



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ

ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.):

"ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ"

**ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΕΛΑΦΡΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΩΝ
ΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ ·
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΥΘΥΜΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ Ι. ΑΥΓΟΥΣΤΟΠΟΥΛΟΥ

Διπλωματούχου Αρχιτέκτονος Μηχανικού Α.Π.Θ.

ΕΠΙΒΛΕΨΗ:

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ Γ. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

Επ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, Ιούλιος 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ

ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.):

"ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ"

ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΕΛΑΦΡΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ · ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΥΘΥΜΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ Ι. ΑΥΓΟΥΣΤΟΠΟΥΛΟΥ

Διπλωματούχου Αρχιτέκτονος Μηχανικού Α.Π.Θ.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Α. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ, Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Γ. Ι. ΠΟΥΛΑΚΟΣ, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Σ. ΤΣΙΒΙΛΗΣ, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Ιούλιος 2012

.....
Αυγουστοπούλου Ευθυμία Σοφία

Διπλωματούχος Αρχιτέκτων Μηχανικός Α.Π.Θ.

Copyright © Αυγουστοπούλου Ι. Ευθυμία Σοφία, 2012
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν ο προσδιορισμός της ηχομονωτικής ικανότητας διπλού διαχωριστικού πετάσματος, ελαφρού τύπου το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί ως εξωτερικό στοιχείο κάλυψης σύμμικτης μεταλλικής κατασκευής.

Για τον προσδιορισμό της ηχομόνωσης του πετάσματος πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο εργαστήριο αλλά και επιτόπου. Η σύγκριση μεταξύ εργαστηριακών προδιαγραφών και επιτόπιων μετρήσεων έχει ως στόχο την αξιολόγηση του ποσοστού επίτευξης της ηχομόνωσης και των σφαλμάτων που γίνονται στην κατασκευή.

Ύστερα από επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων οδηγούμαστε σε χρήσιμα συμπεράσματα. Το υπό εξέταση πέτασμα παρότι είναι ελαφρού τύπου παρουσιάζει σχετικά υψηλή ηχομονωτική ικανότητα ($R_w=53\text{dB}$), η οποία είναι συγκρίσιμη με αυτή των πετασμάτων βαρέως τύπου. Οι αποκλίσεις μεταξύ των εργαστηριακών μετρήσεων και των μετρήσεων στην κατασκευή είναι αναμενόμενες της τάξεως των 3 έως 4 dB.

Γίνεται αξιολόγηση των αποκλίσεων αυτών και προσδιορίζονται οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτές. Οι δόκιμες αρχιτεκτονικές λύσεις, η εύστοχη επιλογή των υλικών, η προσοχή στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες και ιδιαίτερα για τα ευπαθή σημεία αποτελούν βασικές προϋποθέσεις μείωσης εν μέρη των πλευρικών ηχομεταδόσεων και επίτευξης της επιθυμητής ηχοπραστασίας του κτιρίου.

Λέξεις Κλειδιά

Ελαφρό διαχωριστικό πέτασμα, μεταλλικές κατασκευές, πρόσοψη, ηχομονωτική ικανότητα, αερόφερτος ήχος.

Abstract

The scope of this thesis was to determine the sound insulation of a lightweight double partition , which has been used as a facade element of a composite metal construction.

For the determination of the partition's sound insulation, measurements took place both in the laboratory and in situ. The comparison, between the laboratory standards and the in situ measurements, has as its goal the evaluation of the success percentage of the sound insulation along with the errors, which happen during the construction.

Subsequent to the processing of the measurement results, we are led to useful conclusions. Although the partition, is lightweight, it presents a relatively high sound insulation ($R_w=53\text{dB}$), which is comparable to the sound insulation of heavyweight double walls. The resulting differences between the laboratory and the in situ measurements are expected in the range of 3 to 4 dB.

These aforementioned declinations are evaluated and the reasons that led to them are determined. The novice architectural solutions, the accurate choice of the materials, the attention to the constructional details and especially for the sound bridges, make up the key elements for the reduction of the paths of the flanking transmission and the achievement of the desired sound insulation of the building.

Key Words

Lightweight partition, metal construction, facade, sound insulation, airborne sound

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κα. Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου για την πολύτιμη βοήθεια της.

Η διεξαγωγή και η ολοκλήρωση της εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τις πολύτιμες υποδείξεις και την καθοδήγηση του κ. Γεώργιου Πουλάκου, καθηγητή του Ε.Μ.Π. τον οποίο ευχαριστώ ιδιαίτερα.

Θα ήθελα, επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Ιωαννίδη, καθηγητή του Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη συμβολή του.

Επιπλέον ευχαριστώ τον Τηλέμαχο Καρατζά, υποψήφιο διδάκτορα του Ε.Μ.Π. για την βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων.

Τέλος θα ήθελα ευχαριστήσω και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου και την γιαγιά μου για την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράσταση τους και να αφιερώσω την διπλωματική μου εργασία στον παππού μου ο οποίος με την πολύτιμη συμβουλή του με βοήθησε να έχω τον ίδιο ενθουσιασμό, πείσμα και δύναμη από την πρώτη μέρα των μεταπτυχιακών σπουδών μου μέχρι και σήμερα.

Πίνακας Περιεχομένων

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
2.ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	19
2.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	19
3.ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.....	25
3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	25
3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	26
3.3 ΣΥΜΜΙΚΤΟΙ ΔΟΚΟΙ ΚΑΙ ΣΤΥΛΟΙ.....	30
3.4 ΣΥΜΜΙΚΤΗ ΠΛΑΚΑ.....	31
4.ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ.....	32
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	32
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	33
4.2.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ.....	33
4.2.2 ΚΑΣΕΤΕΣ.....	36
4.2.3 ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ.....	37
4.2.4 ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ.....	40
5.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ.....	44
5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΗΧΟΥ.....	44
5.1.1 ΗΧΟΣ.....	44
5.1.2 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	44
5.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΗΧΟΔΙΑΔΟΣΗ.....	46
5.2.1 ΑΝΑΚΛΑΣΗ.....	47
5.2.2 ΔΙΑΧΥΣΗ.....	48
5.2.3 ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ.....	49
5.2.4 ΗΧΗΤΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ.....	49
5.2.5 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ.....	49
5.3 ΕΙΔΗ ΗΧΩΝ.....	50
5.3.1 ΑΠΛΟΣ ΗΧΟΣ Ή ΑΠΛΟΣ (ΚΑΘΑΡΟΣ) ΤΟΝΟΣ.....	50
5.3.2 ΣΥΝΘΕΤΟΣ ΗΧΟΣ.....	51
5.3.3 ΘΟΡΥΒΟΣ.....	51
5.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ.....	52
5.5 Ο ΗΧΟΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ ΧΩΡΟ.....	57
5.5.1 ΑΝΤΗΧΗΣΗ.....	57
5.5.2 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ SABINE.....	58
5.5.3 ΘΟΡΥΒΟΣ ΒΑΘΟΥΣ.....	59

5.5.4 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΚΑΙ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	61
5.5.4.1 ΠΟΡΩΔΗ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	62
5.5.4.2 ΣΥΝΗΧΗΤΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ.....	64
5.5.4.3 ΧΡΗΣΗ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	64
5.6 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ.....	65
5.6.1 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ.....	67
5.6.1.1 ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΣΤΑΘΜΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ L.....	68
5.6.1.2 ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ.....	68
5.6.1.3 ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ.....	69
5.6.1.4 ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ.....	69
5.6.1.5 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R.....	69
5.6.1.6 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R'.....	70
5.6.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ.....	71
5.6.3 ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ.....	73
5.6.3.1 ΑΠΛΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ.....	73
5.6.3.2 ΔΙΠΛΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ.....	76
5.6.3.3 ΣΥΝΘΕΤΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ.....	80
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	81
7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	84
7.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	84
7.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.....	85
7.2.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ.....	88
7.2.2 ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ.....	91
7.2.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	93
7.2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	94
7.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	95
7.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ- ΕΠΙΤΟΠΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΘΟΥΡΥΒΟ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΜΕΓΑΦΩΝΟ.....	97
8. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	98
8.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΜΙΟΥ.....	98
8.1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	98
8.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ.....	99
8.3 ΗΧΟΜΟΝΟΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ.....	100
8.4 ΗΧΟΜΟΝΟΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ- ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑ.....	102

8.5 ΗΧΟΜΟΝΟΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ-ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΦΟΣΑΝΙΑΣ.....	104
9. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	106
9.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	106
9.2 ΠΕΡΙΓΑΦΗ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ.....	107
9.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ.....	109
9.4 ΗΧΟΜΟΝΟΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ-ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΦΟΣΑΝΙΑΣ.....	111
10. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ.....	115
10.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ- ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΙΠΛΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ.....	115
10.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ (ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ)- NOISE CRITERIA - NC.....	118
10.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ (ΔΙΠΛΟ ΠΕΤΑΣΜΑ ΚΑΙ ΚΟΥΦΩΜΑ).....	121
11. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	125
11.1 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	125
11.2 ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	126
11.2.1 ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	126
11.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.....	129
11.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ	131
11.4.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ.....	133
11.4.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΛΛΑ ΕΛΑΦΡΟΥ ΚΑΙ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ	134
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	138
13. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	141
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	145
Π1. ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	145
Π2. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΜΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (ΕΠΙΤΟΠΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ).....	153

Πίνακας Σχημάτων και Πινάκων

ΕΙΚΟΝΑ 2.1 COALBROOKDALE BRIDGE, ΑΓΓΛΙΑ 1779.....	19
ΕΙΚΟΝΑ 2.2 SUNDERLAND BRIDGE, ΑΓΓΛΙΑ 1793-1796.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 2.3 THEATRE FRACAISE, ΓΑΛΛΙΑ 1786.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 2.4 HARPER AND BROTHERS-BUILDING, ΝΕΑ ΥΟΡΚΗ 1854.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 2.5 CHOCOLATE FACTORY ΣΤΟ ΜΕΝΙΕΡ ΤΟΥ ΠΑΡΙΣΙΟΥ 1871-1872.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 2.6 ΕΘΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΠΑΡΙΣΙΟΥ, 1858-1868.....	22
ΕΙΚΟΝΑ 2.7 HOME INCURANCE BUILDING, ΣΙΚΑΓΟ 1883-1885.....	23
ΕΙΚΟΝΑ 2.8 & 2.9 MUNICH OLYMPIC STADIUM ROOF , ΜΟΝΑΧΟ 1972.....	23
ΕΙΚΟΝΑ 2. 10 CENTRE POMPIDOU ΠΑΡΙΣΙ 1972-1976.....	24
ΕΙΚΟΝΑ 2. 11 CENTRE POMPIDOU (ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ).....	24
ΕΙΚΟΝΑ 3.1 ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΛΑΚΑΣ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 3.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΧΑΛΥΒΔΟΦΥΛΛΟΥ ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΜΟΡΦΗΣ	31
ΕΙΚΟΝΑ 4.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ.....	33
ΕΙΚΟΝΑ 4.2 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ.....	34
ΕΙΚΟΝΑ 4.3 ΤΟΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 4.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 4.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΑΝΕΛ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 4.6, 4.7 : ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΣΕΤΩΝ ΚΑΙ ΘΕΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΨΗ.....	36
ΕΙΚΟΝΑ 4.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΑΣΕΤΩΝ ΩΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΟΣΟΨΗΣ.....	37
ΕΙΚΟΝΑ 4.9 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 4.10 ΑΓΚΥΡΩΜΕΝΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ.....	38
ΕΙΚΟΝΑ 4.11 ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΠΑΝΕΛΑ 3Δ (ΑΠΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ).....	39
ΕΙΚΟΝΑ 4.12 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΥΑΛΙΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	40
ΕΙΚΟΝΑ 4.13 ΓΥΑΛΙ Triplex.....	41
ΕΙΚΟΝΑ 4.14 ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΓΥΑΛΙ (ΕΝ ΠΡΟΚΕΙΜΕΝΩ ΔΙΠΛΟ).....	41
ΕΙΚΟΝΑ 4.15 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ Α) ΜΕ ΣΤΟΚΟ, Β) ΜΕ ΠΗΧΑΚΙ.....	42
ΕΙΚΟΝΑ 4.16 ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΜΕ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΥΣ Η' ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ: Α) PLANER, Β) SPIDER, Γ) ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟ	43
ΕΙΚΟΝΑ 4.17 ΚΑΛΩΔΙΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ.....	43
ΕΙΚΟΝΑ 5.1 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	44
ΕΙΚΟΝΑ 5.2 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΗΧΟΥ.....	46

ΕΙΚΟΝΑ 5.3 ΑΝΑΚΛΑΣΗ	47
ΕΙΚΟΝΑ 5.4 ΔΙΑΧΥΣΗ	48
ΕΙΚΟΝΑ 5.5 ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ	49
ΕΙΚΟΝΑ 5.6 ΣΧΗΜΑ ΜΕ ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΗ, ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΚΑΙ ΗΧΟΜΕΤΑΔΟΣΗ.....	50
ΕΙΚΟΝΑ 5.7 ΟΚΤΑΒΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΤΟΚΤΑΒΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	54
ΕΙΚΟΝΑ 5.8 ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΜΕΣΑ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ ΧΩΡΟ	57
ΕΙΚΟΝΑ 5.9 ΕΙΔΗ ΘΟΡΥΒΟΥ	65
ΕΙΚΟΝΑ 5.10 ΗΧΟΜΕΤΑΔΟΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΔΩΜΑΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 5.11 Ο ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ	73
ΕΙΚΟΝΑ 5.12 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ- ΚΥΜΑΤΟΣΥΜΠΤΩΣΗ	75
ΕΙΚΟΝΑ 5.13 ΔΙΠΛΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΠΕΤΑΣΜΑ ΧΩΡΙΣ (α) ΚΑΙ ΜΕ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΤΟ ΔΙΑΚΕΝΟ (β)	76
ΕΙΚΟΝΑ 5.14 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ ΣΤΑΣΙΜΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ.....	78
ΕΙΚΟΝΑ 5.15 ΟΡΘΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΦΥΛΛΩΝ ΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ	79
ΕΙΚΟΝΑ 7.1 ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ (ΕΜΠ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΕΙΑΣ).....	85
ΕΙΚΟΝΑ 7.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ(ΕΜΠ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΕΙΑΣ).....	86
ΕΙΚΟΝΑ 7.3 ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ (ΕΜΠ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΕΙΑΣ).....	86
ΕΙΚΟΝΑ 7.4 ΚΑΤΟΨΗ ΤΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ	87
ΕΙΚΟΝΑ 7.5 ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ L_1	88
ΕΙΚΟΝΑ 7.6 ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ L_2	89
ΕΙΚΟΝΑ 7.7 ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ R_T	90
ΕΙΚΟΝΑ 7.8 Investigator Brüel & Kjær 2260.....	91
ΕΙΚΟΝΑ 7.9 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ LAB GRUPPEN, LAB 300.....	91
ΕΙΚΟΝΑ 7.10 ΜΕΓΑΦΩΝΟ Brüel & Kjær, Omni Power 4292.....	92
ΕΙΚΟΝΑ 7.11 ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ, Rotating Microphone Boom 3923.....	92
ΕΙΚΟΝΑ 7.12 ΜΕΤΡΗΣΗ L_1 ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ, ΣΧΟΛΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ Ε.Μ.Π.....	93
ΕΙΚΟΝΑ 7.13 ΗΧΟΜΕΤΡΟ, Sound Level Meter Brüel & Kjær, Hand-held Analyzer Type 2270.....	95
ΕΙΚΟΝΑ 8.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ, Ε.Μ.Π.....	98
ΕΙΚΟΝΑ 9.1 ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ-ΘΕΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	106

ΕΙΚΟΝΑ 9.2 ΠΡΩΗΝ ΚΕΝΤΡΟ ΤΥΠΟΥ ΟΛΥΜΠΙΑΚΩΝ ΑΓΩΝΩΝ (MPC), ΝΥΝ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΓΕΙΑΣ.....	106
ΕΙΚΟΝΑ 9.3 ΠΕΤΑΣΜΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	107
ΕΙΚΟΝΑ 9.4 ΚΑΤΟΨΗ-ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	107
ΕΙΚΟΝΑ 9.5 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΟΜΜΗ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΛΑΓΙΟΚΑΛΥΨΗΣ.....	108
ΕΙΚΟΝΑ 9.6 ΚΑΤΟΨΗ-ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ ΓΩΝΙΑΣ θ	110
ΕΙΚΟΝΑ 10.1 ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	119
ΕΙΚΟΝΑ 11.1 ΤΟΜΜΗ-ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΑΡΜΟΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	127
ΕΙΚΟΝΑ 11.2 ΚΑΤΟΨΗ-ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	128
ΕΙΚΟΝΑ 11.3 ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	130
ΕΙΚΟΝΑ 11.4 ΤΡΙΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ-ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ	130
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΣΘΕΣΗΣ dB	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ (ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ) ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ.....	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 ΤΙΜΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ.....	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΜΟΝΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 6,00 cm.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 23,00 cm.....	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ- ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 25,50 cm.....	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ- ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ ΣΥΝΟΛΙΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 25,50 cm, ΣΗΜΕΙΟ 1.....	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ- ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ ΣΥΝΟΛΙΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 25,50 cm, ΣΗΜΕΙΟ 2.....	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.1 ΘΕΩΡΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ TL ΓΙΑ ΤΑ ΔΥΟ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ.....	116
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2 ΘΕΩΡΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ TL ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΠΛΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΠΕΤΑΣΜΑ.....	117

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΘΟΥΡΥΒΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ 1/10ΚΤΑΒΑΣ.....	119
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.4 ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ.....	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.5 ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ.....	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 11.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	125
ΠΙΝΑΚΑΣ 11.2 ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ	134-136
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 ΑΠΛΟΣ ΗΧΟΣ Ή ΑΠΛΟΣ (ΚΑΘΑΡΟΣ) ΤΟΝΟΣ	50
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 ΣΥΝΘΕΤΟΣ ΗΧΟΣ	51
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 ΘΟΥΡΥΒΟΣ	52
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 ΙΣΟΑΚΟΥΣΤΟΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ	56
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	58
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΘΟΥΡΥΒΟΥ	60
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.7 ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΤΥΠΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	61
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8 ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ.....	72
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.9 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΜΟΝΩΝ (ΣΥΜΠΑΓΩΝ) ΧΩΡΙΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΝΟΜΟ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ.....	74
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.10 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΔR ΔΙΚΕΛΥΦΟΥ ΧΩΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΠΟ ΓΥΦΟΣΑΝΙΔΕΣ ΠΑΧΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ 1,25 cm ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	78
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΜΟΝΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 6,00 cm.....	101
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 23,00 cm.....	103
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 25,50 cm.....	105
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 25,50 cm ΣΗΜΕΙΟ 1.....	112
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 25,50 cm ΣΗΜΕΙΟ 2.....	114
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ.....	117
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10.2 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΘΟΥΡΥΒΟΥ, ΣΗΜΕΙΟ 1.....	120
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10.3 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΘΟΥΡΥΒΟΥ, ΣΗΜΕΙΟ 2.....	120

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11.1 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΜΟΝΩΝ ΧΩΡΙΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΝΟΜΟ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ (ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ, ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ, ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ 12,40 kg/m ²)	129
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΤΟΠΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	131

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αποτελεί κοινό τόπο στις μέρες μας ότι ο θόρυβος είναι μια από τις σημαντικότερες αιτίες όχλησης των ανθρώπων και ιδιαίτερα αυτών που κατοικούν σε μεγάλα αστικά κέντρα. Η προφύλαξη ενός χώρου από τον θόρυβο αποτελεί βασικό παράγοντα για την βιωσιμότητα του. Μέσα στους χώρους διαβίωσης η πλειονότητα των θορύβων οφείλεται στον αερόφερτο ήχο.

Ένας από τους τρόπους ώστε να μειωθεί η ηχοενόχληση στο εσωτερικό ενός κτιρίου επιτυγχάνεται με την αύξηση της ηχομονωτικής ικανότητας του εξωτερικού του κελύφους, που παρεμβάλλεται μεταξύ της πηγής θορύβου (που βρίσκεται έξω από τον χώρο) και του δέκτη του θορύβου (που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν). Για το λόγο αυτό επιδιώκεται η χρησιμοποίηση διαχωριστικών πετασμάτων με όσον δυνατόν αυξημένη, κατά περίπτωση, ηχομονωτική ικανότητα.

Η πρόοδος και η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει επιφέρει νέους τρόπους κατασκευής κτιρίων από μεταλλικό σκελετό, πέραν των συμβατικών από οπλισμένο σκυρόδεμα αλλά και νέους τρόπους εξωτερικών καλύψεων αυτών με ελαφρά διαχωριστικά πετάσματα (πέραν της συμβατικής οπτοπλινθοδομής), που έχουν ως στόχο την μείωση των νεκρών φορτίων, την αύξηση της ταχύτητας της κατασκευής, την μείωση του κόστους αυτής, τον περιορισμό της δαπανούμενης ενέργειας αλλά και την δυνατότητα αποσυναρμολόγησης και επαναχρησιμοποίηση των υλικών.

Στην παρούσα διπλωματική θα εξετασθεί η ηχομονωτική ικανότητα ενός ελαφρού διπλού διαχωριστικού πετάσματος, που έχει χρησιμοποιηθεί ως εξωτερικό περίβλημα μεταλλικής κατασκευής. Τα πετάσματα όμως του εμπορίου, που χρησιμοποιούνται ως διαχωριστικά χώρων, ελέγχονται και προσδιορίζονται στις περισσότερες περιπτώσεις, σε ειδικά κατασκευασμένους θαλάμους εργαστηρίων ή υπολογιστικά από τους νόμους που διέπουν τα ακουστικά φυσικά φαινόμενα. Δυστυχώς, συχνά, πετάσματα των οποίων η ηχομονωτική τους ικανότητα είναι σύμφωνα με τις εργαστηριακές μετρήσεις καλή, η απόδοσή τους μέσα στο κτίριο υπολείπεται για διάφορους λόγους.

Στόχος της μελέτης είναι να εκτιμηθεί ποσοτικά αυτή η απόκλιση και να ερμηνευθούν οι λόγους που οδηγούν σ' αυτή. Για το λόγο αυτό μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας του πετάσματος πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο αλλά και επί τόπου (στην κατασκευή).

2. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αν και είναι γνωστά από τα προϊστορικά χρόνια τόσο τα μέταλλα, όσο και οι ιδιότητές τους, η χρήση τους στην κατασκευή δομικών στοιχείων και έργων αριθμεί λιγότερο από τρεις αιώνες και χαρακτηρίζεται από τεχνολογικά άλματα, αισθητικές καινοτομίες και λειτουργικά ενδιαφέρουσες προτάσεις. Ξεκινώντας σαν υποκατάστατο των παραδοσιακών δομικών υλικών, όπως η πέτρα και το ξύλο, ο σίδηρος και κατ' επέκταση ο χάλυβας απέκτησαν σταδιακά τη δική τους κατασκευαστική και αρχιτεκτονική εφαρμογή.

Η ταχύτητα ανάπτυξη της τεχνολογίας του χάλυβα και οι διάφορες εκφάνσεις του στο χώρο των κατασκευών, αποτελούν τα πρώτα βήματα για το τεράστιο πεδίο εφαρμογής και περαιτέρω τελειοποίησης που προσφέρει αυτό το πολύτιμο υλικό. Αρχικά τα μέταλλα στις κατασκευές μπορεί να μην χρησιμοποιούνταν σαν εμφανές δομικό στοιχείο (ενίσχυση στην τοιχοποιία), ωστόσο αδιαμφισβήτητα χάραξαν το δρόμο για την εφαρμογή των σημαντικών ιδιοτήτων τους στην οικοδομική και πρόσθεσαν μια νέα αντίληψη στην αρχιτεκτονική έκφραση.

Τα πρώτα οικοδομικά έργα σε μεταλλικές ή μικτές κατασκευές είναι οι γέφυρες που εμφανίζονται στο δεύτερο μισό του 18ου αιώνα στην Αγγλία. Από τα πρώτα παραδείγματα που κατασκευάζονται είναι η γέφυρα Coalbrookdale της Αγγλίας, (1775-1779) έργο των A.Darby και Th.Pritchard, ανοίγματος 33μ., άνω του ποταμού Severn, η οποία εξακολουθεί να βρίσκεται ακόμα σε λειτουργία. Αποτελείται από ένα ημικυκλικό τόξο με πέντε παράλληλες ραβδώσεις από χυτοσίδηρο.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1 COALBROOKDALE BRIDGE, ΑΓΓΛΙΑ 1775-1779
(Ref.31)

Μία ακόμη γέφυρα, η Sunderland- Bridge (1793-1796), έργο του αμερικανού Th.Paine έχει άνοιγμα 72μ. και είναι και αυτή κατασκευασμένη από ένα τόξο με κοίλους ράβδους χυτοσιδήρου για να επιτευχθεί ελαφρότητα. Κάθε ράβδος αποτελείται από 105 στοιχεία και μορφολογικά αποτελεί μια μεταφορά λίθινης σε μεταλλική κατασκευή.

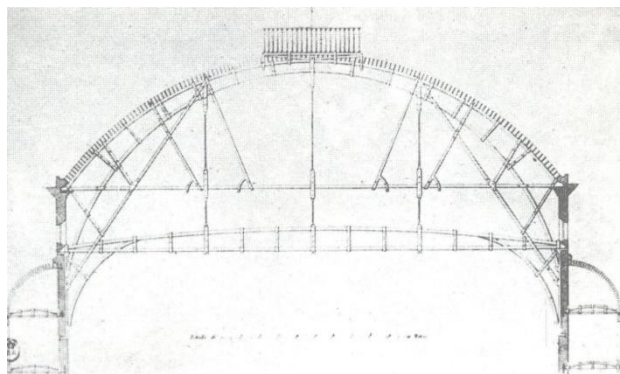


EIKONA 2.2 SUNDERLAND BRIDGE, ΑΓΓΛΙΑ 1793-1796

(Ref.32)

Η χρήση του σιδήρου διαδόθηκε σύντομα, στην Ευρώπη και την Αμερική. Οι μέθοδοι τελειοποιήθηκαν με τον καιρό κι έδωσαν σιγά- σιγά τολμηρότερες λύσεις.

Μία άλλη κατηγορία από μεταλλικά έργα, που εμφανίζονται από τα τέλη του 18ου αιώνα και συνεχίζονται είναι οι αποθήκες, τα εργοστάσια και σε πολλές περιπτώσεις μεταλλικές μόνο στέγες σε οικοδομήματα με παραδοσιακά υλικά (λίθος, ξύλο κλπ.) Από τις πρώτες μεταλλικές κατασκευές, που εμφανίζονται είναι η οροφή του theatre française, (1786) του Victor Louis, που χαρακτηρίζεται από κομψότητα και τόλμη, αλλά και συνέπεια σαν κατασκευή. Η μορφή των φερόντων στοιχείων ακολουθεί σωστά τη φορά των φορτίων παρ' όλο που η στατική δεν έχει ακόμα διαμορφωθεί σαν επιστήμη. Η επιλογή του μεταλλικού σκελετού έγινε με βασικό κριτήριο την ασφάλεια εναντίον της πυρκαγιάς.



