στην άλλη. Η πηγή τοποθετήθηκε στην αίθουσα πέντε όπου και έγινε καταγραφή του εκπεμπόμενου θορύβου. Για την καταγραφή του μεταδιδόμενου θορύβου έγιναν μετρήσεις σε τρεις θέσεις, με τρεις καταγραφές ανά θέση. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν στην αίθουσα τρία. Οι θέσεις μέτρησης ήταν στο κέντρο της αίθουσας, σε θέση μαθητή κοντά στα παράθυρα – θέση καταγραφής και του θορύβου βάρους- καθώς επίσης και στο πίσω μέρος της αίθουσας.

Προκειμένου να έχουμε εικόνα και για το θόρυβο που μεταδίδεται στην αίθουσα και από το διάδρομο μελετήσαμε την ηχομονωτική ικανότητα της πόρτας. Η ηχητική πηγή τοποθετήθηκε στο διάδρομο και η εκπομπή του θορύβου έγινε μπροστά από την πόρτα της αίθουσας τρία με την πηγή σε κίνηση κατά μήκος του διαδρόμου.

Τέλος, για την αίθουσα τέσσερα η καταγραφή των ακουστικών παραμέτρων έγινε σε δύο φάσεις. Αρχικά έγινε όπως και σε κάθε αίθουσα με τις κουρτίνες ανοιχτές σε όλα τα παράθυρα και στη συνέχεια η όλη διαδικασία επαναλήφθηκε με τις κουρτίνες κλειστές.

Πρέπει να αναφερθεί ότι καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων τα παράθυρα ήταν όλα κλειστά όπως και οι πόρτες των αιθουσών. Επίσης, εξαιρούμενης της μέτρησης στην αίθουσα τέσσερα όπως προαναφέρθηκε, οι κουρτίνες ήταν ανοιχτές.

4.2 30^ο Δημοτικό σχολείο

Κατά την 20/10/2007 έγιναν οι μετρήσεις αξιολόγησης των αιθουσών για το 30^ο δημοτικό σχολείο Ηρακλείου. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο ίδιος που αναφέρθηκε και παραπάνω. Καθότι στο σχολείο αυτό μας δόθηκε άδεια για περισσότερο χρόνο και χρήση του χώρου, η μελέτη είναι εκτενέστερη. Σε πρώτη φάση έγιναν οι μετρήσεις για την καταγραφή των ακουστικών παραμέτρων όπως παραπάνω και σε μετέπειτα χρονικό διάστημα έγινε επανάληψη κάποιων μετρήσεων με το σχολείο σε λειτουργία και τα παιδιά μέσα στις αίθουσες σε πραγματικές συνθήκες μαθήματος.

Όπως και με το 2^ο λύκειο έτσι κι εδώ μελετήθηκαν τρεις αίθουσες. Οι αίθουσες αυτές αναφέρονται ως αίθουσα οκτώ, εννέα και αίθουσα εργαστηρίου φυσικής. Η

τελευταία αν και ήταν αίθουσα εργαστηρίου και πειραμάτων χρησιμοποιούνταν καθημερινά ως αίθουσα διδασκαλίας από μια τάξη μαθητών.

Ακολουθήθηκε και πάλι η ίδια διαδικασία με την καταγραφή του θορύβου βάθους για κάθε αίθουσα και στη συνέχεια των ακουστικών παραμέτρων του χώρου. Για κάθε χαρακτηριστική θέση μαθητή καταγράφονται δύο μετρήσεις. Οι χαρακτηριστικές θέσεις ήταν πρώτο θρανίο, κεντρικά της αίθουσας και τελευταίο θρανίο. Αρχικά η ηχητική πηγή τοποθετήθηκε στην αίθουσα οκτώ όπου και έγινε καταγραφή του εκπεμπόμενου θορύβου. Έπειτα καταγράφηκε το ποσοστό του θορύβου που μεταδίδεται στις δίπλα αίθουσες.

Κατά την καταγραφή των ακουστικών παραμέτρων της αίθουσας εργαστηρίου φυσικής παρατηρήθηκε μια μη αναμενόμενη σημαντική μείωση του χρόνου αντήχησης σε συγκεκριμένες συχνότητες, κυρίως σε αυτή των 63 Hz και σε αυτή των 125 Hz. Σαν πιθανή αιτία θεωρήθηκε ένα ξύλινο ντουλάπι που υπήρχε στην αίθουσα και κάλυπτε σχεδόν ολόκληρη την επιφάνεια ενός τοίχου. Έγινε μια μέτρηση για κτυπογενή θόρυβο και τελικά διαπιστώθηκε ότι πράγματι οι συχνότητες αυτές απορροφούνται από το ντουλάπι αυτό.

Όπως και στο 2^ο λύκειο έτσι κι εδώ έγινε μελέτη για το θόρυβο που μεταδίδεται από τις πόρτες. Με την πηγή στο διάδρομο καταγράφηκε ο θόρυβος μέσα στις αίθουσες εννέα και αίθουσα εργαστηρίου φυσικής.

4.3 Μετρήσεις με το σχολείο (30ο Δημοτικό) σε λειτουργία

Οι μετρήσεις με τις αίθουσες γεμάτες έγιναν κατά τη διάρκεια των μαθημάτων μιας σχολικής ημέρας. Η διαδικασία των μετρήσεων μέσα στις αίθουσες ξεκίνησε από τη δεύτερη διδακτική ώρα και διήρκεσε μέχρι και τις τελευταίες ώρες διδασκαλίας. Όλες οι μετρήσεις έγιναν παρουσία των εκπαιδευτικών. Τα παιδιά ήταν ηλικίας από εννέα έως δώδεκα ετών. Έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το θέμα της παρούσας εργασίας και την ακουστική και τους έγινε μια σύντομη αναφορά σε βασικά φαινόμενα του ήχου προσαρμοσμένη στην ηλικία και το γνωστικό τους επίπεδο.

Σε αυτό το στάδιο ο σκοπός των μετρήσεων ήταν απλώς η παρατήρηση της «συμπεριφοράς» του κτιρίου όταν είναι σε χρήση και η διαφοροποίηση των κριτηρίων ακουστικής σε σύγκριση με αυτές που μετρήθηκαν με το σχολείο άδειο. Επίσης μετρήθηκε ο χρόνος αντήχησης.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη μέτρηση του χρόνου αντήχησης ήταν διαφορετική από τις προηγούμενες μετρήσεις. Εδώ χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της κρουστικής απόκρισης και ελλείψει μηχανικού εξοπλισμού χρησιμοποιήθηκε ο ήχος από σκάσιμο μπαλονιών, γεγονός που βοήθησε και στη συνεργασία με τα παιδιά. Σε κάθε αίθουσα έγιναν δύο μετρήσεις και μέσα στην αίθουσα βρίσκονταν όλοι οι μαθητές καθώς επίσης και ο εκπαιδευτικός.

Κατά την πειραματική διαδικασία τα παιδιά κλήθηκαν να συμμετέχουν επικουρικά και ανταποκρίθηκαν με μεγάλη προθυμία. Στις αίθουσες με τα μεγαλύτερα σε ηλικία παιδιά οι μετρήσεις έγιναν με τις καλύτερες κατά το δυνατόν συνθήκες, χωρίς θορύβους κατά τη διάρκεια πτώσης του ήχου, ενώ σε αίθουσες με τα μικρότερα υπήρχαν κάποιες «παρεμβολές» στα διαστήματα σιγής οι οποίες ήταν αδύνατον να αποφευχθούν και λόγω της ιδιοσυγκρασίας των παιδιών και λόγω του ότι κάποιες από τις μετρήσεις έγιναν αναγκαστικά κατά τη διάρκεια των τελευταίων ωρών μαθημάτων κατά τις οποίες ήταν εμφανώς πιο κουρασμένα και λιγότερο συνεργάσιμα.

Προτεραιότητα έχει δοθεί στις αίθουσες όπου είχαν διεξαχθεί οι βασικές μετρήσεις ακουστικών παραμέτρων και επίσης είχαν μοιραστεί και τα ερωτηματολόγια σε μαθητές και εκπαιδευτικούς. Έπειτα έγιναν και κάποιες συμπληρωματικές μετρήσεις ώστε να υπάρχει μια πληρέστερη εικόνα του σχολείου ακουστικά αλλά και εξαιτίας κάποιων ιδιαίτερων συνθηκών ακουστικής που παρατηρήθηκαν. Μια απ' αυτές ήταν η καταγραφή της ηχοστάθμης που υπήρχε στο διάδρομο εν ώρα διδασκαλίας. Η μέτρηση αυτή έγινε κατόπιν παρατήρησης των ασυνήθιστα υψηλών επιπέδων θορύβου στους κοινόχρηστους χώρους και μετά από σχετική επισήμανση των εκπαιδευτικών του σχολείου. Η μέτρηση έγινε έξω από τις αίθουσες οκτώ και εννέα στις οποίες έγιναν και οι περισσότερες μετρήσεις, εν ώρα μαθήματος και ενώ δεν υπήρχε απολύτως καμία δραστηριότητα στους χώρους του διαδρόμου. Οι πόρτες των αιθουσών ήταν κλειστές και η μέτρηση είχε διάρκεια δέκα λεπτών.

Μία άλλη μέτρηση ήταν αυτή της καταγραφής της ηχοστάθμης που δέχεται μια αίθουσα σε πραγματικές συνθήκες μαθήματος. Επιλέχθηκε μια αίθουσα με σχετικά θορυβώδη παιδιά και το ηχομέτρο έμεινε μέσα στην αίθουσα για καταγραφή για τριάντα λεπτά. Η θέση του ηχομέτρου ήταν κεντρικά στην αίθουσα.

Κεφάλαιο 5 Επεξεργασία Μετρήσεων -Αποτελέσματα

5.1 30^ο Δημοτικό σχολείο

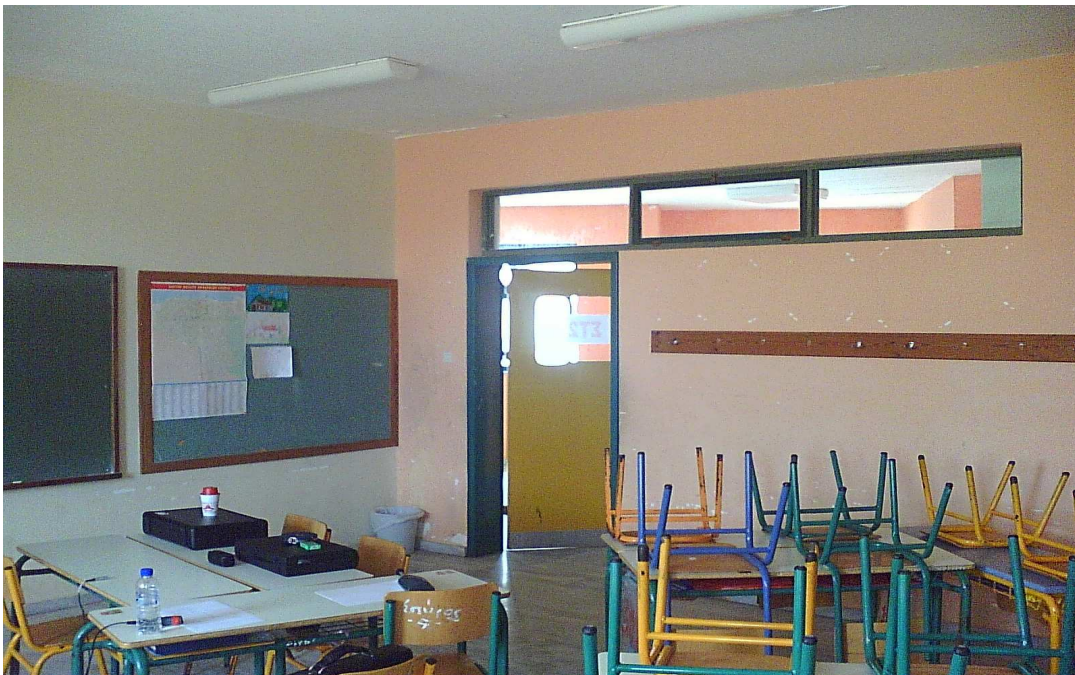
Αίθουσες 8, 9 και εργαστηρίου φυσικής

Θόρυβος βάθους:

Όπως προαναφέρθηκε έγινε καταγραφή του θορύβου βάθους για κάθε αίθουσα. Η μέτρηση αυτή είχε διάρκεια 5 λεπτών. Η αίθουσα στην οποία έγινε η εκπομπή θορύβου προκειμένου να διαπιστωθεί η ηχομονωτική ικανότητα του κτιρίου ήταν η αίθουσα οκτώ. Για τη μέτρηση αυτή βλέπουμε και τη στάθμη του εκπεμπόμενου θορύβου που παρατίθεται σε πίνακα μαζί με το θόρυβο βάθους. Συμπεραίνουμε ότι η συνθήκη για να είναι έγκυρες οι μετρήσεις ικανοποιείται, δηλαδή ο θόρυβος βάθους να είναι τουλάχιστον 10 dB κάτω από την εκπεμπόμενη στάθμη της ηχητικής πηγής, αυτό ισχύει σε όλες τις

Ακολουθούν οι σχετικοί πίνακες και τα διαγράμματα:

5.1.1 Αίθουσα οκτώ

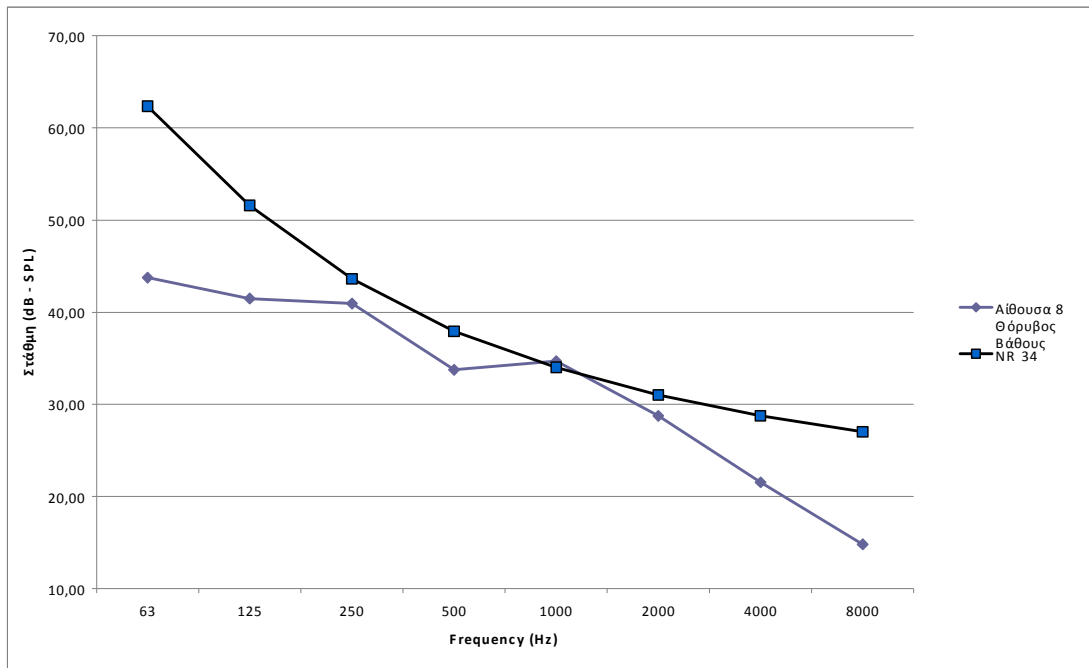


Εικόνα 5.1.. Αίθουσα 8 30ου Δημοτικού σχολείου

Συχνότητα(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
Θόρυβος Βάθους(dB)	43,75	41,48	40,94	33,75	34,70	28,75	21,53	14,81	39,00
Στάθμη θορύβου(dB)	83,36	95,22	96,77	88,86	77,73	81,62	82,34	72,83	92,00

Πίνακας 5.1.. Στάθμες θορύβου βάθους και εκπομπής(dB re 20mPa) - Αίθουσα 8 - 30ο Δημοτικό

Και το διάγραμμα του θορύβου βάθους με την αντιστοιχία στην ανάλογη καμπύλη θορύβου NR34.



Διάγραμμα 5.1.. Θόρυβος Βάθους και καμπύλη NR – Αίθουσα 8

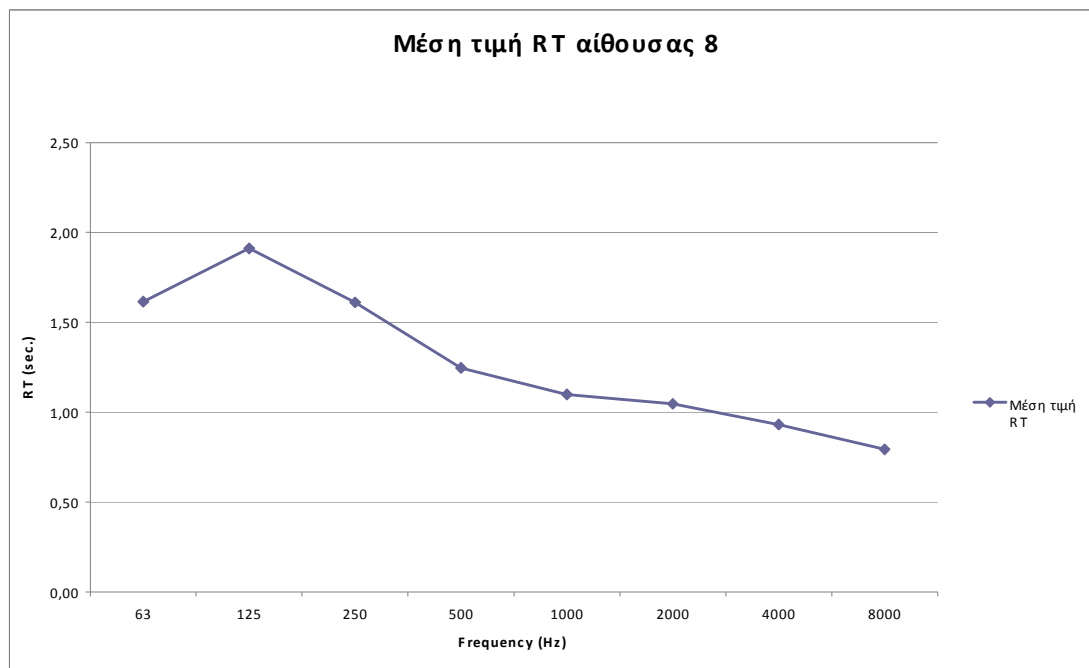
Σύμφωνα με τον πίνακα 2.2 οι συνθήκες θορύβου για την αίθουσα 8 κρίνονται μη ικανοποιητικές αφού οι συνιστώμενες καμπύλες για σχολικές αίθουσες είναι οι NR20-30.

Ακολουθεί πίνακας με το χρόνο αντήχησης, αναλυτικά τα αποτελέσματα από κάθε μέτρησης έπειτα η μέση τιμή και τέλος η τιμή RTmf δηλαδή το αριθμητικό μέσο των μεσαίων συχνοτήτων 500, 1000 και 2000 Hz.

Αίθουσα 8								
frequency (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Μέτρηση 1	-	1,90	1,63	1,22	1,11	1,07	0,90	0,80
Μέτρηση 2	1,33	2,02	1,79	1,28	1,06	1,07	0,92	0,78
Μέτρηση 3	1,54	2,08	1,63	1,28	1,10	0,98	0,92	0,75
Μέτρηση 4	1,38	2,07	1,61	1,25	1,09	1,05	0,91	0,82
Μέτρηση 5	1,93	1,71	1,51	1,24	1,13	1,08	0,97	0,81
Μέτρηση 6	1,90	1,68	1,49	1,21	1,10	1,05	0,96	0,81
Μέση τιμή RT(s)	1,83	1,91	1,61	1,25	1,10	1,05	0,93	0,79
RTmf(s)	1,13							

Πίνακας 5.2..Χρόνος Αντήρησης - Αίθουσα 8(s) - 30ο Δημοτικό ²

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται συγκεντρωτικά το διάγραμμα της μέσης τιμής του χρόνου αντίληψης



Διάγραμμα 5.2.. Μέση τιμή Χρόνου Αντήρησης Αίθουσα 8(s)

² Η τιμή για το χρόνο αντίληψης στην μέτρηση στα 63 Hz δεν αναφέρεται λόγω πειραματικού σφάλματος.

Όπως βλέπουμε και στον πίνακα 2.5 του δευτέρου κεφαλαίου οι τιμές για το χρόνο αντήχησης σε αίθουσες διδασκαλίας θα πρέπει να είναι μικρότερες από 0,8 sec. (RTmf) Πράγμα που δε συμβαίνει εδώ, ειδικά αν λάβουμε υπόψη ότι η τιμή του BB93 δίδεται για αίθουσες άδειες χωρίς επίπλωση ενώ οι αίθουσες που μελετήθηκαν ήταν με τα θρανία και τα έπιπλα που χρησιμοποιούνταν καθημερινά από μαθητές και δασκάλους.

Παρακάτω βλέπουμε τους πίνακες με τις υπόλοιπες ακουστικές παραμέτρους για την παρούσα αίθουσα όπως αυτές προέκυψαν από τις μετρήσεις. Τα αποτελέσματα είναι αναλυτικά ανά μέτρηση και στην τελευταία γραμμή του πίνακα βλέπουμε τη μέση τιμή.

Για το EDT:

EDT	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Μέτρηση 1	1,01	1,82	1,16	1,33	1,08	1,05	0,87	0,72
Μέτρηση 2	2,43	1,96	1,29	1,12	1,17	1,02	0,94	0,75
Μέτρηση 3	1,74	2,08	1,37	1,19	1,05	1,17	1,02	0,74
Μέτρηση 4	1,77	2,09	1,39	1,23	1,02	1,13	0,92	0,76
Μέτρηση 5	1,54	2,02	1,31	1,12	1,10	1,03	0,93	0,79
Μέτρηση 6	1,54	2,00	1,33	1,16	1,15	1,05	0,92	0,77
Μέση τιμή	1,67	2,00	1,31	1,19	1,09	1,08	0,93	0,76

Πίνακας 5.3.. EDT - Αίθουσα 8(s) - 30ο Δημοτικό

To Definition :

Definition	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Μέτρηση 1	22,65	20,05	44,42	43,50	46,69	42,12	53,68	65,54
Μέτρηση 2	35,58	21,76	28,80	45,42	43,87	47,07	54,16	60,72
Μέτρηση 3	38,86	37,46	32,42	52,36	57,33	50,62	60,12	63,05
Μέτρηση 4	41,12	37,58	29,90	53,37	56,56	48,84	59,08	64,65
Μέτρηση 5	27,03	37,29	40,48	49,22	45,03	52,31	49,44	58,05
Μέτρηση 6	25,38	36,07	40,54	44,94	47,24	50,72	49,03	53,87
Μέση τιμή	31,77	31,70	36,09	48,14	49,45	48,61	54,25	60,98

Πίνακας 5.4.. Definition - Αίθουσα 8 - 30ο Δημοτικό

Το STI και το RASTI:

	STI	RASTI
Μέτρηση 1	0,59	0,58
Μέτρηση 2	0,56	0,60
Μέτρηση 3	0,57	0,60
Μέτρηση 4	0,57	0,60
Μέτρηση 5	0,58	0,61
Μέτρηση 6	0,57	0,60
Μέση τιμή	0,57	0,60

Πίνακας 5.5.. RASTI και STI - Αίθουσα 8 - 30ο Δημοτικό

Οι δύο πρώτες μετρήσεις είναι για το πρώτο θρανίο, οι επόμενες για κεντρικό στην αίθουσα θρανίο και οι τελευταίες για το τελευταίο θρανίο.

Παρατηρούμε ότι το definition είναι βέλτιστο στα μεσαία θρανία με μικρές διακυμάνσεις όμως και στις υπόλοιπες θέσεις.

Το STI και το RASTI έχουν σχετικά καλές τιμές αφού θα έπρεπε να κυμαίνονται μεταξύ 0,6 και 1.

5.1.2 Αίθουσα εννέα



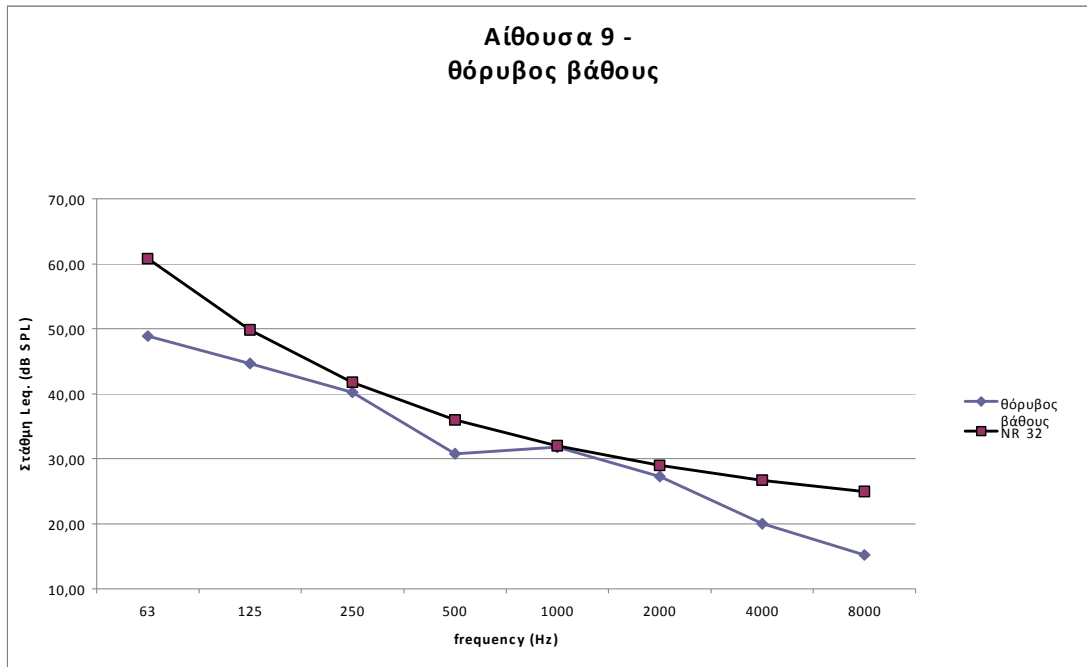
Εικόνα 5.2.. Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό

Θόρυβος βάθους:

Αίθουσα 9									
Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
Θόρυβος Βάθους	48,88	44,67	40,25	30,78	31,78	27,26	20,02	15,19	37

Πίνακας 5.6.. Στάθμες θορύβου βάθους (dB re 20mPa) - Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό

Και το διάγραμμα θορύβου βάθους με την αντίστοιχη καμπύλη NR



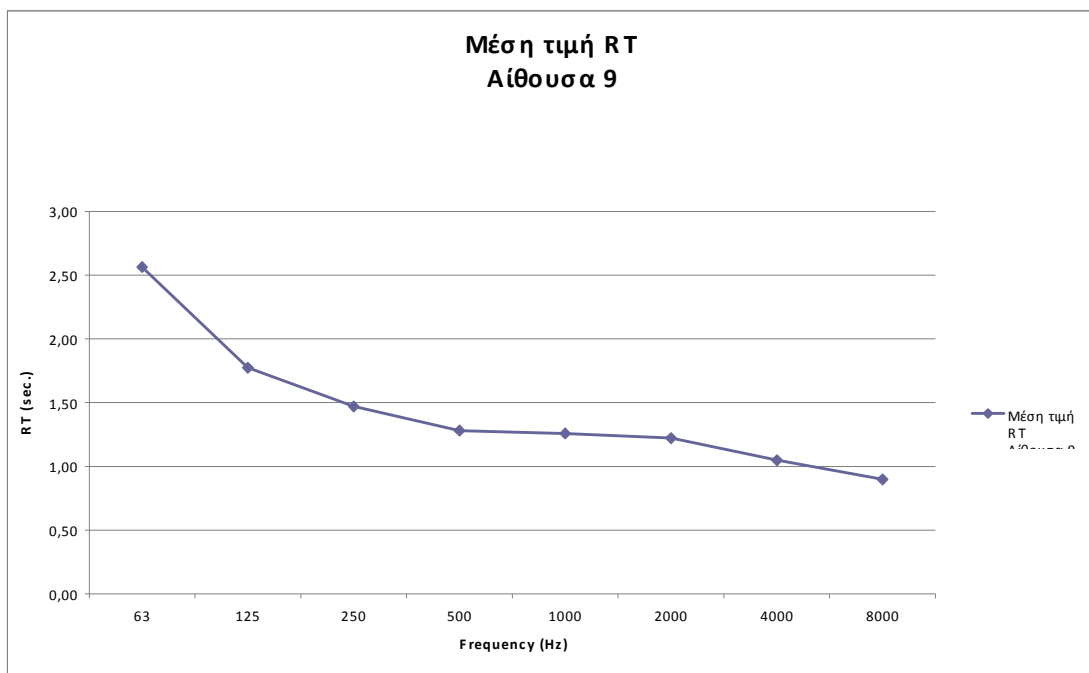
Διάγραμμα 5.3.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR - Αίθουσα 9

Παρατηρούμε και σ' αυτή την αίθουσα μία αντιστοιχία με την καμπύλη θορύβου NR32.