EIKONA 2.3 THEATRE FRANCAISE, ΓΑΛΛΙΑ 1786

(Ref.13)

Η διαφορά στην εξοικονόμηση χώρου, αλλά και την ποιότητα φωτισμού μεταξύ ξύλινης και μεταλλικής στέγης γίνεται σιγά- σιγά αισθητή. Παραδείγματα εργοστασίων εκείνης της περιόδου δείχνουν πως πέρα από κάθε αισθητική ή καλλιτεχνική κατηγορία, καθαρά λειτουργικά κριτήρια είναι εκείνα, που γέρνουν την πλάστιγγα προς όφελος των μεταλλικών κατασκευών. Από την οροφή προχωρούν οι κατασκευαστές στους εξωτερικούς τοίχους των εργοστασίων και αντικαθιστούν τη συμπαγή φέρουσα οικοδομική μάζα με μεταλλικούς κίονες. Πρωτοπόρος εδώ είναι ο αμερικανός J.Bogardus με το εργοστάσιο Harper and Brothers-Building (1854), ένα από τα πρώτα παραδείγματα ολοκληρωμένου μεταλλικού σκελετού.



ΕΙΚΟΝΑ 2.4 HARPER AND BROTHERS-BUILDING, ΝΕΑ ΥΟΡΚΗ 1854

(Ref.33)

Από τα παραδείγματα εργοστασίων αναφέρεται ακόμα, το Chocolate Factory στο Menier του Παρισιού (1871-1872). Αποτελεί έναν υπέροχο συνδυασμό μετάλλου και τούβλου. Ο μεταλλικός σκελετός του αποτελείται από διαγώνια στηρίγματα, που θυμίζουν ξύλινες κατασκευές. Το ενδιαφέρον αυτού του παραδείγματος οφείλεται στις λεπτομέρειες και την όλη δομή του μεταλλικού σκελετού, που το κάνει πρόδρομο των ουρανοξυστών, όσον αφορά στην κατασκευαστική λύση.



ΕΙΚΟΝΑ 2.5 CHOCOLATE FACTORY ΣΤΟ ΜΕΝΙΕΡ ΤΟΥ ΠΑΡΙΣΙΟΥ, 1871-1872

(Ref.34)

Στις πρώιμες μεταλλικές κατασκευές θα πρέπει να αναφερθούν και οι αποθήκες για σιτηρά, που κτίζονται στο Παρίσι ήδη από τις αρχές του 18ου αιώνα (1811). Είναι ενδιαφέρουσες γιατί ενώ μιμούνται ξύλινα πρότυπα στην οροφή (θόλους), το υλικό κατασκευής τους είναι σίδηρος και χαλκός.

Ένα ακόμα κτίριο από μεταλλικό σκελετό είναι η Εθνική Βιβλιοθήκη του Παρισιού (1858-1868) θεωρείται το μεγαλύτερο επίτευγμα του Labrouste (Εικ. 2.4). Ο χώρος καλύπτεται από 9 ελαφρούς θόλους που στηρίζονται σε τόξα από σίδηρο, τα οποία εδράζονται σε 16 στύλους από χυτοσίδηρο.



ΕΙΚΟΝΑ 2.6 ΕΘΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΠΑΡΙΣΙΟΥ, 1858-1868
(Ref.35)

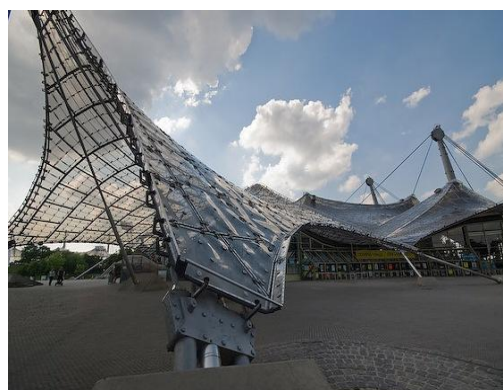
Στα τέλη του 19ου αιώνα, στη χρήση του μετάλλου επέρχεται μια βασική καινοτομία, δηλαδή χρησιμοποιείται χάλυβας αντί για χυτοσίδηρο. Ο χάλυβας όπως είναι γνωστό, έχει αντοχή τόσο σε θλίψη όσο και σε έλξη και δίνει τη δυνατότητα να συνδεθούν δοκοί και στηρίγματα, οριζόντια και κάθετα στοιχεία κατά τέτοιο τρόπο που να σχηματίζεται ένα άκαμπτο σύστημα φερόντων και φερομένων στοιχείων από τα θεμέλια μέχρι την οροφή.

Στα τέλη του 19ου αιώνα αρχίζουν να κάνουν την εμφάνιση τους οι πρώτοι ουρανοξύστες. Οι ουρανοξύστες είναι υψηλά κτίρια που έχουν ως βασικό τους κριτήριο την καλύτερη εκμετάλλευση των οικοπέδων με στόχο τους την ταχύτητα της κατασκευής τους. Με λίκνο τις Η.Π.Α και πρώτο το Σικάγο, ξεκίνησε η κατασκευή όλο και υψηλότερων κτιρίων. Αξίζει να αναφερθεί ο πρώτος ουρανοξύστης από χάλυβα που κατασκευάστηκε στο Σικάγο το 1883-1885 από τον William Le Baron Jenney, παραγγελία της Home Insurance Company. Είναι ένα 10όροφο κτίριο με μεταλλικό σκελετό, αλλά ακόμα ιστορική επίδραση στην πρόσοψη του, που κρύβει την νεότροπη κατασκευαστική του αρχή.



ΕΙΚΟΝΑ 2.7 HOME INCURANCE BUILDING, ΣΙΚΑΓΟ 1883-1885
(Ref.36)

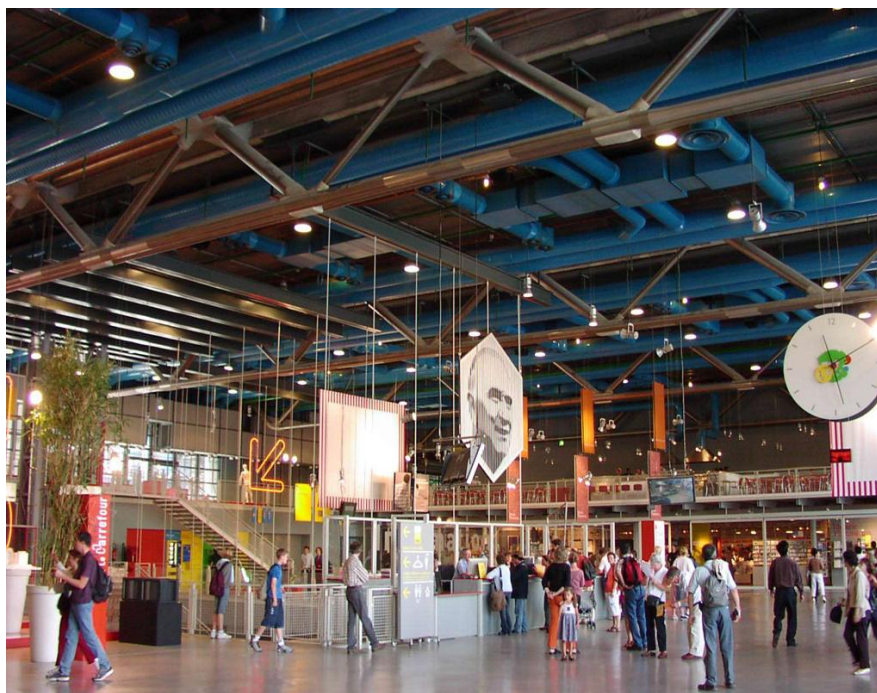
Από τότε μέχρι και σήμερα γίνεται χρήση πιο εξελιγμένων και σε μεγαλύτερη ποικιλία υλικών στις σύγχρονες κατασκευές που πλέον έχουν μεγαλύτερο όγκο και όχι μόνο. Τα κτίρια από μεταλλικό σκελετό προσφέρουν άπειρες αρχιτεκτονικές λύσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το στέγαστρο του Ολυμπιακού γηπέδου του Μονάχου Olympian Roof, 1972, των Gunther Behnisch και Frei Otto και το Centre Pompidou στο Παρίσι που σχεδιάστηκε από τους Renzo Piano και Richard Rogers (1972-1976) που θεωρούνται ως η αρχή εφαρμογής της υψηλής τεχνολογίας στην αρχιτεκτονική.



ΕΙΚΟΝΑ 2.8 & 2.9 MUNICH OLYMPIC STADIUM ROOF, MONAXO 1972
(Ref.37)



ΕΙΚΟΝΑ 2. 10 CENTRE POMPIDOU, ΠΑΡΙΣΙ 1972-1976
(Ref.38)



ΕΙΚΟΝΑ 2. 11 CENTRE POMPIDOU (ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ)
(Ref.39)

3.ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι μεγάλες αλλαγές που παρατηρούνται τις τελευταίες δεκαετίες σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης ζωής δεν ήταν δυνατόν να μην επηρεάσουν σημαντικά και την οικοδομική δραστηριότητα. Νέες τεχνολογίες, νέες μέθοδοι σχεδιασμού, νέοι τρόποι κατασκευής, νέα υλικά και νέοι κανονισμοί είναι ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της σημερινής εποχής. Μία από τις εξελίξεις των τελευταίων δεκαετιών είναι η ανάπτυξη των σύμμικτων κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα. Στις κατασκευές αυτές τα δύο δημοφιλέστερα υλικά, ο χάλυβας και το οπλισμένο σκυρόδεμα, συνδυάζονται με το βέλτιστο τρόπο ώστε να δώσουν ασφαλείς, λειτουργικές, ανθεκτικές στον χρόνο και οικονομικές κατασκευές.

Η χρήση των σύμμικτων κατασκευών είναι πολύ διαδεδομένη στις περισσότερες προηγμένες χώρες του κόσμου. Επιπροσθέτως η εξαιρετική αντισεισμική συμπεριφορά τους τις καθιστά ιδιαίτερα δημοφιλείς σε σεισμογενείς περιοχές. Ένας μεγάλος αριθμός έργων όπως κατοικίες και πολυώροφα κτίρια έχει αποπερατωθεί άψογα με αυτό το είδος κατασκευής.

Τα σύμμικτα δομικά στοιχεία εμφανίζονται για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1920 στην Ιαπωνία, όπου ηλωτές δικτυωτές δοκοί και ηλωτά υποστυλώματα σύνθετων διατομών από γωνιακά, εγκιβωτίζονταν σε σκυρόδεμα. Στην Ευρώπη, η χρήση σύμμικτων δοκών ξεκίνησε στη Γερμανία στα τέλη του 1940, σε μια εποχή ανεπάρκειας του χάλυβα. Το 1956 εκδόθηκε και ο πρώτος σχετικός κανονισμός DIN 4239 "Σύμμικτες δοκοί σε κτίρια" βασισμένος στην ελαστική θεωρία και τη μέθοδο των επιτρεπομένων τάσεων. Η χρήση όμως σύμμικτων στοιχείων σε κτίρια, γνώρισε μεγάλη άνθηση κυρίως στη δεκαετία του 80 με προεξέχουσα τη Βρετανία, στην οποία οι κατασκευές αυτές κατέχουν το 60% της αγοράς σε κτιριακά έργα. Στην Ιαπωνία, τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 64%, στις ΗΠΑ 50%, ενώ στην υπόλοιπη Ευρώπη περίπου 33%. Σήμερα, έχει συνταχθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN), ο Ευροκώδικας 4, που αφορά αποκλειστικά στις σύμμικτες κατασκευές και στους οποίους περιέχονται οι κανόνες σχεδιασμού και εκτέλεσης δομικών έργων από σύμμικτα στοιχεία. Πρόκειται για ένα Κανονισμό, στον οποίο έχει ενσωματωθεί η γνώση και η εμπειρία των τελευταίων δεκαετιών, τεχνικών και επιστημόνων που έχουν ασχοληθεί με τέτοιου είδους κατασκευές.

3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Στις σύμμικτες κατασκευές γίνεται χρήση σύμμικτων δομικών στοιχείων. Πρόκειται για δομικά μέλη, των οποίων οι επιμέρους διατομές και τα τμήματά τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους και συνεργάζονται μεθοδικά .

Η σύμμικτη κατασκευή, η οποία θα πρέπει να θεωρείται μια " συμπαγής σύνδεση" από χαλύβδινες δοκούς διαφόρων διατομών με στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα (πλάκα και εγκιβωτισμός χαλύβδινων στοιχείων) με τέτοιο τρόπο ώστε να αξιοποιούνται πλήρως οι ειδικές ιδιότητες καθενός από τα δύο υλικά. Για παράδειγμα επιδιώκεται, η παραλαβή θλιπτικών δυνάμεων από το οπλισμένο σκυρόδεμα και εφελκυστικών από το χάλυβα. Οι σύμμικτες κατασκευές είναι ότι πιο σύγχρονο υπάρχει σήμερα στον τομέα των κατασκευών και παρουσιάζουν μια σειρά από πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών κατασκευών.

- Υψηλές επιδόσεις στην ανάλυση.

Ο υψηλός λόγος αντοχής προς βάρος που παρέχει ο χάλυβας, έχει σαν αποτέλεσμα το σχεδιασμό ελαφρών κατασκευών οι οποίες απαιτούν λιγότερες και ελαφρύτερες θεμελιώσεις σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής. Ο χάλυβας αποτελεί κορυφαία επιλογή ως δομικό στοιχείο. Κανένα άλλο δομικό υλικό δεν μπορεί να καλύψει με τόση ευκολία και οικονομία τόσο μεγάλα ανοίγματα χωρίς ενδιάμεσα υποστυλώματα, όσο ο χάλυβας. Ακόμα και στα πολυώροφα κτίρια επιτυγχάνονται σήμερα καθαρά ανοίγματα 15 και άνω μέτρων. Με τις σύμμικτες κατασκευές επιτυγχάνεται μείωση στο ύψος 35- 50 εκατοστά ανά όροφο, το οποίο σημαίνει μείωση του όγκου του κτιρίου.

- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας

Η ενέργεια η οποία καταναλώνεται κατά τη χρήση του κτιρίου (λειτουργική ενέργεια) υπερτερεί αυτής η οποία χρησιμοποιείται στην παραγωγή και κατασκευή των δομικών στοιχείων (ενσωματωμένη ενέργεια), κατά ένα παράγοντα μεταξύ 4 έως 10 σε μια διάρκεια ζωής του κτιρίου 60 ετών. Μειώνοντας τη λειτουργική ενέργεια, μειώνονται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και ταυτόχρονα γίνεται οικονομία χρημάτων. Στα κτίρια γραφείων η ψύξη αποτελεί κατά κανόνα τα μεγαλύτερα αίτια κατανάλωσης ενέργειας. Σε έρευνα που έχει γίνει στην Μ. Βρετανία έχει αποδειχθεί ότι σχετικά ελαφρά μεταλλικά πλαίσια σε συνδυασμό με σύμμικτα δάπεδα, παρέχουν επαρκή μάζα έτσι ώστε να επιτευχθούν υψηλά επίπεδα αποθήκευσης ενέργειας.

- Επάρκεια σε κανονισμούς και πληροφόρηση

Οι σημερινοί κανονισμοί παρέχουν την εγγύηση ότι οι μεταλλικές κατασκευές σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Όλα τα σύγχρονα προγράμματα ανάλυσης κατασκευών τεχνικού λογισμικού ενσωματώνουν σε αρκετά ικανοποιητικό επίπεδο τους συχνά πολύπλοκους ελέγχους των κανονισμών και εξελίσσονται διαρκώς. Σήμερα υπάρχει σημαντική βιβλιογραφία καθώς και διάχυση της πληροφορίας μέσω του Internet. Επίσης αξίζει να σημειωθεί η διαρκής έρευνα που διεξάγεται από πανεπιστήμια και ερευνητικά ινστιτούτα πάνω σε θέματα κανονισμών και καινοτόμα προϊόντα.

- Απειρία Αρχιτεκτονικών Λύσεων

Η δημιουργική φαντασία των αρχιτεκτόνων έχει κυριολεκτικά απογειωθεί από τη μεγάλη ποικιλία των διαθέσιμων διατομών οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολλούς τρόπους. Σήμερα ο χάλυβας μπορεί να καμπυλωθεί εύκολα μέχρι και 180 μοίρες με τρόπους που πριν από μερικά χρόνια ήταν αδιανόητο. Οι χαλύβδινες δοκοί μπορούν να ακολουθήσουν πρακτικά οποιοδήποτε σχήμα, παρέχοντας απειρία λύσεων για προσόψεις, θόλους κτλ. Αυτή η δυνατότητα καταλήγει σαφώς σε αισθητικά καλύτερα κτίρια και κατά συνέπεια στη βελτίωση του δομημένου περιβάλλοντος.

- Ποιότητα και ακρίβεια στην κατασκευή

Το αυξημένο ποσοστό προκατασκευής μιας μεταλλικής κατασκευής σημαίνει αύξηση της εργασίας η οποία γίνεται σε εργοστασιακές συνθήκες, το οποίο είναι ελεγχόμενο περιβάλλον και δεν επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες ή την τοποθεσία του εργοταξίου. Η προκατασκευή απαιτεί μεγάλη ακρίβεια στην παραγωγή των δομικών στοιχείων και αυστηρούς ποιοτικούς ελέγχους. Σήμερα τα περισσότερα εργοστάσια μεταλλικών κατασκευών τα οποία είναι και πιστοποιημένα με διαδικασίες ISO, είναι εξοπλισμένα με τελευταίου τύπου μηχανολογικό εξοπλισμό.

- Ελαχιστοποίηση των αποβλήτων - εξοικονόμηση υλικού

Τα προϊόντα χάλυβα που παράγονται, παραδίδονται στα εργοτάξια, κατασκευασμένα στις ακριβείς διαστάσεις. Η ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων είναι προτεραιότητα για την κατασκευαστική βιομηχανία.

Στις μεταλλικές κατασκευές γίνεται πάντοτε βελτιστοποίηση στις κοπές από την αρχική πρώτη ύλη (12μετρα δοκάρια και ελάσματα) έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ελάχιστη δυνατή φύρα. Επιπλέον όλη η φύρα που παράγεται, ανακυκλώνεται.

- Ταχύτητα ανέγερσης - Ελαχιστοποίηση της όχλησης

Το κόστος και κατά συνέπεια ο χρόνος παραμένει σημαντικός παράγοντας στην κατασκευή. Η ταχύτερη ανέγερση που παρέχουν οι μεταλλικές κατασκευές μειώνει το κόστος καθώς και τις τοπικές επιπτώσεις στο περιβάλλον που σχετίζονται με το εργοτάξιο (σκόνη, απόβλητα, θόρυβος). Επιπλέον η σχεδίαση με τη βοήθεια Η/Υ(CAD), ο έγκαιρος προγραμματισμός, τα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης παραγωγής και οι βελτιωμένες τεχνικές ανέγερσης έχουν οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις τις διαδικασίες παραγωγής, έτσι ώστε η γρήγορη ανέγερση να θεωρείται περίπου συνώνυμο με τη μεταλλική κατασκευή.

- Άμεσα οικονομικά οφέλη

Το προηγούμενο χαρακτηριστικό (ταχύτητα ανέγερσης) έχει πολλαπλά οφέλη και στον οικονομικό τομέα, αφού η επένδυση στο ακίνητο αρχίζει να αποδίδει γρηγορότερα. Στο οικονομικό όφελος συνεισφέρουν και τα μεγάλα ανοίγματα μεταξύ υποστυλωμάτων καθώς ο ίδιος χώρος μπορεί να αξιοποιηθεί για διαφορετικές χρήσεις.

- Ανακαίνιση

Εκτός από τη διατήρηση της πολιτιστικής και ιστορικής κληρονομιάς, η ανακαίνιση και η ανακατασκευή της υπάρχουσας κτιριακής υποδομής, συνεισφέρει επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής των κτιρίων. Η ποικιλομορφία και ευελιξία του χάλυβα επιτρέπει τη "δημιουργική" ανακαίνιση παλαιών κτιρίων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εκμετάλλευση του χώρου του κτιρίου.

- Συντήρηση

Η συντήρηση των κτιρίων είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη της μακροζωίας. Ο δομικός χάλυβας απαιτεί συντήρηση μόνο όπου είναι εκτεθειμένος. Σήμερα είναι διαθέσιμη μεγάλη ποικιλία βαφών υψηλής ποιότητας για τις μεταλλικές κατασκευές οι οποίες αν χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τον προβλεπόμενο προγραμματισμό συντήρησης προσφέρουν μακρόχρονη προστασία.

- Αλλαγή χρήσης

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των μεταλλικών κατασκευών είναι η δυνατότητα αλλαγής χρήσης. Με την επιμήκυνση του κύκλου ζωής ενός κτιρίου μειώνονται και οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον καθώς περισσότερη αξία παράγεται από τους ίδιους πόρους. Η χρήσιμη ζωή των μεταλλικών κτιρίων μπορεί να επιμηκυνθεί μέσα από την εσωτερική τους προσαρμογή ή/και μεταβολή και την αναβάθμιση των εξωτερικών προσόψεων.

- Τέλος ζωής

Όταν είναι αδύνατη ή ανεπιθύμητη η επιμήκυνση της ζωής των κτιρίων μέσα από την ανακαίνιση ή προσαρμογή σε νέα χρήση και επομένως η αποσυναρμολόγηση καθίσταται αναπόφευκτη, είναι σημαντικό το τέλος της ζωής του κτιρίου να έχει τις λιγότερες δυνατές επιπτώσεις. Κατά κύριο λόγο αυτό σημαίνει την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων και τη μέγιστη δυνατή ανάληψη υλικών για ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση.

- Δυνατότητα αποσυναρμολόγησης

Τα μεταλλικά κτίρια είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό αποσυναρμολογήσιμα. Έχοντας υλοποιήσει προσεκτικό σχεδιασμό κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης σχεδίασης, έτσι ώστε να έχει προσχεδιαστεί η πιθανή αποσυναρμολόγηση, όλα τα δομικά υλικά του κτιρίου μπορούν να θεωρούνται μια τεράστια "αποθήκη" υλικών για μελλοντική χρήση.

- Ανακύκλωση

Ο χάλυβας μπορεί να ανακυκλωθεί ξανά και ξανά χωρίς καμία υποβάθμιση των ιδιοτήτων του και της επίδοσής του. Ο βαθμός ανάληψης χαλύβδινων προϊόντων από κατεδαφίσεις κτιρίων στην Αγγλία είναι 94% από το οποίο 10% επαναχρησιμοποιείται και 84% ανακυκλώνεται.

- Επαναχρησιμοποίηση

Η επαναχρησιμοποίηση του χάλυβα από μεταλλικές κατασκευές προσφέρει ακόμα μεγαλύτερο περιβαλλοντικό πλεονέκτημα από την ανακύκλωση. Στην Μεγάλη Βρετανία ήδη κάποιοι κλάδοι όπως ο αγροτικός τομέας, επαναχρησιμοποιούν μεταλλικές κατασκευές και στοιχεία επικαλύψεων από παλαιότερα μεταλλικά κτίρια.

3.3 ΣΥΜΜΙΚΤΟΙ ΔΟΚΟΙ ΚΑΙ ΣΤΥΛΟΙ

Στην κλασική της μορφή, η μεταλλική κατασκευή συνιστά φέροντα οργανισμό (στύλους, δοκούς) που αποτελείται από σιδηρά πρότυπα ελάσματα I ή H και πλάκες έγχυτου σκυροδέματος, οι οποίες συνδέονται με τις σιδηρές δοκούς και δεν εδράζονται απλώς σε αυτές.

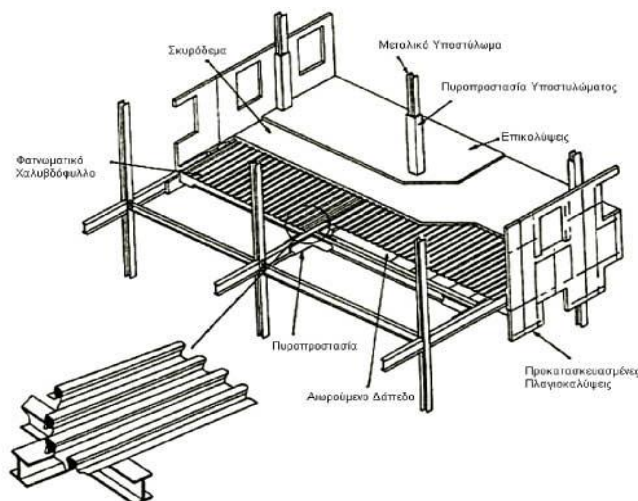
Υπάρχει δε η δυνατότητα τα γραμμικά στοιχεία του σκελετού (δοκοί και στύλοι) να είναι εγκιβωτισμένα σε σκυρόδεμα (ανοικτές διατομές), στο οποίο τοποθετείται οπλισμός. Στην περίπτωση πλήρωσης κοίλων διατομών με σκυρόδεμα δεν επιβάλλεται η τοποθέτηση οπλισμού, μολονότι η χρήση τους συνιστάται κυρίως για λόγους πυροπροστασίας. Η τοποθέτηση του σκυροδέματος στο εσωτερικό της κοιλοδοκού πραγματοποιείται είτε με έγχυση σκυροδέματος από την κεφαλή του υποστυλώματος (σκυροδέτηση βαρύτητας) είτε με αντλίες από οπή στην βάση του υποστυλώματος (σκυροδέτηση υπό πίεση).

Το σημαντικό πλεονέκτημα των σύμμικτων στύλων έναντι των χαλύβδινων είναι η μεγάλη φέρουσα ικανότητα σε σχέση με την κατανάλωση χάλυβα, η χρήση μικρότερων απαιτούμενων διατομών, η καλύτερη συμπεριφορά τους όσον αφορά σε θέματα τοπικού λυγισμού, η μεγαλύτερη δυσκαμψία τους και η πυραντίσταση. Το σκυρόδεμα σε επαρκές πάχος προσφέρει πυροπροστασία και ανθεκτικότητα σε διάβρωση στο μεταλλικό στοιχείο το οποίο περιβάλλει. Οι σύμμικτοι στύλοι συγκρινόμενοι με τους στύλους οπλισμένου σκυροδέματος θα πρέπει να σημειωθεί ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή και πλαστιμότητα, ενώ η δυνατότητα αποκατάστασής τους σε περίπτωση βλάβης από σεισμό είναι εφικτή και σχετικά ευκολότερη. Στην περίπτωση, τέλος, εγκιβωτισμένων κοιλοδοκών, το κόστος της κατασκευής δεν επιβαρύνεται από το κόστος του ξυλοτύπου, καθώς αυτός δεν είναι αναγκαίος.

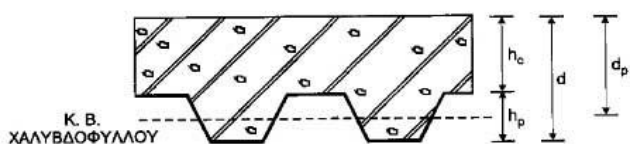
3.4 ΣΥΜΜΙΚΤΗ ΠΛΑΚΑ

Στα μεγάλα κτίρια η ταχύτητα κατασκευής αυξάνεται σημαντικά, εάν στις πλάκες σκυροδέματος χρησιμοποιηθούν εν ψυχρώ διαμορφωμένα, επιψευδαργυρωμένα, χαλύβδινα φύλλα τραπεζοειδούς μορφής, τα οποία λειτουργούν ταυτόχρονα ως μόνιμος (μη αφαιρούμενος) μεταλλότυπος, ο οποίος κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης παραλαμβάνει τα φορτία του νωπού σκυροδέματος, ενώ μετά τη σκυροδέτηση συμμετέχει με το σκυρόδεμα στην ανάληψη των πρόσθετων φορτίων (μονίμων και κινητών), λειτουργεί ως δάπεδο εργασίας, ως τρόπος ενίσχυσης της ακαμψίας έναντι στρέβλωσης, αλλά και ανάληψης των αναπτυσσόμενων διατμητικών τάσεων.

Τα χαλυβδόφυλλα, όταν έχουν επαρκές πάχος, μπορούν να υποκαταστήσουν πλήρως τον κάτω οπλισμό της πλάκας, ώστε αυτή να απαιτεί ως άνω οπλισμό, μόνον ένα απλό δομικό πλέγμα που λειτουργεί ως εγκάρσιος οπλισμός διανομής για περιορισμό της ρηγμάτωσης αλλά και της αύξησης της πυραντίστασης. Η χρήση χαλυβδόφυλλων συνεπάγεται πρακτικά, τη δυνατότητα ταυτόχρονης σκυροδέτησης όλων των ορόφων σ' ένα κτίριο. Όλοι οι όροφοι μπορούν να σκυροδετηθούν ταυτόχρονα (fast track construction), εφόσον, φυσικά, οι σιδηρές δοκοί έχουν υπολογιστεί έτσι, ώστε να μπορούν μόνες τους να φέρουν, δίχως την ενεργοποίηση του μηχανισμού της σύμμικτης λειτουργίας, το βάρος του νωπού σκυροδέματος.



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΛΑΚΑΣ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ



ΕΙΚΟΝΑ 3.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΧΑΛΥΒΔΟΦΥΛΛΟΥ ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΜΟΡΦΗΣ

4.ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το μεταλλικό κτίριο δεν διακρίνεται μόνο από το χαλύβδινο φέροντα οργανισμό του, ο οποίος δεν είναι συχνά ορατός στο χρήστη. Για το πλατύ κοινό, το κύριο χαρακτηριστικό των μεταλλικών κτιρίων είναι το εξωτερικό περίβλημα. Το περίβλημα πρέπει να ανταποκρίνεται στις μορφολογικές απαιτήσεις, διότι δίνει στο κτίριο την τελική του μορφή, αλλά και να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις θερμομόνωσης, ηχομόνωσης και προστασίας από την υγρασία.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των υλικών των πλαγιοκαλύψεων των μεταλλικών κτιρίων είναι η μηχανική αντοχή, το βέλος κάμψης, το ίδιο βάρος, η ανθεκτικότητα σε διάβρωση, οι θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες, το επίπεδο παρεχόμενης πυρασφάλειας, η εμφάνιση και διάφορες άλλες οικονομοτεχνικές παράμετροι.

Τα συνηθέστερα στοιχεία του περιβλήματος μεταλλικών κτιρίων είναι τα μεταλλικά πετάσματα, τα οποία διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων και μορφών και δίνουν μια σύγχρονη έκφραση στο κτίριο. Ο μικρός χρόνος παράδοσης, η αξιοπιστία του προϊόντος, ο υψηλός βαθμός βιομηχανοποίησης, η δυνατότητα συνδυασμού με άλλα υλικά και τα αναπτυσσόμενα συστήματα σύνδεσης, αποτελούν σημαντικά πλεονεκτήματα που μειώνουν το χρόνο και ανεβάζουν την ποιότητα κατασκευής.

Σε ένα μεταλλικό κτίριο εφαρμογή βρίσκουν και μια σειρά άλλων συστημάτων, τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- Μεταλλικά θερμομονωτικά πανέλα
- Κασέτες
- Συμβατική τοιχοποιία
- Τσιμεντοσανίδες
- Ειδικά πανέλα σάντουιτς από εξωτερικές στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος και εσωτερική θερμομόνωση
- Υαλοστάσια

Οι απαιτήσεις για τα πανέλα προσώπων είναι οι ακόλουθες:

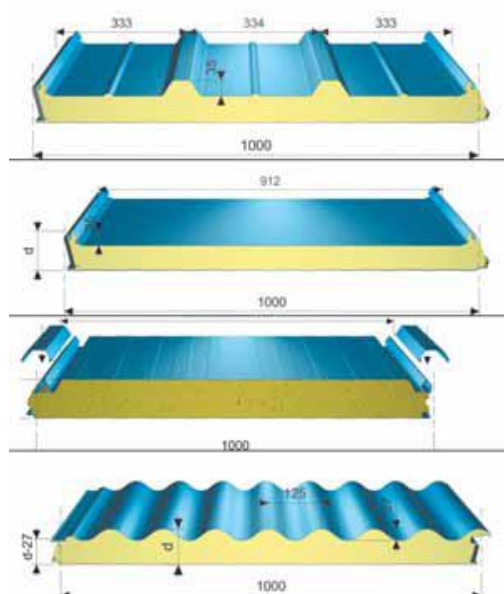
- Κατηγορία πυραντίστασης σύμφωνα με τους κανονισμούς και προδιαγραφές.
- Υψηλή θερμομονωτική ικανότητα

- Υψηλή ηχομονωτική ικανότητα
- Άκαυστο υλικό
- Θερμική απομόνωση των πλακών των ορόφων
- Μεγάλη δυσκαμψία
- Ακριβής γεωμετρία αρμών
- Υψηλή αεροστεγανότητα με κατάλληλα αρμοκάλυπτρα
- Πολλαπλές δυνατότητες επιλογής (χρώμα, σχήμα κλπ)
- Αντοχή σε κρούση
- Διάθεση πιστοποιητικών καταλληλότητας

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

4.2.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ

Ο συνηθέστερος τύπος προσόψεων είναι τα θερμομονωτικά πάνελα σάντουιτς, σε διάφορες επιφανειακές διαμορφώσεις (επίπεδα, κυματοειδή, με νευρώσεις) και χρώματα (Εικόνα 4.1, 4.2). Τα θερμομονωτικά πετάσματα διακρίνονται σε πετάσματα πολυουρεθάνης και πετάσματα πετροβάμβακα. Είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να πληρούν τις απαιτήσεις θερμομόνωσης και να αποτρέπουν την συμπύκνωση υδρατμών στα μεταλλικά κτίρια και γενικά να ικανοποιούν τις ειδικές ανάγκες χώρων όπου απαιτείται περιβάλλον με ελεγχόμενη θερμοκρασία ή θερμική άνεση. Ειδικότερα, τα πετάσματα πετροβάμβακα προσδίδουν στο τελικό προϊόν επικαλύψεις όχι μόνο θερμομονωτικές ικανότητες αλλά και ικανότητα ηχοαπορρόφησης και αντίστασης στη φωτιά (πυράντοχο υλικό).



ΕΙΚΟΝΑ 4.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ
(Ref.3)



ΕΙΚΟΝΑ 4.2 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ

(Ref.40)

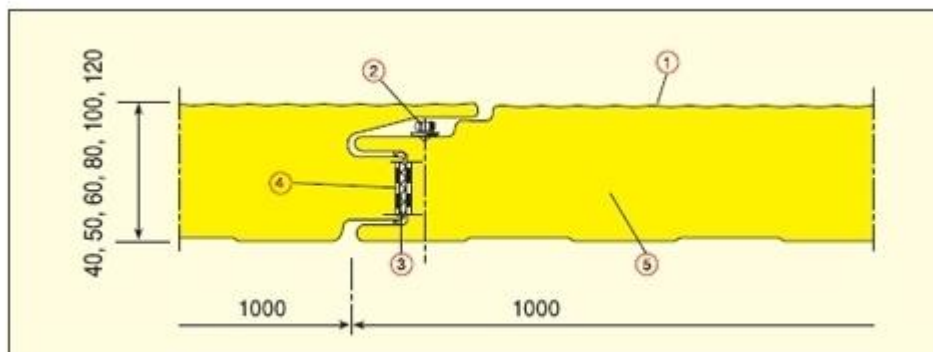
Σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων συστημάτων πλαγιοκάλυψης είναι ότι μειώνουν το συνολικό κόστος του κτιρίου λόγω της εύκολης και ταχύτατης τοποθέτησης, η μηδαμινή απαιτούμενη συντήρηση, η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω των άριστων θερμομονωτικών τους ιδιοτήτων, αλλά και η μείωση κόστους του απαιτούμενου για την ψύξη- θέρμανση του κτιρίου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, η πυρασφάλεια (εφόσον προβλέπεται) κτλ.

Τα πετάσματα επικαλύψεων είναι σύνθετης διατομής, αποτελούμενα από δύο ελάσματα μικρού πάχους (της τάξης των δεκάτων του χιλιοστού) στις εξωτερικές επιφάνειές τους και θερμομονωτικό υλικό στον πυρήνα (συνήθως αφρό πολουρεθάνης ή πετροβάμβακα) σε διάφορα πάχη (συνήθως είναι από 3cm έως 8cm) ανάλογα με τις επιθυμητές ιδιότητες.

Το έλασμα μπορεί να είναι από γαλβανισμένο χάλυβα σε διάφορα πάχη (0,45-0,75mm), έγχρωμο, με οργανική επίστρωση, ανοξείδωτο χάλυβα, αλουμίνιο, αλουμινόχαρτο. Η περιεχόμενη επιφάνεια μπορεί να είναι επίπεδη, διάτρητη, με νευρώσεις ή αυλακώσεις τραπεζοειδούς διατομής σε διάφορα μεγέθη. Οι αυλακώσεις και οι νευρώσεις προσφέρουν τόσο στην δυσκαμψία του συστήματος, όσο και στην βελτίωση της αισθητικής του εμφάνισης.

Διατίθενται επίσης διάτρητα που χρησιμοποιούνται εσωτερικά σε συστήματα ηχοαπορρόφησης με εφαρμογές σε βιομηχανικά κτίρια, αθλητικά κέντρα, αλλά και σε εξωτερικές επενδύσεις. Διατίθενται σε μήκη από 1-13m, εκτός των πετασμάτων πετροβάμβακα που έχουν συνήθως μικρότερο μήκος (συνιστάται το μήκος τους να είναι μικρότερο από 6 m για λόγους μείωσης του ίδιου βάρους). Διατίθενται σε ποικιλία διαστάσεων όσον αφορά στο πλάτος τους (0,50-1,50m).

Συνήθως φέρουν εκ σχεδιασμού ειδική διαμόρφωση στα άκρα τους κατά την έννοια του μήκους τους (κουμπώματα) με σκοπό την εύκολη και γρήγορη συναρμογή τους (Εικόνα 4.3).



ΕΙΚΟΝΑ 4.3 ΤΟΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ

(Ref.40)

Η στερέωσή τους μπορεί να γίνει με αυτοδιάτρητες βίδες ορατές από την εξωτερική πλευρά, οι οποίες τοποθετούνται στην κοίλη επιφάνεια της αυλάκωσης. Άλλος τρόπος στερέωσης είναι με τη χρήση ειδικά κατασκευασμένων συνδετήρων (κλπ) κρυφής στήριξης, οι οποίοι τοποθετούνται σε κατάλληλες διαμορφώσεις των άκρων των πετασμάτων και εν συνεχεία βιδώνονται στο σκελετό στήριξης.



ΕΙΚΟΝΑ 4.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ

(Ref.3)

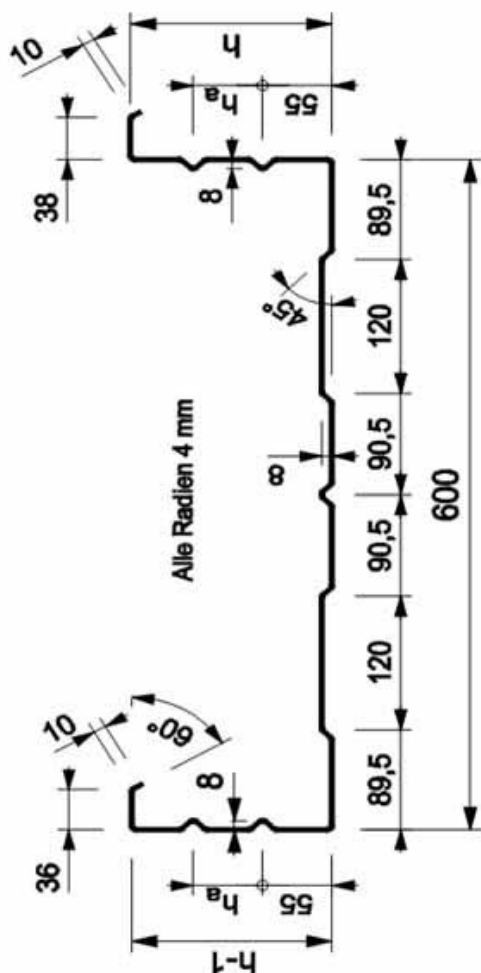


ΕΙΚΟΝΑ 4.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΨΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΠΑΝΕΛΑ

(Ref.3)

4.2.2 ΚΑΣΕΤΕΣ

Οι κασέτες αποτελούνται από λεπτότοιχα στοιχεία C ψυχρής έλασης, τυπικής γεωμετρίας σύμφωνα με την Εικόνα 4.6, 4.7.

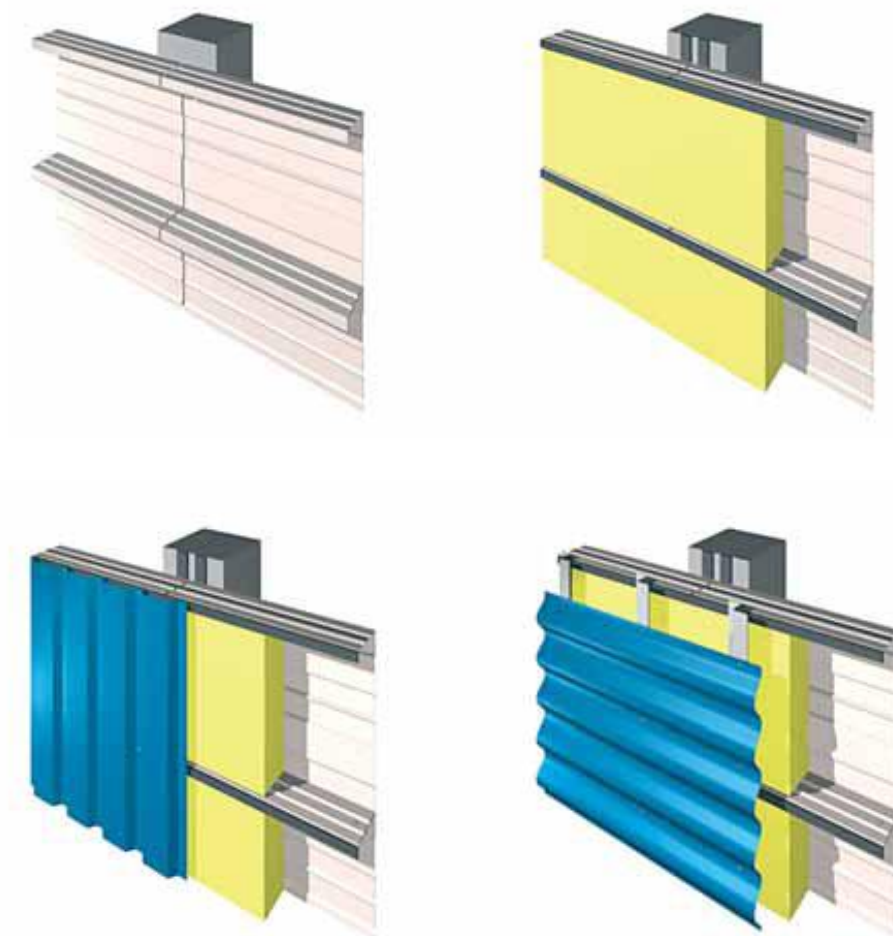


ΕΙΚΟΝΑ 4.6, 4.7 : ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΣΕΤΩΝ ΚΑΙ ΘΕΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΨΗ

(Ref.3)

Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι η μεγαλύτερη αντοχή τους έναντι των πανέλων, λόγω του αυξημένου στατικού τους ύψους που περιλαμβάνει το πάχος της θερμομόνωσης. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η τοποθέτηση ενδιάμεσων μηκίδων και η στήριξη γίνεται απευθείας στο κύριο φέροντα οργανισμό.

Μετά τη στερέωση των κασετών στη φέρουσα κατασκευή, συνήθως σε οριζόντια θέση, χωρίς να αποκλείεται και η κατακόρυφη τοποθέτηση, τοποθετούνται οι θερμομονωτικές πλάκες (ορυκτών ινών, πολυουρεθάνης, πολυστερόλης, αφροφαινόλης κλπ) και το τελικό μεταλλικό προστατευτικό φύλλο, το οποίο δίνει και την τελική μορφή της πρόσοψης (Εικόνα 4.8)



ΕΙΚΟΝΑ 4.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΑΣΕΤΩΝ ΩΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΡΟΣΟΨΗΣ
(Ref.3)

4.2.3 ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ

Τα μεταλλικά κτίρια επιδέχονται και συμβατικούς τύπους προσόψεων, πλην των μεταλλικών. Τέτοιες μπορεί να είναι:

- Τοιχοποιίες
- Πανέλα από τσιμεντοσανίδες

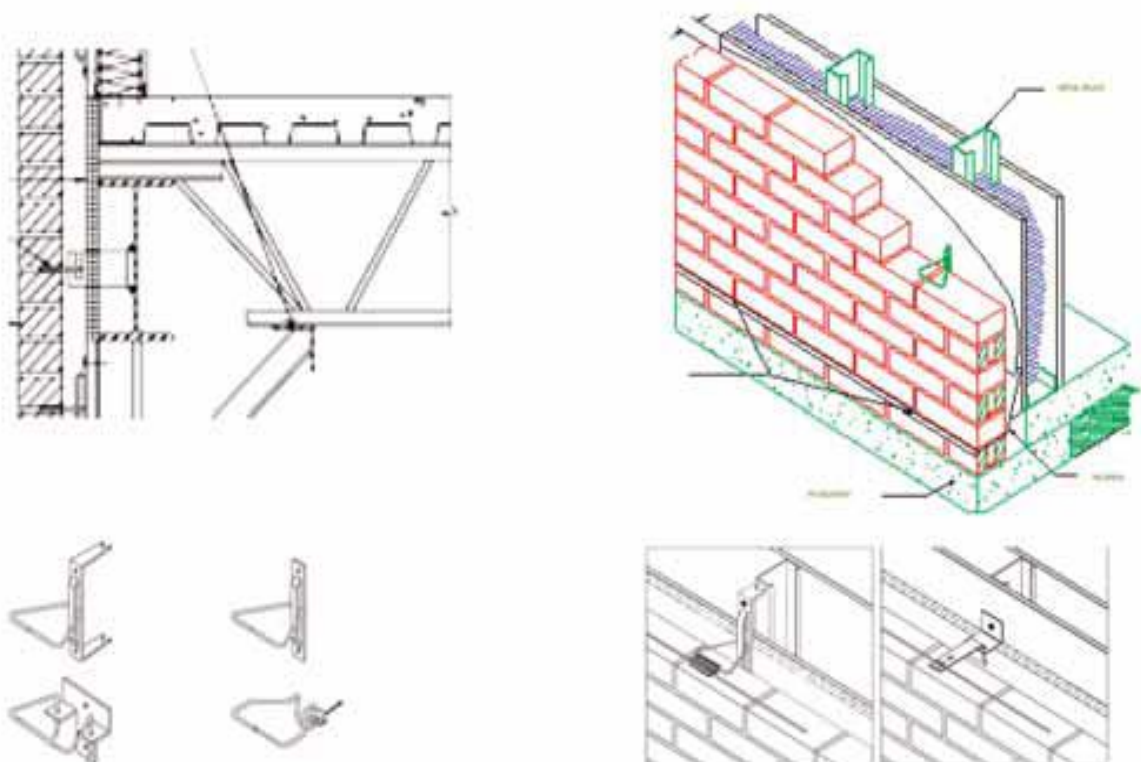
Οι τοιχοποιίες μπορεί να είναι συμβατικές με σενάζ, όπως της Εικόνας 4.9



ΕΙΚΟΝΑ 4.9 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ
(Ref.3)

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες είναι μπατικές, τοποθετημένες εκατέρωθεν των υποστυλωμάτων και των κατακόρυφων συνδέσμων ώστε να παρέχουν και πυροπροστασία.

Μια συνηθέστερη λύση είναι οι αγκυρωμένες τοιχοποιίες, των οποίων η πλευρική στήριξη εξασφαλίζεται από πυκνούς ορθοστάτες μέσω κατάλληλων αγκυρίων, Εικόνα 4.10.

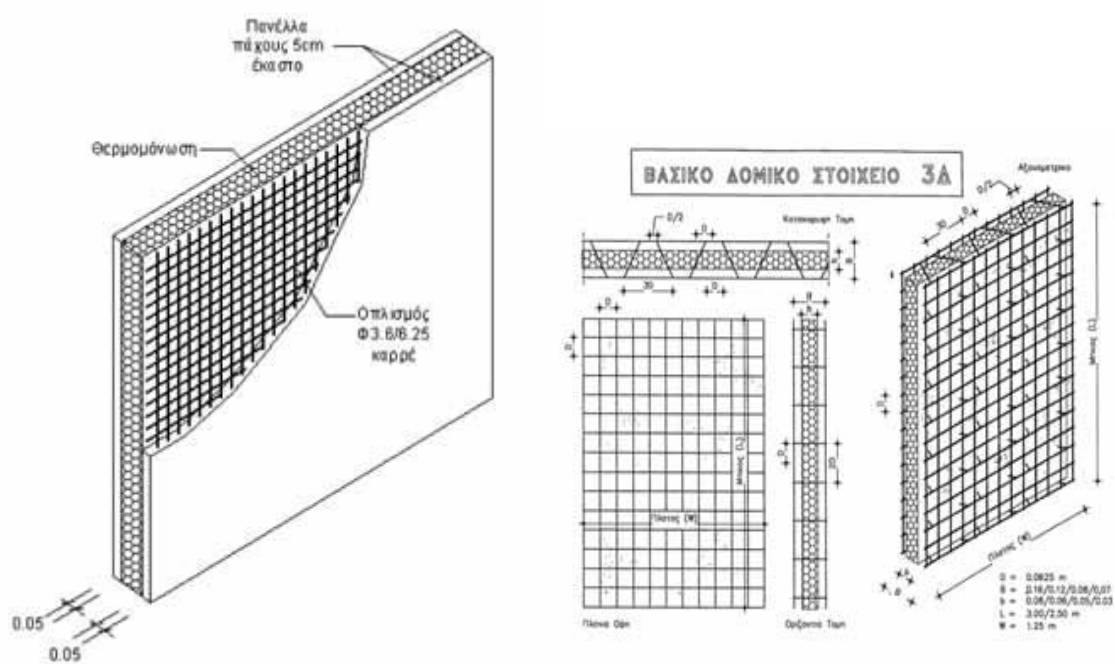


ΕΙΚΟΝΑ 4.10 ΑΓΚΥΡΩΜΕΝΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ
(Ref.3)

Περιβλήματα Μεταλλικών Κατασκευών

Οι ορθοστάτες αποτελούνται από γαλβανισμένες διατομές C ψυχρής διαμόρφωσης, ενώ τα αγκύρια είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα αγκύρια βιδώνονται στους ορθοστάτες και ενσωματώνονται στους αρμούς του τοίχου. Ο τοίχος είναι δρομικός με απόσταση από τους ορθοστάτες περί τα 50 mm. Εκατέρωθεν των ορθοστατών τοποθετούνται γυψοσανίδες, μεταξύ των οποίων υπάρχει θερμομόνωση. Οι τοίχοι είναι αυτοφερόμενοι και ευσταθείς έναντι σεισμού.

- Πανέλα με εξωτερικές στρώσεις από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και ενδιάμεσο θερμομονωτικό υλικό, όπως π.χ. πανέλα 3Δ , Εικόνα 4.11



ΕΙΚΟΝΑ 4.11 ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΠΑΝΕΛΑ 3Δ (ΑΠΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ)

(Ref.3)

4.2.4 ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ

Η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει την κατασκευή υαλοπινάκων με αυξημένες φυσικές και μηχανικές αντοχές και έχει καταστήσει τις γυάλινες κατασκευές βιώσιμες ακόμα και σε μεγάλες καταπονήσεις. Το απαιτούμενο πάχος έχει ελαχιστοποιηθεί (5 - 10mm), ενώ οι διαστάσεις των υαλοπινάκων γίνονται όλο και μεγαλύτερες (2 - 3m). Υπάρχει η δυνατότητα επίστρωσης, καμπύλωσης και ενίσχυσης με πολλαπλές στρώσεις των πινάκων, ώστε να ικανοποιούνται οι αρχιτεκτονικές απαιτήσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 4.12 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΥΑΛΙΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

(Ref.3)

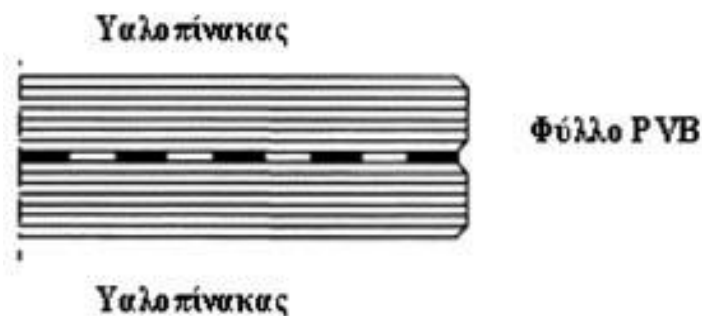
Επίσης με τη νέα τεχνολογία και τη χρήση θερμομονωτικών και άθραυστων πινάκων, εξασφαλίζεται θερμική άνεση σε όλη τη διάρκεια του έτους, μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων και βελτιώνεται η ασφάλεια, πράγμα που επιτρέπει την εφαρμογή πανοραμικών φωτεινών παραθύρων μεγάλης φυσικής ομορφιάς. Βεβαίως, απαιτείται λεπτομερής σχεδιασμός και υπολογισμός των γυάλινων μονάδων, σωστή τοποθέτηση από ειδικούς καθώς και διαρκής ποιοτικός έλεγχος των προϊόντων. Στο μέλλον προβλέπεται η περαιτέρω αύξηση της χρήσης του γυαλιού σε κτίρια, λόγω της δυνατότητας ικανοποίησης των τεχνικών και αισθητικών απαιτήσεων με την εξέλιξη των τεχνολογιών επεξεργασίας του. Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής δίνονται στην Εικόνα 4.12 .

Το σύννηθες γυαλί είναι εύθραυστο, με συνέπεια την ψαθυρή θραύση υπό την επίδραση εφελκυστικών τάσεων στην επιφάνεια. Έτσι, για δομικές χρήσεις, το γυαλί υφίσταται θερμική κατεργασία προς δημιουργία θλιπτικών παραμενουσών τάσεων στην επιφάνεια και εφελκυστικών στον πυρήνα.