Παρακάτω βλέπουμε το χρόνο αντήχησης ανά μέτρηση και τη μέση τιμή του με το αντίστοιχο διάγραμμα. Και πάλι οι τιμές είναι αυξημένες σε σύγκριση με τις προτεινόμενες βέλτιστες τιμές για αίθουσες διδασκαλίας. (0,8 sec RTmf)

Αίθουσα 9 RT								
Frequency (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Μέτρηση 1	3,02	1,62	1,54	1,32	1,25	1,24	1,00	0,91
Μέτρηση 2	2,96	1,62	1,54	1,30	1,25	1,17	1,06	0,86
Μέτρηση 3	2,79	1,86	1,50	1,26	1,33	1,22	1,06	1,03
Μέτρηση 4	2,72	1,80	1,49	1,29	1,27	1,22	1,08	0,85
Μέτρηση 5	2,55	1,89	1,39	1,22	1,22	1,24	1,02	0,86
Μέτρηση 6	1,35	1,87	1,38	1,29	1,23	1,25	1,07	0,87
Μέση τιμή RT(s)	2,56	1,77	1,47	1,28	1,26	1,22	1,05	0,90
RTmf(s)	1,25							

Πίνακας. 5.7.. Χρόνος Αντήχησης- Αίθουσα 9(s) - 30ο Δημοτικό



Διάγραμμα 5.4.. Χρόνος Αντήχησης (Μέση τιμή) (s) - Αίθουσα 9

Ακολουθούν πίνακες με τις υπόλοιπες ακουστικές παραμέτρους για την παρούσα αίθουσα όπως αυτές προέκυψαν από τις μετρήσεις.

Για το EDT:

EDT	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Μέτρηση 1	2,21	1,50	1,21	1,20	1,33	1,15	1,03	0,88
Μέτρηση 2	2,20	1,55	1,11	1,09	1,22	1,08	0,99	0,80
Μέτρηση 3	2,01	1,69	1,34	1,42	1,30	1,28	1,07	0,93
Μέτρηση 4	2,26	1,75	1,26	1,29	1,30	1,20	1,10	0,87
Μέτρηση 5	1,54	1,77	1,53	1,29	1,24	1,22	1,06	0,89
Μέτρηση 6	1,38	1,74	1,53	1,26	1,27	1,20	1,03	0,94
Μέση τιμή	1,93	1,67	1,33	1,26	1,28	1,19	1,04	0,89

Πίνακας 5.8.. EDT Αίθουσα 9(s) - 30ο Δημοτικό

To Definition :

Definition	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Μέτρηση 1	10,43	12,67	33,47	58,77	44,71	44,53	44,58	59,93
Μέτρηση 2	10,49	12,29	31,52	52,11	39,63	40,56	53,66	58,28
Μέτρηση 3	16,72	27,47	40,93	39,35	38,59	46,77	43,45	58,27
Μέτρηση 4	10,66	27,94	38,82	44,39	47,46	41,90	45,45	55,69
Μέτρηση 5	16,82	53,72	49,47	45,79	46,75	49,23	46,66	62,59
Μέτρηση 6	14,25	53,56	41,80	45,86	35,29	41,88	39,92	53,80
Μέση τιμή	13,23	31,28	39,34	47,71	42,07	44,15	45,62	58,09

Πίνακας 5.9.. Definition- Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό

Το STI και το RASTI:

	STI	RASTI
Μέτρηση 1	0,56	0,62
Μέτρηση 2	0,57	0,61
Μέτρηση 3	0,55	0,57
Μέτρηση 4	0,56	0,59
Μέτρηση 5	0,57	0,58
Μέτρηση 6	0,56	0,59
Μέση τιμή	0,56	0,59

Πίνακας 5.10.. RASTI και STI- Αίθουσα 9 - 30ο Δημοτικό

5.1.3 Αίθουσα εργαστηρίου φυσικής

Ακολουθεί ο πίνακας και το αντίστοιχο διάγραμμα για το χρόνο αντήχησης. Βλέπουμε ότι στις συχνότητες 63 και 125 Hz υπάρχει υψηλή απορρόφηση που οφείλονται σε ντουλάπι που υπάρχει στο χώρο.



Εικόνα 5.3.. Εργαστήριο Φυσικής - 30ο Δημοτικό

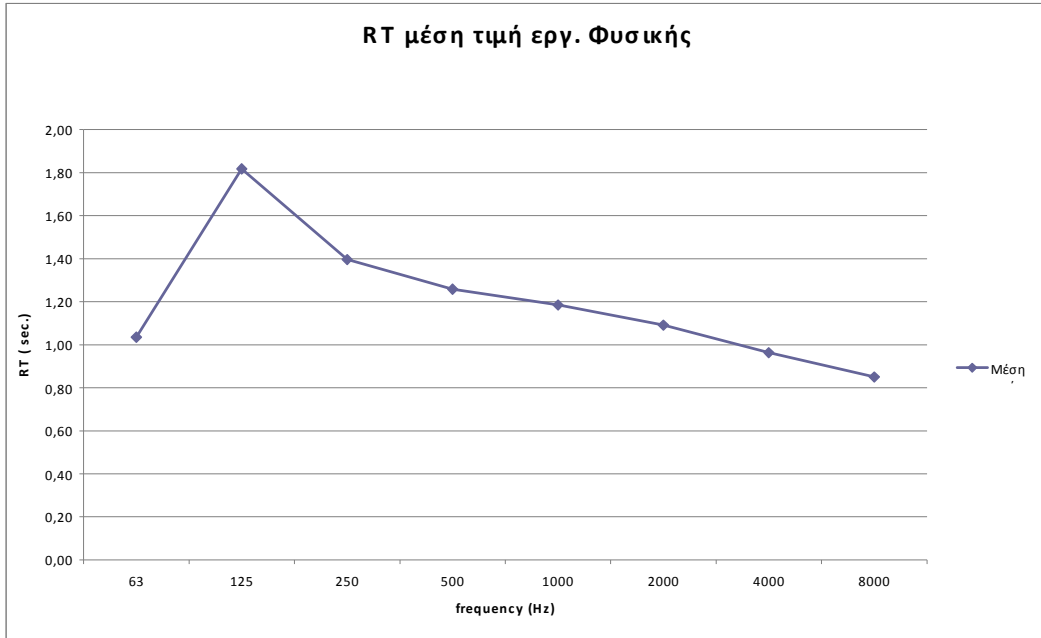
Αίθουσα εργαστηρίου Φυσικής RT(s)								
Frequency (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Μέτρηση 1	0,74	1,45	1,42	1,28	1,19	1,07	0,96	0,84
Μέτρηση 2	0,86	1,85	1,40	1,28	1,22	1,07	0,98	0,90
Μέτρηση 3	0,85	2,02	1,23	1,30	1,23	1,17	0,97	0,84
Μέτρηση 4	0,68	1,79	1,43	1,28	1,16	1,10	0,97	0,83
Μέτρηση 5	1,55	1,91	1,41	1,20	1,17	1,08	0,96	0,70
Μέτρηση 6	1,39	1,78	1,51	1,17	1,10	1,05	0,94	0,93
Μέτρηση 7	1,18	1,93	1,39	1,30	1,21	1,10	0,97	0,92
Μέση τιμή RT(s)	1,03	1,82	1,40	1,26	1,19	1,09	0,96	0,85
RTmf(s)	1,18							

Πίνακας 5.11.. Χρόνος Αντήχησης Εργαστήριο Φυσικής(s) - 30ο Δημοτικό

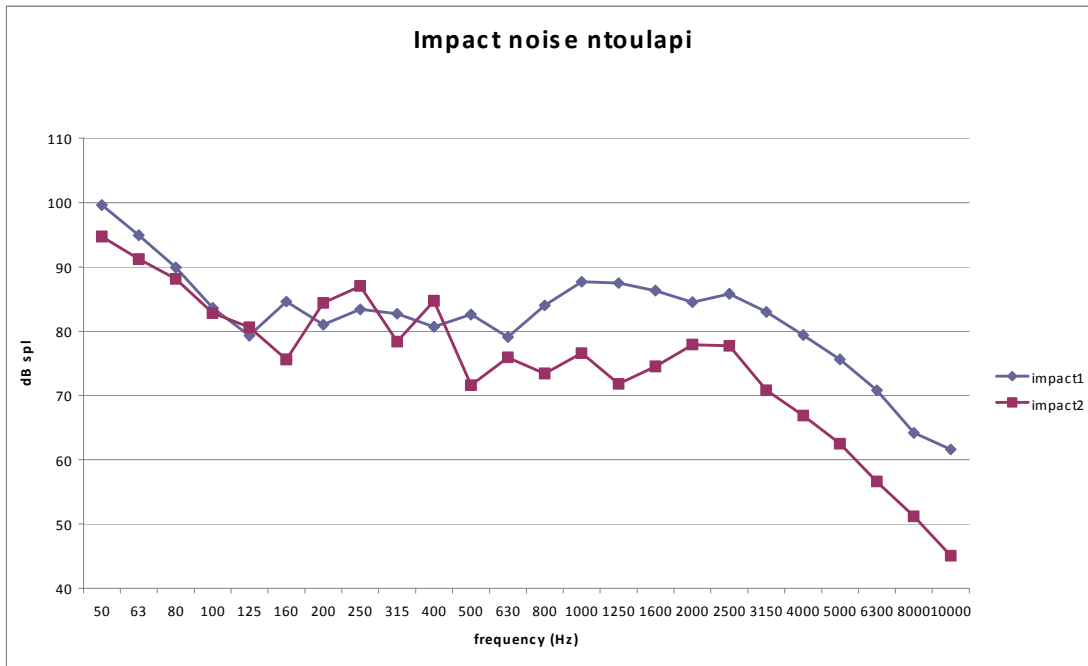
Στην αίθουσα αυτή παρατηρήθηκε μη αναμενόμενη πτώση του χρόνου αντήχησης στις χαμηλές συχνότητες. Καθότι υπήρχε ξύλινο ντουλάπι μεγάλης σχετικά επιφάνειας το φαινόμενο αποδόθηκε αρχικά εκεί κι έτσι έγινε μια μέτρηση στάθμης του εκπεμπόμενου θορύβου από κρουστική διέγερση με σκοπό να βρεθεί η συχνοτική περιοχή μέγιστης απορρόφησης. Έγιναν δύο μετρήσεις από τις οποίες προέκυψε το διάγραμμα 5.6. Όπως βλέπουμε η αρχική υπόθεση επαληθεύτηκε μιας και το ντουλάπι παρουσιάζει μεγαλύτερη στάθμη κραδασμού και εκπεμπόμενου θορύβου κατά τις χαμηλές συχνότητες και κατά συνέπεια αυτές θα είναι και οι συχνότητες που θα απορροφά περισσότερο.



Εικόνα 5.4.. Εργαστήριο Φυσικής- Ντουλάπι που απορροφά τις χαμηλές συχνότητες - 30ο Δημοτικό



Διάγραμμα 5.5.. Χρόνος Αντήχησης (Μέση τιμή) (s) - Εργαστήριο Φυσικής



Διάγραμμα 5.6.. Απορρόφηση ντουλαπιού - Εργαστήριο Φυσικής

Ακολουθούν πίνακες με τις υπόλοιπες ακουστικές παραμέτρους για την αίθουσα όπως αυτές προέκυψαν από τις μετρήσεις.

Για το EDT:

EDT	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Μέτρηση 1	0,87	1,93	1,49	1,35	1,27	1,08	0,92	0,80
Μέτρηση 2	0,96	1,87	1,66	1,23	1,16	1,19	0,98	0,86
Μέτρηση 3	0,60	1,51	1,41	0,96	1,38	0,92	0,99	0,76
Μέτρηση 4	0,75	1,55	1,59	1,23	1,16	1,02	1,02	0,91
Μέτρηση 5	1,58	1,95	1,21	1,11	1,13	1,03	0,99	0,83
Μέτρηση 6	0,93	1,87	1,10	1,53	1,37	1,03	0,94	0,75
Μέτρηση 7	0,78	1,75	1,40	1,34	1,01	1,20	0,96	0,94
Μέση τιμή	0,92	1,78	1,41	1,25	1,21	1,07	0,97	0,83

Πίνακας 5.12.. EDT - Εργαστήριο Φυσικής(s) - 30ο Δημοτικό

To Definition :

Definition	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Μέτρηση 1	24,20	23,65	41,89	34,04	43,56	46,89	53,24	62,63
Μέτρηση 2	16,03	27,38	27,62	32,14	42,91	47,46	51,24	56,90
Μέτρηση 3	44,55	50,80	56,50	56,65	46,85	51,89	48,06	62,17
Μέτρηση 4	32,85	40,27	23,32	36,81	48,37	42,41	54,21	63,77
Μέτρηση 5	19,34	28,38	49,28	45,85	50,79	50,01	48,33	49,70
Μέτρηση 6	34,70	28,55	56,27	40,65	45,73	58,28	58,13	64,96
Μέτρηση 7	34,30	28,52	39,01	46,16	44,33	43,73	49,21	51,40
Μέση τιμή	29,42	32,51	41,98	41,76	46,08	48,67	51,77	58,79

Πίνακας 5.13. Definition - Εργαστήριο Φυσικής - 30ο Δημοτικό

Το STI και το RASTI:

	STI	RASTI
Μέτρηση 1	0,56	0,57
Μέτρηση 2	0,54	0,58
Μέτρηση 3	0,59	0,63
Μέτρηση 4	0,56	0,57
Μέτρηση 5	0,57	0,61
Μέτρηση 6	0,57	0,58
Μέτρηση 7	0,54	0,59
Μέση τιμή	0,56	0,59

Πίνακας 5.14. RASTI και STI - Εργαστήριο Φυσικής - 30ο Δημοτικό

5.1.4 Μέτρηση δείκτη ηχομείωσης R και υπολογισμός σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης R_w για την αίθουσα 9:

Αφού παρατέθηκαν αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις ακουστικές παραμέτρους των τριών αιθουσών, ακολουθεί ο υπολογισμός του δείκτη ηχομείωσης.

Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με την πηγή εκπομπής στην αίθουσα 8 και λήψη μεταδιδόμενου θορύβου τόσο στην αίθουσα 9 όσο και στην αίθουσα εργαστηρίου φυσικής. Και στη συνέχεια με την πηγή στο διάδρομο και λήψη θορύβου στις αίθουσες 9 και εργαστηρίου φυσικής για την καταγραφή του δείκτη ηχομείωσης της πόρτας.

Στον πίνακα 5.15 βλέπουμε τις στάθμες εκπομπής στην αίθουσα οκτώ και στο διάδρομο και τις στάθμες λήψης για την αίθουσα 9.

Πίνακας 5.15.. Στάθμες Θορύβου(dB re 20mPa) - 3οο Δημοτικό

Στάθμες εκπομπής και λήψης ανα Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
Αίθουσα 9 Θόρυβος Βάθους	48,88	44,67	40,25	30,78	31,78	27,26	20,02	15,19	37
Στάθμη εκπομπής στην αίθουσα 8(L1)	83,36	95,22	96,77	88,86	77,73	81,62	82,34	72,83	92
Στάθμη λήψης στην αίθουσα 9	55,88	64,67	63,63	53,54	36,54	42,49	41,74	29,01	57
Στάθμη εκπομπής στο διάδρομο	83,94	92,54	96,06	89,56	77,30	81,31	81,69	71,44	92
Στάθμη λήψης στην αιθ.9, πηγή στο διάδρομο	65,18	59,81	54,39	53,73	52,82	50,43	43,75	35,82	57



Εικόνες 5.5 και 5.6 .. Εσωτερικά και εξωτερικά της αίθουσας 8 - 3οο Δημοτικό

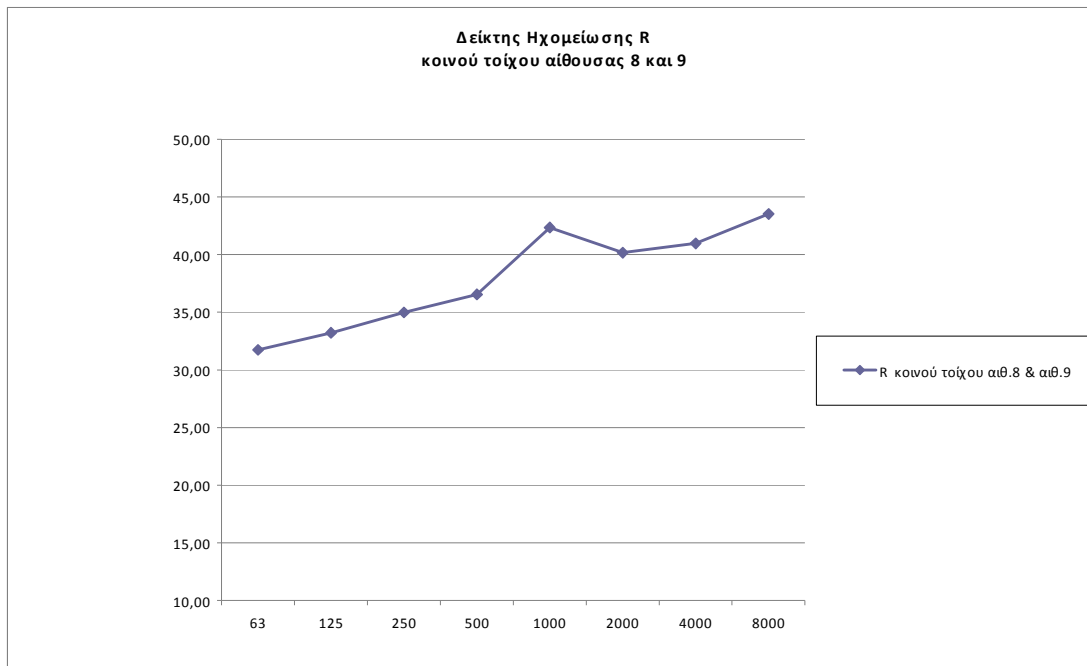
Και στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 5.16 με τις τιμές του δείκτη ηχομείωσης R καθώς και του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης R_w για τον κοινό τοίχο της αίθουσας 8 και 9 και για την πόρτα που προέκυψε από το θόρυβο λήψης στην αίθουσα 9 ενώ η πηγή βρισκόταν στο διάδρομο.

Αίθουσα 9 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	R_w
Δείκτης ηχομείωσης R τοίχου	31,73	33,21	34,98	36,55	42,34	40,16	40,96	43,52	39
Δείκτης ηχομείωσης R πόρτας	13,21	25,57	33,70	27,25	15,82	22,10	28,50	22,50	19

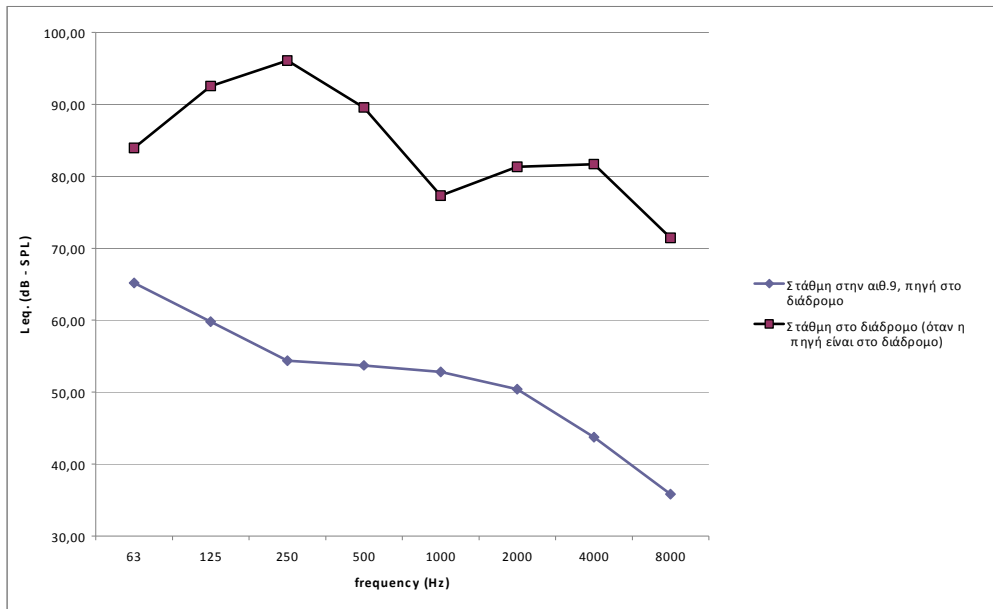
Πίνακας 5.16.. Δείκτης ηχομείωσης R και R_w - Αίθουσα 9 - 3οο Δημοτικό

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 του δευτέρου κεφαλαίου οι τιμές για το σταθμισμένο δείκτη ηχομείωσης R_w ενός τοίχου θα πρέπει να είναι 40 dB για αίθουσες σχολείων ενώ οι τιμές για το δείκτη ηχομείωσης πόρτας θα πρέπει να είναι 30 dB. Οι τιμές για το δείκτη ηχομείωσης του τοίχου είναι σχετικά καλές με εξαίρεση τις χαμηλές συχνότητες ενώ αυτές της πόρτας είναι χαμηλές.

Ακολουθεί συγκριτικό διάγραμμα με το δείκτη ηχομείωσης του κοινού τοίχου μεταξύ των αιθουσών 8 και 9 και έπειτα διάγραμμα με το θόρυβο εκπομπής στο διάδρομο όταν η πηγή βρισκόταν στο διάδρομο και το μεταδιδόμενο θόρυβο στην αίθουσα 9.

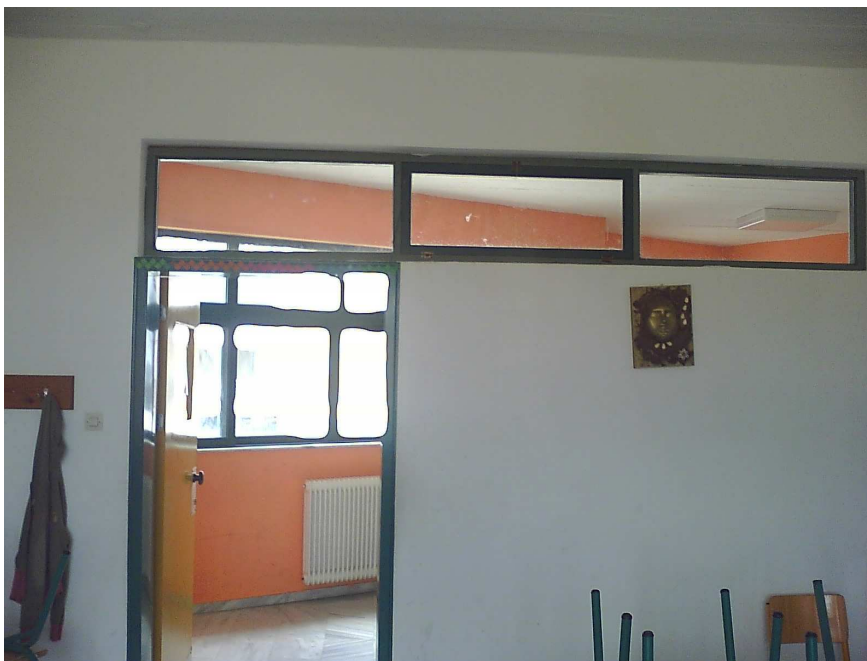


Διάγραμμα 5.7.. Δείκτης ηχομείωσης R – Αίθουσα 9



Διάγραμμα 5.8. Διαφορά Στάθμης (dB re 20mPa) – Αίθουσα 9-Διαδρομου

5.1.5 Μέτρηση δείκτη ηχομείωσης R και υπολογισμός σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης R_w για την αίθουσα εργαστηρίου Φυσικής



Εικόνα 5.7.. Είσοδος Εργαστηρίου Φυσικής

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις στάθμες εκπομπής στην αίθουσα οκτώ και στο διάδρομο και τις στάθμες λήψης για την αίθουσα εργαστηρίου φυσικής και έπειτα ακολουθεί πίνακας με τους δείκτες ηχομείωσης για την προκείμενη αίθουσα.

Στάθμες εκπομπής ανα Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
Στάθμη εκπομπής στην αίθουσα 8	83,36	95,22	96,77	88,86	77,73	81,62	82,34	72,83	92
Στάθμη λήψης στο εργαστήριο φυσικής	54,26	66,25	66,63	57,00	40,83	45,53	44,44	31,20	60
Στάθμη εκπομπής στο διάδρομο	83,94	92,54	96,06	89,56	77,3	81,31	81,69	71,44	92
Στάθμη λήψης με πηγή στο διάδρομο	66,47	72,14	77,23	69,1	54,45	60,38	60,85	48,83	72

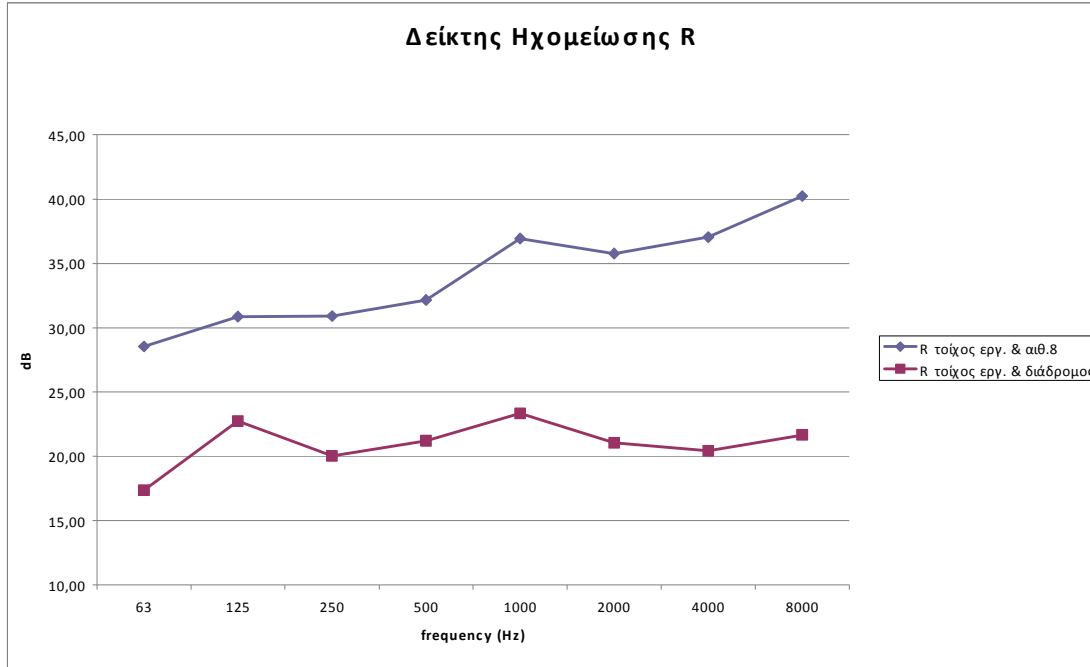
Πίνακας 5.17.. Στάθμες Θορύβου Εργαστήριο Φυσικής(dB re 20mPa) - 30ο Δημοτικό

Δείκτης ηχομείωσης R και σταθμισμένος δείκτης Rw ανα Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Rw
R κοινού τοίχου με αίθουσα 8	28,55	30,87	30,9	32,16	36,94	35,77	37,05	40,23	35
R κοινού τοίχου με διάδρομο	17,36	22,75	20,04	21,21	23,33	21,06	20,43	21,66	20

Πίνακας 5.18.. .. Δείκτης ηχομείωσης R και Rw - Εργαστήριο Φυσικής - 30ο Δημοτικό

Τα αποτελέσματα είναι ανάλογα με αυτά της αίθουσας 9 όπως ήταν αναμενόμενο, αν και όπως παρατηρούμε το Rw είναι χαμηλότερο κατά 4dB και κατά συνέπεια δεν ικανοποιεί τις προδιαγραφές του προτύπου .

Παρακάτω βλέπουμε το διάγραμμα 5.9 με τους δείκτες ηχομείωσης των δύο επιφανειών τοίχου της αίθουσας, αυτού που είναι κοινός με την αίθουσα 8 και αυτού που είναι κοινός με το διάδρομο. Στο δεύτερο βρίσκεται και η πόρτα της αίθουσας για την οποία έχει προηγηθεί μελέτη παραπάνω.



Διά

γραμμά 5.9. Δείκτης Ηχομείωσης κοινού τοίχου Εργαστηρίου-Αίθουσας 8 και Εργαστηρίου-Διαδρόμου.

5.2 2^ο Λύκειο

Στο δεύτερο λύκειο οι μετρήσεις είχαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Παρατίθενται αναλυτικά ανά αίθουσα οι ακουστικές παράμετροι των αιθουσών και ο υπολογισμός του δείκτη ηχομείωσης.

5.2.1 Αίθουσα 3

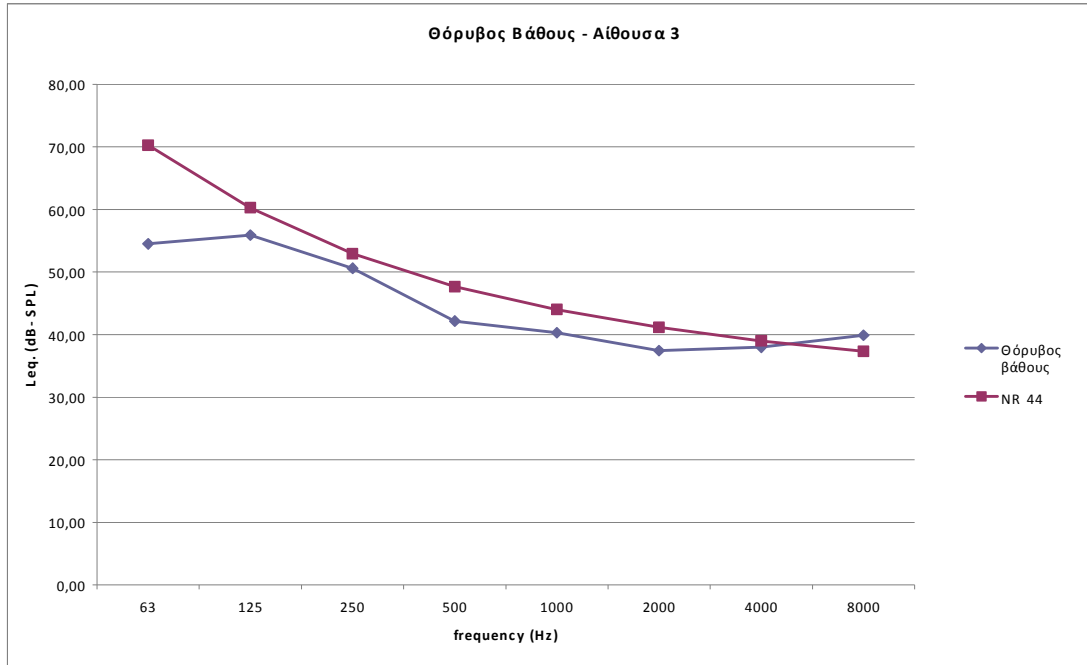


Εικόνα 5.8.. Αίθουσα 3 - 2ο Λύκειο

Ακολουθεί πίνακας με τις τιμές του θορύβου βάθους ανά συχνότητα και το διάγραμμα με την αντίστοιχη καμπύλη θορύβου NR.

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
Θόρυβος βάθους	54.53	55.90	50.60	42.16	40.30	37.45	37.98	39.89	48

Πίνακας 5.19.. Θόρυβος Βάθους(dB re 20mPa) – Αίθουσα 3 – 2^ο Λύκειο



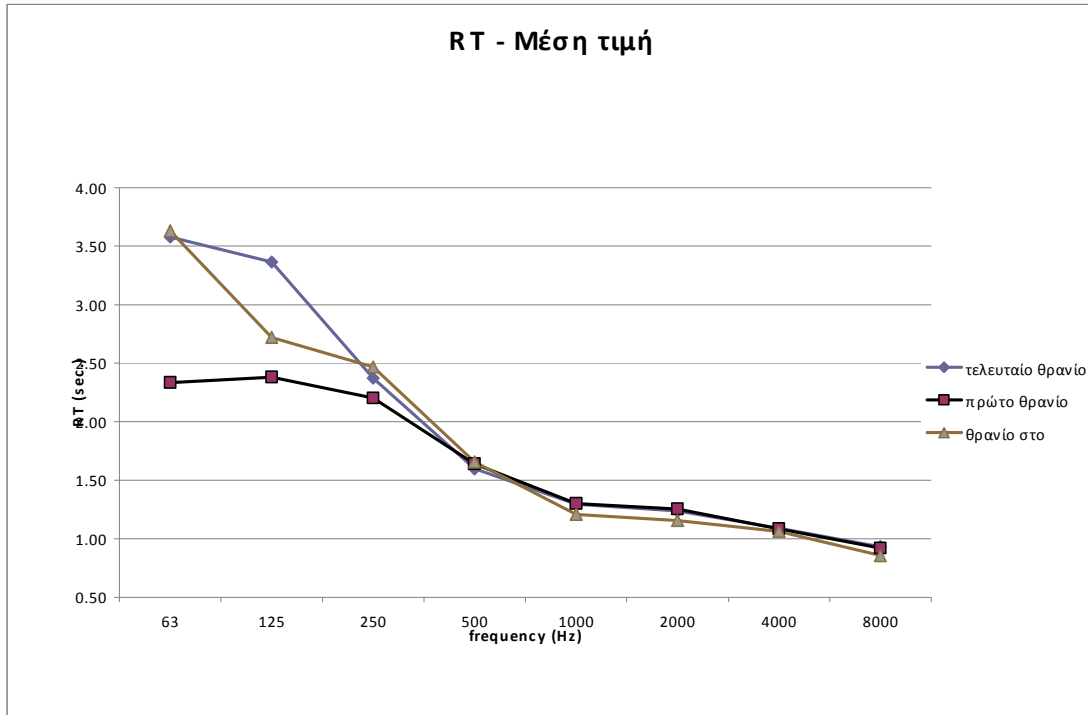
Διάγραμμα 5.10.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR (dB re 20mPa)

Η καμπύλη θορύβου αντιστοιχεί σε αυτήν του NR44 πράγμα που δε συμφωνεί με τα διεθνή πρότυπα σύμφωνα με τα οποία θα έπρεπε να είναι μεταξύ των NR20-30. Και εδώ βλέπουμε ότι ο θόρυβος βάθους δεν είναι κάτω από το προτεινόμενο όριο του Βρετανικού πρότυπου των 35 dBA.

Για την καταγραφή των ακουστικών παραμέτρων έγιναν τρεις λήψεις ανά θέση μέτρησης. Οι θέσεις μέτρησης σε κάθε αίθουσα ήταν τρεις, στο πρώτο, το κεντρικό και το τελευταίο θρανίο. Παρακάτω βλέπουμε συγκεντρωτικό πίνακα με τις μέσες τιμές του χρόνου αντήχησης ανά θέση μέτρησης και την τελική μέση τιμή αυτού για την αίθουσα. Αναλυτικά οι τιμές των μετρήσεων παρατίθενται στο παράρτημα πίνακα . Ακολουθεί και διάγραμμα με τις μέσες τιμές του χρόνου αντήχησης ανά θέση.

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Πρώτο θρανίο	2.34	2.38	2.20	1.64	1.30	1.26	1.09	0.92
Θρανίο στο κέντρο	3.63	2.72	2.47	1.66	1.21	1.15	1.06	0.86
Τελευταίο θρανίο	3.58	3.37	2.37	1.60	1.29	1.24	1.09	0.93
Μέση τιμή για αίθουσα	3,18	2,82	2,35	1,63	1,27	1,22	1,08	0,90
RTmf(s)	1,4							

Πίνακας 5.20.. Χρόνος Αντήχησης (s)– Αίθουσα 3 – 2^ο Λύκειο



Διάγραμμα 5.11.. Χρόνος Αντήχησης – Αίθουσα 3(πρώτο, τελευταίο, κεντρικό θρανίο) (s) – 2^ο Λύκειο

Παρατηρούμε ότι οι τιμές του χρόνου αντήχησης είναι ιδιαίτερα αυξημένες στις χαμηλές συχνότητες. Από τις μεσαίες και υψηλές συχνότητες η μέτρηση παρουσιάζει μια ομοιομορφία στις τρεις θέσεις καταγραφής, ενώ όλες οι τιμές είναι αυξημένες σε σύγκριση με το Βρετανικό πρότυπο που θέτει σαν όριο το 0,8 για RT_{mf} σε αίθουσες διδασκαλίας.

Παρακάτω βλέπουμε σε πίνακες άλλες ακουστικές παραμέτρους για την αίθουσα, αναλυτικά ανά μέτρηση και τη μέση τιμή επίσης.

Για το EDT:

EDT	63 Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Τελευταίο θρανίο1	3.79	2.46	2.30	1.56	1.18	1.23	1.11	0.82
Τελευταίο θρανίο2	3.63	2.52	2.34	1.59	1.28	1.22	1.09	0.85
Τελευταίο θρανίο3	3.48	2.52	2.44	1.61	1.25	1.25	1.17	1.02
1ο θρανίο 1	3.74	2.77	2.18	1.61	1.09	1.30	1.00	0.87
1ο θρανίο 2	3.42	2.85	2.15	1.60	1.35	1.33	1.03	0.84
1ο θρανίο 3	0.96	2.84	2.17	1.59	1.27	1.12	1.07	0.78
Στο κέντρο 1	3.19	2.61	2.05	1.55	1.37	1.24	1.09	0.86
Στο κέντρο 2	3.02	2.65	1.93	1.51	1.22	1.12	0.98	0.84
Στο κέντρο 3	3.07	2.55	2.03	1.51	1.25	1.17	0.96	0.80
Μέση τιμή	3.14	2.64	2.18	1.57	1.25	1.22	1.05	0.85

Πίνακας 5.21.. EDT(s) – Αίθουσα 3 – 2^ο Λύκειο

Το Definition:

Definition	63 Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Τελευταίο θρανίο1	11.44	5.47	45.60	45.59	47.30	45.05	50.91	61.21
Τελευταίο θρανίο2	11.81	7.01	48.72	37.42	40.45	42.59	48.01	55.26
Τελευταίο θρανίο3	12.08	5.76	48.45	32.06	43.28	42.12	48.48	57.52
1ο θρανίο 1	57.54	31.25	21.79	31.25	45.62	45.12	54.28	68.79
1ο θρανίο 2	51.41	26.44	20.23	34.27	44.81	49.23	55.52	65.94
1ο θρανίο 3	68.72	28.44	21.36	38.11	41.90	45.66	48.02	70.01
Στο κέντρο 1	8.26	12.44	26.88	27.63	38.82	41.24	36.35	51.63
Στο κέντρο 2	7.72	13.04	27.53	30.64	42.13	44.02	40.29	52.00
Στο κέντρο 3	8.85	13.39	28.63	30.33	45.56	45.85	43.24	55.85
Μέση τιμή	26.43	15.92	32.13	34.14	43.32	44.54	47.23	59.80

Πίνακας 5.22.. Definition – Αίθουσα 3 – 2^ο Λόκειο

Το STI και το RASTI:

	STI	RASTI
Τελευταίο θρανίο1	0.54	0.57
Τελευταίο θρανίο2	0.53	0.56
Τελευταίο θρανίο3	0.53	0.54
1ο θρανίο 1	0.54	0.54
1ο θρανίο 2	0.53	0.55
1ο θρανίο 3	0.53	0.57
Στο κέντρο 1	0.50	0.53
Στο κέντρο 2	0.51	0.54
Στο κέντρο 3	0.52	0.54
Μέση τιμή	0.53	0.55

Πίνακας 5.23.. RASTI και STI – Αίθουσα 3 – 2^ο Λόκειο

5.2.2 Αίθουσα 4

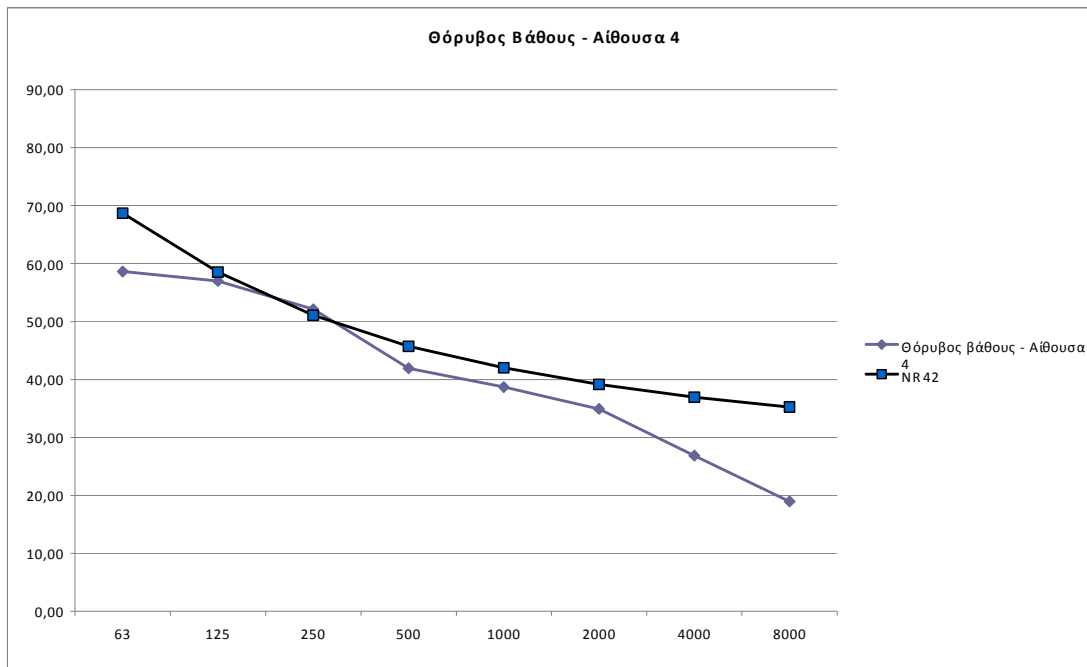


Εικόνα 5.9.. Αίθουσα 4 - 2ο Λύκειο

Ακολουθεί πίνακας με τις τιμές του θορύβου βάθους ανά συχνότητα και το διάγραμμα με την αντίστοιχη καμπύλη θορύβου NR.

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
Θόρυβος βάθους	58.63	57.00	52.13	41.93	38.67	34.90	26.85	18.96	47

Πίνακας 5.24.. Θόρυβος βάθους (dB re 20mPa) – Αίθουσα 3 – 2^ο Λύκειο



Διάγραμμα 5.12.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR – Αίθουσα 4 (dB re 20mPa) - 2^ο Λύκειο

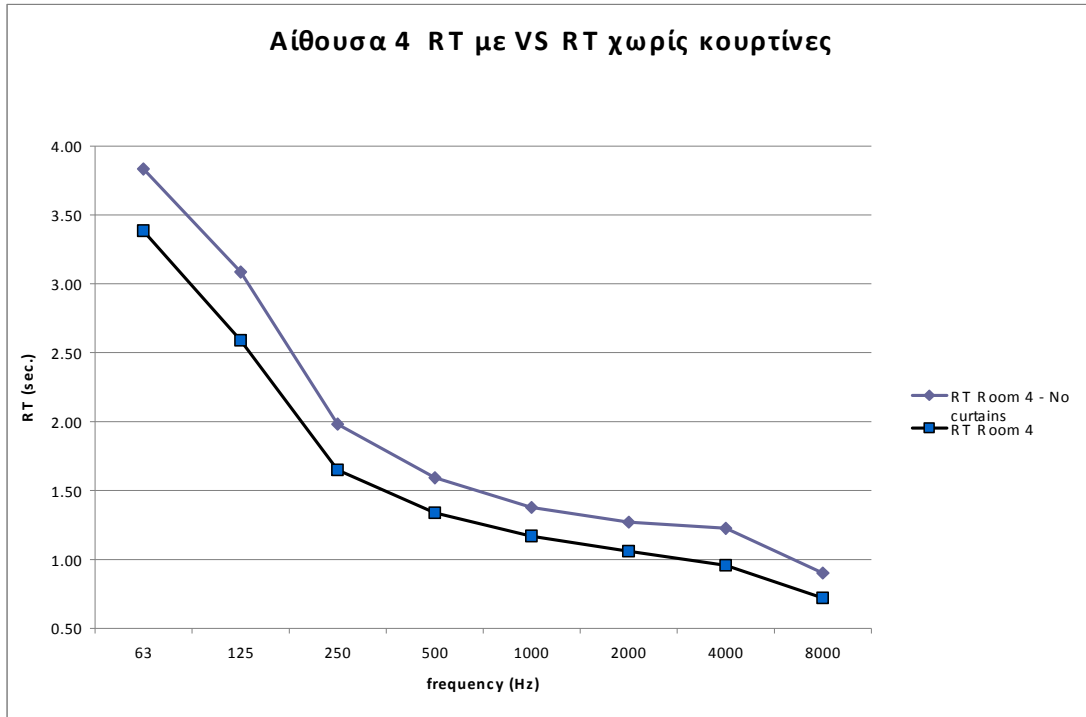
Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα ο θόρυβος βάθους στην αίθουσα 4 αντιστοιχίζεται με την καμπύλη θορύβου NR42. Επίπεδο θορύβου αρκετά αυξημένο για αίθουσες διδασκαλίας.

Για το χρόνο αντήχησης στην αίθουσα 4 έγιναν δυο ομάδες μετρήσεων. Η μία ήταν με τις κουρτίνες ανοιχτές και η άλλη με τις κουρτίνες τραβηγμένες όπως προβλέπουν τα διεθνή πρότυπα. Η τιμή RTmf έχει υπολογιστεί για την μέτρηση χωρίς κουρτίνες.

Ακολουθεί συγκριτικός πίνακας με τις μέσες τιμές των τιμών του χρόνου αντήχησης με κουρτίνες και χωρίς και κουρτίνες και το αντίστοιχο διάγραμμα. Αναλυτικότεροι πίνακες και διαγράμματα στο παράρτημα.

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
RT χωρίς κουρτίνες	3,83	3,09	1,98	1,59	1,38	1,27	1,22	0,90
RT με κουρτίνες	3,38	2,59	1,65	1,34	1,17	1,06	0,96	0,72
RTmf(s)	1,19							

Πίνακας 5.25.. Χρόνος Αντήχησης (s)– Αίθουσα 4 – 2^ο Λύκειο



Διάγραμμα 5.13.. Χρόνος Αντήχησης στις μετρήσεις με κουρτίνες και σε αυτές χωρίς κουρτίνες (s) -Αίθουσα 4 - 2^ο Λύκειο

Η επιρροή της κουρτίνας στην ακουστική του χώρου είναι σημαντική μειώνοντας εμφανώς το χρόνο αντήχησης.

Ακολουθούν πίνακες με άλλες ακουστικές παραμέτρους του χώρου.

Για το EDT:

EDT	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Μέτρηση 1	3.31	2.57	1.61	1.39	1.07	1.09	1.02	0.85
Μέτρηση 2	3.26	2.49	1.77	1.36	1.12	1.12	1.03	0.79
Μέτρηση 3	3.48	2.16	1.71	1.29	1.01	1.07	0.89	0.75
Μέτρηση 4	2.17	2.17	1.73	1.27	0.98	1.13	0.93	0.82
Μέτρηση 5	-	2.27	1.39	1.21	1.07	0.98	0.87	-
Μέτρηση 6	-	2.24	1.54	1.24	1.01	1.03	0.90	0.78
Μέση τιμή	4.18	2.32	1.62	1.29	1.04	1.07	0.94	0.80

Πίνακας 5.26.. EDT (s)– Αίθουσα 4 – 2^ο Λύκειο

To Definition:

Definition	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Μέτρηση 1	37.60	45.71	34.28	40.53	53.79	43.66	54.90	58.27
Μέτρηση 2	34.94	41.22	40.11	46.75	42.68	46.97	49.40	60.42
Μέτρηση 3	13.28	15.83	36.52	37.56	41.61	50.83	49.54	51.88
Μέτρηση 4	14.28	15.77	39.64	36.99	39.69	44.52	45.58	59.84
Μέτρηση 5	14.17	17.22	36.60	42.75	51.73	55.59	64.97	73.01
Μέτρηση 6	7.23	14.48	33.42	48.98	48.77	52.73	52.38	58.95
Μέση τιμή	20.25	25.04	36.76	42.26	46.38	49.05	52.80	60.40

Πίνακας 5.27.. Definition – Αίθουσα 4 – 2^ο Λύκειο

To STI και το RASTI:

	STI	RASTI
Μέτρηση 1	0.52	0.57
Μέτρηση 2	0.52	0.58
Μέτρηση 3	0.53	0.58
Μέτρηση 4	0.54	0.57
Μέτρηση 5	0.49	0.59
Μέτρηση 6	0.57	0.60
Μέση τιμή	0.53	0.58

Πίνακας 5.28.. RASTI και STI – Αίθουσα 4 – 2^ο Λύκειο

5.2.3 Αίθουσα 5

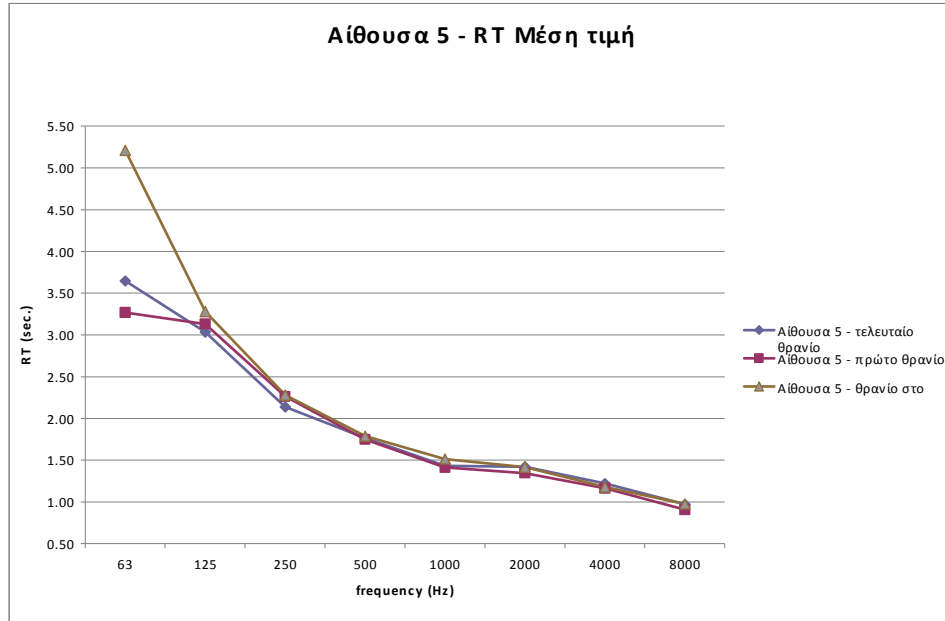


Εικόνα 5.10.. Αίθουσα 5 – 2^ο Λύκειο

Παρατίθενται πίνακες με τις τιμές του χρόνου αντήχησης και αντίστοιχα διαγράμματα. Οι καταγραφές ήταν τρεις ανά θέση μέτρησης – πρώτο θρανίο, στο κέντρο και τελευταίο. Ο πίνακας παραθέτει τις μέσες τιμές για κάθε χαρακτηριστική θέση μέτρησης και την τελική μέση τιμή για την αίθουσα.

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
RT τελευταίο θρανίο	3.64	3.04	2.14	1.77	1.43	1.42	1.22	0.97
RT πρώτο θρανίο	3.27	3.13	2.26	1.75	1.41	1.34	1.16	0.91
RT θρανίο στο κέντρο	5.21	3.28	2.28	1.79	1.51	1.42	1.18	0.97
Αίθουσα 5 – Μέση τιμή(s)	4.04	3.15	2.23	1.77	1.45	1.39	1.19	0.95
RTmf(s)	1,53							

Πίνακας 5.29.. Χρόνος Αντήχησης (s) – Αίθουσα 5 – 2^ο Λύκειο



Διάγραμμα 5.14.. Χρόνος Αντήρησης (s)– Αίθουσα 5 - 2^ο Λύκειο

Ακολουθούν πίνακες με άλλες ακουστικές παραμέτρους του χώρου.

Για το EDT:

EDT(s)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1ο Θρανίο 1	4.06	2.96	1.97	1.72	1.52	1.32	1.20	0.96
1ο Θρανίο 2	4.25	2.91	1.93	1.80	1.22	1.17	1.11	0.84
1ο Θρανίο 3	4.26	3.01	1.90	1.68	1.33	1.38	1.20	0.94
Στο κέντρο 1	4.68	2.94	1.85	1.58	1.46	1.33	1.12	0.84
Στο κέντρο 2	4.64	2.88	1.81	1.83	1.50	1.41	1.18	1.00
Στο κέντρο 3	3.96	2.80	1.90	1.81	1.31	1.35	1.27	0.99
Τελευταίο θρανίο 1	3.52	2.39	2.48	1.69	1.42	1.37	1.20	0.93
Τελευταίο θρανίο 2	3.64	2.42	2.50	1.68	1.40	1.31	1.19	0.96
Τελευταίο θρανίο 3	3.95	2.44	2.40	1.91	1.33	1.29	1.12	0.86
Μέση τιμή	4.11	2.75	2.08	1.74	1.39	1.32	1.18	0.93

Πίνακας 5.30.. EDT (s) – Αίθουσα 5 – 2^ο Λύκειο

To Definition:

Definition	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1ο Θρανίο 1	37.63	32.82	33.35	35.80	45.77	51.74	48.64	66.90
1ο Θρανίο 2	36.59	32.88	35.70	41.10	50.79	53.29	50.80	69.14
1ο Θρανίο 3	37.40	31.79	37.67	37.28	44.43	43.75	49.34	58.58
Στο κέντρο 1	10.62	18.17	32.15	29.76	37.93	31.97	45.35	57.72
Στο κέντρο 2	10.58	23.28	31.23	34.01	48.77	39.80	50.50	62.83
Στο κέντρο 3	7.924	20.30	28.03	44.86	43.12	38.48	40.28	62.18
Τελευταίο θρανίο 1	10.55	10.27	35.19	37.97	37.19	44.41	49.68	57.42
Τελευταίο θρανίο 2	9.66	10.10	36.28	39.03	36.58	44.35	46.62	58.54
Τελευταίο θρανίο 3	9.64	9.62	29.18	33.13	40.71	39.08	42.94	53.48
Μέση τιμή	18.96	21.03	33.20	36.99	42.81	42.99	47.13	60.75

Πίνακας 5.31.. Definition – Αίθουσα 5 – 2^ο Λύκειο

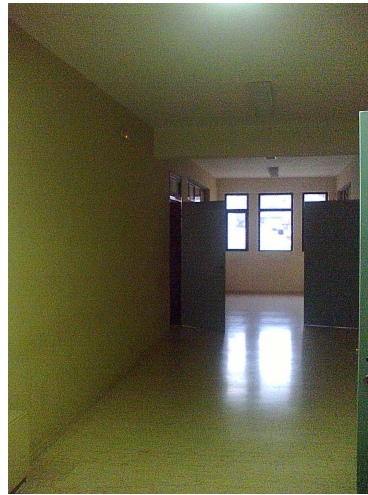
To STI και το RASTI:

	STI	RASTI
1ο Θρανίο 1	0.53	0.53
1ο Θρανίο 2	0.55	0.56
1ο Θρανίο 3	0.52	0.52
Στο κέντρο 1	0.50	0.53
Στο κέντρο 2	0.51	0.52
Στο κέντρο 3	0.51	0.55
Τελευταίο θρανίο 1	0.53	0.55
Τελευταίο θρανίο 2	0.53	0.55
Τελευταίο θρανίο 3	0.51	0.52
Μέση τιμή	0.52	0.54

Πίνακας 5.32.. RASTI και STI – Αίθουσα 5 – 2^ο Λύκειο

5.2.4 Μέτρηση δείκτη ηχομείωσης R

Για τη μέτρηση του δείκτη ηχομείωσης η πηγή αρχικά τοποθετήθηκε στην αίθουσα 5 και στη συνέχεια στο διάδρομο με σκοπό την καταγραφή της ηχομονωτικής ικανότητας και της πόρτας των αιθουσών. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις στάθμες εκπομπής στην αίθουσα 5 και στο διάδρομο και τις αντίστοιχες στάθμες του μεταδιδόμενου θορύβου στην αίθουσα 3 καθώς επίσης και το θόρυβο βάθους στην προκείμενη αίθουσα. Ακολουθεί πίνακας με τις τιμές του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης.