Ανάλογα με το τρόπο επεξεργασίας, υπάρχουν δύο τύποι γυαλιού για δομική χρήση:

- Το Θερμικώς Σκληρυμένο Γυαλί (ESG) και
- Το Θερμικώς Ενισχυμένο Γυαλί (TVG)

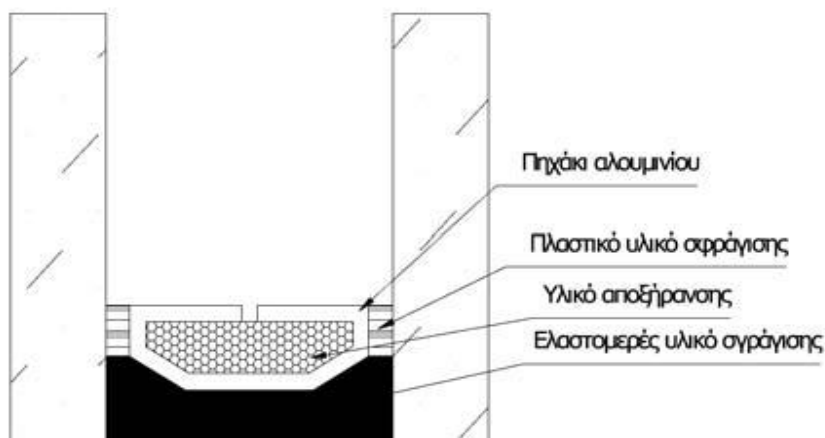
Πέραν αυτών υπάρχει το γυαλί Triplex αποτελούμενο από δύο εξωτερικούς υαλοπίνακες και ενδιάμεση πλαστική μεμβράνη πολυβινυλομπουτυραλίου (PVB), (Εικόνα 4.13).



ΕΙΚΟΝΑ 4.13 ΓΥΑΛΙ Triplex
(Ref.3)

Με διάφορες μηχανικές, θερμικές, χημικές κατεργασίες, ή με πρόβλεψη ενδιάμεσου μεταλλικού πλέγματος, επιτυγχάνονται υαλοπίνακες ασφαλείας, όπως αντικρουστικοί, αντιβανδαλικοί, αλεξίσφαιροι ή αντιακρηκτικοί.

Το μονωτικό γυαλί αποτελείται από δύο ή τρεις παράλληλους υαλοπίνακες (διπλό, τριπλό γυαλί) σε απόσταση μεταξύ τους. Το ενδιάμεσο κενό σφραγίζεται με κατάλληλο ελαστομερές και συγκρατείται με πηχάκι (Εικόνα 4.14), ο δε αεροθάλαμος γεμίζει με αέρα ή ευγενή αέρια (Αργόν, Κρυπτόν, Ξένον κλπ).



ΕΙΚΟΝΑ 4.14 ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΓΥΑΛΙ (ΕΝ ΠΡΟΚΕΙΜΕΝΩ ΔΙΠΛΟ)
(Ref.3)

Ένα από τα σημαντικότερα θέματα σχεδιασμού είναι η στήριξη των υαλοπινάκων. Η στήριξη μπορεί να είναι γραμμική ή σημειακή.

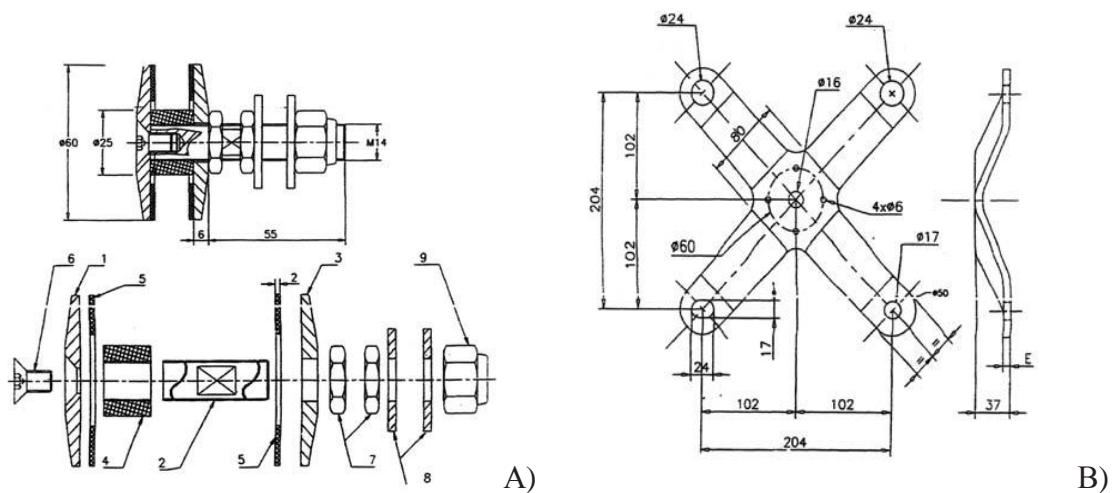
Η γραμμική στήριξη γίνεται (Εικόνα 4.15):

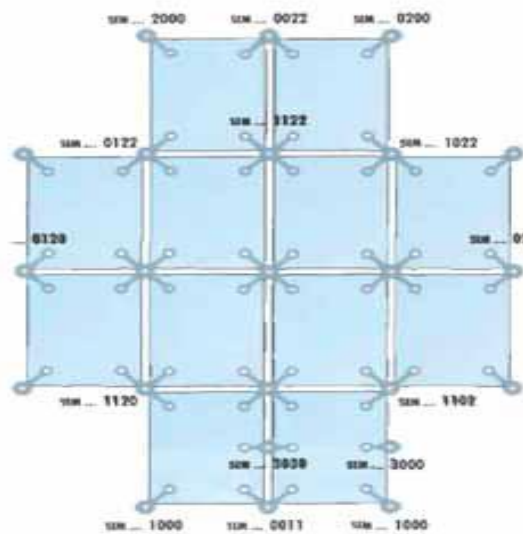
- Με στόκο
- Με πηχάκι
- Με σύσφιξη.

Η σημειακή στήριξη γίνεται μέσω ειδικών εξαρτημάτων (λεγομένων planer Εικόνα 4.16α) που στηρίζονται σε ειδικά ελάσματα (λεγόμενα spider, Εικόνα 4.16β) με τέσσερις, τρεις ή δύο βραχίονες, ανάλογα με τη θέση του υαλοπίνακα (μεσαία, ακραία, γωνιακή), όπως ενδεικτικά φαίνεται στην Εικόνα 4.16 γ. Οι εξελίξεις των συστημάτων στήριξης είναι ταχείες και υπάρχουν σήμερα πολλές δυνατότητες επιλογών ανάλογα με την εφαρμογή.



ΕΙΚΟΝΑ 4.15 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ Α) ΜΕ ΣΤΟΚΟ, Β) ΜΕ ΠΗΧΑΚΙ
(Ref.3)

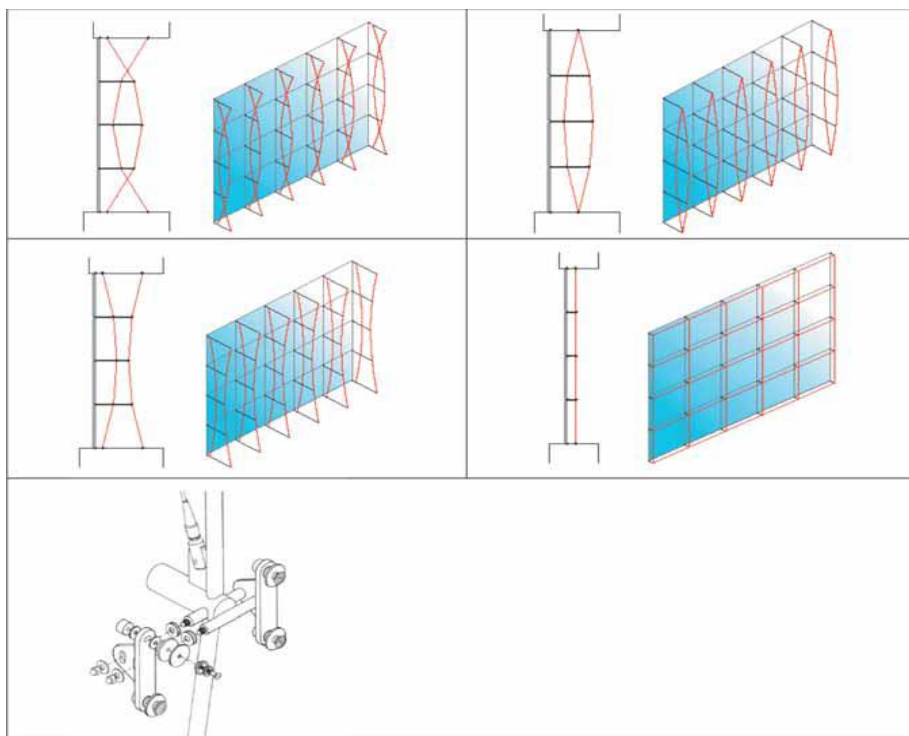




Γ)

ΕΙΚΟΝΑ 4.16 ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΜΕ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΥΣ Η' ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ: Α) PLANER, Β) SPIDER, Γ) ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΟ
(Ref.3)

Ανάλογα με τους χρησιμοποιούμενους υαλοπίνακες, απλούς ή θερμομονωτικούς, διπλούς ή τριπλούς, οι προσόψεις διακρίνονται σε "ψυχρές" και "θερμές". Η στήριξη στη φέρουσα κατασκευή γίνεται με τους τρόπους που αναφέρθηκαν προηγουμένως (γραμμική ή σημειακή). Εναλλακτικώς έχουν αναπτυχθεί καλωδιωτά συστήματα, στα οποία μεταφέρονται τα κατακόρυφα και πλευρικά φορτία των πινάκων (Εικόνα 4.17).



ΕΙΚΟΝΑ 4.17 ΚΑΛΩΔΙΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ
(Ref.3)

5.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΗΧΟΥ

5.1.1 ΗΧΟΣ

Ο **ήχος** είναι μια μηχανική τοπική διαταραχή, η οποία διαδίδεται σε ένα ελαστικό μέσο με συγκεκριμένη ταχύτητα και με ορισμένη συχνότητα διεγείροντας το αισθητήριο της ακοής προκαλώντας ακουστικό αίσθημα.

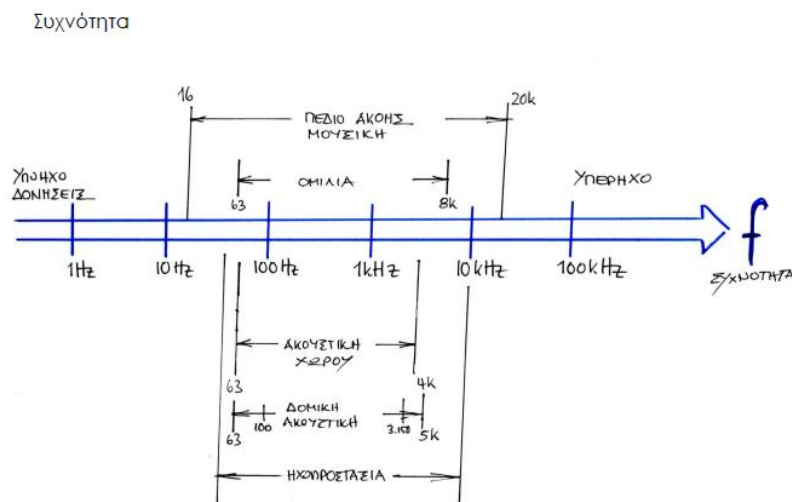
Ο ήχος μεταδίδεται με την μορφή ηχητικών κυμάτων και μπορεί να περιλαμβάνει κάθε διαταραχή, που μπορεί να διαδοθεί μέσα σε ένα ελαστικό μέσο.

Εμείς θα ασχοληθούμε με τον ήχο, ο οποίος διαδίδεται μέσα από ένα υλικό. Η διαταραχή, που εξετάζεται, είναι η ηχητική πίεση P , δηλαδή η μεταβολή της ηχητικής πίεσης γύρω από τη βαρομετρική τιμή της.

5.1.2 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

- συχνότητα

Ως **συχνότητα f** του ηχητικού κύματος ορίζεται το πλήθος των περιόδων ανά δευτερόλεπτο. Μετριέται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο (Hertz). Το ακουστό φάσμα συχνοτήτων κυμαίνεται μεταξύ 20Hz και 20kHz. Ήχοι με συχνότητα κάτω από 16Hz δεν είναι ακουστοί και ονομάζονται υπόηχοι, ενώ ήχοι με συχνότητα πάνω από 20kHz δεν είναι επίσης ακουστοί και ονομάζονται υπέρηχοι. Το φάσμα συχνοτήτων της κτιριακής ακουστικής είναι από 100Hz έως 3.15kHz.



ΕΙΚΟΝΑ 5.1 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

(Ref.4)

- περίοδος

Ως **περίοδος T** του ηχητικού κύματος ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται ένα ηχητικό κύμα για να πραγματοποιήσει ένα πλήρη κύκλο, μετριέται σε s (δευτερόλεπτα), και είναι το αντίστροφο της συχνότητας.

- μήκος κύματος του ήχου

Το **μήκος κύματος του ήχου** αποτελεί την απόσταση που διανύει το ηχητικό κύμα μέχρι να ολοκληρωθεί ένας πλήρης κύκλος, συμβολίζεται με λ , και μετριέται σε m (μέτρο). Οι ηχητικοί παράμετροι (μήκος κύματος, ταχύτητα, περίοδος, συχνότητα) συνδέονται με τη σχέση $c = \lambda/T$ ή $c = \lambda \cdot f$

- ταχύτητα του ηχοδιάδοσης

Η **ταχύτητα του ήχου** είναι η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται το ηχητικό κύμα μέσα σε ένα ελαστικό μέσο, συμβολίζεται με c και μετριέται σε m/s (μέτρα ανά δευτερόλεπτο). Η ταχύτητα του ήχου στα στερεά και τα υγρά διαφέρει από αυτή στον αέρα και εξαρτάται από το υλικό του μέσου. Ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει τη συγκεκριμένη παράμετρο είναι η θερμοκρασία. Στην ακουστική χώρων χρησιμοποιούμε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου που λαμβάνεται γύρω στους 20°C , είναι ίδια για όλες τις συχνότητες και ισούται με 344m/s.

- ηχητική ένταση, ηχητική ενέργεια , ηχητικό πεδίο

Ως **ηχητική ένταση I**, του ηχητικού κύματος προς μία κατεύθυνση, ορίζεται η ενέργεια E , η οποία διέρχεται από τη μονάδα επιφανείας S , όταν αυτή είναι τοποθετημένη κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης του ηχητικού κύματος στη μονάδα του χρόνου. Ισχύει:

$$I = \frac{E}{S \cdot t}$$

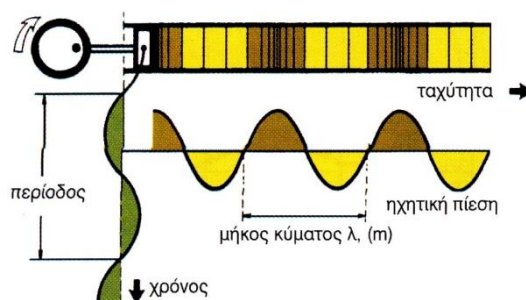
Επειδή η ισχύς W , του ηχητικού κύματος είναι:

$$W = \frac{E}{t}$$

Η προηγούμενη σχέση γίνεται:

$$I = \frac{W}{S}$$

Η ηχητική ένταση μετριέται σε $\frac{W}{m^2}$ (βατ ανά τετραγωνικό μέτρο).



ΕΙΚΟΝΑ 5.2 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΗΧΟΥ
(Ref. 29)

Η **ηχητική ενέργεια** είναι η ενέργεια που περιέχει ένα ελαστικό μέσο, λόγω της παρουσίας ηχητικού πεδίου, συμβολίζεται με W και μετριέται σε J (τζάουλ). **Ηχητικό πεδίο** ονομάζεται ο χώρος, όπου υφίστανται ηχητικά κύματα, καθώς και η ηχητική κατάσταση, που δημιουργείται από τα εν λόγω κύματα.

Ηχητική πίεση σε συγκεκριμένο σημείο του ηχητικού πεδίου είναι η διαφορά της στατικής πίεσης του μέσου από την ολική πίεση που υπάρχει σε αυτό το σημείο. Συμβολίζεται με p και μετριέται σε Pa (πασκάλ). Η **στάθμη της ηχητικής πίεσης** είναι το μέγεθος $10 \log \frac{p^2}{p_0^2}$, όπου p είναι η ενεργός τιμή της ηχητικής πίεσης και p_0 είναι η ηχητική πίεση αναφοράς (στον αέρα $p_0 = 20 \mu Pa$ ή $0,00002 N/m^2$). Ως μονάδα μέτρησης χρησιμοποιείται το dB (ντεσιμπέλ).

5.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΗΧΟΔΙΑΔΟΣΗ

Κατά τη διάδοση του ήχου σε κλειστούς χώρους παρατηρούνται φαινόμενα όπως η ανάκλαση, η διάχυση, η περίθλαση και η ηχοαπορρόφηση, τις ιδιότητες των οποίων προσπαθούμε να εκμεταλλευτούμε και να αξιοποιήσουμε κατά τον ακουστικό σχεδιασμό.

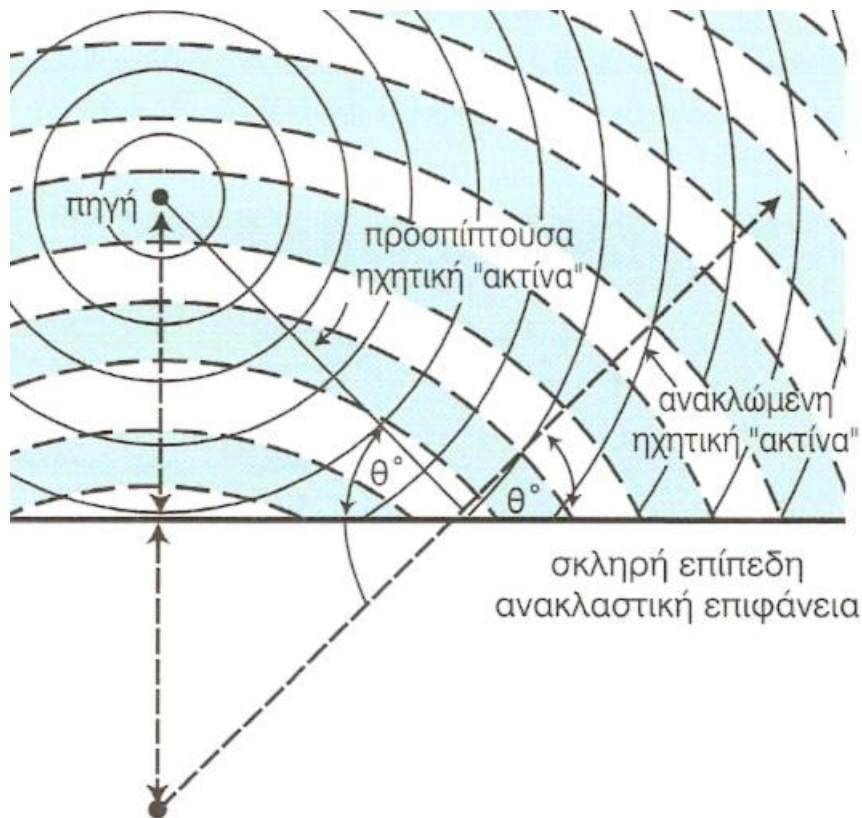
5.2.1 ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Ηχοανάκλαση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ηχητικό κύμα που προσπίπτει σε λεία και άκαμπτη επιφάνεια, επιστρέφει από αυτήν με γωνία , ως προς τη κάθετο, ίση τη γωνία που προσπίπτει. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει όταν το μήκος κύματος του προσπίπτοντος ηχητικού κύματος είναι πολύ μικρότερο από τις γεωμετρικές διαστάσεις της επιφάνειας στην οποία ανακλάται το ηχητικό κύμα.

Ως συντελεστής ηχοανάκλασης r , μιας επιφάνειας ή ενός υλικού, ορίζεται ο λόγος της ανακλώμενης ηχητικής ισχύος, P_r , προς την προσπίπτουσα ηχητική ισχύ, P_i :

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

Ο συντελεστής ηχοανάκλασης είναι αδιάστατο μέγεθος και κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1.



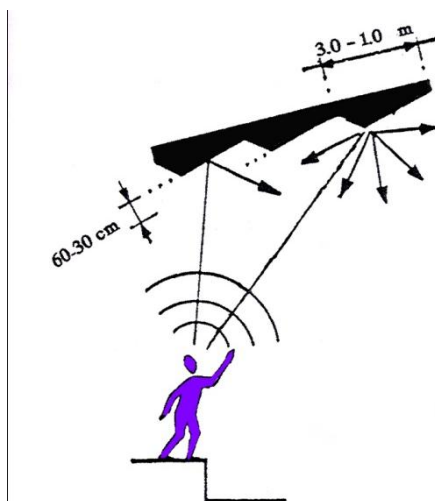
ΕΙΚΟΝΑ 5.3 ΑΝΑΚΛΑΣΗ

(Ref. 29)

5.2.2 ΔΙΑΧΥΣΗ

Διάχυση ονομάζεται ο σκεδασμός μιας ανακλώμενης ηχητικής ακτίνας σε ασθενέστερες ακτίνες τυχαίας κατανομής και υφίσταται όταν το μήκος κύματος λ του ήχου ισούται με το μέγεθος της ανακλαστικής.

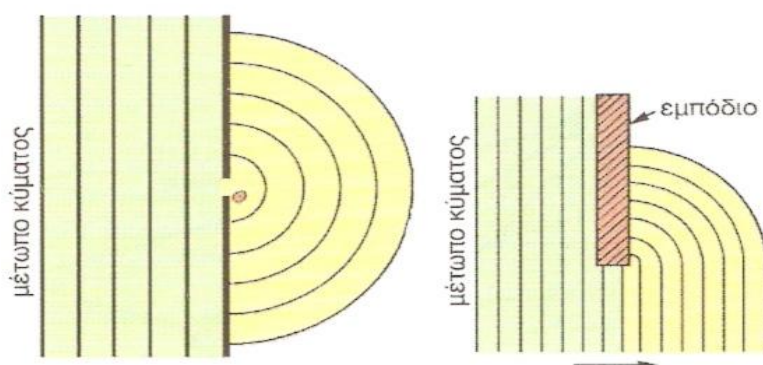
Η διάχυση του ήχου επιβάλλεται στις αίθουσες μουσικής, για να έχει το ακροατήριο την αίσθηση ότι ο ήχος έρχεται από όλες τις κατευθύνσεις με την ίδια ένταση. Αντίθετα ένα πολύ μικρό ποσοστό διάχυσης ήχου επαρκεί σε χώρους ακρόασης ομιλίας και μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και με τη χρήση εναλλάξ απορροφητικού και ανακλαστικού υλικού.



ΕΙΚΟΝΑ 5.4 ΔΙΑΧΥΣΗ
(Ref. 21)

5.2.3 ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ

Ηχοπερίθλαση είναι το φαινόμενο αλλαγής της διεύθυνσης μετάδοσης των ηχητικών κυμάτων, που πραγματοποιείται κοντά σε ασυνέχειες του μέσου διάδοσης. Το φαινόμενο αυτό πραγματοποιείται όταν τα ηχητικά κύματα παρακάμπτουν γωνίες κτιρίων, ένα τοίχο, μια κολώνα ενός σπιτιού κτλ. Επίσης ηχοπερίθλαση πραγματοποιείται όταν τα ηχητικά κύματα περνούν μέσα από ανοίγματα. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η δημιουργία «ηχητικής σκιάς». Η ηχοπερίθλαση επηρεάζεται από το μήκος κύματος του ήχου. Όσο χαμηλότερης συχνότητας είναι ο ήχος τόσο ασθενέστερη είναι η εκδήλωση του φαινομένου αυτού. Γενικά για συχνότητες 250 Hz και πάνω το φαινόμενο της περίθλασης είναι σημαντικό.



ΕΙΚΟΝΑ 5.5 ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ

(Ref. 29)

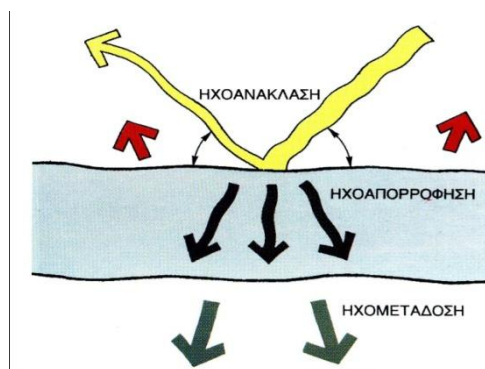
5.2.4 ΗΧΗΤΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ

Όταν σε κάποιο σημείο του χώρου συναντώνται δύο ή περισσότερα ηχητικά κύματα, η κίνηση των μορίων του αέρα στο σημείο αυτό θα εξαρτάται από τη σύνθεση των επιμέρους ηχητικών κυμάτων.

5.2.5 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Κατά τη διάδοση των ηχητικών κυμάτων μέσα σ' ένα μέσο ή κατά την πρόσπτωσή τους σε επιφάνειες ή αντικείμενα παρατηρείται μείωση της ηχητικής ενέργειάς τους, η οποία οφείλεται σε απορρόφηση μέρους της ηχητικής ενέργειας, συνήθως θερμική. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ηχοαπορρόφηση**.

Πιο συγκεκριμένα κατά την πρόσπτωση του ήχου σε κάποιο πέτασμα του χώρου, ένα ποσό του ανακλάται και ένα άλλο απορροφάται. Ένα μέρος της ενέργειας που απορροφάται μετατρέπεται σε θερμότητα εντός του υλικού και το υπόλοιπο μεταδίδεται ως ηχητική ενέργεια στο μέσο, που υπάρχει πίσω από το πέτασμα (ηχομετάδοση).

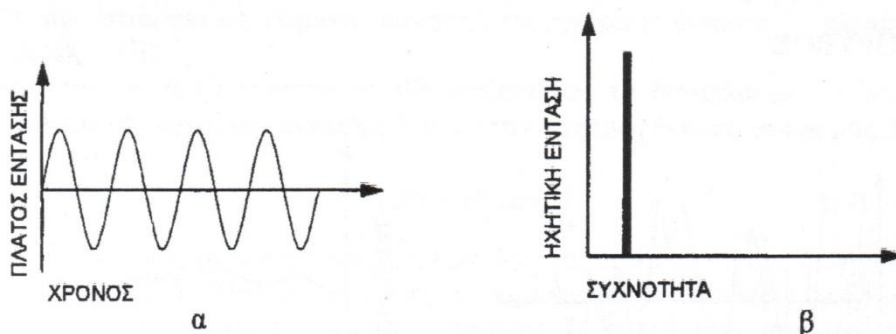


ΕΙΚΟΝΑ 5.6 ΣΧΗΜΑ ΜΕ ΗΧΟΑΝΑΚΛΑΣΗ, ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΚΑΙ ΗΧΟΜΕΤΑΔΟΣΗ
(Ref. 21)

5.3 ΕΙΔΗ ΗΧΩΝ

5.3.1 ΑΠΛΟΣ ΗΧΟΣ Ή ΑΠΛΟΣ (ΚΑΘΑΡΟΣ) ΤΟΝΟΣ

Ο *απλός ήχος ή απλός (καθαρός) τόνος* είναι μια περιοδική διαταραχή στην οποία η μεταβολή ενός χαρακτηριστικού μεγέθους του ήχου, όπως π.χ. της ηχητικής έντασης, είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου και η αντίστοιχη γραφική παράσταση της ημιτονοειδής καμπύλη (Διάγραμμα 5.1 α).