Εικόνα 5.11 και 5.12.... Αίθουσα 5 Ηχοβόλιση και διάδρομος – 2^ο Λύκειο

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dBA
Θόρυβος βάθους	54,53	55,90	50,60	42,16	40,30	37,45	37,98	39,89	48
Στάθμη εκπομπής αίθουσα5	87,08	95,42	97,24	90,10	77,57	81,32	81,95	71,65	92
Στάθμη λήψης στην αίθουσα3	62,71	63,71	65,24	54,83	42,27	41,61	41,11	39,67	58
Στάθμη εκπομπής διαδρόμου	78,30	93,00	94,70	89,10	78,50	82,50	83,00	72,20	91
Στάθμη λήψης στην αιθ. 3-διαδρόμου	65,30	77,00	77,70	69,30	55,60	60,80	61,40	48,80	72

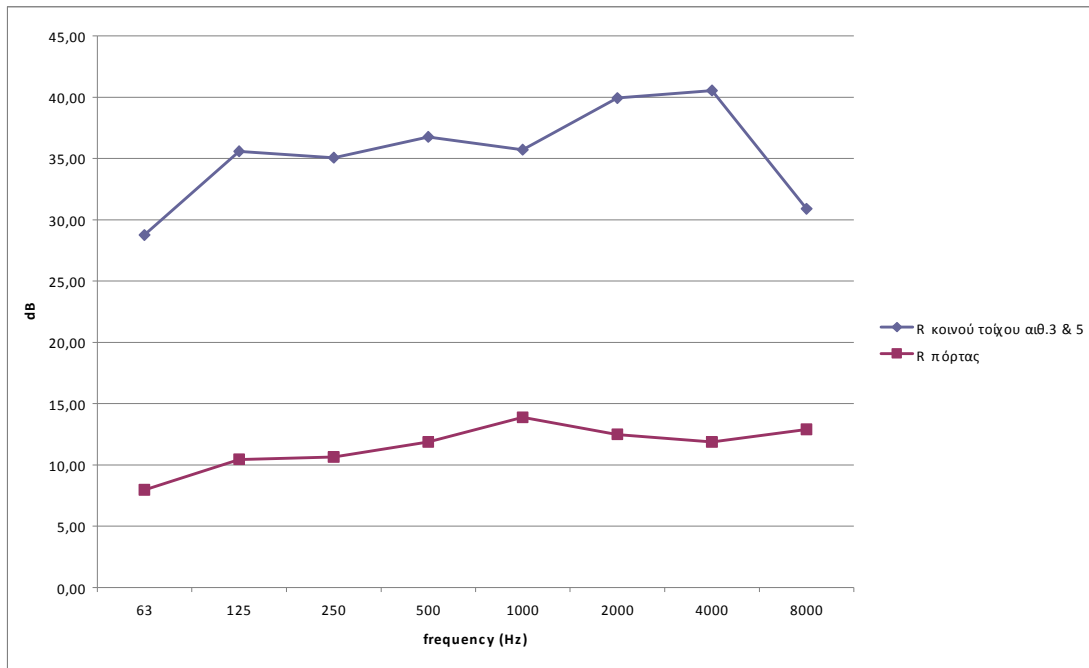
Πίνακας 5.33.. Στάθμες Θορύβου(dB re 20mPa) – Αίθουσα 3 και 5 – 2^ο Λύκειο

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Rw
R για κοινο τοιχο αιθουσας 3-5	28,76	35,58	35,07	36,76	35,70	39,92	40,54	30,90	34
R για πόρτα	7,98	10,46	10,65	11,88	13,88	12,50	11,88	12,90	11

Πίνακας 5.34.. Δείκτης ηχομείωσης R και σταθμισμένος δείκτης Rw – Αίθουσα 3 – 2^ο Λύκειο

Οι τιμές για το δείκτη ηχομείωσης του τοίχου είναι σχετικά χαμηλές και μειωμένες καθώς μειώνεται και η συχνότητα όπως και ήταν αναμενόμενο μιας και η ηχομονωτική ικανότητα μειώνεται σε ήχους χαμηλών συχνοτήτων και μεγάλα μήκη κύματος. Ο δείκτης ηχομείωσης της πόρτας της αίθουσας είναι εντυπωσιακά χαμηλός με τιμή R_w 11 και κατώτατο όριο από το BB93 το 30.

Ακολουθεί συγκριτικό διάγραμμα με τους δείκτες ηχομείωσης των δυο επιφανειών δηλαδή του τοίχου και της πόρτας για την αίθουσα 3. Παρατηρούμε μια έντονη πτώση της ηχομονωτικής ικανότητας του τοίχου στα 8000 Hz η οποία πιθανώς να οφείλεται σε κάποιο κενό σημείο του τοίχου.



Διάγραμμα 5.15.. Δείκτης ηχοαπορρόφησης R τοίχου και πόρτας –Αίθουσα 3 – 2^ο λύκειο

5.3 Μελέτη 30^{ου} δημοτικού με το σχολείο σε λειτουργία

Οι μετρήσεις που έγιναν παρουσία των μαθητών και των εκπαιδευτικών έγιναν όπως έχει προαναφερθεί με διαφορετική μέθοδο από τις προηγούμενες που έχουν παρατεθεί. Εδώ ακολουθήθηκε η μέθοδος της κρουστικής απόκρισης. Μετρήθηκε κατά βάση ο χρόνος αντήχησης με σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά των μετρήσεων που έγιναν με το σχολείο άδειο και επίσης την παρατήρηση του ακουστικού περιβάλλοντος στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του. Τέλος έγινε καταγραφή της στάθμης θορύβου σε μια αίθουσα για τριάντα λεπτά εν ώρα μαθήματος και η στάθμη του διαδρόμου εν ώρα ησυχίας για παρατήρηση του θορύβου βάθους που δημιουργείται στο σχολείο όταν αυτό λειτουργεί.

Παρατίθενται πίνακες με τις μετρήσεις του χρόνου αντήχησης αναλυτικά και ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα με το χρόνο αντήχησης και των τριών αιθουσών.

ΑΙΘΟΥΣΑ 8									
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
RT60(1)	1,05	1,45	0,94	0,81	0,77	0,66	0,49	0,43	0,77
RT60(2)	1,61	1,3	0,92	1	1,09	1,21	0,91	0,44	1,09
AVERAGE	1,33	1,38	0,93	0,91	0,93	0,94	0,70	0,44	0,93
RTmf	0,92								

Πίνακας 5.35.. Χρόνος Αντήχησης (s)– Μέτρηση με παιδιά – Αίθουσα 8 30^ο δημοτικό σχολείο

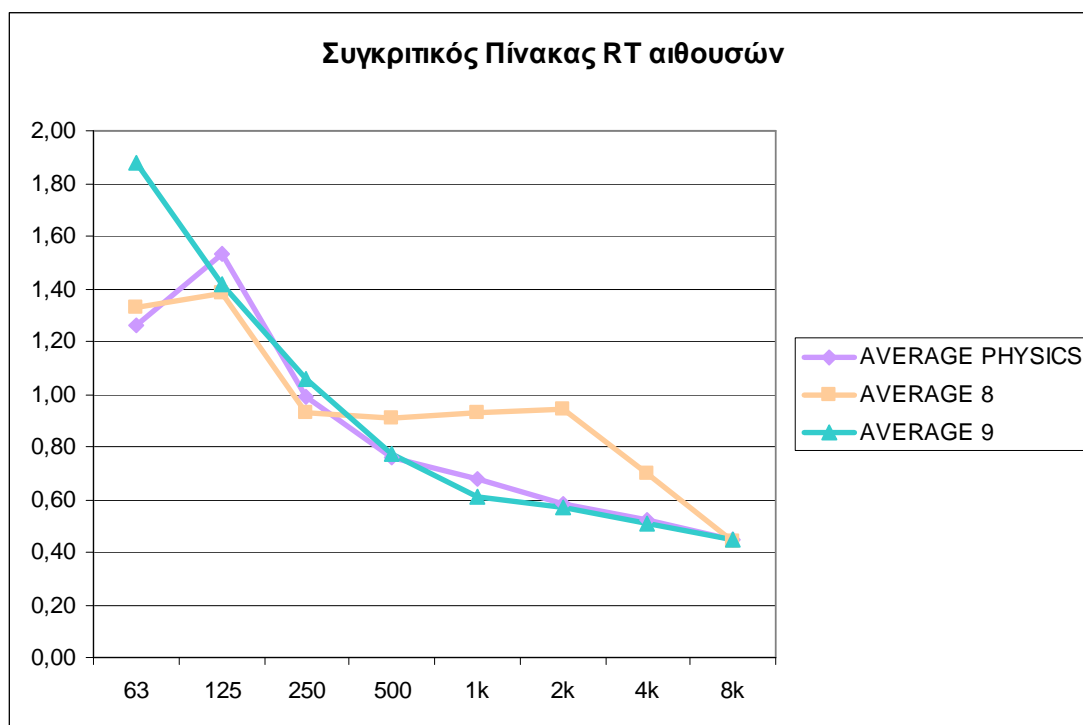
ΑΙΘΟΥΣΑ 9									
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
RT60(1)	2,11	1,49	1,07	0,8	0,61	0,55	0,49	0,45	0,63
RT60(2)	1,64	1,34	1,05	0,73	0,61	0,58	0,52	0,45	0,63
AVERAGE	1,88	1,42	1,06	0,77	0,61	0,57	0,51	0,45	0,63
RTmf	0,65								

Πίνακας 5.36.. Χρόνος Αντήχησης(s) – Μέτρηση με παιδιά – Αίθουσα 9 30^ο δημοτικό σχολείο

ΑΙΘΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ									
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
RT60(1)	1,64	1,55	1,04	0,85	0,72	0,58	0,52	0,46	0,71
RT60(2)	0,88	1,5	0,94	0,67	0,63	0,57	0,51	0,43	0,64
AVERAGE	1,26	1,53	0,99	0,76	0,68	0,58	0,52	0,45	0,68
RTmf	0,67								

Πίνακας 5.37.. Χρόνος Αντήχησης(s) – Μέτρηση με παιδιά – Εργαστήριο Φυσικής 3^ο δημοτικό σχολείο

Και το αντίστοιχο διάγραμμα



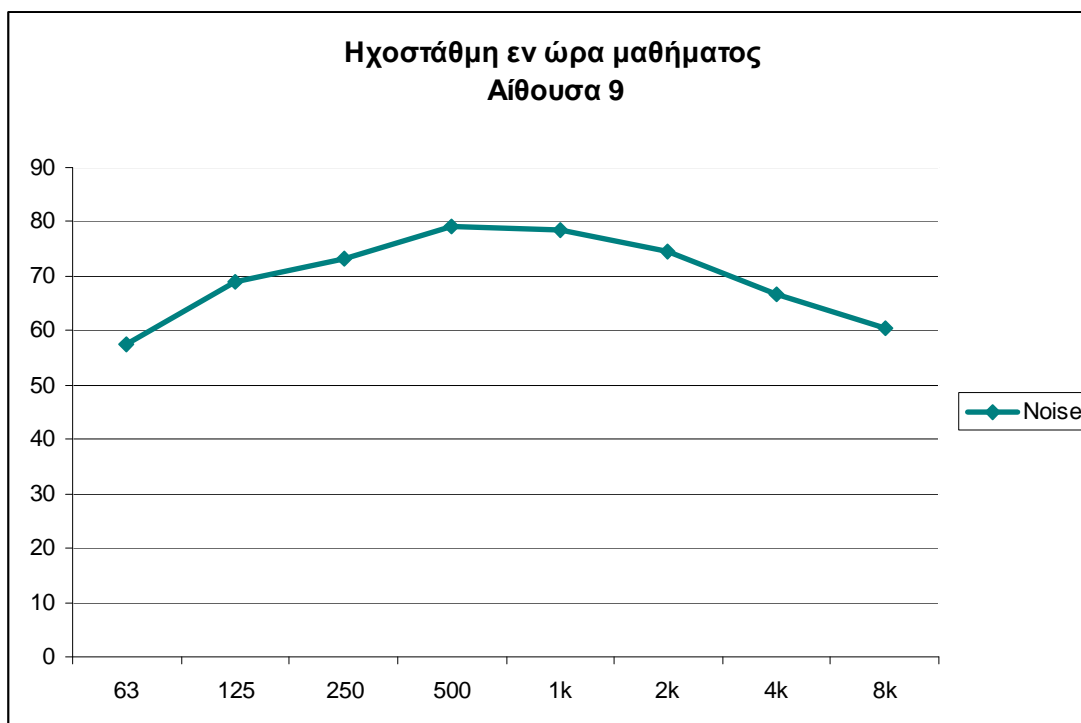
Διάγραμμα 5.16.. Χρόνοι Αντήχησης Αίθουσα 8, 9 και Εργαστήριο Φυσικής (s) - Μέτρηση με αίθουσες γεμάτες - 3^ο δημοτικό

Η ηχοστάθμη που καταγράφηκε εν ώρα μαθήματος αφορά την αίθουσα εννέα. Η μέτρηση είχε διάρκεια 30 λεπτά.

Ηχοστάθμη σε ώρα διδασκαλίας αίθουσας 9									
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
noise(dB re 20mPa)	57,4	68,9	73,3	79,2	78,6	74,6	66,7	60,4	81,9

Πίνακας 5.38.. Ηχοστάθμη εν ώρα μαθήματος (dB re 20mPa) – Αίθουσα 9 - 30^ο δημοτικό σχολείο

Και το αντιστοιχο διαγραμμα:



Διάγραμμα 5.17. Ηχοστάθμη σε ώρα μαθήματος (dB re 20mPa) - Αίθουσα 9 - 30^ο δημοτικό

Τα αποτελέσματα από τη μέτρηση αυτή είναι εντυπωσιακά καθότι ξεπερνούν σε μεγάλο βαθμό τα επιτρεπτά όρια για ένταση ηχοστάθμης εν ώρα διδασκαλίας. Είναι χαρακτηριστική η τιμή με φίλτρο A, αγγίζει τα 81,9 dBA. Η αίθουσα αυτή ήταν αίθουσα μαθητών δώδεκα ετών, σχετικά θορυβώδης, αν και μας αναφέρθηκε ότι υπήρχαν άλλες αίθουσες με παιδιά ακόμα πιο θορυβώδη και ενοχλητικά. Η ηχοστάθμη που καταγράφηκε αντιπροσωπεύει μάλλον μια μέση εικόνα του θορύβου που υπήρχε στο σχολείο εν ώρα μαθημάτων.

Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει την ηχοστάθμη που καταγράφηκε στο διάδρομο εν ώρα μαθήματος και ενώ όλες οι πόρτες των αιθουσών ήταν κλειστές. Η λήψη είχε

διάρκεια δέκα λεπτών και έγινε σε σημείο κοντά στις αίθουσες 8,9 και αίθουσα εργαστηρίου φυσικής οι οποίες έχουν μελετηθεί εκτενέστερα.

Ηχοστάθμη διαδρόμου σε ώρα μαθήματος (ησυχίας)									
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
noise(dB re 20mPa)	54,4	53	55,8	58,1	59	55,7	47,2	33,6	62,7

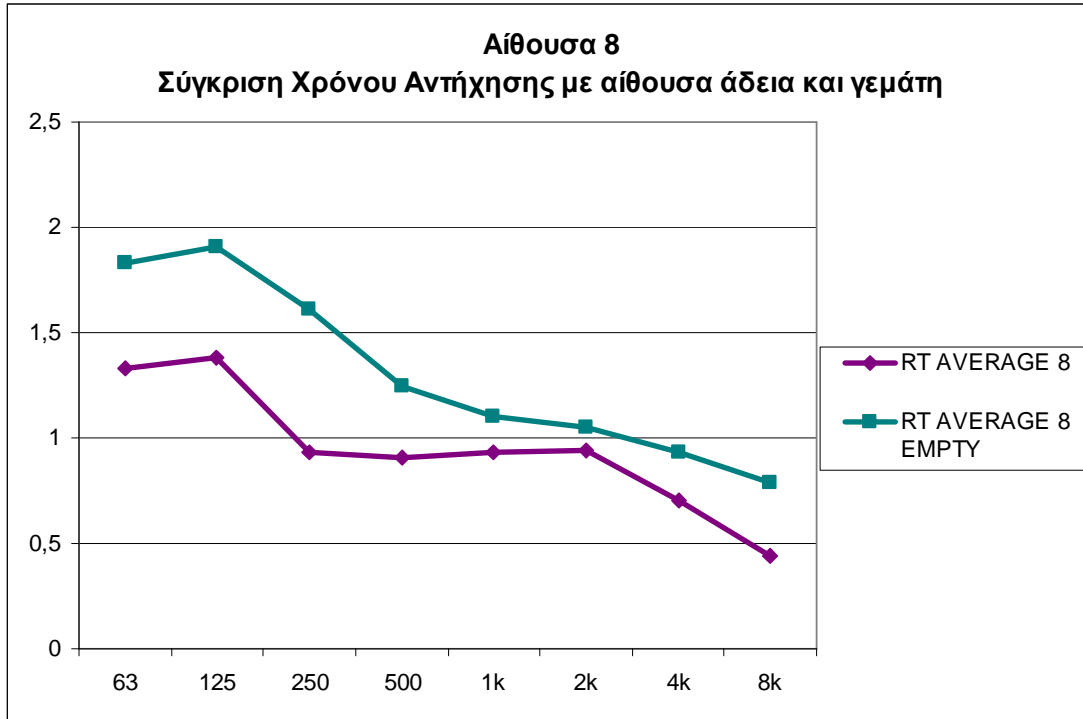
Πίνακας 5.39.. Ηχοστάθμη άδειου διαδρόμου εν ώρα διδασκαλίας(dB re 20mPa) - 30^ο δημοτικό σχολείο

Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με σύγκριση των τιμών του χρόνου αντήχησης όπως αυτές μετρήθηκαν με τις αίθουσες άδειες και με τις αίθουσες γεμάτες, Όπως ακριβώς προβλέπει η θεωρία υπάρχει μείωση του χρόνου αντήχησης παρ' όλο που οι μετρήσεις με τους μαθητές ήταν σχετικά δύσκολο να διεκπεραιωθούν σωστά λόγω συνθηκών. Ακολουθούν και τα σχετικά συγκριτικά διαγράμματα.

Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
RT AVERAGE PHYSICS	1,26	1,53	0,99	0,76	0,68	0,58	0,52	0,45
RT PHYSICS EMPTY	1,03	1,82	1,40	1,26	1,19	1,09	0,96	0,85
RT AVERAGE 8	1,33	1,38	0,93	0,91	0,93	0,94	0,7	0,44
RT AVERAGE 8 EMPTY	1,83	1,91	1,61	1,25	1,1	1,05	0,93	0,79
RT AVERAGE 9	1,88	1,42	1,06	0,77	0,61	0,57	0,51	0,45
RT AVERAGE 9 EMPTY	2,56	1,77	1,47	1,28	1,26	1,22	1,05	0,9

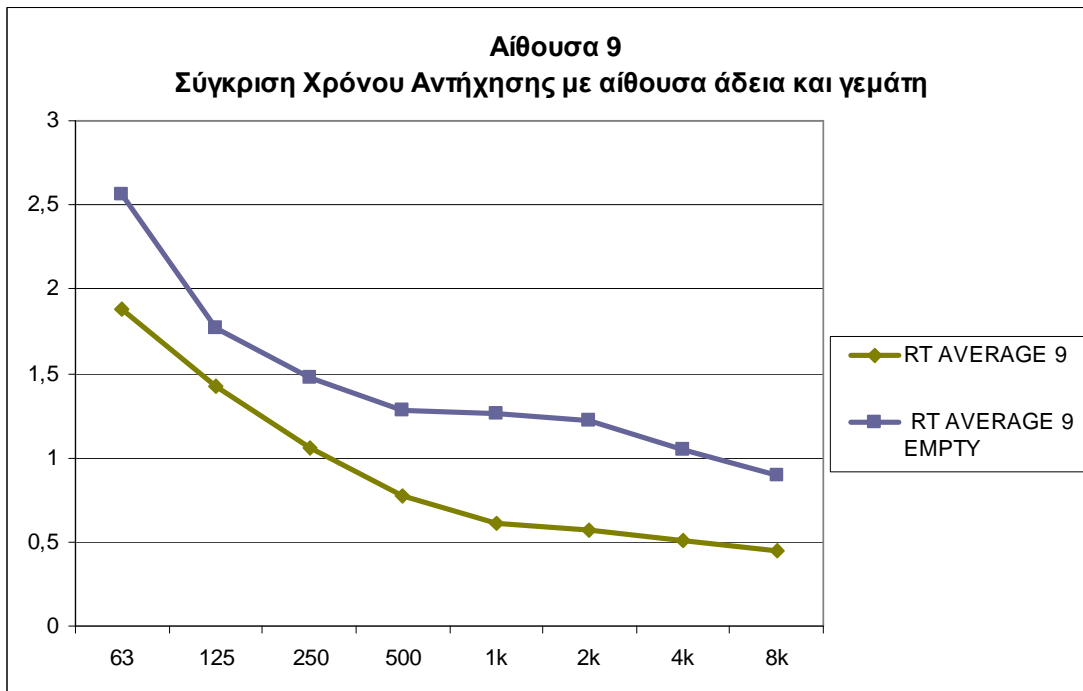
Πίνακας 5.40.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης με τις αίθουσες γεμάτες και άδειες (s) - 30^ο δημοτικό σχολείο³

³ Πιθανό σφάλμα μέτρησης

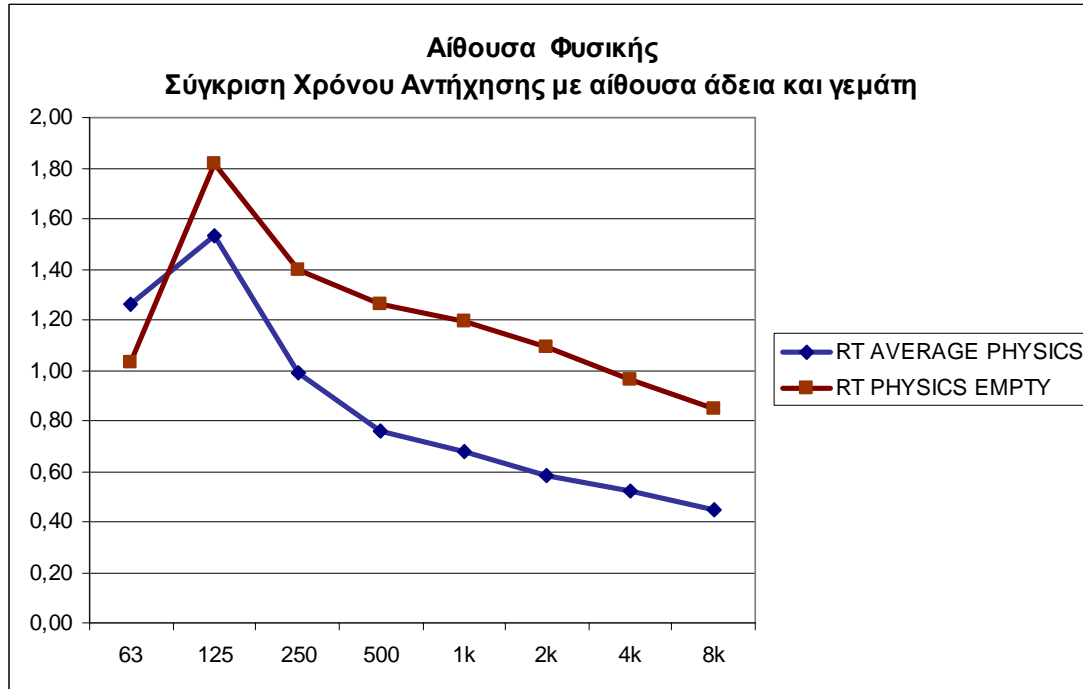


Διά

γραμμά 5.18.. Σύγκριση Χρόνου Αντήρησης(s) με την αίθουσα 8 γεμάτη και άδεια



Διάγραμμα 5.19.. Σύγκριση Χρόνου Αντήρησης(s) με την αίθουσα 9 γεμάτη και άδεια



Διάγραμμα 5.20.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) με το Εργαστήριο Φυσικής γεμάτο και άδειο

Μετά από εκδήλωση ενδιαφέροντος τόσο από την πλευρά των μαθητών όσο και από των εκπαιδευτικών πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και σε άλλες αίθουσες του σχολείου που όμως δεν υπάρχουν αντίστοιχες αναλυτικές καταγραφές ακουστικών παραμέτρων με άδειες τις αίθουσες. Οι επιπλέον μετρήσεις αυτές που έγιναν παρουσία των μαθητών παρατίθενται στο παράρτημα Α.

5.4 Θεωρητικός υπολογισμός χρόνου αντήχησης

Βάσει της θεωρίας του Sabine υπολογίστηκε θεωρητικά ο χρόνος αντήχησης για τις αίθουσες όπου έγινε καταγραφή των ακουστικών παραμέτρων. Έχει υπολογιστεί αναλυτικά η κάθε επιφάνεια και η απορρόφηση του υλικού της. Ο υπολογισμός έγινε βασισμένος στις τιμές του προτύπου BB93.

Ακολουθούν πίνακες με τις τιμές του χρόνου αντήχησης που υπολογίστηκε θεωρητικά και τις τιμές που προέκυψαν από τις μετρήσεις. Οι τιμές των μετρήσεων είναι οι μέσες τιμές ανά αίθουσα. Ακολουθούν τα αντίστοιχα συγκριτικά διαγράμματα.

Αρχικά παρατίθεται και ο τρόπος του υπολογισμού της θεωρητικής τιμής του χρόνου αντήχησης για μία αίθουσα ως παράδειγμα

5.4.1 30^ο δημοτικό σχολείο

Αίθουσα 9

Είδος επιφάνειας	Πλήθος	Εμβαδόν επιφάνειας	Εμβαδόν επιφάνειας Sn συνολικό
τοιχος1 Lx, Lz (40% παράθυρα)	1,00	11,61	11,61
παράθυρα στον τοίχο 1 Lx,Lz (διπλό τζάμι)	1,00	7,74	7,74
τοιχος2 Lx, Lz	1,00	15,53	15,53
πόρτα στον τοίχο 2 Lx,Lz	1,00	1,74	1,74
παράθυρο (4mm) στον τοίχο2 Lx,Lz	1,00	1,60	1,60
παράθυρο (4mm) πόρτας τοίχου2 Lx,Lz	1,00	0,30	0,30
τοιχος1 Ly,Lz	1,00	13,24	13,24
πίνακας στον τοίχο1 Ly,Lz	2,00	3,13	6,26
τοιχος2 Ly,Lz	1,00	17,00	17,00
οροφή	1,00	38,44	38,44
δάπεδο	1,00	38,44	38,44
θρανία	12,00	0,50	6,00
έδρα	1,00	1,00	1,00
καρέκλες	25,00	1,00	25,00
κουρτίνες	1,00	6,00	6,00

Πίνακας 5.41.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 9 του 30^{ου} δημοτικού σχολείου

Συντελεστής Απορρόφησης an					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,05	0,25	0,40	0,50	0,60	0,50

Πίνακας 5.42.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 9 του 30^{ου} δημοτικού σχολείου

Απορρόφηση Α					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,58	0,46	0,23	0,46	0,58	0,58
1,16	0,39	0,23	0,23	0,15	0,15
0,78	0,62	0,31	0,62	0,78	0,78
0,24	0,17	0,10	0,14	0,17	0,17
0,48	0,32	0,16	0,11	0,08	0,03
0,09	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01
0,66	0,53	0,26	0,53	0,66	0,66
1,19	1,44	1,57	1,88	2,32	2,63
0,85	0,68	0,34	0,68	0,85	0,85
0,38	0,38	0,38	0,77	0,77	0,77
0,38	0,38	0,38	0,38	0,77	0,77
0,90	1,14	1,20	1,20	1,20	1,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
3,75	4,75	5,00	5,00	5,00	5,00
0,30	1,50	2,40	3,00	3,60	3,00
11,90	13,02	12,81	15,23	17,15	16,80

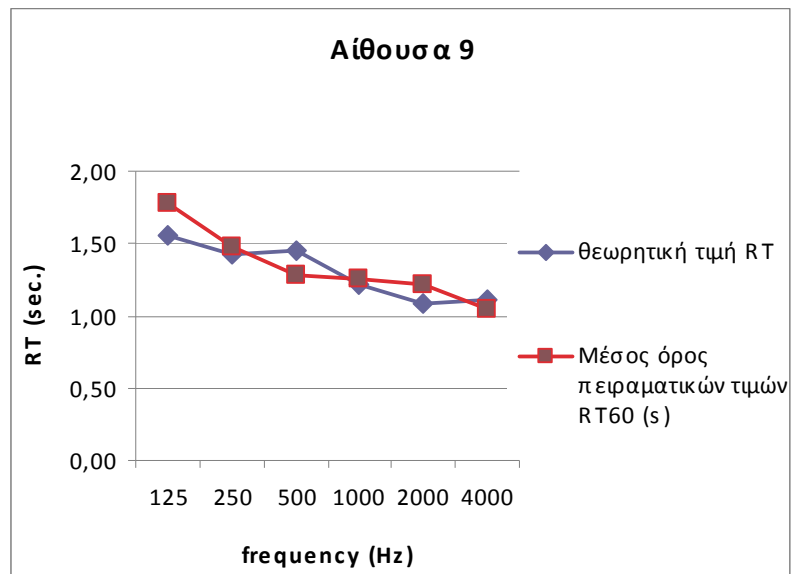
Πίνακας 5.43.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα 9 του 30^{ου} δημοτικού σχολείου

Και τελικά έχουμε:

Χρόνος Αντήρησης, RT60 (s)						
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,56	1,43	1,45	1,22	1,08	1,10	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
1,77	1,47	1,28	1,26	1,22	1,05	

Πίνακας 5.44.. Χρόνος Αντήρησης(s) για αίθουσα 9- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα

Ακολουθεί το συγκριτικό διάγραμμα με τις θεωρητικές τιμές του χρόνου αντήρησης και τις τιμές που μετρήθηκαν:



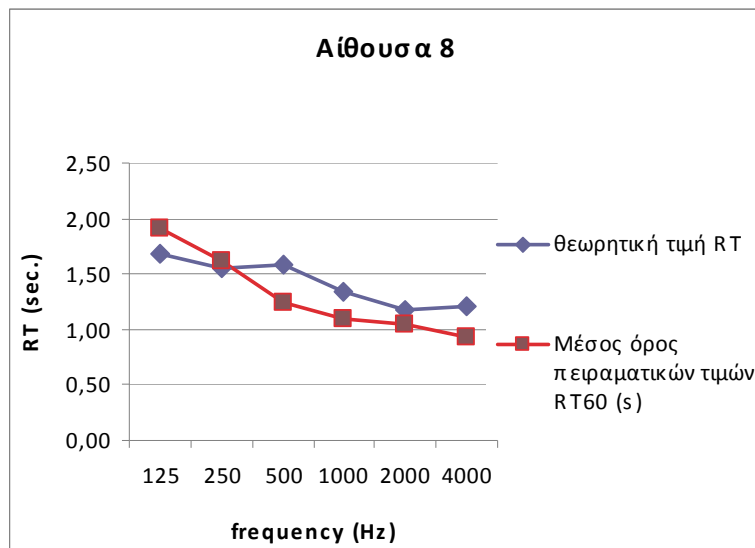
Διάγραμμα 5.21.. Σύγκριση Χρόνου Αντήρησης(s) Αίθουσα 9 – Θεωρητική και πειραματική τιμή

Αίθουσα 8

Ακολουθεί ο πίνακας με τις τιμές του χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκαν θεωρητικά και οι τιμές οι οποίες μετρήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία. Έπειτα ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα για την αίθουσα 8.

Χρόνος Αντήχησης, RT60 (s)						
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,68	1,55	1,59	1,33	1,18	1,20	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
1,91	1,61	1,25	1,10	1,05	0,93	

Πίνακας 5.45.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 8- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα



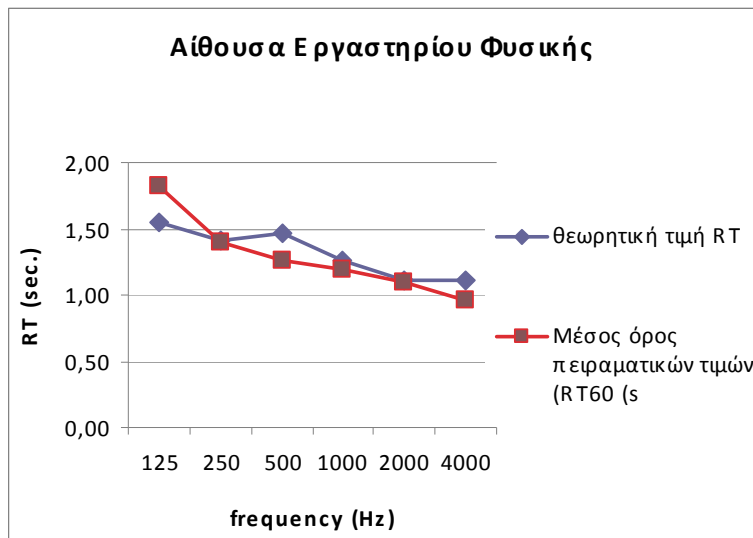
Διάγραμμα 5.22.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Αίθουσα 8 – Θεωρητική και πειραματική τιμή

Αίθουσα Εργαστηρίου Φυσικής

Ακολουθεί ο πίνακας με τις τιμές του χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκαν θεωρητικά και οι τιμές οι οποίες μετρήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία. Έπειτα ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα για την αίθουσα εργαστηρίου φυσικής.

Χρόνος Αντήχησης, RT60 (s)						
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,55	1,40	1,46	1,26	1,11	1,11	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
1,82	1,40	1,26	1,19	1,09	0,96	

Πίνακας 5.46.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 8- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα



Διάγραμμα 5.23.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Εργαστήριο Φυσικής – Θεωρητική και πειραματική τιμή

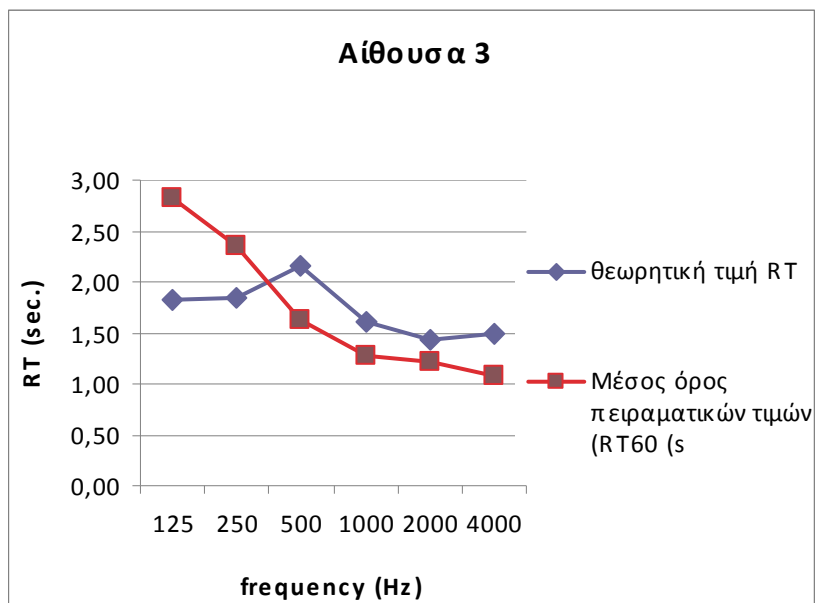
5.4.2 2^ο Λύκειο

Αίθουσα 3

Ακολουθεί ο πίνακας με τις τιμές του χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκαν θεωρητικά και οι τιμές οι οποίες μετρήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία. Έπειτα ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα για την αίθουσα 3 του 2^{ου} λυκείου.

Χρόνος Αντήχησης, RT60 (s)						
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,83	1,84	2,16	1,60	1,44	1,48	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
2,82	2,35	1,63	1,27	1,22	1,08	

Πίνακας 5.47.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 3- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα



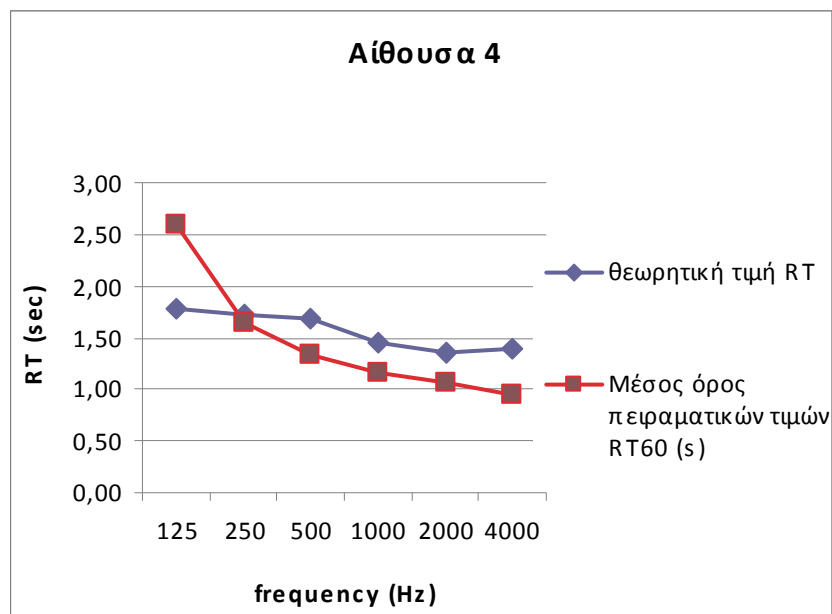
Διάγραμμα 5.24.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Αίθουσα 3 – Θεωρητική και πειραματική τιμή

Αίθουσα 4

Ακολουθεί ο πίνακας με τις τιμές του χρόνου αντήχησης όπως υπολογίστηκαν θεωρητικά και οι τιμές οι οποίες μετρήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία. Έπειτα ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα για την αίθουσα 4 του 2^{ου} λυκείου.

Χρόνος Αντήχησης, RT60 (s)						
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,77	1,72	1,69	1,46	1,36	1,40	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
2,59	1,65	1,34	1,17	1,06	0,96	

Πίνακας 5.48.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 4- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα



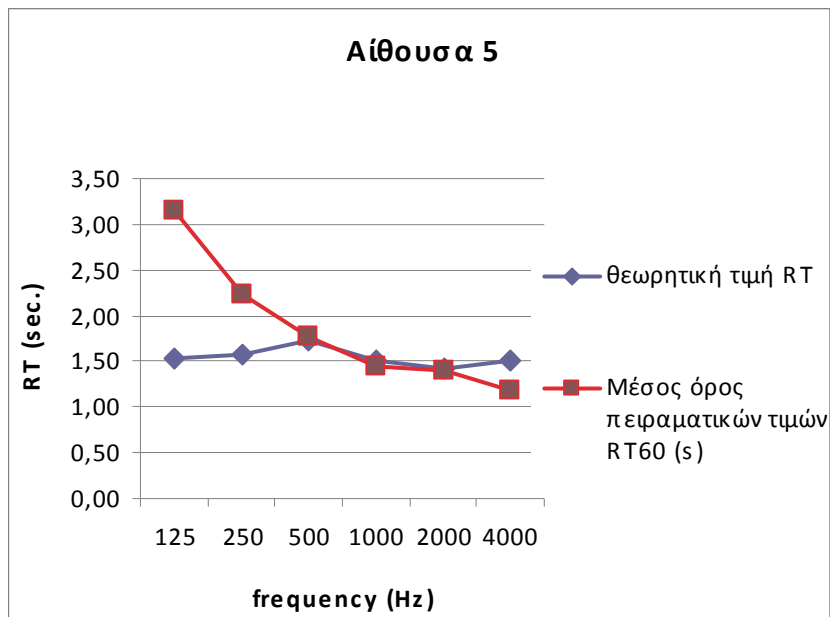
Διάγραμμα 5.25.. Σύγκριση Χρόνου Αντήχησης(s) Αίθουσα 4 – Θεωρητική και πειραματική τιμή

Αίθουσα 5

Ακολουθεί ο πίνακας με τις τιμές του χρόνου αντίληψης όπως υπολογίστηκαν θεωρητικά και οι τιμές οι οποίες μετρήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία. Έπειτα ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα για την αίθουσα 3 του 2^{ου} λυκείου.

Χρόνος Αντήλησης, RT60 (s)						
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,52	1,57	1,72	1,52	1,43	1,51	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
3,15	2,23	1,77	1,45	1,39	1,19	

Πίνακας 5.49.. Χρόνος Αντήλησης(s) για αίθουσα 5- Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα



Διάγραμμα 5.26.. Σύγκριση Χρόνου Αντήλησης(s) Αίθουσα 5 – Θεωρητική και πειραματική τιμή

Αναλυτικά οι υπολογισμοί για τις θεωρητικές τιμές του χρόνου αντήχησης στο παράρτημα Β. Οι αποκλίσεις που παρατηρούνται μεταξύ των τιμών του θεωρητικού υπολογισμού και των τιμών που προέκυψαν από τις μετρήσεις οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα και σε πιθανό σφάλμα κατά την πειραματική διαδικασία.

5.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων και σύγκριση των δύο υπό μελέτη σχολικών κτιρίων

Ακολουθούν κάποιες φωτογραφίες από το εξωτερικό των δύο σχολείων ώστε να είναι πιο ξεκάθαρη η εικόνα της θέσης του και του θορύβου που έχουν λόγω εξωτερικών παραγόντων.

Από το 30^ο Δημοτικό σχολείο:



Εικόνα 5.13 (πάνω αριστερά) Είσοδος του σχολείου

Εικόνα 5.14 (πάνω δεξιά) Χώρος πρασίνου απέναντι από το σχολείο

Εικόνα 5.15 (κάτω αριστερά) Παράθυρα και εξωτερική όψη των αιθουσών 8, 9 και εργαστηρίου φυσικής

και Εικόνα 5.16... (κάτω δεξιά) Χώρος της αυλής

Και από το δεύτερο λύκειο:



Εικόνα 5.17 (πάνω αριστερά) 2^ο Λύκειο

Εικόνα 5.18 (πάνω δεξιά) 2^ο Λύκειο διαχωριστική αυλή και δεξιά το κτίριο του 2^{ου} γυμνασίου

Εικόνα 5.19 (κάτω αριστερά) 2^ο γυμνάσιο

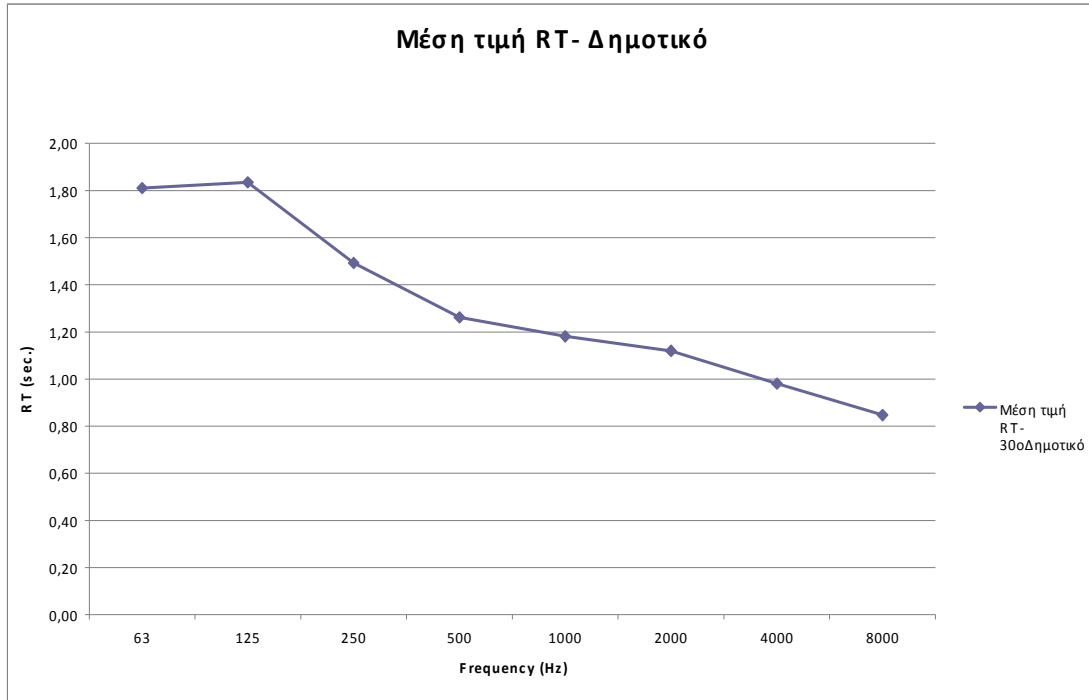
Παρακάτω παρουσιάζονται πίνακες και διαγράμματα τόσο για τη μέση τιμή του χρόνου αντήχησης για τα δύο σχολεία όσο και για τις τιμές RASTI και STI που μετρήθηκαν. Ακολουθεί επίσης και συγκριτικό διάγραμμα του χρόνου αντήχησης για τα δύο σχολεία.

Αξιοσημείωτη είναι η διαφορά των δύο σχολείων στις τιμές του χρόνου αντήχησης. Το συμπέρασμα που μπορεί να διεξαχθεί με σχετική ασφάλεια είναι ότι το ακουστικό περιβάλλον στο 2^ο λύκειο είναι σαφώς δυσμενέστερο, πράγμα λυπηρό αν συνυπολογίσουμε ότι το κτίριο αυτό είναι πιο πρόσφατα κατασκευασμένο από αυτό του 30^{ου} δημοτικού. Το 2^ο λύκειο στεγάζεται σε αυτό το κτίριο μόλις έξι χρόνια, ένα κτίριο το οποίο κατά τα αλλά δείχνει προσεγμένο και πολυδάπανο στην κατασκευή του χωρίς όμως να προσφέρει στους μαθητές ένα ακουστικά ευνοϊκό περιβάλλον μελέτης και παρακολούθησης των μαθημάτων τους.

Για το 30^ο δημοτικό σχολείο:

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Μέση τιμή RT-Αίθουσα 9	2,56	1,77	1,47	1,28	1,26	1,22	1,05	0,90
Μέση τιμή RT-Αίθουσα 8	1,83	1,91	1,61	1,25	1,10	1,05	0,93	0,79
Μέση τιμή RT-Αίθουσα Φυσικής	1,03	1,82	1,40	1,26	1,19	1,09	0,96	0,85
Μέση τιμή RT- 30οΔημοτικό(s)	1,81	1,83	1,49	1,26	1,18	1,12	0,98	0,85

Πίνακας 5.50.. Μέσες τιμές Χρόνου Αντήχησης (s) για τις αίθουσες και μέση τιμή για το 30^ο δημοτικό σχολείο



Διάγραμμα 5.27..Μεση τιμή Χρόνου Αντήχησης(s) για το 30^ο δημοτικό σχολείο

Και η μέση τιμή για το RASTI και STI:

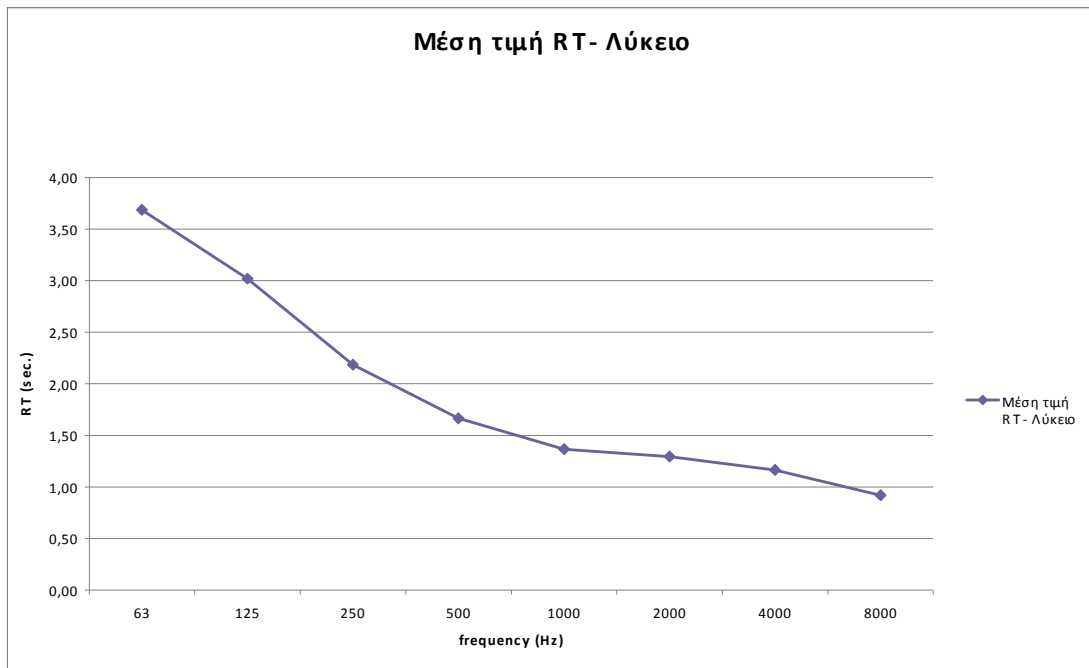
	STI	RASTI
Αίθουσα 8	0,57	0,60
Αίθουσα 9	0,56	0,59
Αίθουσα Εργαστηρίου Φυσικής	0,56	0,59
Μέση τιμή	0,56	0,59

Πίνακας 5.51..Τιμές RASTI και STI και μέση τιμή για το 30^ο δημοτικό σχολείο

Για το 2^ο λύκειο:

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Μέση τιμή RT								
Αίθουσα 4 - Χωρίς κουρτίνες	3,83	3,09	1,98	1,59	1,38	1,27	1,22	0,90
Αίθουσα 5 - Μέση τιμή RT	4,04	3,15	2,23	1,77	1,45	1,39	1,19	0,95
Αίθουσα 3 - Μέση τιμή RT	3,18	2,82	2,35	1,63	1,27	1,22	1,08	0,90
Μέση τιμή RT- Λύκειο(s)	3,69	3,02	2,18	1,66	1,37	1,29	1,16	0,92

Πίνακας 5.52.. Μέσες τιμές Χρόνου Αντήχησης (s) για τις αίθουσες και μέση τιμή για το 2^ο λύκειο



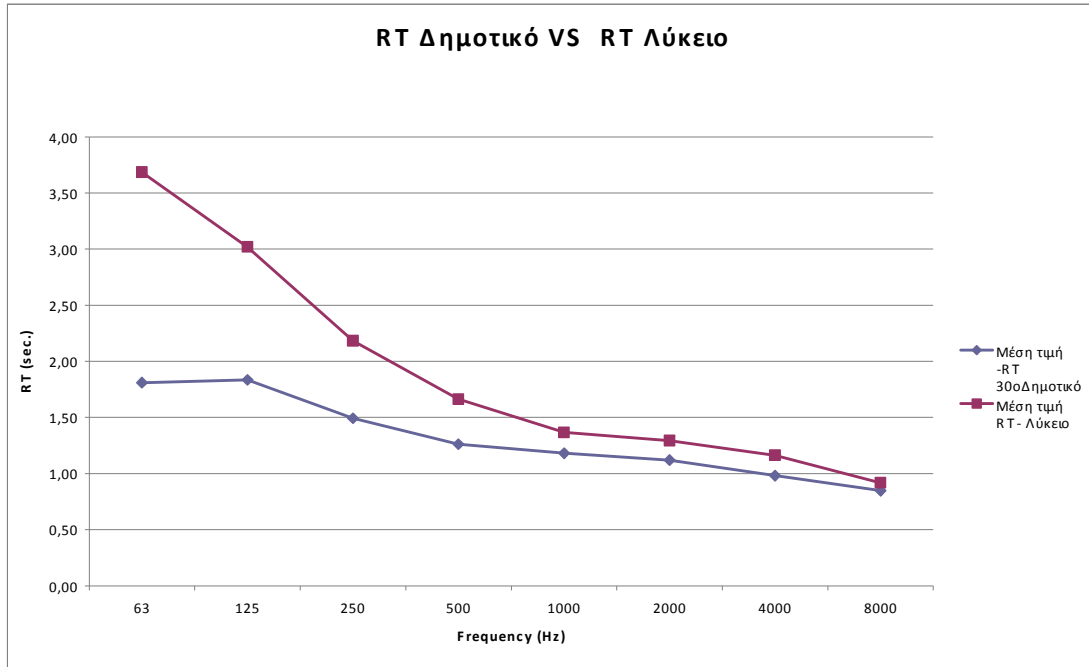
Διάγραμμα 5.28..Μεση τιμή Χρόνου Αντήχησης(s) για το 2^ο λύκειο

Και η μέση τιμή για το RASTI και STI:

	STI	RASTI
Αίθουσα 3	0,53	0,55
Αίθουσα 4	0,53	0,58
Αίθουσα 5	0,52	0,54
Μέση τιμή	0,53	0,56

Πίνακας 5.53..Τιμές RASTI και STI και μέση τιμή για το 2^ο λύκειο

Ακολουθεί συγκριτικό διάγραμμα με τη μέση τιμή που προκύπτει για τον χρόνο αντήχησης για τα σχολεία:



Διάγραμμα 5.29..Συγκρισης μέσης τιμής Χρόνου Αντήχησης(s) για το 2^ο λύκειο και το 30^ο δημοτικό

Σαν παρατήρηση για το ακουστικό περιβάλλον των δυο σχολικών κτιρίων παρατίθεται και πίνακας με τις τιμές για το θόρυβο βάθους. Κι εδώ παρατηρούμε αυξημένες τιμές στο θόρυβο βάθους του 2^{ου} λυκείου συγκριτικά με αυτές του 30^{ου} δημοτικού σχολείου.

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Θόρυβος βάθους λυκείου(dB)	56,58	56,45	51,37	42,05	39,48	36,17	32,41	29,43
Θόρυβος βάθους δημοτικού(dB)	46,32	43,07	40,59	32,26	33,24	28,01	20,77	15

Πίνακας 5.54..Τιμές θορύβου βάθους (dB re 20mPa) για το 30^ο δημοτικό σχολείο και το 2^ο λύκειο Ηρακλείου

Κεφάλαιο 6

Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα – Προτάσεις για Μελλοντική Συνέχιση της Εργασίας

Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ακουστική ποιότητα των σχολικών αιθουσών στον Ελληνικό χώρο και ελλείπει εθνικού κανονισμού αξιολογήθηκε με βάση το Βρετανικό πρότυπο BB93. Επιλέχθηκαν 2 σχολικά κτίρια του Ηρακλείου Κρήτης, το 2ο λύκειο και το 30^ο δημοτικό σχολείο. Έγιναν ακουστικές μετρήσεις σε αυτά με εξοπλισμό του ΤΕΙ Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής τόσο σε ώρες λειτουργίας όσο και σε άδειες αίθουσες.

Πριν τις μετρήσεις και την αποτίμηση της κατάστασης με αντικειμενικές παραμέτρους έγινε έρευνα με ερωτηματολόγια στο ένα εκ των δυο σχολείων ώστε να διαπιστωθεί αν πραγματικά υπάρχει ενόχληση θορύβου στους χρήστες του κτιρίου. Οι απαντήσεις ήταν σε γενικό βαθμό υπέρ του ότι υπάρχει ενόχληση, και ανάγκη για βελτίωση των συνθηκών ακουστικής, ιδιαίτερα από τους εκπαιδευτικούς.

Για την αξιολόγηση αιθουσών διδασκαλίας οι δείκτες που έχουν βαρύνουσα σημασία είναι όπως και σε κάθε χώρο ο χρόνος αντήχησης και πρόσθετα το RASTI, και STI όπως επίσης και το definition. Με το λογισμικό που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις δεν είχαμε τη δυνατότητα να έχουμε τιμές για το clarity όποτε έχει δοθεί βαρύτητα στο definition.

6.1 Όσον αφορά στο 30^ο δημοτικό σχολείο:

Μπορούμε να πούμε ότι η επιλογή της θέσης του σχολείου θα μπορούσε να χαρακτηριστεί πολύ ευνοϊκή από πλευράς ακουστικής. Η μπροστινή πλευρά και η είσοδος βρίσκονται σε δρόμο χαμηλής σχετικά κυκλοφορίας με μεγάλο ανοιχτό χώρο, γήπεδο, αθλητικές εγκαταστάσεις και πάρκο. Το πίσω μέρος του σχολείου όπου βρίσκεται και η κύρια αυλή εφάπτεται επίσης με δρόμο χαμηλής κυκλοφορίας. Το όλο σχολικό κτίριο θεωρείται σχετικά νέο αφού έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί από το 1998. Οι αίθουσες που επιλέχθηκαν για μελέτη είχαν τοίχους με παράθυρα στην πλευρά του δρόμου όπου βρίσκεται και η κεντρική είσοδος του σχολείου.

Στις αίθουσες που μελετήθηκαν ο χρόνος αντήχησης είχε ελαφρώς αυξημένες τιμές από αυτές που προτείνει το Βρετανικό πρότυπο.