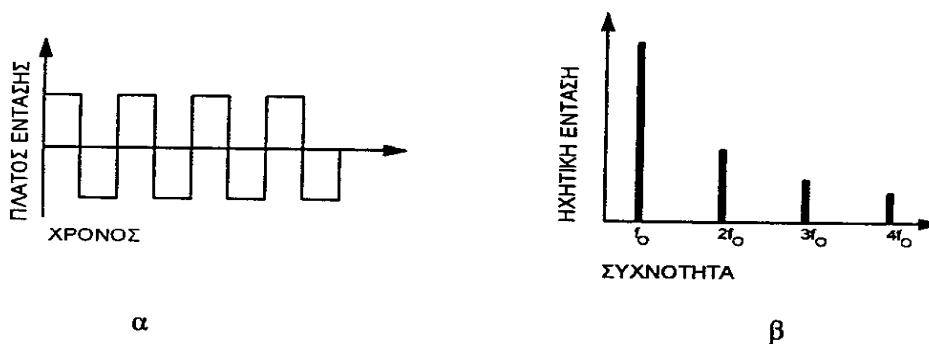


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 ΑΠΛΟΣ ΗΧΟΣ Ή ΑΠΛΟΣ (ΚΑΘΑΡΟΣ) ΤΟΝΟΣ
(Ref. 10)

Ο ήχος αυτός παράγεται μόνο τεχνητά για μετρητικούς σκοπούς. Η γραφική παράσταση της ηχητικής έντασης σε συνάρτηση με τη συχνότητα ονομάζεται φασματική κατανομή ή ηχητικό φάσμα. Στην περίπτωση του απλού ήχου το ηχητικό φάσμα είναι γραμμικό και μάλιστα αποτελείται από μία μόνο γραμμή (Διάγραμμα 5.1 β)

5.3.2 ΣΥΝΘΕΤΟΣ ΗΧΟΣ

Ο **σύνθετος ήχος** είναι μια περιοδική διαταραχή στην οποία η μεταβολή της ηχητικής έντασης δεν είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου (Διάγραμμα α). Ο σύνθετος ήχος αναλύεται μαθηματικά σε δύο ή περισσότερους απλούς ήχους. Από αυτούς εκείνος ο οποίος έχει τη μεγαλύτερη περίοδο T_1 , η οποία είναι ίση με τη περίοδο T του σύνθετου ήχου, και επομένως τη μικρότερη συχνότητα f_1 , ονομάζεται θεμελιώδης ή πρώτος αρμονικός του σύνθετου ήχου.



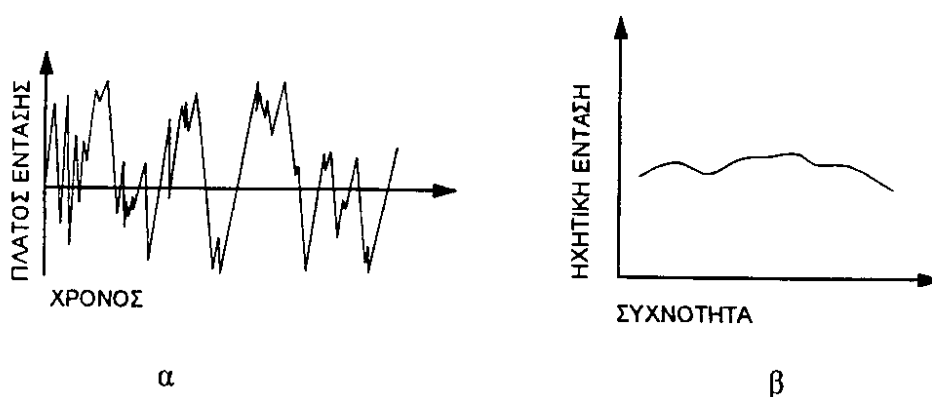
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 ΣΥΝΘΕΤΟΣ ΗΧΟΣ

(Ref. 10)

Το ηχητικό φάσμα του σύνθετου ήχου είναι γραμμικό και αποτελείται από ένα σύνολο γραμμών (Διάγραμμα β). Σύνθετοι ήχοι είναι οι ήχοι των μουσικών οργάνων και της φωνής.

5.3.3. ΘΟΡΥΒΟΣ

Ως **θόρυβος** ορίζεται κάθε ακανόνιστος απεριοδικός ήχος του οποίου η στιγμιαία τιμή αυξομειώνεται, γενικά, με τυχαίο τρόπο (Διάγραμμα α). Από τη μαθηματική ανάλυση του θορύβου αποδεικνύεται ότι αποτελείται άπειρους απλούς ήχους των οποίων οι συχνότητες δεν συνδέονται με καμία σχέση μεταξύ τους. Τέτοιος ήχος είναι π.χ. ο ήχος ο οποίος παράγεται από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 ΘΟΡΥΒΟΣ

(Ref. 10)

Το ηχητικό φάσμα του θορύβου είναι συνεχές, δηλαδή οι συνιστώσες του έχουν συνεχή κατανομή σε όλη την περιοχή των συχνοτήτων (Διάγραμμα β).

Από την άποψη της ηχοπροστασίας ως θόρυβος καθορίζεται κάθε ανεπιθύμητος ήχος. Ο ήχος, δηλαδή, ο οποίος προξενεί ενόχληση σε κάποιον, γι' αυτόν είναι ενόχληση, ανεξάρτητα από την φύση του.

5.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

Η ηχητική ένταση δεν μετράται εύκολα, σε αντίθεση με την ηχητική πίεση. Τα δύο αυτά μέθη συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση :

$$I = \frac{P^2}{2\rho * c} \text{ σε } \frac{W}{m^2}$$

Όπου είναι :

P: η ηχητική πίεση του αέρα σε (N/mm²),

ρ: η πυκνότητα του αέρα σε (Kg/m³)

c: η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα σε (m²/s)

Συνεπώς μετράται η ηχητική πίεση και από τη παραπάνω σχέση υπολογίζεται η ηχητική ένταση.

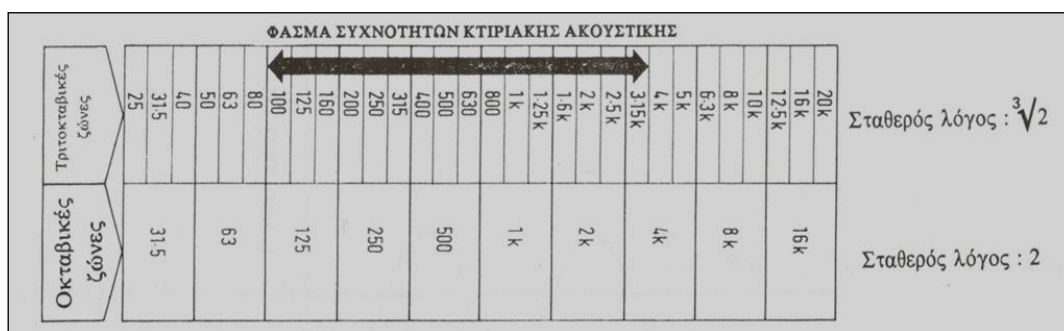
- ζώνες συχνότητων

Τα ακουστικά προβλήματα αντιμετωπίζονται σε συνάρτηση με τη συχνότητα, αφού οι περισσότεροι ήχοι αποτελούνται από διάφορες συχνότητες, χαμηλές, μεσαίες, υψηλές.

Λόγω του χαρακτήρα του θορύβου δεν έχει νόημα να προσδιοριστεί η στάθμη της ηχητικής έντασης σε συγκεκριμένες συχνότητες, Για τη περιγραφή του θορύβου μετράται η στάθμη της ηχητικής έντασης σε καθορισμένες περιοχές συχνότητων, οι οποίες ονομάζονται ζώνες συχνότητων ή φασματικές ζώνες.

Στην ακουστική η περιοχή συχνότητων χωρίζεται σε ζώνες ογδός ή οκτάβα. **Οκτάβα** είναι κάθε ζώνη συχνότητων, που ο λόγος της αρχικής της συχνότητας f_1 προς την τελική f_2 ισούται με 2, $\frac{f_2}{f_1} = 2$. Η οκτάβα είναι μονάδα μέτρησης διαστήματος συχνότητων και λαμβάνει την ονομασία της από την κεντρική συχνότητα του κάθε διαστήματος, $f_o = \sqrt{f_1 * f_2}$. Ο λόγος των κεντρικών συχνότητων σε δύο διαδοχικές οκτάβες ισούται με δύο. Οι κεντρικές συχνότητες του ακουστού ηχητικού φάσματος είναι οι 20, 40, 80, 160, 315, 630, 1.250, 2.500, 5.000, 10.000, 20.000 Hz και οι κεντρικές συχνότητες από τις οκτάβες που χρησιμοποιούνται για την ακουστική χώρου είναι οι 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 Hz.

Για λεπτομερέστερη ανάλυση των ακουστικών μεγεθών, η περιοχή συχνότητων χωρίζεται σε ζώνες μικρότερου ζωνικού εύρους, τις ζώνες τρίτων ογδός ή τριτοοκτάβα. Στην **τριτοοκτάβα**, ζώνη συχνότητων, ισχύει $\frac{f_2}{f_1} = 2^{1/3}$. Οι κεντρικές συχνότητες του ακουστού ηχητικού φάσματος είναι οι 20, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4.000, 5.000, 6.300, 8.000, 10.000, 12.500, 16.000, 20.000 Hz και οι κεντρικές συχνότητες από τις τριτοοκτάβες που χρησιμοποιούνται για την ακουστική χώρου είναι οι 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150 Hz.



ΕΙΚΟΝΑ 5.7 ΟΚΤΑΒΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΤΟΚΤΑΒΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

(Ref. 21)

- η κλίμακα των ντεσιμπελ

Έχει προσδιοριστεί πειραματικά ότι ο λόγος της μέγιστης έντασης $I_{\text{μεγ}}$, των ήχων, που μπορεί να ακούσει ο άνθρωπος χωρίς να αισθανθεί δυσαρέσκεια ή ενόχληση, προς την ελάχιστη ένταση, $I_{\text{ελαχ}}$ που πρέπει να έχει ένας ήχος για να γίνει ακουστός, είναι της τάξης μεγέθους του 10^{12} . Παρατηρείται ότι η γραμμική περιοχή των ακουστών ηχητικών εντάσεων είναι πάρα πολύ μεγάλη. Γι' αυτό στην πράξη χρησιμοποιείται μια λογαριθμική κλίμακα μέτρησης της ηχητικής έντασης, η κλίμακα των **ντεσιμπέλς**(dB).

Η τιμή της ηχητικής έντασης σε dB ορίζεται ως το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογαρίθμου της ηχητικής έντασης, I , προς την ηχητική ένταση αναφοράς, I_0 . Είναι :

$$dB=10\log \frac{I}{I_0}$$

Το ντεσιμπέλ, από τον ορισμό του, είναι μια σχετική μονάδα και η τιμή του εξαρτάται από την τιμή της I_0 . Πρέπει, επομένως, να καθοριστεί μια σταθερή τιμή της I_0 . Γι' αυτό ορίστηκε ως ηχητική ένταση αναφοράς, I_0 , η ελάχιστη ακουστή ηχητική ένταση στη συχνότητα των 1000Hz, η οποία είναι

$$I_0=10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

Όταν η ηχητική ένταση εκφράζεται σε dB ονομάζεται στάθμη ηχητικής έντασης και συμβολίζεται, γενικώς, με L.

Τα dB δεν προστίθενται αλγεβρικά. Πρέπει πρώτα να προσθέσουμε τα αντίστοιχα τετράγωνα των πιέσεων και μετά να λογαριθμίσουμε το άθροισμα και να πάρουμε dB.

Αριθμητική διαφορά στάθμων dB	Πρόσθεσε στην υψηλότερη στάθμη*, dB
0 ή 1	3
2 ή 3	2
4 ~ 9	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΣΘΕΣΗΣ dB

(Ref. 21)

- αφαίρεση ακουστικών σταθμών

Η αφαίρεση ηχητικών σταθμών ενδιαφέρει κυρίως στην περίπτωση που πρόκειται να μετρηθεί η στάθμη ενός ηχητικού σήματος παρουσία θορύβου. Έτσι αν είναι L η στάθμη του σήματος, Ln η στάθμη του θορύβου, Ls+n η στάθμη του σήματος μαζί με τη στάθμη του θορύβου και $\Delta L = Ls+n - Ln$, τότε η διαφορά $\delta L = Ls+n - Ls$ προσδιορίζεται από τη σχέση

$$\delta L = 10 \log \left[\frac{1}{1 - 10^{-\Delta L/10}} \right]$$

Στην πράξη όταν ο λόγος του σήματος προς το θόρυβο είναι μεγαλύτερος από 10 dB τότε η επίδραση του θορύβου στη μέτρηση είναι ασήμαντη.

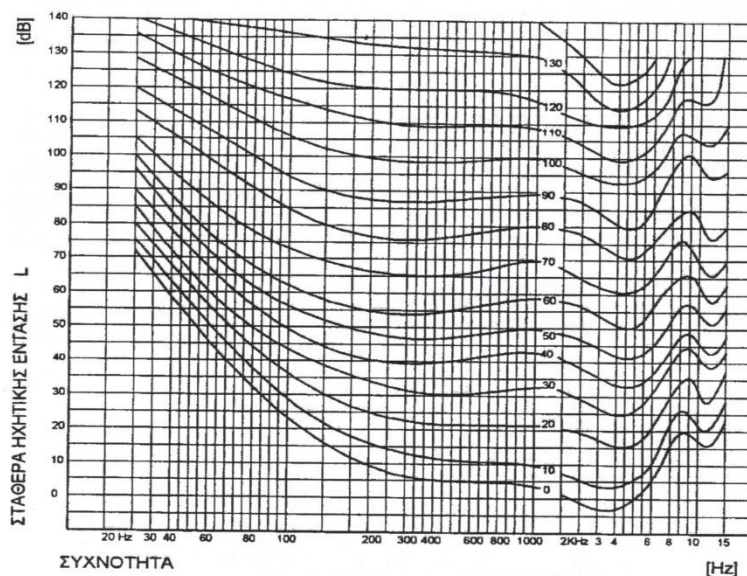
- ηχόμετρα

Τα βασικά όργανα για την μέτρηση της στάθμης της ηχητικής έντασης του θορύβου σε dB, είναι τα ηχόμετρα. Με την σύνδεση στο ηχόμετρο ενός φασματικού ηχοαναλυτή είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η στάθμη L του θορύβου σε διάφορες ζώνες συχνότητας. Επίσης, είναι δυνατόν το ηχόμετρο να εφοδιαστεί με διάφορα σταθμιστικά κυκλώματα. Με την παρεμβολή του **σταθμιστικού κυκλώματος A** το ηχόμετρο μετρά ότι ακριβώς ακούει το ανθρώπινο αυτί και οι μονάδες μέτρησης ονομάζονται **dB(A)**

- ισοακουστικές καμπύλες

Το ανθρώπινο αυτί έχει την ικανότητα να κάνει μια μορφή ηχοανάλυσης των διαφόρων ήχων που ακούει και να διακρίνει τις διαφορετικές συχνότητες, όπως επίσης και να συσχετίζει τις συχνότητες μεταξύ τους. Έτσι ξεχωρίζει τις φωνές των ανθρώπων και τους ήχους από τα διάφορα μουσικά όργανα.

Η αντίληψη της στάθμης ενός ήχου με υποκειμενικά κριτήρια, υπό την προϋπόθεση θεώρησης φυσιολογικού ακροατή, είναι ορισμένη ως **ακουστότητα** και μετριέται σε *sones* (σον).



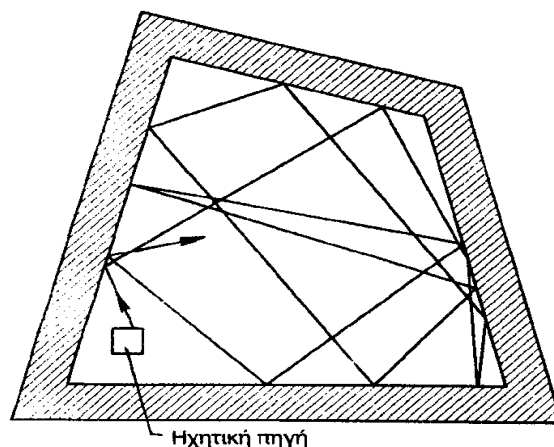
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 ΙΣΟΑΚΟΥΣΤΟΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

(Ref. 10)

Το ανθρώπινο αυτί δεν παρουσιάζει την ίδια ευαισθησία στον ήχο σε όλη την περιοχή συχνοτήτων, όπως διαπιστώνεται από το παραπάνω σχήμα. Στο διάγραμμα αυτό δίνεται η στάθμη ηχητικής έντασης σε συνάρτηση με τη συχνότητα, χαράσσεται μία ομάδα καμπύλων. Η καθεμία από αυτές συνδέει σημεία που αντιπροσωπεύουν καθαρούς τόνους με ίσες στάθμες ακουστότητας. Δηλαδή, κατά μήκος αυτών των καμπύλων, οι οποίες ονομάζονται **ισοακουστικές καμπύλες**, το ανθρώπινο αυτί ακούει το ίδιο καλά. Η ισοακουστική καμπύλη 0, η οποία δίνει σε κάθε συχνότητα την ελάχιστη στάθμη έντασης, που πρέπει να έχει ένας ήχος για να γίνει ακουστός, ονομάζεται κατώφλιο ακουστότητας, ενώ η αντίστοιχη καμπύλη 120, ονομάζεται, όριο πόνου, γιατί στις υψηλότερες περιοχές δημιουργείται στο αυτί το αίσθημα του πόνου.

5.5 Ο ΗΧΟΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ ΧΩΡΟ

Μια ηχητική πηγή η οποία λειτουργεί μέσα σε κλειστό χώρο, εκπέμπει ηχητικά κύματα προς όλες τις κατευθύνσεις, τα οποία καθώς προσπίπτουν στις περατωτικές επιφάνειες του χώρου υφίστανται διαδοχικές και πολλαπλές ανακλάσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 5.8 ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΜΕΣΑ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ ΧΩΡΟ

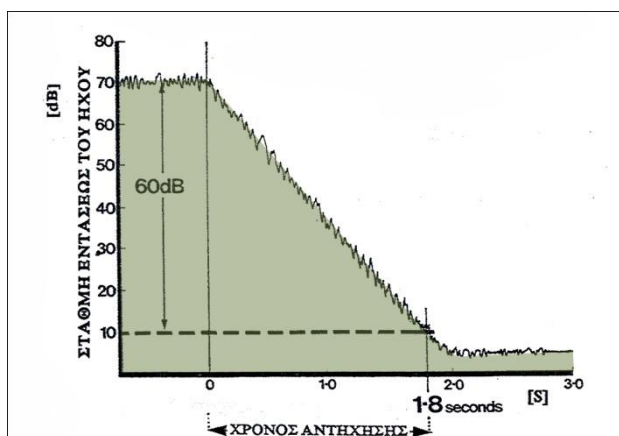
(Ref. 10)

Συνεπώς, σχεδόν αμέσως, σε κάθε σημείο του χώρου υπάρχουν πολυάριθμα ηχητικά κύματα, τα οποία δημιουργούνται από τις ηχοανακλάσεις και διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Σε κάθε ηχοανάκλαση τα ηχητικά κύματα χάνουν μέρος της ηχητικής τους ενέργειας ανάλογα με τα ηχοαπορροφητικά των διάφορων επιφανειών του χώρου.

5.5.1. ΑΝΤΗΧΗΣΗ

Όταν η ηχητική πηγή, η οποία λειτουργεί μέσα σε κλειστό χώρο σταματήσει σε κάποια χρονική στιγμή να εκπέμπει ήχο, το ηχητικό πεδίο του χώρου δεν θα σταματήσει να υπάρχει απότομα. Αντίθετα, λόγω των πολλαπλών ηχοανακλάσεων στις περατωτικές επιφάνειες θα εξακολουθήσει να διατηρείται για κάποιο χρονικό διάστημα ανάλογα με την ηχοαπορροφητικότητα των επιφανειών.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **αντήχηση** και χαρακτηρίζεται από τον χρόνο αντήχησης. . Ο **χρόνος αντήχησης** ορίζεται το χρονικό διάστημα που διέρχεται, αφότου σταματήσει η ηχητική πηγή να εκπέμπει, μέχρις ότου μειωθεί η στάθμη της ηχητικής έντασης του ηχητικού πεδίου, μέσα στον κλειστό χώρο, κατά 60dB.Ο χρόνος αντήχησης μετράται σε δευτερόλεπτα (s).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ
(Ref. 21)

5.5.2 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ SABINE

Ο χρόνος αντήχησης RT , για συνηθισμένους χώρους και για συνθήκες διάχυτου ηχητικού πεδίου, προσδιορίζεται, με πολύ καλή προσέγγιση, από τον εμπειρικό τύπο του Sabine.

$$RT = 0,163 * V/A \text{ σε (s)}$$

όπου είναι :

V: ο όγκος του χώρου σε κυβικά μέτρα και

A: η ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης του χώρου

Η ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης, A , ενός χώρου δίδεται από τη σχέση:

$$A = \sum_{i=1}^n S_i * \alpha_i + \sum_{j=1}^K N_j * \alpha_j$$

όπου είναι :

S_i: το εμβαδόν της επιφάνειας κάθε διαφορετικού υλικού σε τετραγωνικά μέτρα (m^2)

α_i : ο αντίστοιχος συντελεστής ηχοαπορρόφησης

N_j: ο αριθμός των προσώπων και των ομοιοειδών επίπλων (π.χ. καρέκλες)

α_j : ο αντίστοιχος συντελεστής ηχοαπορρόφησης ανά μονάδα (άτομο ή έπιπλο).

5.5.3 ΘΟΡΥΒΟΣ ΒΑΘΟΥΣ

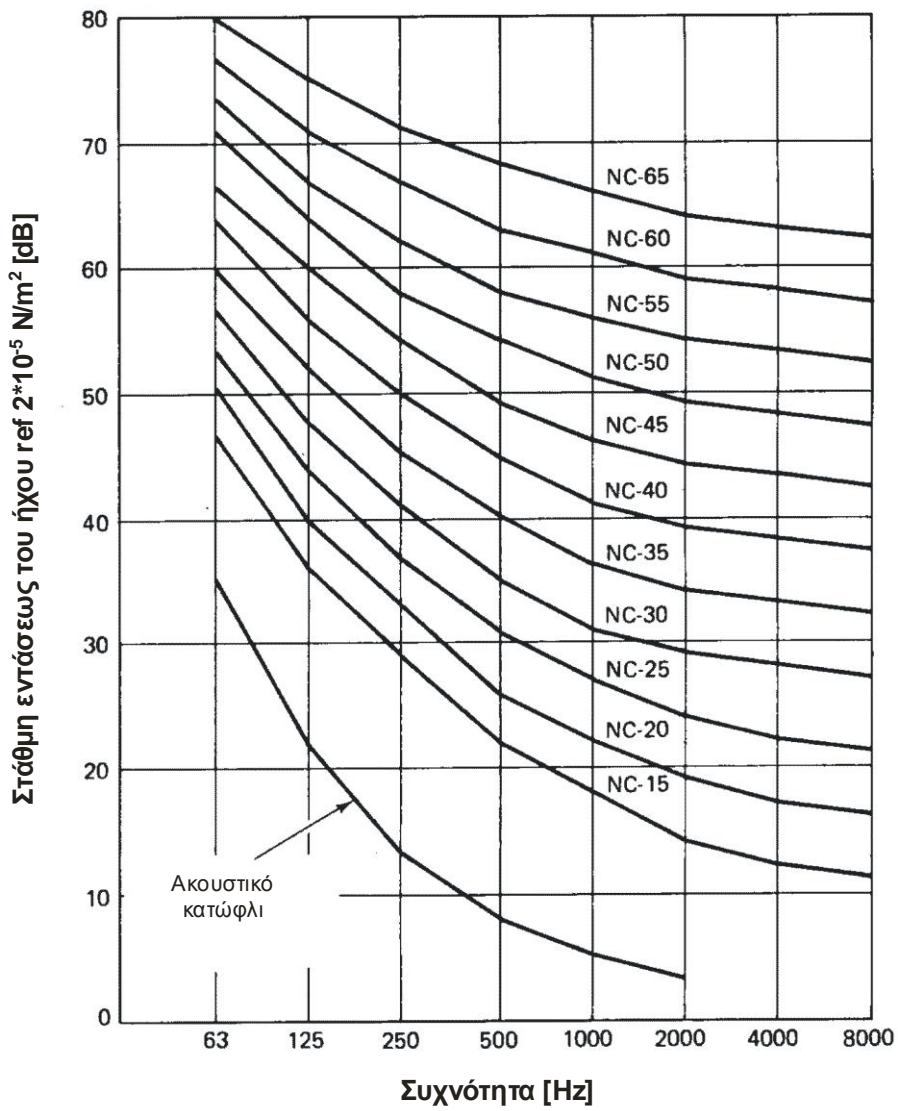
Ο θόρυβος βάθους (Background noise) προέρχεται είτε από εξωτερικούς παράγοντες, όπως τα μεταφορικά μέσα, ο άνεμος, η βροχή, το χαλάζι, το τρίξιμο των τζαμιών, η συγκέντρωση ανθρώπων είτε από εσωτερικούς, όπως το σύστημα κλιματισμού, τα φώτα, το ακροατήριο του χώρου.

Για τη σωστή λειτουργία ενός χώρου θεωρείται επιτακτική η λήψη μέτρων σχετικών με την ελαχιστοποίηση του θορύβου βάθους στο εσωτερικό του χώρου, η μελέτη των οποίων δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Η εκτίμηση της ανεκτής στάθμης θορύβου δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη, διότι σημαντικό ρόλο στο θέμα αυτό παίζει ο υποκειμενικός παράγοντας. Βέβαια, έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία τιμές ανεκτής στάθμης θορύβου σε συνάρτηση με τη χρήση του χώρου και ονομάζονται κριτήρια θορύβου (Noise Criteria - NC).

Δραστηριότητα	NC
Αποδεκτές συνθήκες εργασίας με την ελάχιστη λεκτική παρέμβαση. (Βιομηχανικές περιοχές, εμπορικές περιοχές, όπως γκαράζ, κλειστά πάρκινγκ αυτοκινήτων, πλυντήρια, κ.τ.λ.)	45 - 55
Αποδεκτές οι μέτριες συνθήκες ακουστικής. (Χώροι με μηχανήματα γραφείου, καφετέριες, χώροι εργοστασίων, διάδρομοι, μπάνια, κ.τ.λ.)	40 - 45
Απαιτούμενες οι σχετικά καλές συνθήκες ακουστικής. (Μεγάλα γραφεία, εστιατόρια, κ.τ.λ.)	35 - 40
Απαιτούμενες οι καλές συνθήκες ακουστικής. (Ιδιωτικά γραφεία, τάξεις, βιβλιοθήκες, κ.τ.λ.)	30 - 35
Ύπνος, ξεκούραση. (Σπίτια, διαμερίσματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.τ.λ.)	20 - 30
Απαιτούμενες οι πολύ καλές συνθήκες ακουστικής. (Αμφιθέατρα, θέατρα, εκκλησίες, κ.τ.λ.)	25
Απαιτούμενες οι άριστες συνθήκες ακουστικής. (Αίθουσες συναυλιών, τηλεοπτικά στούντιο.)	20
Απαιτούμενες οι εξειδικευμένες συνθήκες ακουστικής. (Πειραματικά ακουστικά εργαστήρια, κ.τ.λ.)	15

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ (ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ) ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ
(Ref. 23)

5.5.4 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΚΑΙ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Το φαινόμενο της ηχοαπορρόφησης χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή ηχοαπορρόφησης.