Παρατηρούμε στον πίνακα 5.50 του κεφαλαίου 5 ότι σε κάθε συχνότητα ο χρόνος αντήχησης έχει μεγαλύτερη τιμή από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια όπως ορίζονται από το Βρετανικό πρότυπο για αίθουσες διδασκαλίας. Η τιμή αυτή είναι 0,8 seconds (RTmf) όπως έχει προαναφερθεί.

Οι τιμές του STI και του RASTI θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερες από 0,6 σύμφωνα με το πρότυπο. Όπως βλέπουμε από τον πίνακα 5.51 οι τιμές του RASTI είναι οριακά ικανοποιητικές ενώ το STI όχι σε όλες τις περιπτώσεις.

6.2 Το 2^ο λύκειο Ηρακλείου

Από άποψη θέσης βρίσκεται σε πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή, χωρίς να υπάρχει γύρω από το κτιριακό συγκρότημα χώρος με πράσινο και μάλιστα κάποιες αίθουσες, όπως αυτές που μετρήσαμε εφάπτονται με δρόμο υψηλής κυκλοφορίας

Παρατηρούμε ιδιαίτερα αυξημένες τιμές στο χρόνο αντήχησης, ειδικά αν συγκρίνουμε το χρόνο αντήχησης στα δύο σχολικά συγκροτήματα. Η σύγκριση αυτή φαίνεται στο διάγραμμα 5.29 Το 2ο λύκειο παρουσιάζει σαφώς χειρότερη εικόνα.

Σχετικά με τους δείκτες RASTI, STI το λύκειο παρουσιάζει επίσης χειρότερη εικόνα απ' ότι το δημοτικό όπως βλέπουμε και στον πίνακα 5.53 του πέμπτου κεφαλαίου.

Ο θόρυβος βάθους και στα δυο σχολεία, αν και υψηλότερος από τις τιμές που προβλέπει το βρετανικό πρότυπο είναι μάλλον χαμηλός και σύμφωνα με τις μαρτυρίες των μαθητών δε φαίνεται να δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα. Οι μέσες τιμές του φαίνονται στον πίνακα 5.54

Τέλος και στα δυο σχολεία διαπιστώθηκε ότι η ηχομονωτική ικανότητα των οριζόντιων διαχωριστικών στοιχείων με έμφαση στις πόρτες είναι σαφώς μικρότερη από τις τιμές που υποδεικνύει το πρότυπο.

6.3 Σαν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα θα μπορούσαν να προταθούν τα εξής:

- Επέκταση της έρευνας μας και διεξαγωγή μετρήσεων. Μελέτη σε περισσότερα σχολεία ώστε να υπάρχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την κατάσταση των σχολείων στον Ελλαδικό χώρο.
- Κατασκευή ακουστικού ομοιώματος με λογισμικό όπως λ.χ. το CAAT Acoustics ή το ODEON για τη διεξαγωγή ακουστικών εικονικών πειραμάτων και την αξιολόγηση διαφορών πιθανών προτάσεων βελτίωσης.
- Εφαρμογή των προτάσεων βελτίωσης στα υπό μελέτη σχολικά κτίρια (δεδομένου μάλιστα, ότι οι αλλαγές που φαίνεται να είναι αναγκαίες ώστε να βελτιωθεί η ακουστική των αιθουσών διδασκαλίας που μελετήθηκαν δεν είναι πολλές ούτε δαπανηρές) και πειραματική επιβεβαίωση της καταλληλότητας των επεμβάσεων.

- Συγκριτική αξιολόγηση και συσχέτιση του Βρετανικού προτύπου, εναρμόνιση με τις Ελληνικές κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες για την ακουστική με σκοπό τη συγγραφή ενός αντίστοιχου προτύπου για την Ελλάδα.

Παράρτημα Α

Πίνακες και διαγράμματα από την πειραματική διαδικασία και επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται όλα τα στοιχεία από την πειραματική διαδικασία τα οποία δεν έχουν καταχωρηθεί στο κεφάλαιο 5 που αφορά τη διεξαγωγή των μετρήσεων και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

30° Δημοτικό σχολείο

Ακολουθεί ως παράδειγμα η καταγραφή από τις μετρήσεις για τις ακουστικές παραμέτρους μίας αίθουσας έτσι ακριβώς όπως τα έχει εξάγει το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε. (01dB metravib)

Αίθουσα 8

Ακολουθεί πίνακας με τις διαστάσεις τις αίθουσας καθώς και άλλες πληροφορίες όπως υλικά και άλλα χαρακτηριστικά.

Lx	6,48
Ly	6,50
Lz	3,00
Ε κατοψης 8(m ²)	42,12
V αιθ.8(m ³)	126,36
12 θρανία +έδρα δασκάλου	
Θόρυβος βάθους 39 dB	
από την πλευρά του δρόμου 40% παράθυρα	

Πίνακας Α-1.. Πληροφορίες για την αίθουσα 8

Δυο θέσεις ανά μέτρηση, τρεις μετρήσεις συνολικά

Μέτρηση 1								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
RT	2,92	1,90	1,63	1,22	1,11	1,07	0,90	0,80
EDT	1,01	1,82	1,16	1,33	1,08	1,05	0,87	0,72
Definition	22,65	20,05	44,42	43,50	46,69	42,12	53,68	65,54
STI	0,59	--						
RASTI	0,58	--						

Πίνακας Α-2.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 1

Μέτρηση 2								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
RT	1,33	2,02	1,79	1,28	1,06	1,07	0,92	0,78
EDT	2,43	1,96	1,29	1,12	1,17	1,02	0,94	0,75
Definition	35,58	21,76	28,80	45,42	43,87	47,07	54,16	60,72
STI	0,56	--						
RASTI	0,60	--						

Πίνακας Α-3.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 2

Μέτρηση 3								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
RT	1,54	2,08	1,63	1,28	1,10	0,98	0,92	0,75
EDT	1,74	2,08	1,37	1,19	1,05	1,17	1,02	0,74
Definition	38,86	37,46	32,42	52,36	57,33	50,62	60,12	63,05
STI	0,57	--						
RASTI	0,60	--						

Πίνακας Α-4.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 3

Μέτρηση 4								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
RT	1,38	2,07	1,61	1,25	1,09	1,05	0,91	0,82
EDT	1,77	2,09	1,39	1,23	1,02	1,13	0,92	0,76
Definition	41,12	37,58	29,90	53,37	56,56	48,84	59,08	64,65
STI	0,57	--						
RASTI	0,60	--						

Πίνακας Α-5.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 4

Μέτρηση 5								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
RT	1,93	1,71	1,51	1,24	1,13	1,08	0,97	0,81
EDT	1,54	2,02	1,31	1,12	1,10	1,03	0,93	0,79
Definition	27,03	37,29	40,48	49,22	45,03	52,31	49,44	58,05
STI	0,58	--						
RASTI	0,61	--						

Πίνακας Α-6.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 5

Μέτρηση 6								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
RT	1,90	1,68	1,49	1,21	1,10	1,05	0,96	0,81
EDT	1,54	2,00	1,33	1,16	1,15	1,05	0,92	0,77
Definition	25,38	36,07	40,54	44,94	47,24	50,72	49,03	53,87
STI	0,57	--						
RASTI	0,60	--						

Πίνακας Α-7.. Καταγραφή ακουστικών παραμέτρων –Αίθουσα 8 Μέτρηση 6

Καταγραφή θορύβου βάθους και θορύβου εκπομπής:

Η καταγραφή έγινε σε τριτοκτάβα. Ακολουθεί σε πίνακα η μετατροπή των τιμών σε τιμές οκτάβας.

Αίθουσα 8 - Θόρυβος Βάθους		
Συχνότητα (Hz)	Leq (dB)	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50 Hz	39,10	
63 Hz	40,10	43,75
80 Hz	37,30	
100 Hz	35,80	
125 Hz	38,60	41,48
160 Hz	34,80	
200 Hz	35,50	
250 Hz	38,10	40,94
315 Hz	33,80	
400 Hz	28,70	
500 Hz	28,80	33,75
630 Hz	29,40	
800 Hz	29,40	
1 kHz	30,90	34,70
1.25 kHz	29,30	
1.6 kHz	26,40	
2 kHz	23,30	28,75
2.5 kHz	20,00	
3.15 kHz	18,90	
4 kHz	16,1	21,53
5 kHz	13,8	
6.3 kHz	10,8	
8 kHz	9,8	14,81
10 kHz	9,4	

Πίνακας Α-8.. Θόρυβος βάθους –Αίθουσα 8

Για το θόρυβο βάθους και την αντιστοίχιση με την καμπύλη θορύβου NR
ακλουθεί ο παρακάτω πίνακας:

NR	34	Octave band centre frequency (Hz)								
dBA	42,9	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	AB	55,4	35,5	22,0	12,0	4,8	0,0	-3,5	-6,1	-8,0
	BB	0,681	0,790	0,870	0,930	0,974	1,000	1,015	1,025	1,030
	Curve A	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
	Lp (dB)	78,55	62,36	51,58	43,62	37,92	34,00	31,01	28,75	27,02
	Lp (dBA)	39,15	36,16	35,48	35,02	34,72	34,00	32,21	29,75	25,92

Πίνακας Α-9.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR –Αίθουσα 8

Η στάθμη εκπομπής της πηγής και η μετατροπή των τιμών της από τριτοκτάβα σε οκτάβα:

Αίθουσα 8 Στάθμη θορύβου		
Συχνότητα (Hz)	Leq (dB)	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50 Hz	74,60	
63 Hz	74,10	83,36
80 Hz	82,10	
100 Hz	84,00	
125 Hz	92,30	95,22
160 Hz	91,40	
200 Hz	92,90	
250 Hz	92,20	96,77
315 Hz	90,60	
400 Hz	86,90	
500 Hz	82,70	88,86
630 Hz	79,70	
800 Hz	74,40	
1 kHz	70,70	77,73
1.25 kHz	73,00	
1.6 kHz	76,60	
2 kHz	76,60	81,62
2.5 kHz	77,30	
3.15 kHz	78,00	
4 kHz	76,7	82,34
5 kHz	77,9	
6.3 kHz	72,4	
8 kHz	61,6	72,83
10 kHz	55,8	

Πίνακας Α-10.. Στάθμη θορύβου εκπομπής –Αίθουσα 8

Αίθουσα 9

Ακολουθεί πίνακας με τις διαστάσεις τις αίθουσας καθώς και άλλες πληροφορίες όπως υλικά και άλλα χαρακτηριστικά.

Lx	6,39	6,39
Ly	β1 6,50	β2 5,53
Lz	3,00	
Ε κάτοψης 9(m ²)	38,44	
V αιθ.9(m ³)	115,31	
12 θρανία +έδρα δασκάλου		
Θόρυβος βάθους 39 dB		
από την πλευρά του δρόμου 40% παράθυρα		

Πίνακας Α-11.. Πληροφορίες για την αίθουσα 9

Παρατίθενται παρακάτω:

- Η αντιστοίχιση του θορύβου βάθους με την καμπύλη NR
- Οι υπολογισμοί για του δείκτες ηχομείωσης R για την αίθουσα 9.

Αίθουσα 9 - Θόρυβος Βάθους		
Συχνότητα	Leq	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50 Hz	44,40	
63 Hz	45,70	48,88
80 Hz	41,00	
100 Hz	41,20	
125 Hz	40,20	44,67
160 Hz	37,50	
200 Hz	38,10	
250 Hz	35,10	40,25
315 Hz	29,50	
400 Hz	26,30	
500 Hz	25,90	30,78
630 Hz	25,80	
800 Hz	27,40	
1 kHz	27,40	31,78
1.25 kHz	26,10	
1.6 kHz	24,30	
2 kHz	22,30	27,26
2.5 kHz	19,70	
3.15 kHz	17,50	
4 kHz	14,40	20,02
5 kHz	12,20	
6.3 kHz	11,20	
8 kHz	10,40	15,19
10 kHz	9,50	

Πίνακας A-12.. Θόρυβος βάθους –Αίθουσα 9

NR	32	Octave band centre frequency (Hz)								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
dBA	41,0									
	AB	55,4	35,5	22,0	12,0	4,8	0,0	-3,5	-6,1	-8,0
	BB	0,681	0,790	0,870	0,930	0,974	1,000	1,015	1,025	1,030
	Curve A	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
	Lp (dB)	77,19	60,78	49,84	41,76	35,97	32,00	28,98	26,70	24,96
	Lp (dBA)	37,79	34,58	33,74	33,16	32,77	32,00	30,18	27,70	23,86

Πίνακας A-13.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR –Αίθουσα 9

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Αίθουσα 9 Θόρυβος Βάθους (οκτάβα) $10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$ dB	48,88	44,67	40,25	30,78	31,78	27,26	20,02	15,19
Στάθμη θορύβου στην αιθουσα 8 (L1)	83,36	95,22	96,77	88,86	77,73	81,62	82,34	72,83
Στάθμη στην αιθ.9, πηγή στο διάδρομο	65,18	59,81	54,39	53,73	52,82	50,43	43,75	35,82
Στάθμη στην αιθουσα 9 όταν η πηγή είναι στην αιθ.8	55,88	64,67	63,63	53,54	36,54	42,49	41,74	29,01
Στάθμη στο διάδρομο (όταν η πηγή είναι στο διάδρομο)	83,94	92,54	96,06	89,56	77,30	81,31	81,69	71,44
Μέση τιμή RT Αίθουσα 9 (sec.)	2,56	1,77	1,47	1,28	1,26	1,22	1,05	0,90

Πίνακας A-14.. Στάθμες θορύβου για τον υπολογισμό του δείκτη ηχομείωσης-Αίθουσα 9

Συχνότητα (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L1 -L2	27,48	30,56	33,15	35,32	41,18	39,13	40,60	43,83
$10\log(S)$	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90
0.163V2	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
0.163V2/T2	7,33	10,59	12,78	14,67	14,93	15,38	17,94	20,94
$10\log(0.163V2/T2)$	8,65	10,25	11,06	11,66	11,74	11,87	12,54	13,21
Δείκτης Ηχομείωσης R για κοινό τοίχο αιθ. 8 και αιθ.9 $L1-L2+10\log(S)-$ $10\log(0.163V2/T2)$	31,73	33,21	34,98	36,55	42,34	40,16	40,96	43,52
L1 -L2	18,77	32,73	41,67	35,83	24,47	30,88	37,94	35,62
$10\log(S)$	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83
0.163V2	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
0.163V2/T2	7,33	10,59	12,78	14,67	14,93	15,38	17,94	20,94
$10\log(0.163V2/T2)$	8,65	10,25	11,06	11,66	11,74	11,87	12,54	13,21
Δείκτης Ηχομείωσης R για κοινό τοίχο αιθ.9 και διαδρόμου $L1-L2+10\log(S)-$ $10\log(0.163V2/T2)$	22,94	35,31	43,43	36,99	25,56	31,84	38,23	35,23
L1 -L2	18,77	32,73	41,67	35,83	24,47	30,88	37,94	35,62
$10\log(S)$	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
0.163V2	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
0.163V2/T2	7,33	10,59	12,78	14,67	14,93	15,38	17,94	20,94
$10\log(0.163V2/T2)$	8,65	10,25	11,06	11,66	11,74	11,87	12,54	13,21
Δείκτης Ηχομείωσης R για πόρτα στον κοινό τοίχο αιθ.9 και διαδρόμου $L1-L2+10\log(S)-$ $10\log(0.163V2/T2)$	13,21	25,57	33,70	27,25	15,82	22,10	28,50	25,50

Πίνακας A-15.. Υπολογισμός του δείκτη ηχομείωσης - Αίθουσα 9

Εργαστήριο Φυσικής

Ακολουθεί πίνακας με τις διαστάσεις τις αίθουσας καθώς και άλλες πληροφορίες όπως υλικά και άλλα χαρακτηριστικά.

Lx	7,30			
Ly	6,50			
Lz	3,00			
V(m ³)	142,35			
12 θρανία +έδρα δασκάλου				
Θόρυβος βάρους 39 dB				
Ντουλάπι 1	0,9x0,90	επι 8	Εμβαδόν 1	6,48
Ντουλάπι 1	1,2x0,82	επι 3	Εμβαδόν 2	3
Διαστάσεις πόρτας	0,97	2,10		
Τζάμι πόρτας (4mm)	0,60	0,50		
Παράθυρο άνωθεν πόρτας 0,47x3,30	0,47	3,30		

Πίνακας Α-16.. Πληροφορίες για το εργαστήριο φυσικής

Ακολουθούν πίνακες με τις στάθμες σε τριτοκτάβα και τη μετατροπή τους σε τιμές οκτάβας καθώς επίσης και οι υπολογισμοί για του δείκτες ηχομείωσης R για το εργαστήριο Φυσικής.

Εργαστήριο Φυσικής - Στάθμη μέσα στην αίθουσα και την πηγή στο διάδρομο		
Συχνότητα (Hz)	dB spl	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50	50,5	
63	55,4	66,47
80	66	
100	62,9	
125	67,7	72,14
160	69,3	
200	73	
250	73,4	77,23
315	70,4	
400	67,4	
500	63,1	69,10
630	57,7	
800	51,8	
1000	47,4	54,45
1250	48,6	
1600	53,7	
2000	55,5	60,38
2500	57	
3150	56,9	
4000	55,5	60,85
5000	55,7	
6300	48,6	
8000	35,2	48,83
10000	27,4	

Πίνακας Α-17.. Στάθμη μέσα στο εργαστήριο φυσικής και την πηγή στο διάδρομο

Συχνότητα	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L1 -L2	17,47	20,40	18,84	20,46	22,84	20,94	20,84	22,62
10log (S)	13,34	13,34	13,34	13,34	13,34	13,34	13,34	13,34
0.163V2	22,89	22,89	22,89	22,89	22,89	22,89	22,89	22,89
0.163V2/T2	22,12	12,59	16,39	18,19	19,31	20,98	23,76	26,92
10log(0.163V2/T2)	13,45	11,00	12,15	12,60	12,86	13,22	13,76	14,30
Δείκτης Ηχομείωσης R κοινού τοίχου εργ. Φυσικής & διαδρόμου L1-L2+10log(S)- 10log(0.163V2/T2)	17,36	22,75	20,04	21,21	23,33	21,06	20,43	21,66

Πίνακας Α-18.. Δείκτης ηχομείωσης για κοινό τοίχο εργαστηρίου φυσικής και διάδρομο

Εργαστήριο Φυσικής - Στάθμη μέσα στην αίθουσα και την πηγή στην αίθουσα 8		
Συχνότητα	dB spl	10log(10 ^{0.1} L1+10 ^{0.1} L2 +10 ^{0.1} Ln)
50 Hz	42,9	
63 Hz	46,8	54,3
80 Hz	53	
100 Hz	52,6	
125 Hz	62,9	66,3
160 Hz	63,2	
200 Hz	60,8	
250 Hz	62,9	66,6
315 Hz	61,6	
400 Hz	55,7	
500 Hz	49,9	57,0
630 Hz	45,1	
800 Hz	38,1	
1 kHz	34,3	40,8
1.25 kHz	34,7	
1.6 kHz	38,6	
2 kHz	40,9	45,5
2.5 kHz	42,1	
3.15 kHz	41	
4 kHz	39,1	44,4
5 kHz	38,5	
6.3 kHz	30,9	
8 kHz	18,2	31,2
10 kHz	13,3	

Πίνακας Α-19.. Στάθμη μέσα στο εργαστήριο φυσικής και την πηγή στην αίθουσα 8

Συχνότητα	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L1 -L2	29,10	28,97	30,15	31,86	36,90	36,08	37,90	41,64
10log (S)	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90
0.163V2	22,89	22,89	22,89	22,89	22,89	22,89	22,89	22,89
0.163V2/T2	22,12	12,59	16,39	18,19	19,31	20,98	23,76	26,92
10log(0.163V2/T2)	13,45	11,00	12,15	12,60	12,86	13,22	13,76	14,30
Δείκτης Ηχομείωσης R κοινού τοιχίου αιθ.8 & εργ. Φυσικής L1-L2+10log(S)- 10log(0.163V2/T2)	28,55	30,87	30,90	32,16	36,94	35,77	37,05	40,23

Πίνακας Α-20.. Δείκτης ηχομείωσης για κοινό τοίχο εργαστηρίου φυσικής και αίθουσας 8

Ακολουθούν οι μετρήσεις που έγιναν για να βεβαιωθεί ότι πράγματι το ντουλάπι που βρίσκονταν στην αίθουσα απορροφούσε τις χαμηλές συχνότητες.

Impact noise - Ντουλάπι εργαστηρίου Φυσικής - Μέτρηση 1		
Συχνότητα	dB spl	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50 Hz	94,7	
63 Hz	91,2	96,92
80 Hz	88,1	
100 Hz	82,8	
125 Hz	80,6	85,34
160 Hz	75,6	
200 Hz	84,4	
250 Hz	87	89,27
315 Hz	78,4	
400 Hz	84,7	
500 Hz	71,6	85,42
630 Hz	75,9	
800 Hz	73,4	
1 kHz	76,6	79,18
1.25 kHz	71,8	
1.6 kHz	74,5	
2 kHz	77,9	81,72
2.5 kHz	77,7	
3.15 kHz	70,8	
4 kHz	66,9	72,72
5 kHz	62,5	
6.3 kHz	56,6	
8 kHz	51,2	57,93
10 kHz	45,1	

Πίνακας Α-21.. Impact Noise – Ντουλάπι εργαστηρίου Φυσικής – Μέτρηση 1

Impact noise - Ντουλάπι εργαστηρίου Φυσικής - Μέτρηση 2		
Συχνότητα	dB spl	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50 Hz	94,7	
63 Hz	91,2	96,92
80 Hz	88,1	
100 Hz	82,8	
125 Hz	80,6	85,34
160 Hz	75,6	
200 Hz	84,4	
250 Hz	87	89,27
315 Hz	78,4	
400 Hz	84,7	
500 Hz	71,6	85,42
630 Hz	75,9	
800 Hz	73,4	
1 kHz	76,6	79,18
1.25 kHz	71,8	
1.6 kHz	74,5	
2 kHz	77,9	81,72
2.5 kHz	77,7	
3.15 kHz	70,8	
4 kHz	66,9	72,72
5 kHz	62,5	
6.3 kHz	56,6	
8 kHz	51,2	57,93
10 kHz	45,1	

Πίνακας A-22.. Impact Noise – Ντουλάπι εργαστηρίου Φυσικής – Μέτρηση 2

2^ο Λύκειο

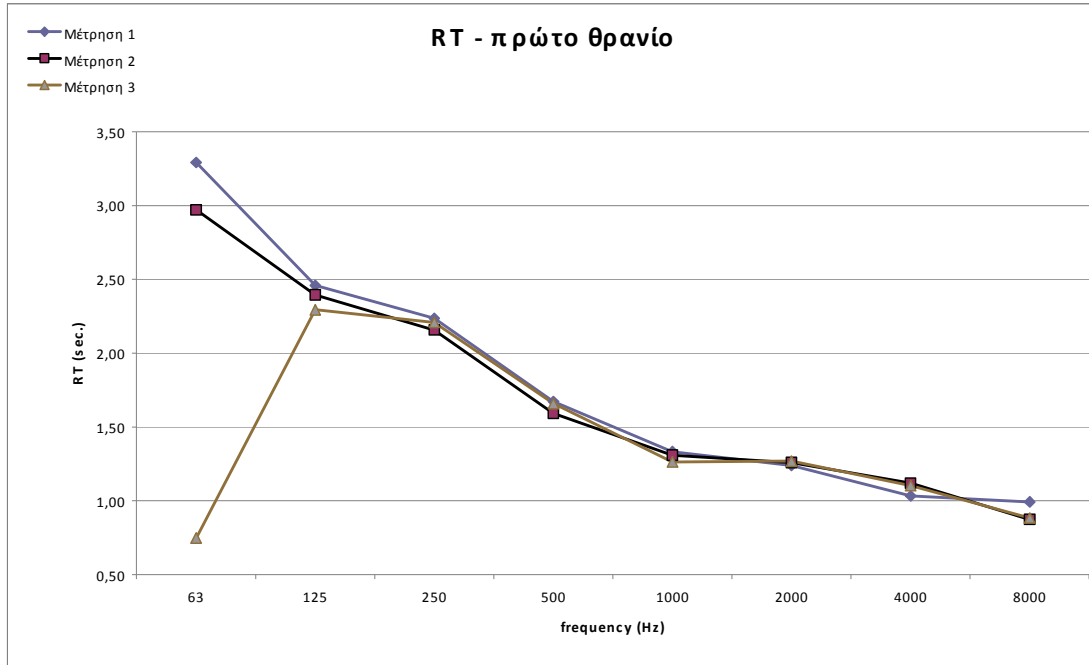
Αίθουσα 3

Ακολουθεί πίνακας με τις διαστάσεις τις αίθουσας καθώς και άλλες πληροφορίες όπως υλικά και άλλα χαρακτηριστικά.

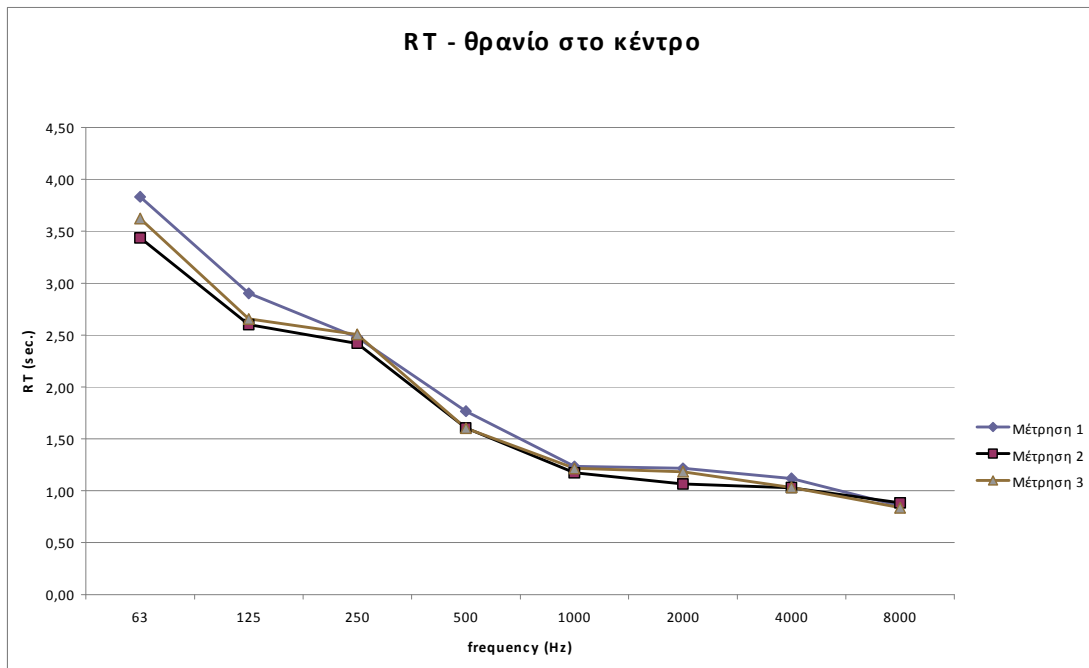
Lx	6,80
Ly	7,10
Lz	3,20
V(m ³)	154,50
Τοίχοι διπλό τούβλο	
θόρυβος πηγής για μετρήσεις RT 91.4 dB	
16 θρανία + έδρα δασκάλου	

Πίνακας A-23.. Πληροφορίες για την αίθουσα 3

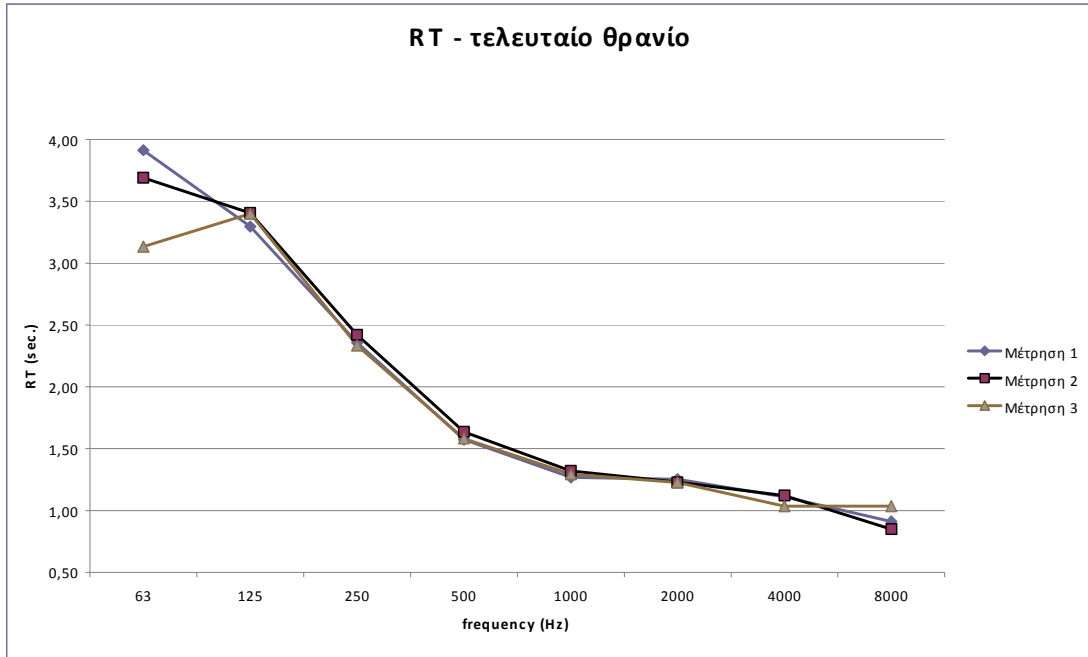
Παρακάτω βλέπουμε τα αναλυτικά διαγράμματα για το χρόνο αντήχησης σε κάθε θέση μέτρησης. Οι μετρήσεις ήταν τρεις για κάθε θέση, πρώτο θρανίο, κεντρικό και τελευταίο.



Διάγραμμα A-1 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 3 – Θέση μέτρησης: Πρώτο θρανίο



Διάγραμμα A-2 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 3 – Θέση μέτρησης: Θρανίο στο κέντρο



Διάγραμμα A-3 Χρόνος Αντήρησης αίθουσας 3 – Θέση μέτρησης: Τελευταίο θρανίο

Παρατίθεται παρακάτω πίνακας με το θόρυβο βάθους σε τιμές τριτοκτάβας και οκτάβας και η αντιστοίχιση του θορύβου βάθους με την καμπύλη NR.

Θόρυβος βάθους Αίθουσα 3		
Συχνότητα (Hz)	(dB SPL)	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50	46,70	
63	46,70	54,53
80	52,80	
100	52,90	
125	50,20	55,90
160	49,50	
200	49,00	
250	43,70	50,60
315	40,80	
400	38,90	
500	35,80	42,16
630	36,90	
800	36,70	
1000	35,90	40,30
1250	33,30	
1600	32,70	
2000	33,00	37,45
2500	32,30	
3150	33,10	
4000	33,00	37,98
5000	33,50	
6300	34,30	
8000	35,00	39,89
10000	35,90	

Πίνακας Α-24.. Θόρυβος βάθους για την αίθουσα 3

NR	44	Octave band centre frequency (Hz)								
dBA	52,1	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	AB	55,4	35,5	22,0	12,0	4,8	0,0	-3,5	-6,1	-8,0
	BB	0,681	0,790	0,870	0,930	0,974	1,000	1,015	1,025	1,030
	Curve A	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
	Lp (dB)	85,36	70,26	60,28	52,92	47,66	44,00	41,16	39,00	37,32
	Lp (dBA)	45,96	44,06	44,18	44,32	44,46	44,00	42,36	40,00	36,22

Πίνακας Α-25.. Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR για την αίθουσα 3

Ακολουθούν πίνακες με τις στάθμες σε τριτοκτάβα και τη μετατροπή τους σε τιμές οκτάβας καθώς επίσης και οι υπολογισμοί για του δείκτη ηχομείωσης R για την αίθουσα 3.

Στάθμη στην αίθουσα 3 με την πηγή εκπομπής στην αίθουσα 5		
Συχνότητα (Hz)	(dB SPL)	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50	48,80	
63	52,30	62,71
80	62,10	
100	57,00	
125	60,30	63,71
160	58,90	
200	61,20	
250	60,30	65,24
315	59,80	
400	53,60	
500	47,80	54,83
630	41,70	
800	38,90	
1000	37,00	42,27
1250	36,10	
1600	36,70	
2000	36,60	41,61
2500	37,20	
3150	37,70	
4000	35,70	41,11
5000	35,20	
6300	34,30	
8000	34,70	39,67
10000	35,60	

Πίνακας A-26.. Στάθμη σ την αίθουσα 3 και την ηχητική πηγή στην αίθουσα 5

Συχνότητα	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Θόρυβος βάθους	54,53	55,90	50,60	42,16	40,30	37,45	37,98	39,89
Στάθμη στην αιθ.3 με πηγή στην 5 (L2)	62,71	63,71	65,24	54,83	42,27	41,61	41,11	39,67
Στάθμη στην αίθουσα 5 εκεί βρίσκεται η πηγή (L1)	87,08	95,42	97,24	90,10	77,57	81,32	81,95	71,65
RT αίθουσας 3 (μέση τιμή) (T2)	3,18	2,82	2,35	1,63	1,27	1,22	1,08	0,90

Πίνακας A-27.. Στάθμες θορύβου για τον υπολογισμό του δείκτη ηχομείωσης

Συχνότητα	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L1 -L2	24,37	31,71	32,00	35,27	35,31	39,71	40,84	31,98
10log (S)	13,38	13,38	13,38	13,38	13,38	13,38	13,38	13,38
0.163V2	25,18	25,18	25,18	25,18	25,18	25,18	25,18	25,18
0.163V2/T2	7,91	8,92	10,73	15,43	19,86	20,71	23,35	27,91
10log(0.163V2/T2)	8,98	9,50	10,31	11,89	12,98	13,16	13,68	14,46
Δείκτης Ηχομείωσης R για κοινό τοίχο σε αίθουσα 3 και 5 L1-L2+10log(S)- 10log(0.163V2/T2)	28,76	35,58	35,07	36,76	35,70	39,92	40,54	30,90
L1 -L2	13,00	16,00	17,00	19,80	22,90	21,70	21,60	23,40
10log (S)	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96
0.163V2	25,18	25,18	25,18	25,18	25,18	25,18	25,18	25,18
0.163V2/T2	7,91	8,92	10,73	15,43	19,86	20,71	23,35	27,91
10log(0.163V2/T2)	8,98	9,50	10,31	11,89	12,98	13,16	13,68	14,46
Δείκτης Ηχομείωσης R για πόρτα L1-L2+10log(S)- 10log(0.163V2/T2)	7,98	10,46	10,65	11,88	13,88	12,50	11,88	12,90

Πίνακας A-28.. Στάθμες θορύβου και υπολογισμός του δείκτη ηχομείωσης για την αίθουσα 3

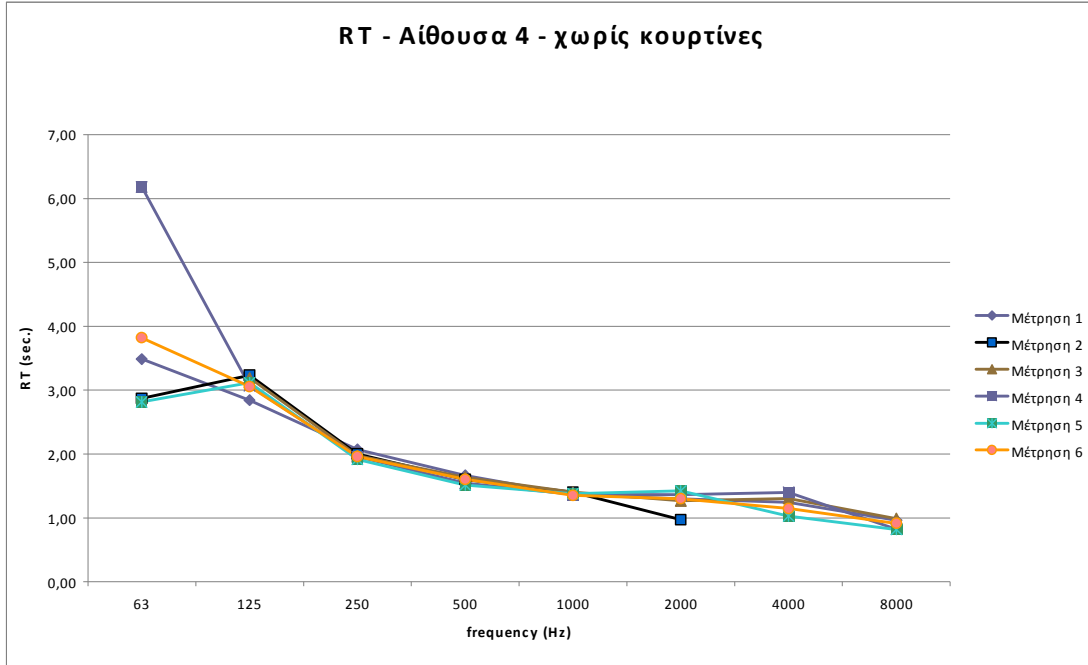
Αίθουσα 4

Ακολουθεί πίνακας με τις διαστάσεις τις αίθουσας καθώς και άλλες πληροφορίες όπως υλικά και άλλα χαρακτηριστικά.

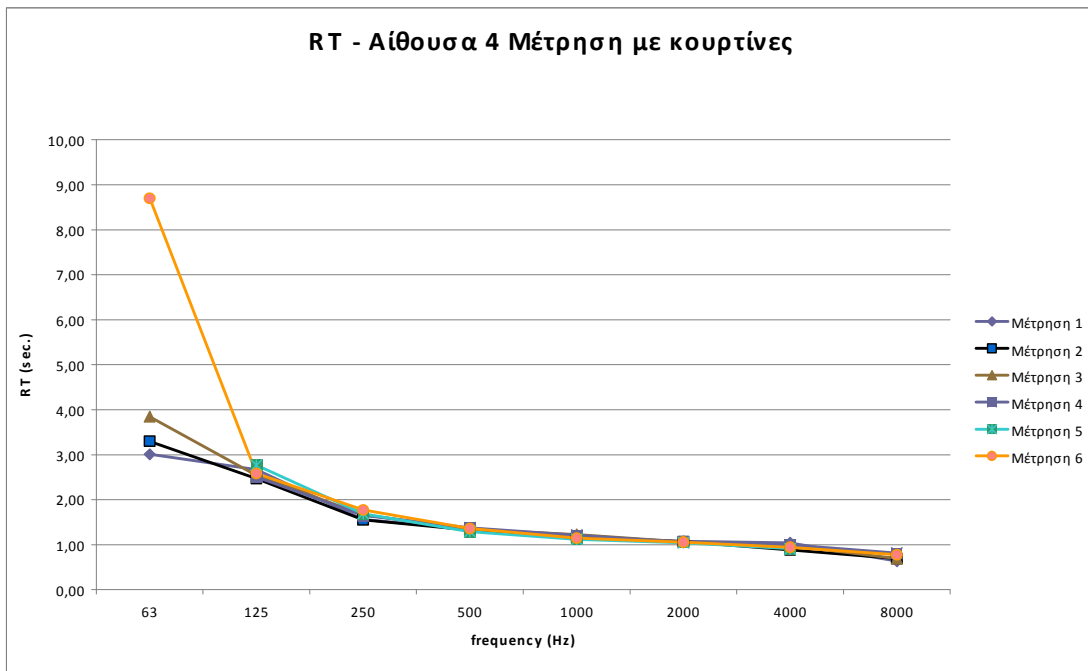
Lx	7,00
Ly	7,10
Lz	3,20
V (m ³)	159,04
Τοίχοι διπλό τούβλο	
θόρυβος πηγής για μετρήσεις RT	91.4 dB
16 θρανία + έδρα δασκάλου	

Πίνακας A-29.. Πληροφορίες για την αίθουσα 4

Παρακάτω βλέπουμε διαγράμματα για το χρόνο αντήχησης ανά θέση μέτρησης. Για τις μετρήσεις που έγιναν με τις κουρτίνες ανοιχτές και κλειστές.



Διάγραμμα A-4 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 4 – Μέτρηση χωρίς κουρτίνες



Διάγραμμα A-5 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 4 – Μέτρηση με κουρτίνες

Παρατίθενται παρακάτω οι τιμές του θορύβου βάθους σε τριτοκτάβα, η μετατροπή σε τιμές οκτάβας και η αντιστοίχιση του θορύβου βάθους με την καμπύλη NR.

Θόρυβος βάθους Αίθουσα 4		
Συχνότητα	dB SPL	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50 Hz	48,60	
63 Hz	49,10	58,63
80 Hz	57,60	
100 Hz	51,60	
125 Hz	53,20	57,00
160 Hz	51,70	
200 Hz	50,90	
250 Hz	44,20	52,13
315 Hz	41,50	
400 Hz	37,80	
500 Hz	36,60	41,93
630 Hz	37,00	
800 Hz	35,70	
1 kHz	33,30	38,67
1.25 kHz	31,80	
1.6 kHz	31,30	
2 kHz	30,00	34,90
2.5 kHz	28,70	
3.15 kHz	24,30	
4 kHz	21,50	26,85
5 kHz	18,70	
6.3 kHz	16,10	
8 kHz	13,60	18,96
10 kHz	11,80	

Πίνακας A-30..Θόρυβος βάθους για την αίθουσα 4

NR42	42	Octave band centre frequency (Hz)								
dBA	50,3	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	AB	55,4	35,5	22,0	12,0	4,8	0,0	-3,5	-6,1	-8,0
	BB	0,681	0,790	0,870	0,930	0,974	1,000	1,015	1,025	1,030
	Curve A	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
	Lp (dB)	84,00	68,68	58,54	51,06	45,71	42,00	39,13	36,95	35,26
	Lp (dBA)	44,60	42,48	42,44	42,46	42,51	42,00	40,33	37,95	34,16

Πίνακας A-31..Θόρυβος βάθους και καμπύλη NR για την αίθουσα 4

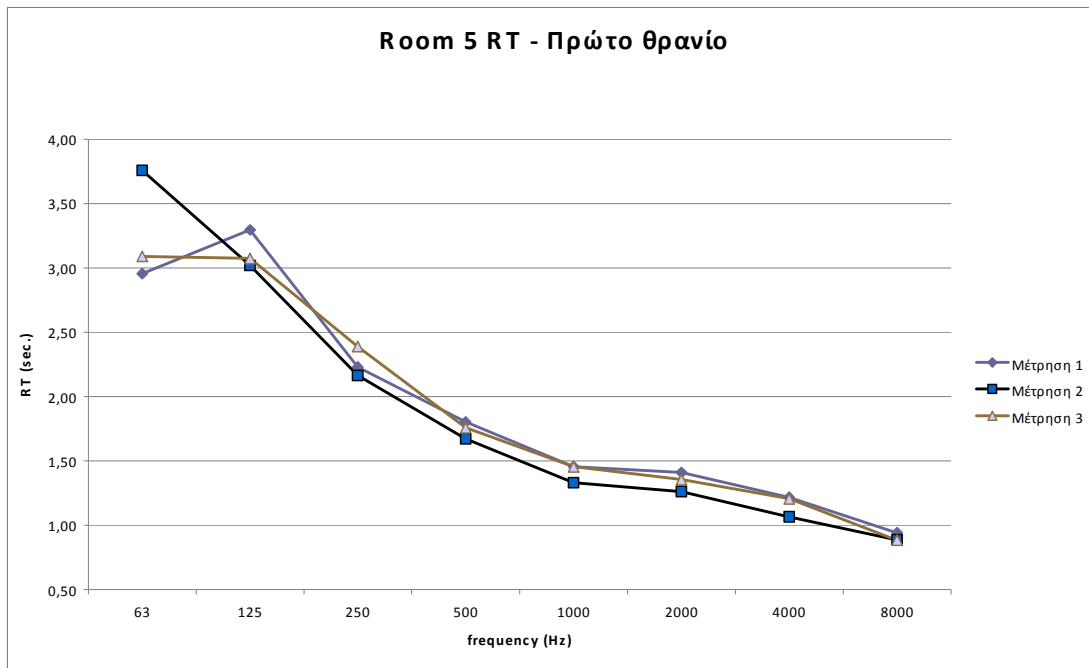
Αίθουσα 5

Ακολουθεί πίνακας με τις διαστάσεις τις αίθουσας καθώς και άλλες πληροφορίες όπως υλικά και άλλα χαρακτηριστικά.

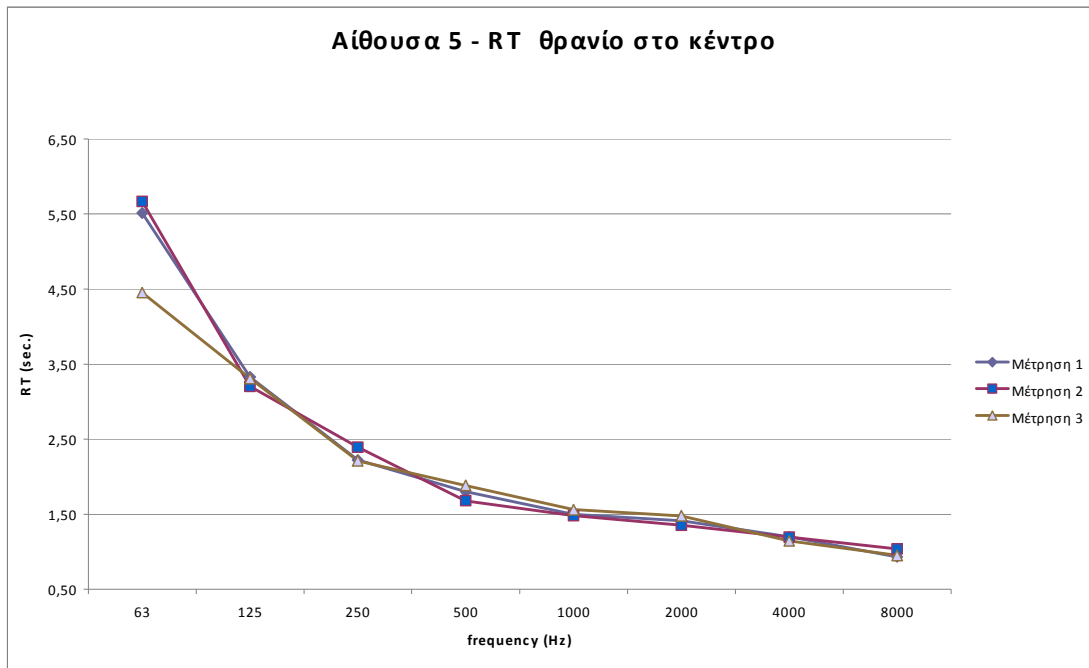
Lx	6,85
Ly	7,00
Lz	3,20
V	153,44
16 θρανία + έδρα δασκάλου	
θόρυβος πηγής για μετρήσεις room criteria 92,3 dB	
Τοίχοι διπλό τούβλο	

Πίνακας A-32..Πληροφορίες για την αίθουσα 5

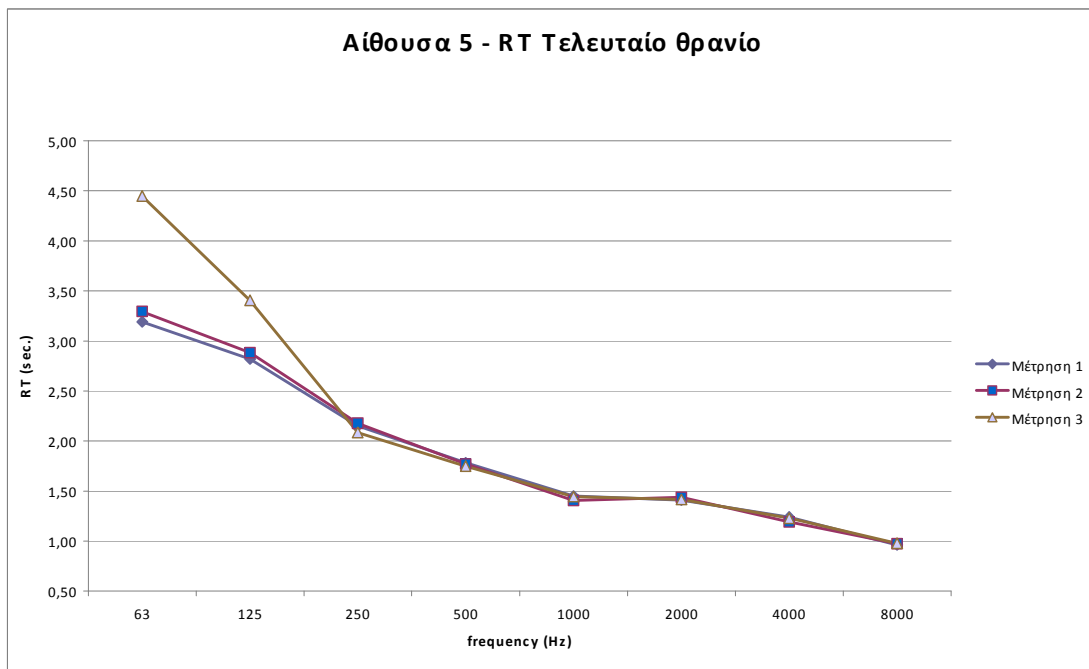
Παρακάτω βλέπουμε τα αναλυτικά διαγράμματα για το χρόνο αντήχησης σε κάθε θέση μέτρησης. Οι μετρήσεις ήταν τρεις για κάθε θέση, πρώτο θρανίο, κεντρικό και τελευταίο.



Διάγραμμα A-6 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 5 – Θέση μέτρησης: Πρώτο θρανίο



Διάγραμμα A-7 Χρόνος Αντήρησης αίθουσας 5 – Θέση μέτρησης: Θρανίο στο κέντρο



Διάγραμμα A-8 Χρόνος Αντήρησης αίθουσας 5 – Θέση μέτρησης: Τελευταίο θρανίο

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τις τιμές ηχητικής στάθμης της πηγής στην αίθουσα 5 αρχικά σε τριτοκτάβα και μετά η μετατροπή σε τιμές οκτάβας

Θόρυβος εκπομπής της πηγής στην αίθουσα 5		
Συχνότητα	dB SPL	$10\log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2} +10^{0.1Ln})$
50 Hz	79,00	
63 Hz	75,20	87,08
80 Hz	86,00	
100 Hz	85,60	
125 Hz	92,40	95,42
160 Hz	91,40	
200 Hz	92,50	
250 Hz	92,60	97,24
315 Hz	92,30	
400 Hz	88,70	
500 Hz	83,40	90,10
630 Hz	78,00	
800 Hz	74,30	
1 kHz	70,50	77,57
1.25 kHz	72,80	
1.6 kHz	76,40	
2 kHz	76,20	81,32
2.5 kHz	77,00	
3.15 kHz	77,60	
4 kHz	76,70	81,95
5 kHz	77,20	
6.3 kHz	71,20	
8 kHz	60,70	71,65
10 kHz	54,20	

Πίνακας A-33.. Θόρυβος εκπομπής την αίθουσα 5

Μετρήσεις με το σχολείο σε λειτουργία

Στο πέμπτο κεφάλαιο έχουν παρατεθεί οι πίνακες που αφορούσαν τις αίθουσες του 30^{ου} δημοτικού σχολείου όπου είχαν γίνει και οι βασικές μετρήσεις για την αξιολόγηση του κτιρίου. Ακολουθούν οι πίνακες με τις μετρήσεις που έγιναν σε τέσσερις επιπλέον αίθουσες κατόπιν εκδήλωσης ενδιαφέροντος από τους εκπαιδευτικούς.

ΑΙΘΟΥΣΑ 12									
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
RT60(1) (s)	1,56	1,56	1,06	0,93	0,67	0,61	0,53	0,45	0,82
RT60(2) (s)	1,98	1,56	1,04	0,79	0,73	0,65	0,56	0,47	0,7
AVERAGE	1,77	1,56	1,05	0,86	0,70	0,63	0,55	0,46	0,76

Πίνακας A-34..Χρόνος αντήχησης (s) για την αίθουσα 12 – Μέτρηση 1 και 2 και μέση τιμή

ΑΙΘΟΥΣΑ 7									
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
RT60(1) (s)	1,32	1,3	1,12	0,77	0,7	0,62	0,55	0,42	0,69
RT60(2) (s)	1,91	1,55	0,97	0,79	0,65	0,64	0,51	0,42	0,66
AVERAGE	1,62	1,43	1,05	0,78	0,68	0,63	0,53	0,42	0,68

Πίνακας A-35..Χρόνος αντήχησης (s) για την αίθουσα 7 – Μέτρηση 1 και 2 και μέση τιμή

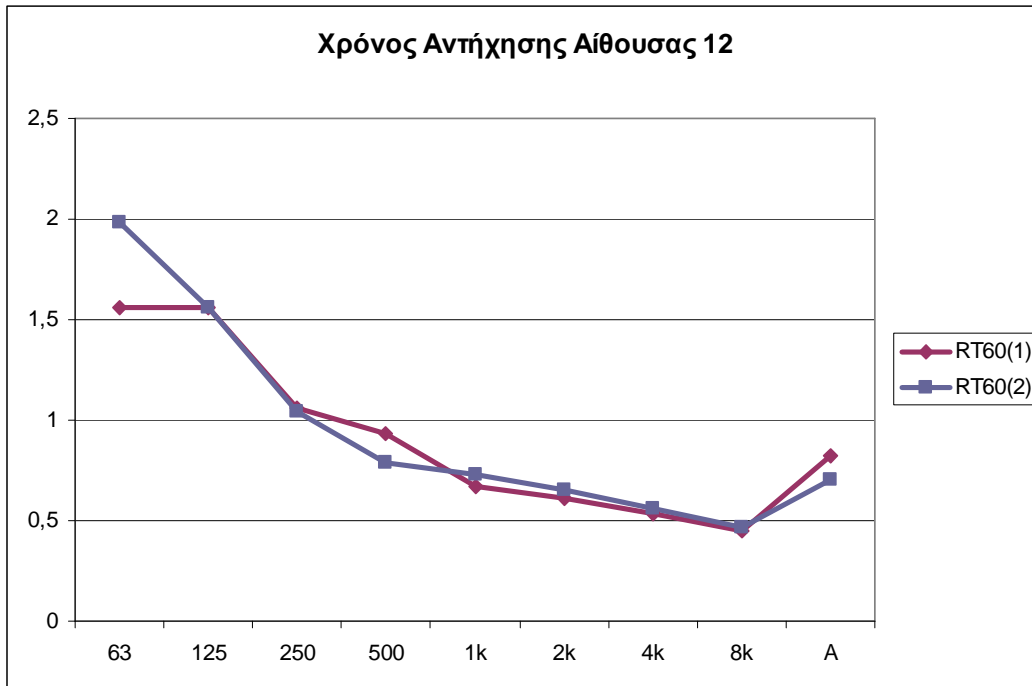
ΑΙΘΟΥΣΑ 13									
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
RT60(1) (s)	2,3	0,97	1	0,78	0,62	0,58	0,54	0,46	0,61
RT60(2) (s)	2,15	1,32	0,89	0,74	0,63	0,6	0,55	0,47	0,64
AVERAGE	2,23	1,15	0,95	0,76	0,63	0,59	0,55	0,47	0,63

Πίνακας A-36..Χρόνος αντήχησης (s) για την αίθουσα 13 – Μέτρηση 1 και 2 και μέση τιμή

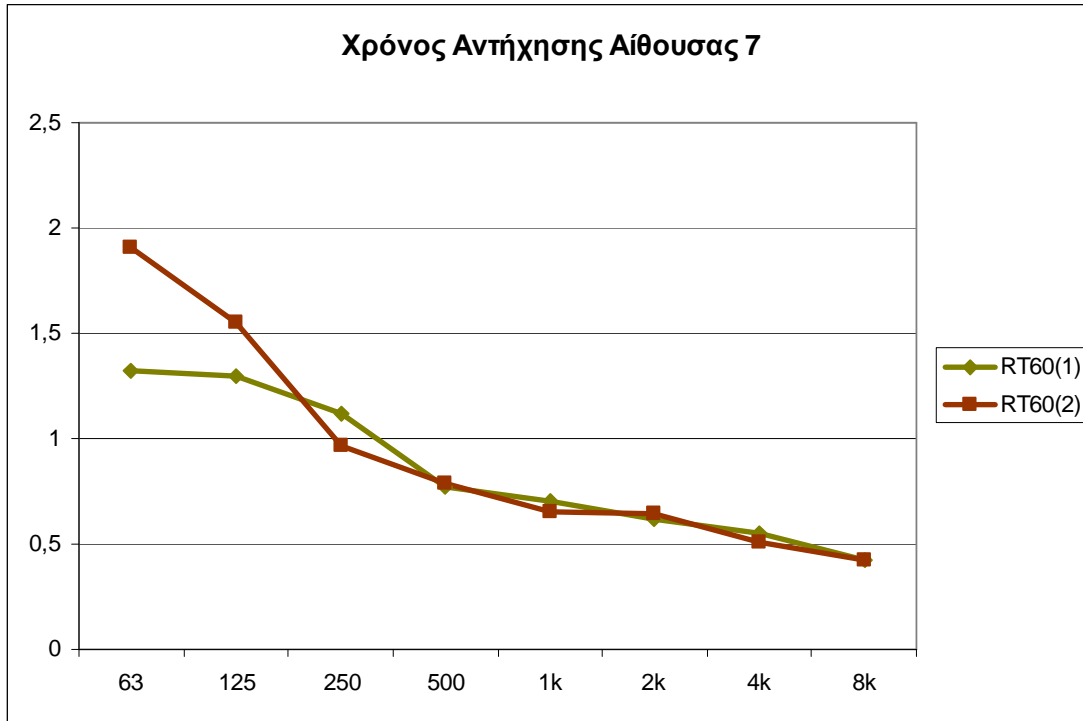
Freq(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	A
RT AVERAGE ΑΙΘΟΥΣΑ 12(s)	1,77	1,56	1,05	0,86	0,7	0,63	0,54	0,46	0,76
RT AVERAGE ΑΙΘΟΥΣΑ 13(s)	2,23	1,15	0,95	0,76	0,63	0,59	0,55	0,47	0,63
RT AVERAGE ΑΙΘΟΥΣΑ 7	1,62	1,43	1,05	0,78	0,68	0,63	0,53	0,42	0,68

Πίνακας A-37..Χρόνος αντήχησης (s) για την αίθουσα 13 – Μέτρηση 1 και 2 και μέση τιμή

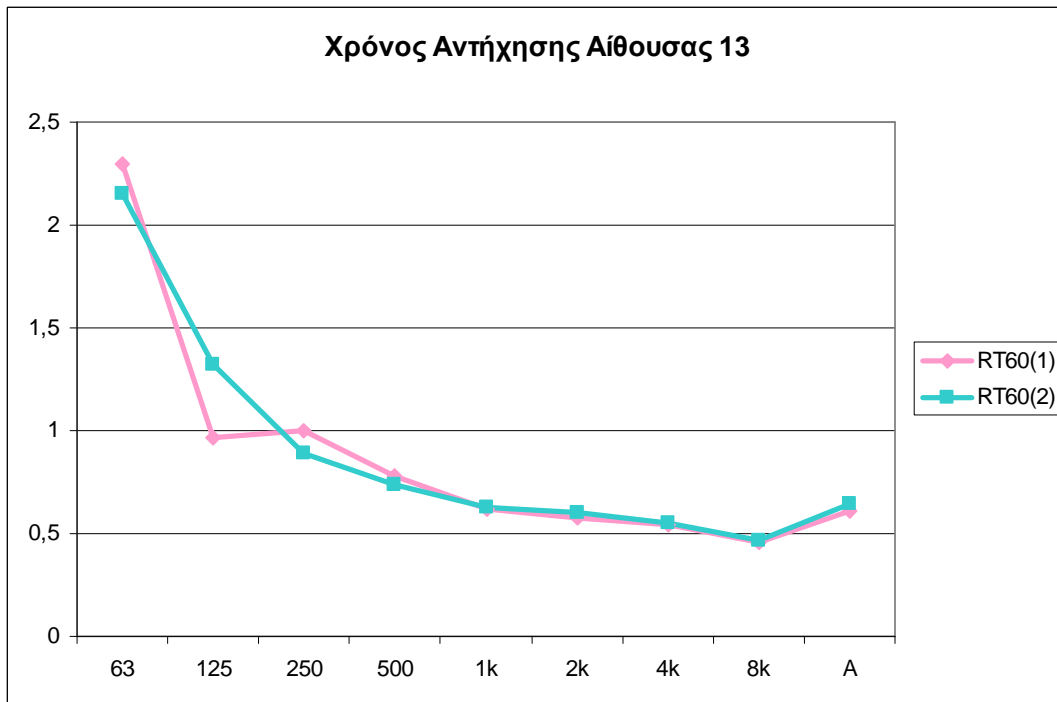
Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα με το χρόνο αντήχησης σε κάθε αίθουσα και τις δύο μετρήσεις ξεχωριστά και τέλος ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα για τις τρεις αίθουσες συνολικά.