Ως **συντελεστής ηχοαπορρόφησης** α , μιας επιφανείας ή ενός υλικού ορίζεται ο λόγος της απορροφούμενης ηχητικής ισχύος, P_α , προς την προσπίπτουσα ηχητική ισχύ P_i :

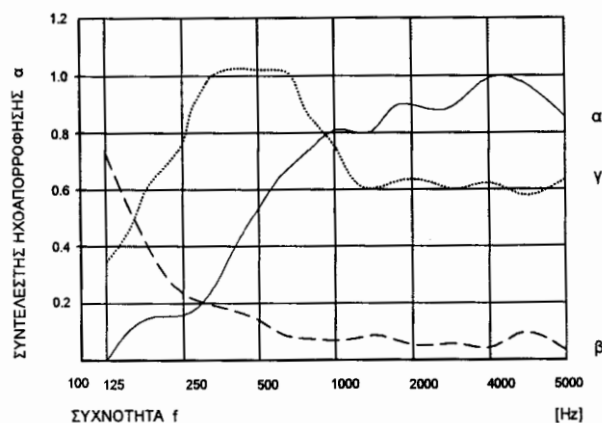
$$\alpha = P_\alpha / P_i \quad \text{και} \quad P_\alpha + P_r = P_i$$

Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης είναι αδιάστατο μέγεθος και κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1.

Ηχοαπορροφητικά υλικά ονομάζονται τα υλικά με σχετικά μεγάλη ικανότητα ηχοαπορρόφησης και ορισμένα από αυτά είναι ο αέρας, που υπάρχει σε κάθε χώρο και οι επενδύσεις των περατωτικών επιφανειών του, τα άτομα, τα καθίσματα, οι κουρτίνες, τα χαλιά και οι οπές εξαερισμού, που περιλαμβάνει.

Τα ηχοαπορροφητικά υλικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το μηχανισμό ηχοαπορρόφησής τους στα :

- πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά
- συνηχητές μεμβράνης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.7 ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΤΥΠΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

(Ref. 10)

5.5.4.1 ΠΟΡΩΔΗ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Η ηχοαπορρόφηση στα πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά οφείλεται στην ύπαρξη πόρων στο υλικό, οι οποίοι επικοινωνούν με τον εξωτερικό αέρα και μεταξύ τους. Τα ηχητικά κύματα κατά την πρόσπτωσή τους στο υλικό εισέρχονται στους πόρους του και εκεί χάνουν μέρος της ηχητικής ενέργειας, που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια λόγω εσωτερικής τριβής και θερμικών διεργασιών.

Πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά είναι:

- i. ο αέρας, που απορροφά τον ήχο στις υψηλές συχνότητες μειώνοντας το χρόνο αντήχησης της αίθουσας. Η ηχοαπορρόφηση του αέρα επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία, ενώ παίρνει τιμές πάνω από τη συχνότητα των 1.000Hz .
- ii. οι οπές, τα ανοίγματα
- iii. τα άτομα, τα οποία λαμβάνονται ως ηχοαπορροφητές μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων
- iv. τα καθίσματα, που απορροφούν τον ήχο στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες. Η ηχοαπορρόφηση των καθισμάτων πρέπει να πλησιάζει αυτή των ατόμων σε καθίσματα. Όσον αφορά τις πλευρές του καθίσματος, αυτές στις οποίες κάθετοι το άτομο πρέπει να είναι ηχοαπορροφητικές ενώ οι υπόλοιπες μπορούν να είναι σκληρές επιφάνειες. Η πίσω πλευρά της βάσης, όταν ανασκλώνεται, πρέπει να έχει οπές, έτσι ώστε το υλικό με το οποίο είναι κατασκευασμένη, να απορροφά τον ήχο, ακόμα και στην περίπτωση που το κάθισμα είναι άδειο. Οι παραπάνω κανόνες λαμβάνονται απαραίτητως υπόψη σε αίθουσες μουσικής κυρίως, όπου οι απαιτήσεις καλής ακουστικής είναι αυξημένες, παρά σε χώρους ακρόασης ομιλίας.
- v. τα αναρτημένα πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά χώρου. Αυτά χρησιμοποιούνται σε χώρους, που δε διαθέτουν άδειες επιφάνειες για την τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών.
- vi. οι κουρτίνες
- vii. οι μοκέτες
- viii. τα μαλακά, αφρώδη πλαστικά και οι πλάκες από αφρώδη πολυουρεθάνη

- ix. οι ινόπλακες από ορυκτές ίνες, όπως πλάκες υαλοβάμβακα, πετροβάμβακα, ορυκτοβάμβακα. Αυτά είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην ακουστική, τοποθετώντας στην τελική επιφάνειά τους μια λεπτή στρώση από υαλοπίλημα, για να μην ξεφτίζουν. Οι πλάκες τοποθετούνται μέσα σε πλαίσια ανάρτησης για την εξασφάλιση της σταθερότητάς τους και επικαλύπτονται από ηχοδιαπερατά υλικά πλέγματα (ξύλο, μέταλλο, ύφασμα) για λόγους πρακτικότητας και αισθητικής
- x. οι ινόπλακες από φυτικές ίνες, όπως ινόπλακες ψευδοροφών, ινοσιμεντόπλακες.

Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης των υλικών εξαρτάται από την αντίσταση ροής του κάθε υλικού, το πάχος του στρώματος και την απόστασή του από τη σκληρή επιφάνεια, στην οποία είτε αναρτάται είτε τοποθετείται.

Η αντίσταση ροής των υλικών εξαρτάται από τον αριθμό των πόρων, το μέγεθός τους, τη διάταξή τους και το πάχος του στρώματος.

Γενικά, όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος του στρώματος του υλικού τόσο πιο αποτελεσματικό είναι, αλλά αυτό συμβαίνει μέχρι ενός σημείου, μετά από το οποίο η ηχοαπορρόφηση δεν είναι εφικτή, αφού λόγω της έντονης αύξησης της αντίστασης ροής, ο ήχος δε μπορεί να διαπεράσει όλο το στρώμα του υλικού, και τα ηχητικά κύματα θα ανακλώνται σαν από έναν συμπαγή τοίχο. Επιπλέον έχει παρατηρηθεί ότι στις χαμηλές συχνότητες η απορρόφηση μεγαλώνει όσο το πορώδες υλικό γίνεται παχύτερο, ενώ η επιρροή του πάχους στις υψηλές συχνότητες είναι ασήμαντη.

Με την αύξηση της απόστασης του υλικού από τη σκληρή επιφάνεια, στην οποία τοποθετείται, η ηχοαπορρόφηση επεκτείνεται όλο και περισσότερο στις χαμηλές συχνότητες. Πιο συγκεκριμένα ένα αποτελεσματικό πορώδες ηχοαπορροφητικό σχηματίζεται από λεπτό ελεύθερα αναρτημένο υλικό σε απόσταση $\frac{1}{4}$ του μήκους κύματος από τη συμπαγή ανακλώμενη επιφάνεια. Τέτοιας μορφής διάταξη δίνει 100% απορρόφηση σε δεδομένη συχνότητα μόνο όμως όταν η ρέουσα αντίσταση είναι στο σωστό μέγεθος.

5.5.4.2 ΣΥΝΗΧΗΤΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ

Οι συνηχητές διακρίνονται σε ταλαντούμενες πλάκες και σε διάτρητες ταλαντούμενες πλάκες.

Οι **ταλαντούμενες πλάκες** είναι φύλλα υλικού, τα οποία τοποθετούνται σε απόσταση από μια επιφάνεια στήριξης και, καθώς προσπίπτουν επάνω τους τα ηχητικά κύματα, πάλλονται. Η ηχοαπορρόφηση οφείλεται στη λειτουργία του συστήματος μάζας – ελατηρίου. Το φύλλο του υλικού ενεργεί ως μάζα και το στρώμα του αέρα μεταξύ του φύλλου και της επιφάνειας στήριξης ως ελατήριο. Η ηχοαπορρόφηση οφείλεται κυρίως στη δόνηση του φύλλου και είναι μεγαλύτερη για συχνότητες κοντά στη συχνότητα συντονισμού του συστήματος.

Οι ταλαντούμενες πλάκες παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ηχοαπορρόφηση στις περιοχές των χαμηλών συχνοτήτων, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές η ηχοαπορρόφηση είναι μικρή.

Οι **διάτρητες ταλαντούμενες πλάκες** είναι φύλλα υλικού διάτρητα με οπές ή σχισμές, τα οποία τοποθετούνται σε απόσταση από μια επιφάνεια στήριξης. Η ηχοαπορρόφηση οφείλεται, όπως και στη προηγούμενη περίπτωση, στη λειτουργία του συστήματος μάζας – ελατηρίου. Πάλι το στρώμα του αέρα που βρίσκεται μεταξύ του διάτρητου φύλλου και της επιφάνειας στήριξης, λειτουργεί ως ελατήριο, αλλά ως μάζα λειτουργεί βασικά η μάζα του αέρα, ο οποίος βρίσκεται μέσα στις οπές ή στις σχισμές.

Οι διάτρητες ταλαντούμενες πλάκες παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ηχοαπορρόφηση στην περιοχή των μεσαίων συχνοτήτων, μέτρια στις υψηλές και μικρή στις χαμηλές συχνότητες.

5.5.4.3 ΧΡΗΣΗ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα ηχοαπορροφητικά υλικά χρησιμοποιούνται όταν πρέπει να μειωθεί η στάθμη της ηχητικής έντασης του ήχου, ο οποίος παράγεται μέσα στον ίδιο το χώρο ή όταν πρέπει να ρυθμιστεί η συνολική απορρόφηση του χώρου για τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών ακρόασης.

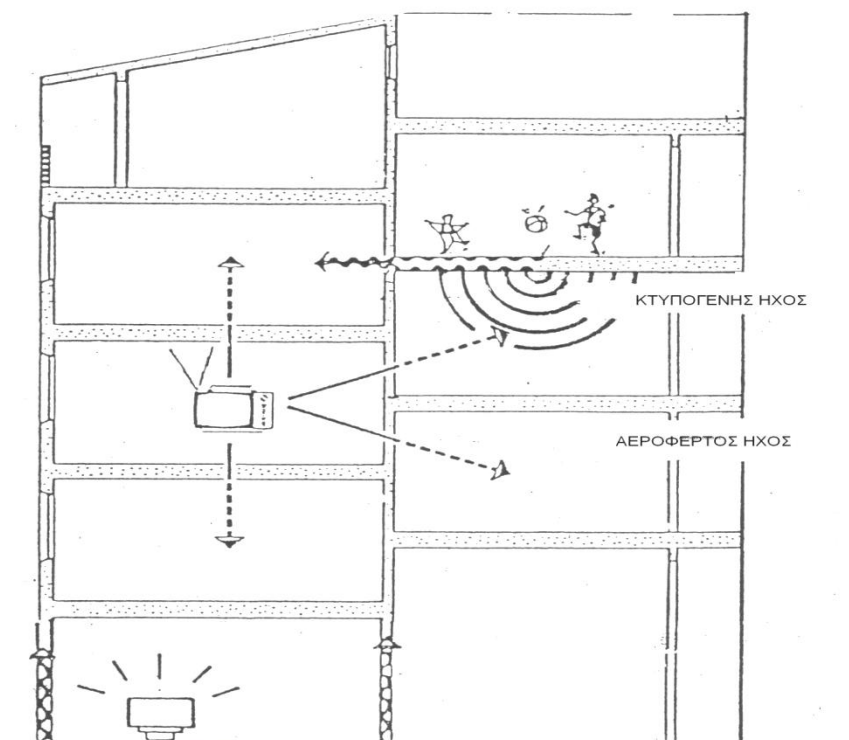
Η χαλαρή τοποθέτηση πορωδών ηχοαπορροφητικών υλικών στο διάκενο, το οποίο σχηματίζεται μεταξύ των δύο φύλλων των διπλών διαχωριστικών πετασμάτων ή στην κατασκευή των πλωτών δαπέδων, αυξάνει ουσιαστικά την ηχομονωτική τους ικανότητα.

5.6 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ

Όταν σ' ένα διαχωριστικό πέτασμα προσπίπτουν ηχητικά κύματα, ένα τμήμα της ηχητικής ισχύος τους ανακλάται ή απορροφάται από το πέτασμα και το υπόλοιπο τμήμα της διέρχεται στην άλλη πλευρά του. Η ιδιότητα του διαχωριστικού πετάσματος να εμποδίζει την ηχομετάδοση από την μια πλευρά του στην άλλη ονομάζεται **ηχομόνωση**. Επίσης, ως ηχομόνωση αναφέρονται και όλα τα μέτρα που λαμβάνονται για την μείωση της ηχομετάδοσης.

Η ηχομόνωση αναφέρεται στην ικανότητα ενός σώματος να μειώνει την ενέργεια του ήχου που περνά από μέσα του.

Σε σχέση με την ηχομόνωση ο ήχος διακρίνεται σε αερόφερτο και κτυπογενή.



ΕΙΚΟΝΑ 5.9 ΕΙΔΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

Αερόφερτος ήχος είναι ο ήχος ο οποίος φτάνει στο εξεταζόμενο κτιριακό στοιχείο μέσω του αέρα. Η ηχομόνωση σ' αυτή τη περίπτωση ονομάζεται αερόφερτη ηχομόνωση, και αφορά τα μονοπάτια εκείνα της κατασκευής που συμμετέχουν στην διάδοση του αερόφερτου ήχου.

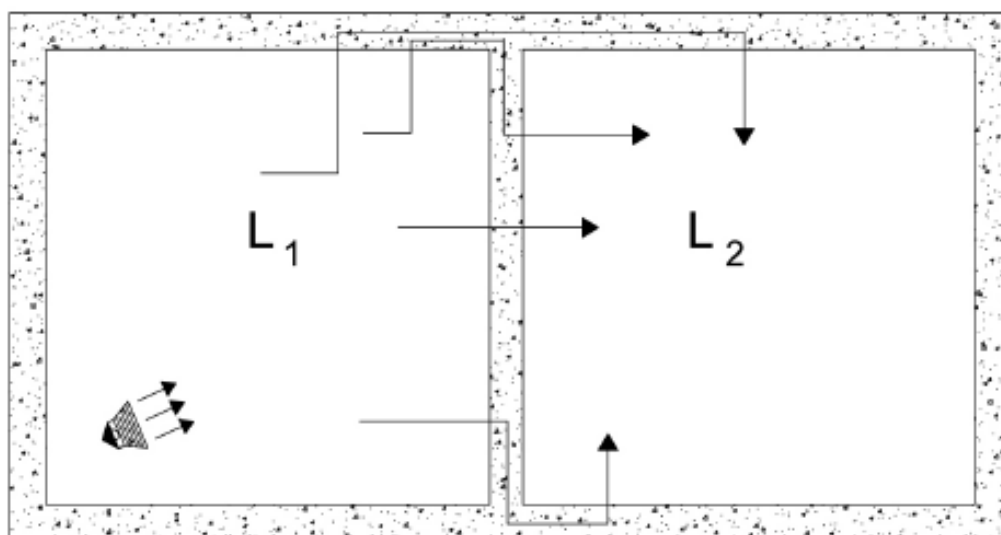
Κτυπογενής ήχος είναι ο ήχος που παράγεται με κτυπήματα πάνω στο εξεταζόμενο κτιριακό στοιχείο. Στα κτίρια ο κτυπογενής ήχος δημιουργείται στα πατώματα από την πτώση ή την κρούση διαφόρων αντικειμένων πάνω σ' αυτά ή από τον κραδασμό μηχανημάτων. Η ηχομόνωση σ' αυτή τη περίπτωση ονομάζεται κτυπογενής ηχομόνωση, και αφορά τα μονοπάτια εκείνα της κατασκευής που συμμετέχουν στην διάδοση του κτυπογενή ήχου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην πράξη δεν υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ στοιχείων του κτιρίου, αφού μπορεί να συμμετέχουν εξίσου στην αερόφερτη και στη κτυπογενή μετάδοση του ήχου. Παρόλα' αυτά διαφοροποίηση εμφανίζεται στις τεχνικές μέτρησης της ηχομόνωσης ή στη θεωρητική διερεύνηση του φαινομένου της μετάδοσης του ήχου.

5.6.1 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ

Ας υποθέσουμε δύο δωμάτια που χωρίζονται με διαχωριστικό πέτασμα. Στο ένα δωμάτιο υπάρχει μια ηχητική πηγή που εκπέμπει ήχο και ονομάζεται **δωμάτιο ηχητικής εκπομπής**, ενώ το άλλο στο οποίο φτάνει ο ήχος ονομάζεται **δωμάτιο λήψης**.

Όταν ο ήχος φτάνει στο δωμάτιο ηχητικής λήψης μόνο διαμέσου του διαχωριστικού πετάσματος, τότε έχουμε **άμεση ή απευθείας ηχομετάδοση**. Όμως στην πράξη υπάρχουν πάντοτε και συνιστώσες της ηχητικής ισχύος που φτάνουν στο δωμάτιο ηχητικής λήψης μέσω διαδρόμων που παρακάμπτουν το πέτασμα, οπότε **έμμεση πλευρική ηχομετάδοση**.



ΕΙΚΟΝΑ 5.10 ΗΧΟΜΕΤΑΔΟΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΔΩΜΑΤΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ

5.6.1.1 ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΣΤΑΘΜΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ L , (average sound pressure level) ενός χώρου, είναι το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογαρίθμου του λόγου της χωρικής μέσης τιμής των χρονικών μέσων τιμών του τετραγώνου της ηχητικής πίεσης (p^2) προς το τετράγωνο της ηχητικής πίεσης αναφοράς (p_o^2) και εκφράζεται σε dB. Δηλαδή είναι:

$$L = 10 \log \frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{np_o^2}$$

Όπου:

$p_o = 20\mu Pa$ είναι η ηχητική πίεση αναφοράς και $p_1^2, p_2^2, \dots, p_n^2$ είναι οι χρονικές μέσες τιμές του τετραγώνου της ηχητικής πίεσης (p^2) σε η διαφορετικά στοιχεία, που κατανέμονται μέσα σε ολόκληρο το χώρο, με τον περιορισμό ότι τα σημεία αυτά δεν πρέπει να επηρεάζονται από άμεσο ηχητικό πεδίο ηχητικών πηγών ή από γειτνίαση των περατωτικών επιφανειών (τοίχων κτλ.).

5.6.1.2 ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ (level difference).

Είναι η διαφορά της ισοδύναμης στάθμης χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης που δημιουργείται στα δύο δωμάτια, όταν στο ένα από αυτά λειτουργούν μία ή περισσότερες ηχητικές πηγές.

Το μέγεθος αυτό συμβολίζεται με D :

$$D = L_1 - L_2 \text{ σε (dB)}$$

Όπου:

L_1 : είναι η ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης στο δωμάτιο εκπομπής.

L_2 : είναι η ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης στο δωμάτιο λήψης.

5.6.1.3 ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ (standardized level difference)

Είναι η διαφορά στάθμης, που αντιστοιχεί σε μια τιμή αναφοράς του χρόνου αντήχησης στο δωμάτιο λήψης:

Το μέγεθος αυτό συμβολίζεται με D_{nT} :

$$D_{nT} = D + 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

Όπου :

D: είναι η διαφορά στάθμης

T: είναι ο χρόνος αντήχησης στο δωμάτιο λήψης

T₀: Χρόνος αντήχησης αναφοράς=0.16 V/A0

V: Όγκος του δωματίου λήψης σε κυβικά μέτρα.

A₀: Ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης στο δωμάτιο λήψης σε τετραγωνικά μέτρα.

5.6.1.4 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R

Το μέτρο της ηχομονωτικής ικανότητας του διαχωριστικού πετάσματος εκφράζεται με το δείκτη ηχομείωσης, R, ο οποίος δίνεται από τη σχέση :

$$R = D + 10 \log \frac{S}{A} \text{ σε (dB)}$$

Όπου :

S : το εμβαδόν του διαχωριστικού πετάσματος σε τετραγωνικά μέτρα (m²) και

A : είναι η ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης στο δωμάτιο λήψης , $A = \frac{0.16V}{T}$

V: είναι ο όγκος του δωματίου λήψης, σε κυβικά μέτρα

T: είναι ο χρόνος αντήχησης, σε δευτερόλεπτα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, στις επιτόπιες μετρήσεις, όπου υπάρχει και πλευρική ηχομετάδοση, η ηχομονωτική ικανότητα του διαχωριστικού πετάσματος εκφράζεται με τον δείκτη ηχομείωσης, R_{θ} , με την μέθοδο του μεγαφώνου (βλ.7.3.1). (Τα διαχωριστικά πετάσματα διακρίνονται σε απλά, διπλά και σύνθετα).

5.6.1.5 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R' (apparent sound reduction index-apparent transmission loss) ενός δοκιμίου είναι το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογαρίθμου του λόγου της προσπίπτουσας στο δοκίμιο ηχητικής ισχύος P_1 προς την ολική ηχητική ισχύ P_3 που μεταδίδεται στο δωμάτιο λήψης:

$$R' = 10 \log \frac{P_1}{P_3} \text{ dB}$$

Με την προϋπόθεση ότι το ηχητικό πεδίο μέσα στα δύο δωμάτια είναι διάχυτο, ο φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης μπορεί να προσδιοριστεί με τον τύπο:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \text{ dB}$$

Όπου:

S: είναι η επιφάνεια του δοκιμίου

A: είναι η ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης στο δωμάτιο λήψης ,

$$A = \frac{0.16V}{T}$$

V: είναι ο όγκος του δωματίου λήψης, σε κυβικά μέτρα

T: είναι ο χρόνος αντήχησης, σε δευτερόλεπτα.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Στο φαινόμενο δείκτη ηχομείωσης η ηχητική ενέργεια που μεταδίδεται στο δωμάτιο λήψης σχετίζεται με την ηχητική ενέργεια που προσπίπτει στο κοινό χώρο, ανεξάρτητα από τις πραγματικές συνθήκες μετάδοσης.

5.6.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ

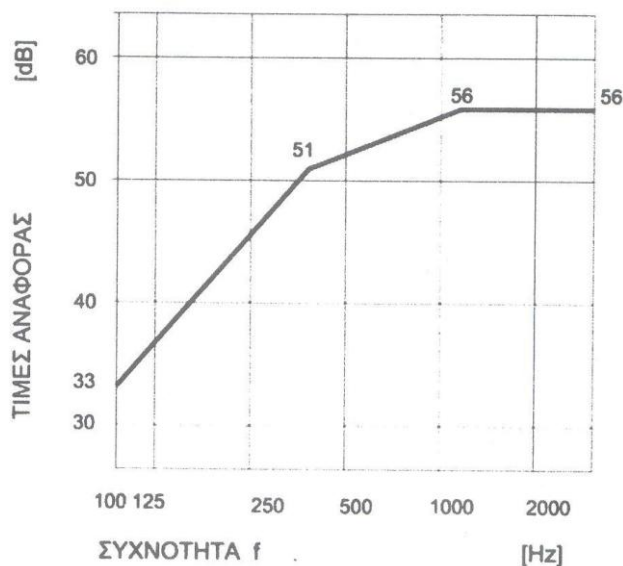
Τα μεγέθη, τα οποία προσδιορίζουν την ηχομονωτική ικανότητα των διαχωριστικών πετασμάτων, δίδονται με τη μορφή πίνακα τιμών ή και με τη μορφή καμπύλης. Όμως, όπως παρουσιάζονται αυτά τα στοιχεία δεν είναι δυνατόν να γίνει μια γρήγορη και ακριβής εκτίμηση της ηχομόνωσης κάποιου πετάσματος. Ακόμα περισσότερο δεν είναι δυνατόν να γίνει εύκολα σύγκριση της ηχομονωτικής ικανότητας διαφόρων πετασμάτων και συνεπώς η σωστή επιλογή κάθε φορά. Για τους λόγους αυτούς έχουν ορισθεί κατάλληλα μονότιμα μεγέθη για την αξιολόγηση της ηχομονωτικής ικανότητας των πετασμάτων.

Συχνότητα, Hz	Τιμές αναφοράς, dB
100	33
125	36
160	39
200	42
250	45
315	48
400	51
500	52
630	53
800	54
1000	55
1250	56
1600	56
2000	56
2500	56
3150	56

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 ΤΙΜΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ
(Ref. 10)

Το μονότιμο μέγεθος προσδιορίζεται από τη σύγκριση της φασματικής καμπύλης του μετρούμενου μεγέθους με την καμπύλη αναφοράς για τον αερόφερτο ήχο, η οποία δίνεται και με τη μορφή πίνακα τιμών σε τριτοοκτάβες στην περιοχή συχνοτήτων από 100Hz μέχρι 3150 Hz.

Για τη διαδικασία της σύγκρισης γίνεται αρχικά η γραφική παράσταση του μετρούμενου μεγέθους. Ακολούθως, στο ίδιο διάγραμμα τοποθετείται και η καμπύλη αναφοράς για τον αερόφερτο ήχο και μετατοπίζεται προς την καμπύλη των μετρήσεων με βήματα του 1dB, ωστόσο η μέση δυσμενής απόκλιση, η οποία ορίζεται ως το πηλίκο του αθροίσματος των δυσμενών αποκλίσεων δια του συνολικού αριθμού των συχνοτήτων μέτρησης, γίνει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη, όχι όμως μεγαλύτερη από 2,0.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8 ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ
(Ref. 10)

Δυσμενής απόκλιση σε ορισμένη συχνότητα υπάρχει, όταν το αποτέλεσμα των μετρήσεων είναι μικρότερο από την αντίστοιχη τιμή της μετατοπισμένης καμπύλης αναφοράς. Τονίζεται ότι μόνο οι δυσμενείς αποκλίσεις λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό. Η τιμή σε dB της καμπύλης αναφοράς στα 500Hz, μετά την μετατόπισή της σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία, είναι το αντίστοιχο μονότιμο μέγεθος του μετρούμενου μεγέθους.

Για κάθε συχνότητα μέτρησης πρέπει να καταγράφεται η τιμή της δυσμενούς απόκλισης, όταν υπερβαίνει τα 8,0 dB.

Για την αξιολόγηση της ηχομόνωσης των διαχωριστικών πετασμάτων ως προς τον αερόφερτο ήχο όταν το μετρούμενο μέγεθος είναι ο δείκτης ηχομείωσης R , για εργαστηριακές μετρήσεις, τότε το προσδιοριζόμενο μονότιμο μέγεθος είναι ο **σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης, R_w** , ενώ όταν το μετρούμενο μέγεθος είναι ο φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης R' , για επιτόπιες μετρήσεις στη κατασκευή, τότε το προσδιοριζόμενο μονότιμο μέγεθος είναι ο **σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης R'_w** .