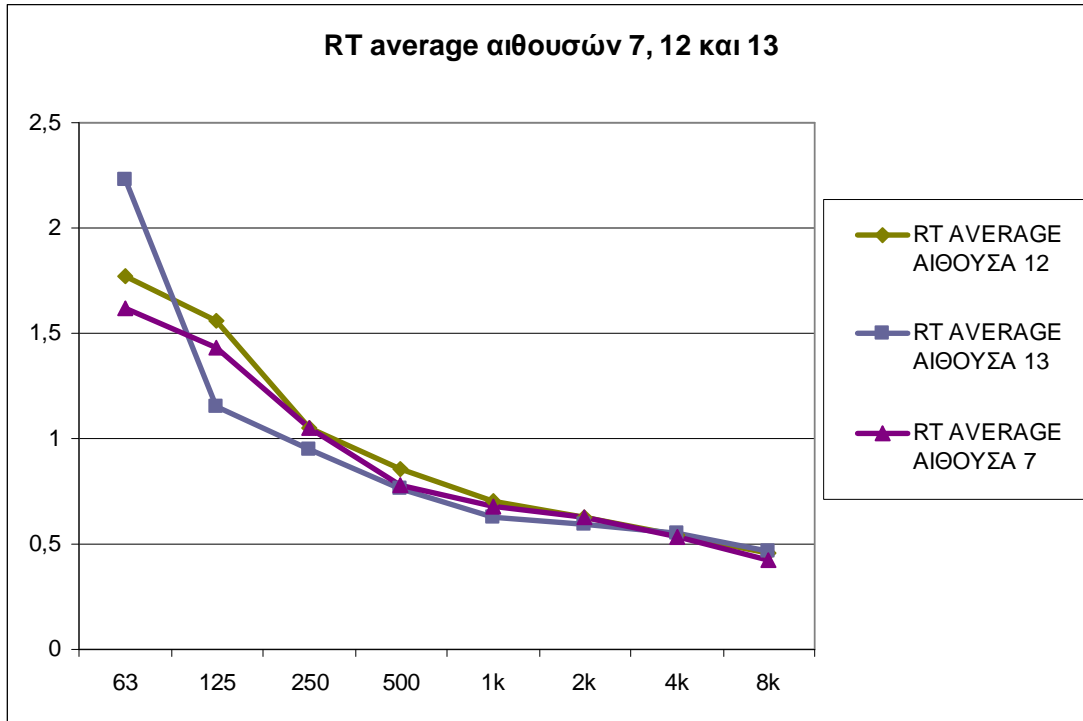
Διάγραμμα A-9 Χρόνος Αντήχησης αίθουσας 12



Διάγραμμα .A-10 Χρόνος Αντήρησης αίθουσας 7



Διάγραμμα A-11- Χρόνος Αντήρησης αίθουσας 13



Διάγραμμα A-12- Χρόνος Αντήχησης αισουσών 7, 12 και 13

Παράρτημα Β

Θεωρητικός Υπολογισμός χρόνου αντήχησης

Σε αυτό το παράρτημα παρατίθενται όλα τα στοιχεία από τον υπολογισμό της θεωρητικής τιμής του χρόνου αντήχησης τα οποία δεν έχουν καταχωρηθεί στο κεφάλαιο 5 που αφορά τη διεξαγωγή των μετρήσεων και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Στο κεφάλαιο 5 έχει παρατεθεί αναλυτικά ως παράδειγμα ο υπολογισμός του χρόνου αντήχησης για την αίθουσα 9 του 30^{ου} δημοτικού σχολείου γι' αυτό και έχει εξαιρεθεί από το παράρτημα Β.

30^ο δημοτικό σχολείο

Αίθουσα 8

Είδος επιφάνειας	Πλήθος	Εμβαδόν επιφάνειας	Εμβαδόν επιφάνειας Sn συνολικό
τοιχος1 Lx, Lz (40% παράθυρα)	1,00	11,66	11,66
παράθυρα στον τοίχο 1 Lx,Lz (διπλό τζάμι)	1,00	7,80	7,80
τοιχος2 Lx, Lz	1,00	16,00	16,00
πόρτα στον τοίχο 2 Lx,Lz	1,00	1,74	1,74
παράθυρο (4mm) στον τοίχο2 Lx,Lz	1,00	1,60	1,60
παράθυρο (4mm) πόρτας	1,00	0,30	0,30
τοιχος1 Ly,Lz	1,00	13,24	13,24
πίνακας στον τοίχο1 Ly,Lz	2,00	3,13	6,26
τοιχος2 Ly,Lz	1,00	19,50	19,50
οροφή	1,00	42,12	42,12
δάπεδο	1,00	42,12	42,12
θρανία	12,00	0,50	6,00
έδρα	1,00	1,00	1,00
καρέκλες	25,00	1,00	25,00
κουρτίνες	1,00	5,60	5,60

Πίνακας Β-1.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 8 του 30^{ου} δημοτικού σχολείου

Συντελεστής Απορρόφησης an					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,05	0,25	0,40	0,50	0,60	0,50

Πίνακας Β-2.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 8 του 30^{ου} δημοτικού σχολείου

Απορρόφηση Α					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,58	0,47	0,23	0,47	0,58	0,58
1,17	0,39	0,23	0,23	0,16	0,16
0,80	0,64	0,32	0,64	0,80	0,80
0,24	0,17	0,10	0,14	0,17	0,17
0,48	0,32	0,16	0,11	0,08	0,03
0,09	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01
0,66	0,53	0,26	0,53	0,66	0,66
1,19	1,44	1,57	1,88	2,32	2,63
0,98	0,78	0,39	0,78	0,98	0,98
0,42	0,42	0,42	0,84	0,84	0,84
0,42	0,42	0,42	0,42	0,84	0,84
0,90	1,14	1,20	1,20	1,20	1,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
3,75	4,75	5,00	5,00	5,00	5,00
0,28	1,40	2,24	2,80	3,36	2,80
12,12	13,12	12,78	15,26	17,21	16,90

Πίνακας Β-3.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα 8 του 30^{ου} δημοτικού σχολείου

Και τελικά τα αποτελέσματα:

$RT_{60} = \frac{0.161V}{A}$	Χρόνος Αντήρησης, RT60 (s)						
	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
	1,68	1,55	1,59	1,33	1,18	1,20	
	Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
	1,91	1,61	1,25	1,10	1,05	0,93	

Πίνακας Β-4.. Χρόνος Αντήρησης(s) για αίθουσα 8 - Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα

Εργαστήριο Φυσικής:

Είδος επιφάνειας	Πλήθος	Εμβαδόν επιφάνειας	Εμβαδόν επιφάνειας Sn συνολικό
τοιχος1 Lx, Lz (40% παράθυρα)	1,00	12,60	12,60
παράθυρα στον τοίχο 1 Lx,Lz (διπλό τζάμι)	1,00	8,40	8,40
τοιχος2 Lx, Lz	1,00	15,90	15,90
πόρτα στον τοίχο 2 Lx,Lz	1,00	1,74	1,74
παράθυρο (4mm) στον τοίχο2 Lx,Lz	1,00	1,60	1,60
παράθυρο (4mm) πόρτας τοίχου2 Lx,Lz	1,00	0,30	0,30
τοιχος1 Ly,Lz (10% παράθυρα)	1,00	11,29	11,29
πίνακας στον τοίχο1 Ly,Lz	2,00	3,13	6,26
τοιχος2 Ly,Lz	1,00	13,02	13,02
οροφή	1,00	38,44	38,44
δάπεδο	1,00	38,44	38,44
θρανία	12,00	0,50	6,00
έδρα	1,00	1,00	1,00
καρέκλες	25,00	1,00	25,00
Ντουλάπι 1	8,00	0,81	6,48
Ντουλάπι 2	3,00	1,00	3,00
κουρτίνα	1,00	6,00	6,00

Πίνακας Β-5.. Υπολογισμός επιφανειών για το εργαστήριο φυσικής – 30ο δημοτικό σχολεί

Συντελεστής Απορρόφησης an					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
0,05	0,25	0,40	0,50	0,60	0,50

Πίνακας Β-6.. Απορρόφηση των υλικών για το εργαστήριο φυσικής – 30ο δημοτικό σχολείο

Απορρόφηση Α					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,63	0,50	0,25	0,50	0,63	0,63
2,52	1,68	0,84	0,59	0,42	0,17
0,80	0,64	0,32	0,64	0,80	0,80
0,24	0,17	0,10	0,14	0,17	0,17
0,48	0,32	0,16	0,11	0,08	0,03
0,09	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01
0,56	0,45	0,23	0,45	0,56	0,56
1,19	1,44	1,57	1,88	2,32	2,63
0,65	0,52	0,26	0,52	0,65	0,65
0,38	0,38	0,38	0,77	0,77	0,77
0,38	0,38	0,38	0,38	0,77	0,77
0,90	1,14	1,20	1,20	1,20	1,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
3,75	4,75	5,00	5,00	5,00	5,00
1,23	1,49	1,62	1,94	2,40	2,72
0,57	0,69	0,75	0,90	1,11	1,26
0,30	1,50	2,40	3,00	3,60	3,00
14,83	16,32	15,69	18,25	20,69	20,57

Πίνακας Β-7.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για το εργαστήριο φυσικής – 30ο δημοτικό σχολείο

Και τελικά τα αποτελέσματα:

$$RT60 = \frac{0.161V}{A}$$

Χρόνος Αντήχησης, RT60 (s)						
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,55	1,40	1,46	1,26	1,11	1,11	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
1,82	1,40	1,26	1,19	1,09	0,96	

Πίνακας Β-8.. Χρόνος Αντήχησης(s) για το εργαστήριο φυσικής – 3οο δημοτικό σχολείο - Θεωρητική και πειραματική τιμή ανά συχνότητα

2° Λύκειο

Αίθουσα 3

Είδος επιφάνειας	Εμβαδόν επιφάνειας	πλήθος	Εμβαδόν επιφάνειας Sn συνολικό
τοιχος1 Lx, Lz (30% παράθυρα)	15,23	1,00	15,23
παράθυρα στον τοίχο 1 Lx,Lz (διπλό τζάμι)	6,53	1,00	6,53
τοιχος2 Lx, Lz	18,64	1,00	18,64
πίνακας στον τοίχο 2 Lx, Lz	3,13	1,00	3,13
τοιχος1 Ly,Lz	10,45	1,00	10,45
παράθυρα στον τοίχο 1 Ly,Lz (διπλό τζάμι)	12,27	1,00	12,27
τοιχος2 Ly,Lz	20,63	1,00	20,63
πόρτα (συνολικό εμβαδόν με παράθυρο)	2,09	1,00	1,69
παραθυράκι πόρτας	0,40	1,00	0,40
παράθυρο άνωθεν πόρτας	1,30	1,00	1,30
οροφή	48,28	1,00	48,28
δάπεδο	48,28	1,00	48,28
θρανία (16)	0,50	16,00	8,00
έδρα	0,75	1,00	0,75
καρέκλες	1,00	24,00	24,00
κουρτίνες	1,00	6,30	6,30

Πίνακας Β-9.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 3

Συντελεστής Απορρόφησης an					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
0,15	0,19	0,02	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,05	0,25	0,40	0,50	0,60	0,50

Πίνακας Β-10.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 3

Απορρόφηση Α					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,76	0,61	0,30	0,61	0,76	0,76
0,98	0,33	0,20	0,20	0,13	0,13
0,93	0,75	0,37	0,75	0,93	0,93
0,59	0,72	0,78	0,94	1,16	1,31
0,52	0,42	0,21	0,42	0,52	0,52
1,84	0,61	0,37	0,37	0,25	0,25
1,03	0,83	0,41	0,83	1,03	1,03
0,24	0,17	0,10	0,14	0,17	0,17
0,12	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01
0,39	0,26	0,13	0,09	0,07	0,03
0,48	0,48	0,48	0,97	0,97	0,97
0,48	0,48	0,48	0,48	0,97	0,97
1,20	1,52	0,16	1,60	1,60	1,60
0,11	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
3,60	4,56	4,80	4,80	4,80	4,80
0,32	1,58	2,52	3,15	3,78	3,15
13,60	13,53	11,51	15,50	17,29	16,77

Πίνακας Β-11.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα 3

Και τελικά τα αποτελέσματα:

$RT60 = \frac{0.16V}{A}$	Χρόνος Αντήρησης, RT60 (s)					
	125	250	500	1000	2000	4000 Hz
	1,83	1,84	2,16	1,60	1,44	1,48
	Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)					
	2,82	2,35	1,63	1,27	1,22	1,08

Πίνακας Β-12.. Χρόνος Αντήρησης(s) για αίθουσα 3

Αίθουσα 4

Είδος επιφάνειας	Εμβαδόν επιφάνειας	πλήθος	Εμβαδόν επιφάνειας S _n συνολικό
τοιχος1 Lx, Lz (30% παράθυρα)	15,68	1,00	8,96
παράθυρα στον τοίχο 1 Lx,Lz (διπλό τζάμι)	6,72	1,00	6,72
τοιχος2 Lx, Lz	17,19	1,00	17,19
πίνακας στον τοίχο 2 Lx, Lz	3,13	1,00	3,13
τοιχος1 Ly,Lz	22,72	1,00	19,39
πόρτα στον τοίχο Lx,Lz	2,09	1,00	1,69
παραθυράκι πόρτας	0,40	1,00	0,40
παράθυρο άνωθεν πόρτας	1,24	1,00	1,24
τοιχος2 Ly,Lz	11,36	1,00	11,36
παράθυρα στον τοίχο2 Ly,Lz	11,36	1,00	11,36
οροφή	49,70	1,00	49,70
δάπεδο	49,70	1,00	49,70
θρανία (16)	0,50	16,00	8,00
έδρα	0,75	1,00	0,75
καρέκλες	1,00	33,00	33,00
Κουρτίνες	1,00	6,40	6,40

Πίνακας Β-13.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 4

Συντελεστής Απορρόφησης an					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,05	0,25	0,40	0,50	0,60	0,50

Πίνακας Β-14.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 4

Απορρόφηση Α					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,45	0,36	0,18	0,36	0,45	0,45
1,01	0,34	0,20	0,20	0,13	0,13
0,86	0,69	0,34	0,69	0,86	0,86
0,59	0,72	0,78	0,94	1,16	1,31
0,97	0,78	0,39	0,78	0,97	0,97
0,24	0,17	0,10	0,14	0,17	0,17
0,12	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01
0,37	0,25	0,12	0,09	0,06	0,02
0,57	0,45	0,23	0,45	0,57	0,57
1,70	0,57	0,34	0,34	0,23	0,23
0,50	0,50	0,50	0,99	0,99	0,99
0,50	0,50	0,99	0,99	0,99	0,99
1,20	1,52	1,60	1,60	1,60	1,60
0,11	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
4,95	6,27	6,60	6,60	6,60	6,60
0,32	1,60	2,56	3,20	3,84	3,20
14,46	14,92	15,13	17,54	18,79	18,26

Πίνακας Β-15.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα 4

Και τελικά τα αποτελέσματα:

Χρόνος Αντήχησης, RT60 (s)							
	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
$RT60 = \frac{0.161V}{A}$	1,77	1,72	1,69	1,46	1,36	1,40	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)							
	2,59	1,65	1,34	1,17	1,06	0,96	

Πίνακας Β-16.. Χρόνος Αντήχησης(s) για αίθουσα 4

Αίθουσα 5

Είδος επιφάνειας	Εμβαδόν επιφάνειας	πλήθος	Εμβαδόν επιφάνειας Sη συνολικό
πίνακας	3,13	1,00	3,13
τοιχος 1 Lx,Lz	21,92	1,00	18,80
τοιχος 2 Lx,Lz	21,92	1,00	16,00
τοιχος 1 Ly,Lz	22,40	1,00	22,40
τοιχος 2 Ly,Lz	22,40	1,00	19,01
πόρτα (συνολικό εμβαδόν με παράθυρο)	2,09	1,00	1,69
παραθυράκι πόρτας	0,40	1,00	0,40
παραθυρο άνωθεν πόρτας	1,30	1,00	1,30
παραθυρα σε τοίχο	5,92	1,00	5,92
οροφή	47,95	1,00	47,95
δάπεδο	47,95	1,00	47,95
θρανία (16)	0,50	16,00	8,00
έδρα	0,75	1,00	0,75
καρέκλες	1,00	24,00	24,00
κουρτίνες	1,00	5,80	5,80

Πίνακας Β-17.. Υπολογισμός επιφανειών για την αίθουσα 5

Συντελεστής Απορρόφησης α_n					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,19	0,23	0,25	0,30	0,37	0,42
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,15	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
0,05	0,25	0,40	0,50	0,60	0,50

Πίνακας Β-18.. Απορρόφηση των υλικών για την αίθουσα 5

Απορρόφηση Α					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz
0,59	0,72	0,78	0,94	1,16	1,31
0,94	0,75	0,38	0,75	0,94	0,94
4,80	3,20	1,60	1,12	0,80	0,32
1,12	0,90	0,45	0,90	1,12	1,12
0,95	0,76	0,38	0,76	0,95	0,95
0,24	0,17	0,10	0,14	0,17	0,17
0,12	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01
0,39	0,26	0,13	0,09	0,07	0,03
0,89	0,30	0,18	0,18	0,12	0,12
0,48	0,48	0,48	0,96	0,96	0,96
0,48	0,48	0,96	0,96	0,96	0,96
1,20	1,52	1,60	1,60	1,60	1,60
0,11	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
3,60	4,56	4,80	4,80	4,80	4,80
0,29	1,45	2,32	2,90	3,48	2,90
16,20	15,76	14,34	16,27	17,29	16,33

Πίνακας Β-19.. Απορρόφηση Α των επιφανειών για την αίθουσα 5

Και τελικά τα αποτελέσματα:

Χρόνος Αντήρησης, RT60 (s)						
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,52	1,57	1,72	1,52	1,43	1,51	
Μέσος όρος πειραματικών τιμών RT60 (s)						
3,15	2,23	1,77	1,45	1,39	1,19	

Πίνακας Β-20.. Χρόνος Αντήρησης(s) για αίθουσα 5

$$RT60 = \frac{0.161V}{A}$$

Παράρτημα Γ

Έρευνα με ερωτηματολόγια

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται τα πρωτότυπα των ερωτηματολογίων όπως ακριβώς δόθηκαν στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς.

Αντίγραφο από τα ερωτηματολόγια:

Μαθητών:

Ερωτηματολόγιο



Όν/νο:.....

Τάξη:.....

Ημ/νια:.....

Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων σας ενόχλησαν θόρυβοι;
ΝΑΙ..... ΟΧΙ.....

Αν ναι, τι θόρυβοι ήταν αυτοί;

A).Θόρυβος που προερχόταν εκτός του σχολείου
Μπορείτε να επιλέξετε και παραπάνω από μία απαντήσεις αν θέλετε.

1. Θόρυβος αυτοκίνητων
2. Θόρυβος αεροπλάνων.
- 3.Άλλο. Τι;;.....

B).Θόρυβος μέσα από το σχολείο.

- 1.Φωνές συμμαθητών που βρίσκονται στην αυλή.
- 2.Θορυβος από τους διαδρόμους έξω από την αίθουσα.

Σας έχει συμβεί να ακούτε το δάσκαλο ή τα παιδιά από τις διπλανές αίθουσες την ώρα των μαθημάτων;

- 1.Πολύ συχνά.
- 2.Αρκετά συχνά.
- 3.Σπανια.
- 4.Ποτέ.

Στην αίθουσα σας έχει τύχει να μην μπορείτε να ακούσετε καλά και να καταλάβετε τι λέει ο δάσκαλος ή οι συμμαθητές σας;

1. Πολύ συχνά.
2. Αρκετά συχνά.
3. Σπανια.
4. Ποτέ.

Αν ναι, τι πιστεύετε ότι φταίει;

Μπορείτε να επιλέξετε και παραπάνω από μία απαντήσεις αν θέλετε

- A). Ο τρόπος ομιλίας (μιλάνε γρήγορα και όχι πολύ καθαρά).
- B). Η ένταση της φωνής του δασκάλου ή των παιδιών.
- Γ). Δεν ακούγεται καθαρά η φωνή γιατί ακούγεται δυνατά και θόρυβος από έξω.
- Δ). Γίνεται φασαρία από τους άλλους συμμαθητές μέσα στην τάξη και δεν ακούμε τον ομιλητή.
- Ε). Ο ομιλητής βρίσκεται μακριά από το θρανίο που βρίσκεστε και έτσι δεν ακούγεται.

Βάλτε αριθμούς από το 1 μέχρι το 5 ανάλογα με αυτά που εσείς θεωρείτε πιο ενοχλητικά στο σχολείο σας και που θα θέλατε να αλλάξουν.

Οι αίθουσες δεν αερίζονται καλά.
Υπάρχει πολύς θόρυβος όταν κάνουμε μάθημα.
Πολύ σκόνη στις αίθουσες και στην αυλή.
Υγρασία.
Ζέστη.

Είναι πιο δύσκολο για σας να συγκεντρωθείτε στις τελευταίες ώρες των μαθημάτων;

ΝΑΙ.....

ΟΧΙ.....

Ευχαριστούμε για τη συνεργασία!



Καλό καλοκαίρι!!!

Εκπαιδευτικών:

Ερωτηματολόγιο

Όν/νο:.....

Τάξη:.....

Ημ/νια:.....

Σε κάποιες από τις παρακάτω ερωτήσεις μπορείτε να επιλέξετε και παραπάνω από μία απαντήσεις αν επιθυμείτε.

Κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών σας αντιμετωπίσατε ενοχλήσεις από θόρυβο;

ΝΑΙ.....

ΟΧΙ.....

Σε τι είδος θορύβου αποδίδετε τις ενοχλήσεις αυτές;

A)Εξωτερικό θόρυβο που δεν προέρχεται από το σχολικό περιβάλλον.

1. Θόρυβος αυτοκίνητων
2. Θόρυβος αεροπλάνων.
- 3.Άλλο (παρακαλώ αναφέρατε).....

B).Θόρυβος που προέρχεται από παράγοντες εντός του σχολείου.

- 1.Φωνές παιδιών που βρίσκονται στην αυλή.
- 2.Μετάδοση του ήχου από γειτονικές αίθουσες διδασκαλίας.
3. Μηχανολογικό θόρυβο

Πόσο ενοχλητικές βρίσκετε τις «παρεμβολές» που αναφέρατε κατά τη διδασκαλία σας;

- 1.Πολύ.
- 2.Αρκετά.
- 3.Λίγο.
- 4.Δεν αποτέλεσαν πρόβλημα.

Στην αίθουσα όπου διδάσκετε υπάρχει πρόβλημα κατανόησης της ομιλίας των μαθητών;

- 1.Υπάρχει μεγάλο πρόβλημα.
- 2.Αρκετά.
- 3.Λίγο.

4. Δεν υπάρχει πρόβλημα.

Αν ναι, τι πιστεύετε ότι φταίει;



- A). Ο τρόπος ομιλίας των παιδιών (ταχύτητα ομιλίας, καθαρότητα άρθρωσης).
- B). Η ένταση της φωνής του ομιλητή.
- Γ). Θόρυβος από εξωτερικούς παράγοντες.
- Δ). Θόρυβος από άλλες δραστηριότητες εντός της αίθουσας.
- Ε). Κακή ακουστική της αίθουσας.
- ΣΤ). Η μεγάλη απόσταση από τον ομιλητή.

Πιστεύετε ότι θα έπρεπε να είχαν ληφθεί κάποια ειδικά μέτρα κατά την κατασκευή του σχολείου ώστε οι συνθήκες ακουστικής να ήταν καλύτερες;

ΝΑΙ.....

ΟΧΙ.....

Πως θα χαρακτηρίζατε το ακουστικό περιβάλλον της αίθουσας σας.

- A). Ευχάριστο
- B). Ανεκτό.
- Γ). Δυσάρεστο.

Αριθμήστε κατά σειρά προτεραιότητας τους παράγοντες που θεωρείτε ότι αποτελούν πρόβλημα στο σχολείο σας.

- Ανεπαρκής αερισμός.
- Θόρυβος.
- Σκόνη.
- Υγρασία.
- Ζέστη.

Έχετε παρατηρήσει διαφορά στην επίδοση των παιδιών αλλά και στις δικές σας ανοχές ανάμεσα στα πρωινές και τις μετέπειτα ώρες διδασκαλίας;

ΝΑΙ.....

ΟΧΙ.....



Σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για τη συνεργασία!