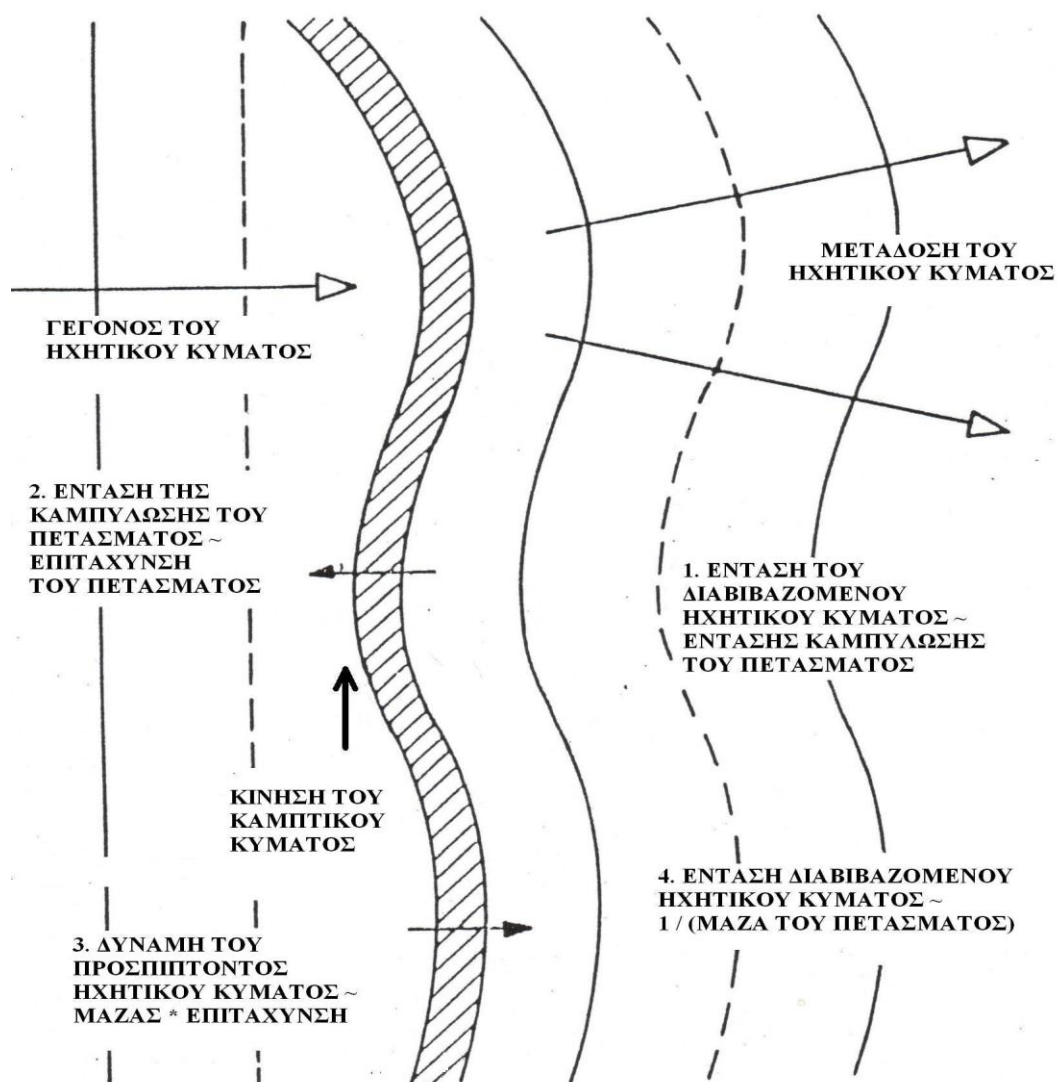
Η μετατόπιση, η οποία χρειάζεται να γίνει στην καμπύλη αναφοράς, ώστε να ικανοποιηθεί η απαίτηση απόκλισης για τον προσδιορισμό του μονότιμου μεγέθους, ονομάζεται περιθώριο ηχομόνωσης. Αυτό εκφράζεται σε dB και είναι θετικό, όταν η μετατόπιση της καμπύλης αναφοράς γίνεται προς τα πάνω και αρνητικό, όταν η μετατόπιση γίνεται προς τα κάτω.

5.6.3 ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ

5.6.3.1 ΑΠΛΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ

Απλά διαχωριστικά πετάσματα από την άποψη της ηχομόνωσης δεν είναι μόνο εκείνα που αποτελούνται από ένα υλικό, αλλά και κάθε άλλη κατασκευή που αποτελείται από επάλληλες συμπαγείς στρώσεις δύο ή περισσότερων υλικών.

Η ηχομονωτική ικανότητα των απλών πετασμάτων είναι δυνατόν να προσδιοριστεί θεωρητικά από το **νόμο της μάζας**.



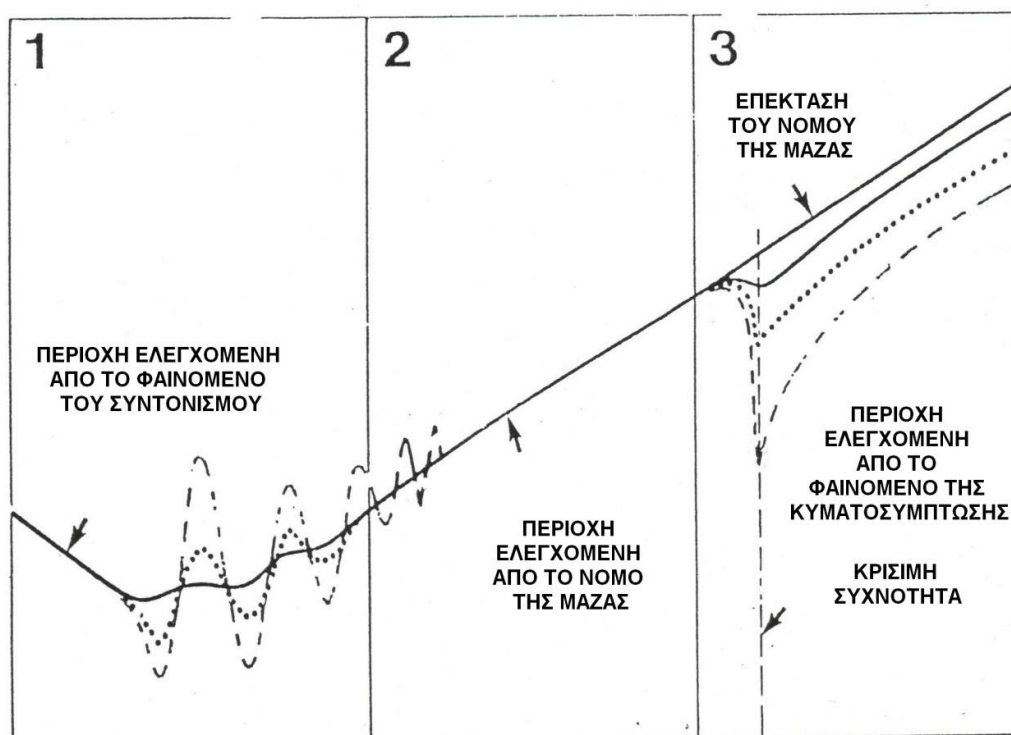
ΕΙΚΟΝΑ 5.11 Ο ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ

Σύμφωνα με το νόμο αυτό ο δείκτης ηχομείωσης R των απλών πετασμάτων είναι ανάλογος της συχνότητας και του επιφανειακού τους βάρους. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερο βάρος έχει ένα απλό πέτασμα, τόσο υψηλότερος είναι ο δείκτης ηχομείωσής του. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερο βάρος έχει ένα απλό πέτασμα, τόσο υψηλότερος είναι ο δείκτης ηχομείωσής του. Μάλιστα, πρακτικά, με διπλασιασμό του επιφανειακού βάρους επιτυγχάνεται αύξηση της τιμής R κατά 4,5 dB περίπου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.9 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΜΟΝΩΝ (ΣΥΜΠΑΓΩΝ) ΧΩΡΙΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΝΟΜΟ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ

Κατά την ηχομετάδοση διαμέσου των απλών πετασμάτων εμφανίζεται το φαινόμενο του **συντονισμού**. Και το φαινόμενο της **κυματοσύμπτωσης**, τα οποία προκαλούν σε ορισμένες συχνότητες μείωση των αναμενόμενων τιμών του δείκτη ηχομείωσης του πετάσματος.



ΕΙΚΟΝΑ 5.12 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ- ΚΥΜΑΤΟΣΥΜΠΤΩΣΗ

Στο **φαινόμενο του συντονισμού** το πέτασμα κατά την πρόσπτωση των ηχητικών κυμάτων ταλαντεύεται και συντονίζεται στην περιοχή των ιδιοσυχνοτήτων του, οι οποίες εξαρτώνται από τη μάζα, το υλικό και την ακαμψία του πετάσματος, καθώς και από τον τρόπο που έχει στερεωθεί στα άκρα του. Η ιδιοσυχνότητα με την μικρότερη τιμή είναι η πιο σημαντική και ονομάζεται **συχνότητα συντονισμού**.

Στις περισσότερες περιπτώσεις το υλικό και το μέγεθος του απλού πετάσματος είναι τέτοιο, ώστε η τιμή της συχνότητας συντονισμού να είναι μικρότερη από τη χαμηλότερη ζώνη των συχνοτήτων μέτρησης. Συνεπώς, το φαινόμενο του συντονισμού επηρεάζει ουσιαστικά την ηχομονωτική ικανότητα των απλών πετασμάτων.

Το **φαινόμενο της κυματοσύμπτωσης** παρουσιάζεται όταν το προβαλλόμενο μήκος κύματος του προσπίπτοντος ηχητικού κύματος στο πέτασμα είναι ίσο με το μήκος κύματος του καμπτικού κύματος που αναπτύσσεται στο πέτασμα.

Η συχνότητα, όπου συμβαίνει το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **κρίσιμη συχνότητα, f_c** .

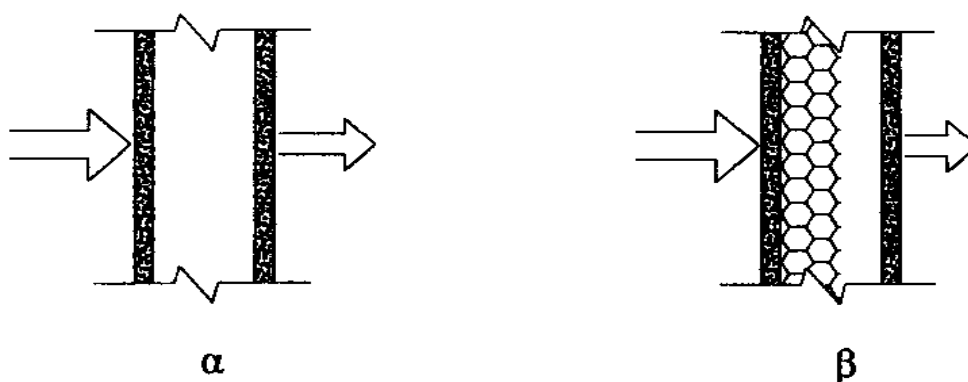
Το φαινόμενο της κυματοσύμπτωσης εμφανίζεται στην περιοχή των υψηλών συχνοτήτων και μειώνει σημαντικά την ηχομόνωση του απλού πετάσματος στην περιοχή γύρω από την κρίσιμη συχνότητα. Το φαινόμενο αυτό εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης και τη συχνότητα του ηχητικού κύματος και από το υλικό, το πάχος, την επιφανειακή πυκνότητα και την ακαμψία του πετάσματος.

Η εφαρμογή του νόμου της μάζας δείχνει ότι υπάρχει κάποιο αξεπέραστο ανώτατο όριο στις τιμές του δείκτη ηχομείωσης που λαμβάνονται με τη χρησιμοποίηση απλών πετασμάτων. Αυξημένες τιμές ηχομόνωσης επιτυγχάνονται με τη χρησιμοποίηση διπλών πετασμάτων.

5.6.3.2 ΔΙΠΛΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ

Όπως αποδεικνύεται από το νόμο της μάζας υπάρχουν κάποια όρια στις μέγιστες τιμές ηχομόνωσης που λαμβάνονται με τη χρησιμοποίηση απλών πετασμάτων τα οποία δεν μπορούν να ξεπεραστούν. Πράγματι από την εφαρμογή του νόμου αυτού προκύπτει, όπως αναφέρθηκε, ότι σε κάθε διπλασιασμό του επιφανειακού βάρους απλού πετάσματος αντιστοιχεί, στην πράξη, μια αύξηση της τιμής του δείκτη ηχομείωσης κατά 4,5 dB, περίπου. Υπάρχουν όμως αξεπέραστα όρια στη δυνατότητα αύξησης του βάρους απλού πετάσματος στις πρακτικές εφαρμογές και συνεπώς και αντίστοιχα όρια στην αύξηση της ηχομόνωσής του.

Αυξημένες τιμές του δείκτη ηχομόνωσης επιτυγχάνονται με την χρησιμοποίηση διπλών διαχωριστικών πετασμάτων. Διπλά διαχωριστικά πετάσματα ονομάζονται οι κατασκευές που αποτελούνται από δύο ξεχωριστά φύλλα και μεταξύ τους υπάρχει διάκενο.



ΕΙΚΟΝΑ 5.13 ΔΙΠΛΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΠΕΤΑΣΜΑ ΧΩΡΙΣ (α) ΚΑΙ ΜΕ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΤΟ ΔΙΑΚΕΝΟ (β)

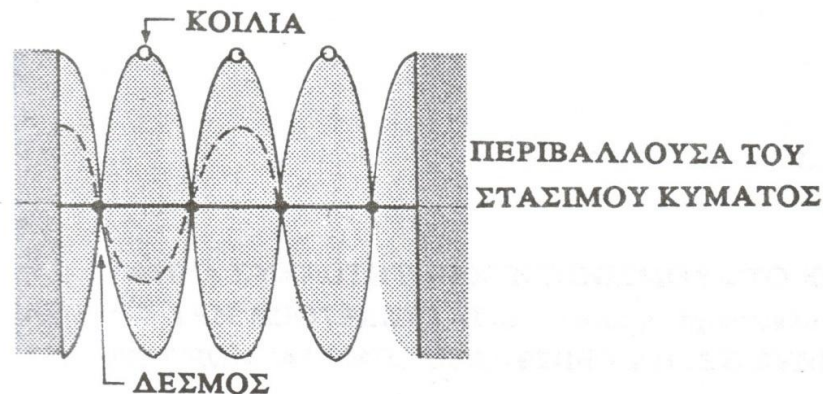
(Ref. 10)

Κατά την διάδοση των ηχητικών κυμάτων διαμέσου ενός διπλού πετάσματος τα ηχητικά κύματα χάνουν κάποιο ποσοστό της ηχητικής ενέργειάς τους καθώς διέρχονται τόσο από το πρώτο όσο και από το δεύτερο φύλλο του πετάσματος, όπως επίσης, και καθώς διέρχονται από το ενδιάμεσο διάκενο λόγω της συμπίεσης που ασκούν στο στρώμα του αέρα του διακένου.

Έχει διαπιστωθεί ότι η συνολική απώλεια της ηχητικής ενέργειας κατά την ηχοδιάδοση μέσα από το διπλό πέτασμα είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη κατά την ηχοδιάδοση μέσα από απλό πέτασμα το οποίο έχει επιφανειακό βάρος ίσο με το συνολικό επιφανειακό βάρος του διπλού πετάσματος. Δηλαδή, το διπλό διαχωριστικό πέτασμα παρουσιάζει αυξημένη ηχομονωτική ικανότητα σε σχέση με το αντίστοιχο, από την άποψη του βάρους, απλό πέτασμα.

Η ηχομονωτική ικανότητα του διπλού πετάσματος επηρεάζεται από το βάρος των δύο φύλλων του και από το μεταξύ τους σχηματιζόμενο διάκενο και από τον τρόπο κατασκευής και στήριξης του διπλού πετάσματος. Αν το πάχος του σχηματιζόμενου διακένου είναι πολύ μικρό (5mm, περίπου) το στρώμα του αέρα που περιέχεται δεν μπορεί εύκολα να συμπιεστεί. Τότε ο αέρας συμπεριφέρεται σαν αυστηρά άκαμπτο υλικό και η αύξηση της συνολικής ηχομόνωσης του πετάσματος είναι ασήμαντη λόγω της ακαμψίας του στρώματος του αέρα. Δηλαδή, η ηχομονωτική ικανότητα του διπλού πετάσματος, σ' αυτή την περίπτωση, είναι όμοια με εκείνη απλού πετάσματος που έχει το ίδιο βάρος με το συνολικό βάρος του που μπορεί να υπολογιστεί από το νόμο της μάζας. Καθώς αυξάνει το πάχος του διακένου ο αέρας συμπιέζεται ολοένα και πιο εύκολα, οπότε για το πάχος του διακένου 50mm και πάνω επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση στη συνολική ηχομόνωση η οποία αυξάνει με την αύξηση του πάχους του διακένου.

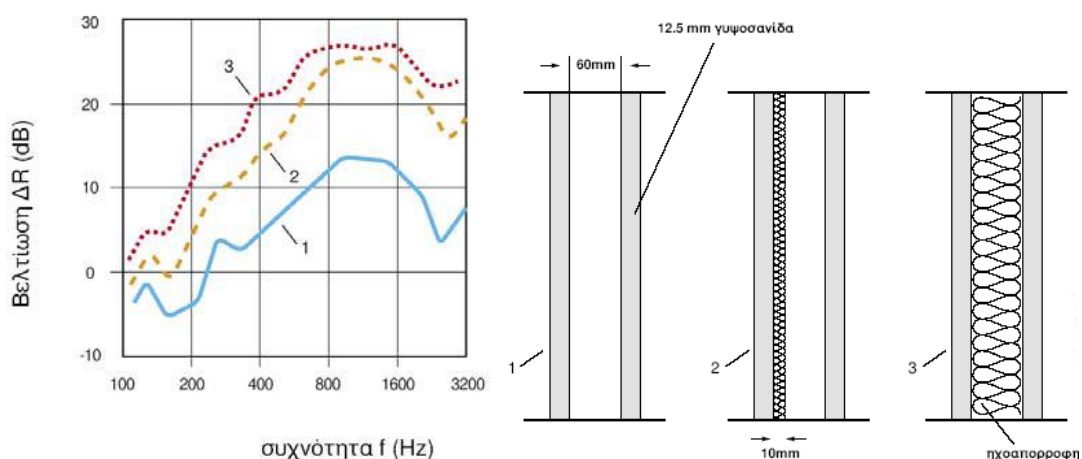
Με την αύξηση, όμως του διακένου αυξάνεται και η πιθανότητα, κυρίως στη περιοχή των υψηλών συχνοτήτων, να σχηματιστούν στάσιμα ηχητικά μέσα στο διάκενο, οπότε λόγω συντονισμού να προκύψει μείωση της ηχομόνωσης του διπλού πετάσματος.



ΕΙΚΟΝΑ 5.14 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑ ΣΤΑΣΙΜΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

(Ref. 21)

Το φαινόμενο αυτό αποφεύγεται με την τοποθέτηση στρώματος από πορώδες ηχοαπορροφητικό υλικό στο ενδιάμεσο, ενώ επιτυγχάνεται και βελτίωση της ηχομόνωσης. Το ηχοαπορροφητικό υλικό πρέπει να είναι χαλαρά τοποθετημένο, γιατί όταν συμπιεστεί είναι δυνατό να αποτελέσει ένα συμπαγές σύνολο με τα δύο φύλλα του πετάσματος και το διπλό πέτασμα να συμπεριφέρεται ουσιαστικά ως απλό πέτασμα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.10 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΔR ΔΙΚΕΛΥΦΟΥ ΧΩΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΠΟ ΓΥΦΟΣΑΝΙΔΕΣ ΠΑΧΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ 1,25 cm ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΠΑΧΟΣ ΤΟΥ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

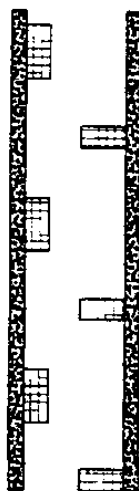
Η ηχομονωτική ικανότητα του διπλού διαχωριστικού πετάσματος μειώνεται στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων λόγω φαινομένου **συντονισμού** που οφείλονται στη διέγερση των ιδιοσυχνοτήτων των δύο φύλλων και οι οποίες εξαρτώνται από το βάρος τους και από την μεταξύ τους σύζευξη και στις υψηλές συχνότητες λόγω του φαινομένου της κυματοσύμπτωσης.

Η αρνητική επίδραση των φαινομένων αυτών στην ηχομόνωση των διπλών πετασμάτων περιορίζεται σημαντικά, όταν τα δύο φύλλα τους είναι κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά και με μεγάλη διαφορά στο επιφανειακό βάρος τους, οπότε αποφεύγεται η σύμπτωση τόσο των συχνοτήτων συντονισμού, όσο και των συχνοτήτων κυματοσύμπτωσης των δύο φύλλων του πετάσματος.

Όταν μεταξύ των δύο φύλλων του διπλού διαχωριστικού υπάρχουν ηχογέφυρες, τότε μειώνεται η ηχομόνωση του γι' αυτό και πρέπει να αποφεύγονται.

Ηχογέφυρα δημιουργείται όταν τα δυο ανεξάρτητα φύλλα του πετάσματος ενωθούν μεταξύ τους με κάποιο υλικό στο μέσο π.χ. με καδρόνια. Συνεπώς, όταν δύο φύλλα χρειάζεται να ενισχυθούν εσωτερικά με συζεύξεις για κατασκευαστικούς λόγους, αυτό γίνεται με καδρόνια, τα οποία τοποθετούνται εσωτερικά, εναλλακτικά στο ένα και στο άλλο φύλλο έτσι, ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός ηχογεφυρών.

Επίσης, μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στον τρόπο με τον οποίο στερεώνονται τα άκρα του διπλού πετάσματος και κυρίως στη στεγανότητα των αρμών του, οι οποίοι πρέπει να αποφράσσονται πάρα πολύ καλά με κατάλληλα υλικά/



ΕΙΚΟΝΑ 5.15 ΟΡΘΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΦΥΛΛΩΝ ΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ

(Ref. 10)

5.6.3.3 ΣΥΝΘΕΤΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ

Σύνθετα διαχωριστικά πετάσματα ονομάζονται τα πετάσματα εκείνα των οποίων ένα ή περισσότερα τμήματα έχουν σημαντικά μικρότερο δείκτη ηχομείωσης από τον αντίστοιχο του υπόλοιπου πετάσματος. Στην πράξη αυτό συμβαίνει σε ένα διαχωριστικό όταν υπάρχουν σ' αυτό παράθυρα ή και πόρτες.

Η ύπαρξη του τμήματος με μικρότερη ηχομόνωση μειώνει τη συνολική ηχομονωτική ικανότητα του σύνθετου πετάσματος, η οποία εξαρτάται από την ηχομόνωση κάθε τμήματος ξεχωριστά και από το λόγω των εμβαδόν τους. Η αρνητική επίδραση στη συνολική ηχομόνωση του πετάσματος γίνεται εντονότερη λόγω των αρμών των παραθύρων και των χαραμάδων ή και των μικρών διακένων, που παρατηρούνται στις πόρτες.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ηχομόνωση ως έννοια έχει αποκτήσει μεγάλη σημασία στο σχεδιασμό των σύγχρονων κτιρίων. Υπάρχει ένα ολόκληρο επιστημονικό πεδίο που ασχολείται με την έρευνα, τη διερεύνηση, τη βελτίωση και την εξέλιξη της ηχομόνωσης και της ακουστικής των χώρων. Η ηχομόνωση υπάγεται στο ευρύ πεδίο της ακουστικής. Σχετίζεται με φυσικές ακουστικές μετρήσεις π.χ μετρήσεις χρόνου αντήχησης και στάθμης έντασης ηχητικής πίεσης.

Στο παρελθόν έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες σχετικά με την ηχομόνωση χώρων από θορύβους που προέρχονται από γειτονικούς χώρους. Η προσπάθεια αυτών των μελετών είναι η καλύτερη της απομόνωσης του κάθε χώρου από εξωγενείς θορύβους. Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά κάποιες παλιότερες μελέτες που σχετίζονται με την έρευνα που πραγματοποιήσαμε στην παρούσα εργασία και πιστεύουμε ότι θα συμβάλλουν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Μια πολύ χρήσιμη μελέτη ήταν αυτή του του Novak R.A. η οποία συσχετίζει τα αποτελέσματα από εργαστηριακές μετρήσεις και τον θεωρητικό υπολογισμό της ηχομόνωσης διπλών τοίχων. Οι τοίχοι που μελετώνται είναι ελαφρού τύπου αρκετοί από αυτούς από γυψοσανίδα με ηχοαπορροφητικό υλικό στο διάκενο. Συμφωνία των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε στις χαμηλές συχνότητες, σε αντίθεση με τις υψηλές, όπου παρατηρείται σημαντική απόκλιση. Σημειώνεται πως σημαντική βελτίωση της ηχομονωτικής ικανότητας των διπλών διαχωριστικών πετασμάτων της τάξεως των 3 dB παρουσιάζεται όταν η τοποθέτηση των πανέλων είναι ασύμμετρη (3+1) σε σχέση με την συμμετρική (2+2).

Μια άλλη μελέτη των Toshio Matsumoto, Masayuki Uchida, Hiroyuki Sugaya, Hideki Tachibana επικεντρώνεται στην αύξηση της ηχομονωτικής ικανότητας σε διπλό πέτασμα ελαφρού τύπου. Γίνεται αξιολόγηση για την διερεύνηση της ηχομονωτικής ικανότητας του πετάσματος χρησιμοποιώντας γυψοσανίδες με διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά. Επίσης βελτίωση παρατηρείται με την αύξηση του διακένου καθώς και του επιφανειακού βάρους του ηχοαπορροφητικού υλικού.

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι A.Jagniatinskis, B. Fiks και V. Girnius διερεύνηση γίνεται ώστε να παραχθούν πληροφορίες για την ηχομονωτική ικανότητα

ελαφρών, διπλών πετασμάτων (από δύο φύλλα διπλής γυψοσανίδας), με ενδιάμεσο ηχοαπορροφητικό υλικό. Το πεδίο εφαρμογής της διερεύνησης έγκειται στην μείωση της απόστασης του μεταλλικού πλαισίου όπου τοποθετείται το ηχοαπορροφητικό υλικό κατά το μισό. Μετρήσεις γίνονται επί τόπου στην κατασκευή και παρατηρείται αύξηση της ηχομονωτικής ικανότητας κατά 3-4 dB.

Μία ακόμα έρευνα των Marco Losso και Elvira Viveiros έχει ως στόχο την μελέτη και σύγκριση εργαστηριακών και επιτόπιων μετρήσεων σε συμβατική κατασκευή. Οι μετρήσεις γίνονται σε διπλά διαχωριστικά πετάσματα ελαφρού τύπου. Η διαφορά της ηχομονωτικής ικανότητας των πετασμάτων μεταξύ εργαστηριακών προδιαγραφών και επιτόπιων μετρήσεων ήταν πολύ μεγάλη λόγω της λανθασμένης κατασκευής τους (οπές, παράληψη τοποθέτησης ηχοαπορροφητικού υλικού) και αυξημένης παράπλευρης διαρροής του ήχου. Παρατηρούνται μεγάλες διαφορές της τάξεως των 14 dB.

Οι Lucia Taibo και Hilda Glasserman de Dayan μελέτησαν και σύγκριναν τα αποτελέσματα μεταξύ επιτόπιων και εργαστηριακών μετρήσεων. Εξετάστηκαν πετάσματα ελαφρού και βαρέως τύπου καθώς και σύνθετα διαχωριστικά πετάσματα. Η διάφορα μεταξύ επιτόπιων και εργαστηριακών μετρήσεων για το διπλό πέτασμα ελαφρού τύπου ήταν της τάξης του 1 dB ενώ για τα διπλά διαχωριστικά πετάσματα βαρέως τύπου η διάφορα στην ηχομονωτική τους ικανότητα κυμαίνεται από 2 έως 6 dB.

Σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι S. Secchi και P. Fausti μετρήσεις διεξήχθησαν στο εργαστήριο αλλά και επιτόπου στην κατασκευή. Μελετήθηκαν 4 απλά και 1 διπλό πέτασμα βαρέως τύπου δίνοντας βαρύτητα στα επιφανειακά τους βάρη και το πάχος τους. Οι διαφορές στην ηχομονωτική τους ικανότητα μεταξύ επιτόπιων και εργαστηριακών μετρήσεων είναι της τάξης των 3 έως 6 dB.

Μια ακόμη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την Ζ. Σαμούρη, είχε σκοπό τη σύγκριση μεταξύ εργαστηριακών προδιαγραφών και μετρήσεων σε συμβατική κατασκευή για σταθερά, ελαφρού τύπου πετάσματα (από διπλή γυψοσανίδα και υαλοβάμβακα). Οι διαφορές προέκυψαν είναι από 4 – 11 dB.

Σε πολύ πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Π. Στασινόπουλος και Ν. Σακελλαρόπουλος, με σκοπό τη σύγκριση μεταξύ εργαστηριακών

προδιαγραφών και μετρήσεων στην κατασκευή για απλά και διπλά βαρέως τύπου πετάσματα σε συμβατική κατασκευή προέκυψαν διαφορές από 2 – 9 dB.

Τέλος σε μια ακόμα μελέτη του Χ. Ταγαρά και Δ. Πίγκου που σκοπό είχε τη διερεύνηση της ηχομονωτικής ικανότητας και την σύγκριση εργαστηριακών προδιαγραφών και επιτόπιων μετρήσεων σε κουφώματα αλουμινίου προέκυψαν διαφορές. Συγκεκριμένα για το σύνθετο διαχωριστικό πέτασμα (πέτασμα βαρέως τύπου και ανοιγόμενο παράθυρο αλουμινίου), προέκυψαν διαφορές της τάξεως των 7-16 dB.

Η βιβλιογραφία αποδεικνύει ότι ο τομέας της ακουστικής που αφορά την ηχομονωτική απόκριση των στοιχείων στο κτίριο ενδιαφέρει εδώ και πολλά χρόνια την επιστημονική κοινότητα, η οποία προσπαθεί να μειώσει όσο το δυνατόν τα σφάλματα στην ηχομόνωση που οφείλονται στην κατασκευαστική και λειτουργική διαδικασία των στοιχείων. Στο πλαίσιο αυτό κυμαίνεται και η παρούσα επιστημονική εργασία η οποία ως σκοπό έχει τη σύγκριση της ηχομονωτικής ικανότητας ελαφρού τύπου πετασμάτων στην κατασκευή με αυτή των αντίστοιχων εργαστηριακών μετρήσεων.

7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

7.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί η ηχομονωτική ικανότητα ενός συστήματος εξωτερικής κάλυψης μεταλλικής κατασκευής. Το διπλό αυτό πέτασμα με ενδιάμεσο κενό- αέρα έχει ως εξωτερικό στοιχείο πανέλο πολυουρεθάνης το οποίο έχει ευρεία χρήση στις πλαγιοκαλύψεις μεταλλικών κατασκευών, ενώ το εσωτερικό του τμήμα αποτελείται από πετροβάμβακα και δύο φύλλα γυψοσανίδας.

Ο έλεγχος της ηχομονωτικής ικανότητας του διπλού πετάσματος (δοκίμιο), έγκειται στη σύγκριση της ηχομόνωσης που προκύπτει από τις επιτόπιες μετρήσεις στην κατασκευή και της ηχομόνωσης που προκύπτει από τις εργαστηριακές μετρήσεις. Οι εργαστηριακές μετρήσεις έγιναν σε όλα τα στάδια της κατασκευής του δοκιμίου και αποτελέσματα ελήφθησαν αρχικά για την ηχομονωτική ικανότητα του πανέλου πολυουρεθάνης, στην συνέχεια για το σύστημα πανέλο πολυουρεθάνης κενό αέρα και πετροβάμβακα και τελικά για το συνολικό διπλό διαχωριστικό πέτασμα ,πανέλο πολυουρεθάνης, κενό αέρα, πετροβάμβακα και διπλή γυψοσανίδα το οποίο μετρήθηκε και επιτόπου στην κατασκευή.

Ο ήχος χωρίζεται σε δύο κατηγορίες όσον αφορά την ηχομόνωση, τον αερόφερτο ήχο και τον κρυπτογενή ήχο. Αερόφερτος είναι ο ήχος που φθάνει στο εξεταζόμενο κτιριακό στοιχείο διαδιδόμενος μέσω του αέρα. Αφορά τόσο τους τοίχους όσο και τα δάπεδα. Η ηχομόνωση από αερόφερτο ήχο προσδιορίζεται στην παρούσα μελέτη με τους δείκτες ηχομείωσης R και R_{θ} (ο R_{θ} λαμβάνει υπόψη και τις πλευρικές μεταδόσεις στις μετρήσεις στην κατασκευή), καθώς και τους αντίστοιχους σταθμισμένους δείκτες ηχομείωσης R_w και $R_{\theta,w}$ που επιτρέπουν την εύκολη αξιολόγηση της ηχομονωτικής ικανότητας του πετάσματος καθώς και τις συγκρίσεις μεταξύ εργαστηριακών μετρήσεων και των μετρήσεων στην κατασκευή. Κτυπογενής είναι ο ήχος που παράγεται κρουστικά στο εξεταζόμενο δοκίμιο. Στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσει μόνο ο αερόφερτος ήχος.

7.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Με την εργαστηριακή μέθοδο προσδιορίζεται η ηχομονωτική ικανότητα του διαχωριστικού διπλού πετάσματος σε όλα τα στάδια της κατασκευής του. Για τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας απαιτείται κατάλληλη κτιριακή υποδομή, η οποία αποτελείται από δύο συνεχόμενες αίθουσες μεταξύ των οποίων κατασκευάζεται το προς εξέταση δοκίμιο.



ΕΙΚΟΝΑ 7.1 ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ
(ΕΜΠ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΕΙΑΣ)



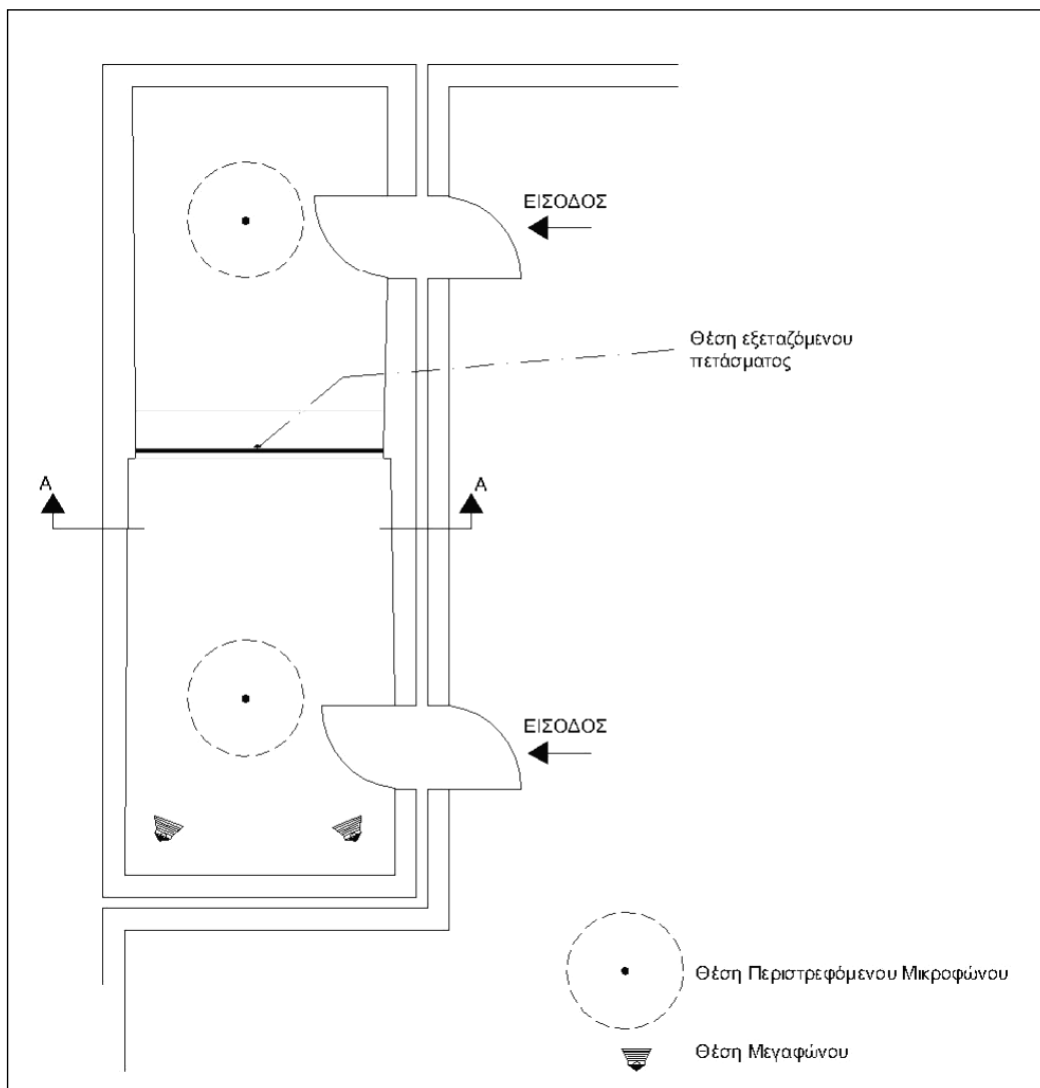
ΕΙΚΟΝΑ 7.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ
(ΕΜΠ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΕΙΑΣ)

Ο όγκος και το σχήμα των δύο αιθουσών δεν πρέπει να είναι ακριβώς τα ίδια. Πρέπει να έχουν όγκο τουλάχιστον 50,0 m³ η καθεμιά και η διαφορά όγκου μεταξύ τους πρέπει να είναι τουλάχιστον 5%. Μέσα στις αίθουσες δοκιμών τοποθετούνται στοιχεία ηχοδιάχυσης, ώστε να επιτυγχάνεται διάχυτο ηχητικό πεδίο.



ΕΙΚΟΝΑ 7.3 ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ
(ΕΜΠ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΕΙΑΣ)

Επίσης, ο χρόνος αντήχησης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 s σε όλη την περιοχή συχνοτήτων που ενδιαφέρει. Η αίθουσα, όπου τοποθετείται και λειτουργεί η ηχητική πηγή, ονομάζεται **αίθουσα ηχητικής εκπομπής** και η άλλη **αίθουσα ηχητικής λήψης**.



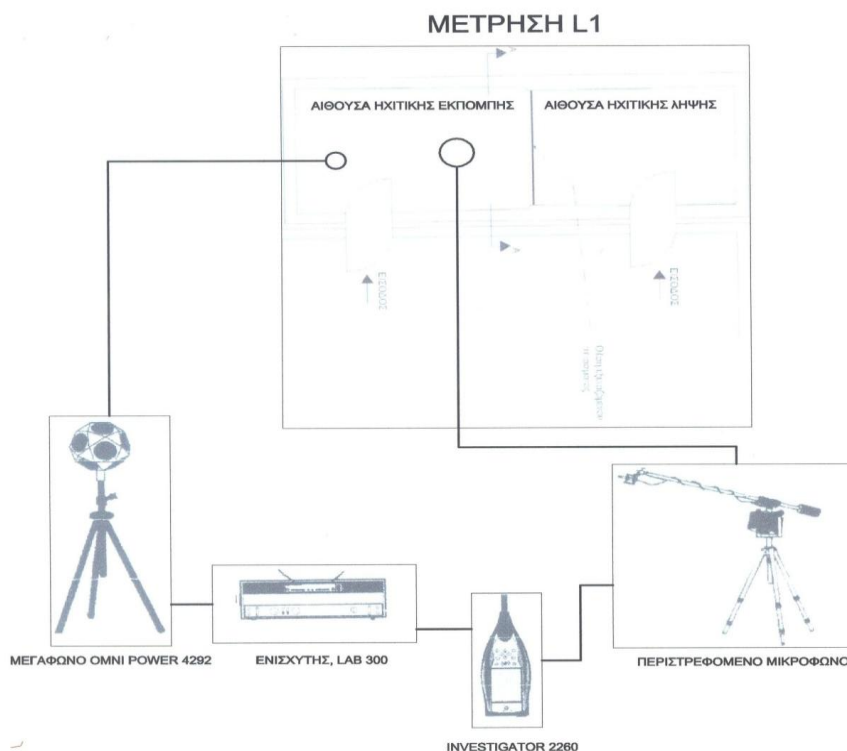
ΕΙΚΟΝΑ 7.4 ΚΑΤΟΨΗ ΤΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ
(Ref.10)

Για να είναι δυνατόν να μετρηθεί η στάθμη του ήχου στην αίθουσα ηχητικής λήψης, πρέπει η στάθμη του θορύβου περιβάλλοντος να είναι μικρότερη από τη στάθμη του ήχου, τουλάχιστον κατά 10 dB σε κάθε ζώνη των συχνοτήτων μέτρησης.

7.2.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΜΕΣΗΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ

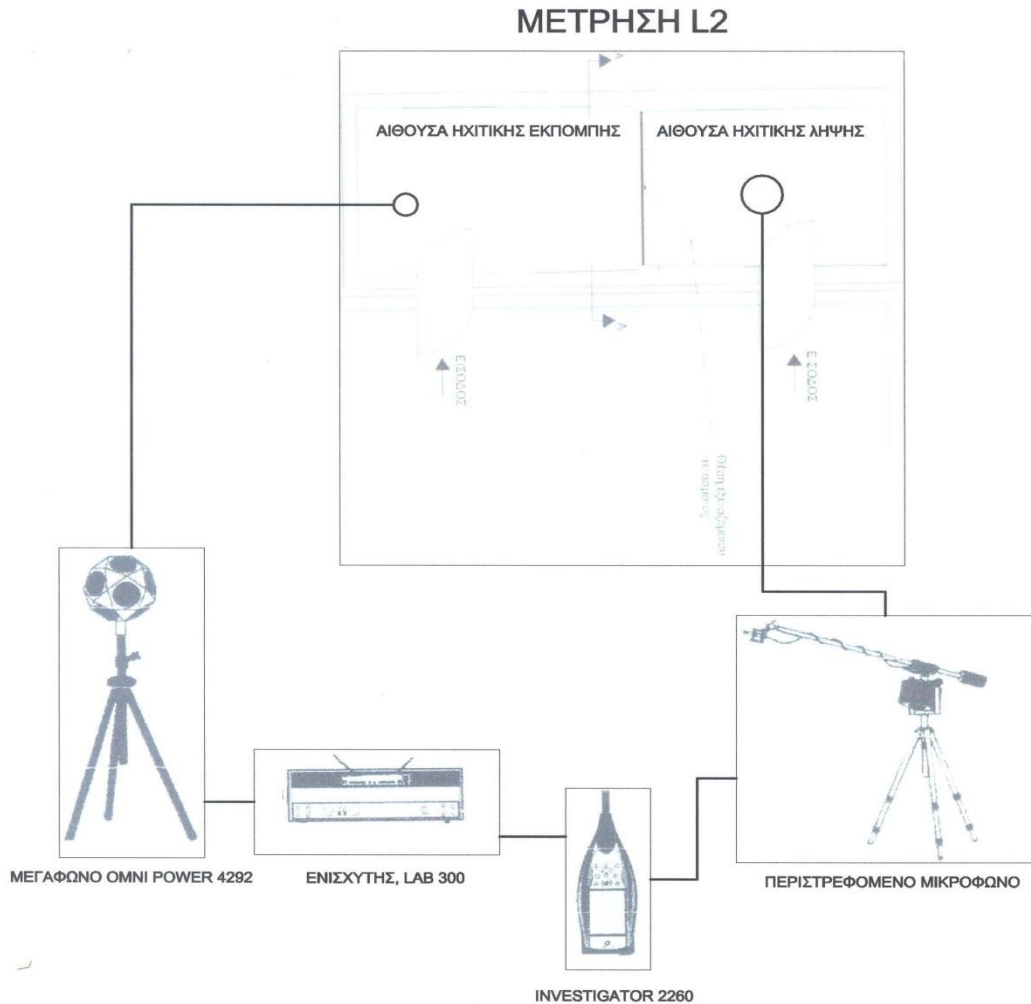
Για τον προσδιορισμό της **ισοδύναμης στάθμης χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης, L_1** , στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής, το ηχητικό πεδίο μέσα στην αίθουσα αυτή δημιουργείται από το σύστημα ηχητικής εκπομπής. Χρησιμοποιήθηκε λευκός θόρυβος, ο οποίος παράγεται από το investigator. Για τον προσδιορισμό της **ισοδύναμης στάθμης χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης L_1** , τοποθετούμε το μεγάφωνο και το μικρόφωνο στον χώρο ηχητικής εκπομπής και αρχίζει η παραγωγή ηχητικού σήματος. Το ηχητικό σήμα από το investigator ρυθμίζεται διαδοχικά στις συχνότητες, 50Hz, 63Hz, 80Hz, 100Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 800 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, 1600 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3150 Hz, 4000 Hz, 5000 Hz, που αποτελούν όλες τις τριτοκταβικές ζώνες της περιοχής συχνοτήτων 50-5000 Hz.

Το σήμα περνάει από τον ενισχυτή και διαβιβάζεται στο μεγάφωνο με αποτέλεσμα την δημιουργία διάχυτου ηχητικού πεδίου στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής. Με την σειρά του το ηχητικό σήμα συλλέγεται από το μικρόφωνο, από εκεί μεταβιβάζεται και πάλι στο investigator όπου αποτυπώνεται η στάθμη του ηχητικού σήματος.



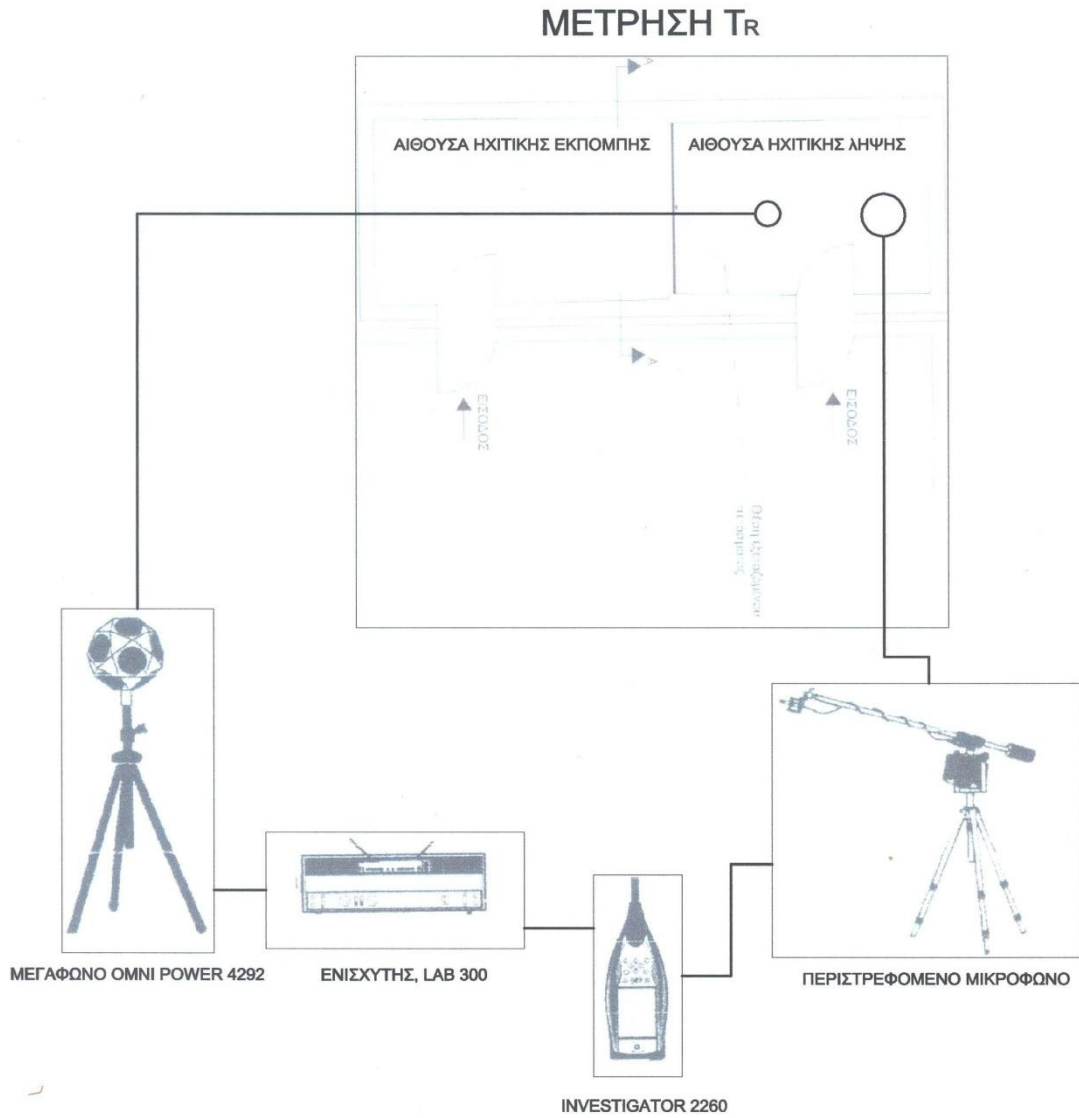
ΕΙΚΟΝΑ 7.5 ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ L_1

Για τον προσδιορισμό της **ισοδύναμης στάθμης χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης L_2** , στην αίθουσα ηχητικής λήψης ακολουθείται η ίδια διαδικασία, όμως το μικρόφωνο τοποθετείται στην αίθουσα ηχητικής λήψης, ενώ το μεγάφωνο παραμένει στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής.



ΕΙΚΟΝΑ 7.6 ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ L_2

Για τον προσδιορισμό του χρόνου αντήχησης RT , στην αίθουσα ηχητικής λήψης, το μεγάφωνο και το μικρόφωνο τοποθετούνται στην αίθουσα ηχητικής λήψης.



ΕΙΚΟΝΑ 7.7 ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ RT

7.2.2 ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

- **Investigator Brüel & Kjær 2260**, πηγή ήχου-παραγωγή ηχητικού σήματος, δέκτης ήχου- ανάλυση και επεξεργασία αποτελεσμάτων.



ΕΙΚΟΝΑ 7.8 Investigator Brüel & Kjær 2260

- **Ενισχυτής LAB GRUPPEN, LAB 300**, ενισχύει το σήμα που παράγει το Investigator.



ΕΙΚΟΝΑ 7.9 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ LAB GRUPPEN, LAB 300

- Μεγάφωνο Brüel & Kjær, Omni Power 4292.



ΕΙΚΟΝΑ 7.10 ΜΕΓΑΦΩΝΟ Brüel & Kjær, Omni Power 4292

- Περιστρεφόμενο μικρόφωνο, Rotating Microphone Boom 3923



ΕΙΚΟΝΑ 7.11 ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ, Rotating Microphone Boom 3923

7.2.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Τοποθετείται το δοκίμιο στο άνοιγμα δοκιμής, το μεγάφωνο και το μικρόφωνο στην αίθουσα ηχητικής λήψης και τίθεται σε λειτουργία το σύστημα ηχητικής εκπομπής. Το παραγόμενο ηχητικό ενισχύεται από τον ενισχυτή και διαβιβάζεται στο μεγάφωνο, οπότε πολύ γρήγορα δημιουργείται διάχυτο ηχητικό πεδίο μέσα στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής. Το ηχητικό σήμα συλλέγεται από το μικρόφωνο και διαβιβάζεται στο investigator, όπου και προσδιορίζεται η στάθμη ηχητικής πίεσης στο δωμάτιο ηχητικής λήψης.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις τριτοοκταβικές ζώνες της περιοχής συχνοτήτων από $50 \div 5000$ Hz και προσδιορίζεται η αντίστοιχη στάθμη ηχητικής πίεσης.

Για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης στάθμης χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης L1, σε κάθε τριτοοκταβική ζώνη της περιοχής συχνοτήτων που ενδιαφέρει, τοποθετείται το μεγάφωνο στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής απέναντι από το δοκίμιο. Ακολούθως, λαμβάνονται ενδείξεις από το μικροφώνου που βρίσκεται και αυτό στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής. Τιμές λαμβάνονται για δύο θέσεις του μεγαφώνου.



ΕΙΚΟΝΑ 7.12 ΜΕΤΡΗΣΗ L1 ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ, ΣΧΟΛΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ Ε.Μ.Π.

Στην συνέχεια για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης στάθμης χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης L_2 , στην αίθουσα ηχητικής λήψης, το μικρόφωνο τοποθετείται στην αίθουσα ηχητικής λήψης, και ακολουθείται η ίδια διαδικασία, όπως και για τον προσδιορισμό της L_1 .

Για τον προσδιορισμό του χρόνου αντήχησης RT , της αίθουσας ηχητικής λήψης το μεγάφωνο και το μικρόφωνο τοποθετούνται στην αίθουσα ηχητικής λήψης και ακολουθείται η ίδια ακριβώς διαδικασία, αυτή την φορά με αλλαγή στην θέση του μικροφώνου. Τελικά προσδιορίζεται ο δείκτης ηχομείωσης του δοκιμίου R , σε όλη την περιοχή συχνοτήτων που ενδιαφέρει, καθώς και ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης R_w .

7.2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Ο υπολογισμός της ηχομόνωσης του διαχωριστικού πετάσματος με βάση τις μετρήσεις γίνεται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 140/III -1978. Η ηχομονωτική ικανότητα του δοκιμίου, το οποίο μετρήθηκε, εκφράζεται με το δείκτη ηχομείωσης, R , ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log (S/A) \text{ σε dB}$$

όπου:

L_1 : η ηχοστάθμη στον θάλαμο εκπομπής σε dB

L_2 : η ηχοστάθμη στον θάλαμο λήψης σε dB

S : η επιφάνεια του δοκιμίου σε m^2

A : η ηχοαπορρόφηση του θαλάμου δοκιμής που προκύπτει από την σχέση:

$$A = 0,163 (V/T) \text{ σε } m^2$$

όπου :

V = ο όγκος του θαλάμου σε m^3

T = ο χρόνος αντήχησης του θαλάμου σε s

Ο δείκτης ηχομείωσης R , δίδεται στις τριτοκταβικές ζώνες συχνοτήτων από 100 μέχρι 3150 Hz με τη μορφή πίνακα τιμών και γραφικής παράστασης.

7.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Για τον προσδιορισμό της ηχομόνωσης του διπλού πετάσματος στην κατασκευή, πραγματοποιήθηκαν μια σειρά μετρήσεων :

α) μετρήσεις «θορύβου βάθους» στην αίθουσα ηχητικής λήψης, ώστε να επιβεβαιωθεί ότι οι συνθήκες είναι κατάλληλες για τις υπόλοιπες μετρήσεις.

(δηλαδή, για να είναι δυνατόν να μετρηθεί η στάθμη του ήχου στην αίθουσα ηχητικής λήψης, πρέπει η στάθμη του θορύβου περιβάλλοντος να είναι μικρότερη από τη στάθμη του ήχου, τουλάχιστον κατά 10 dB σε κάθε ζώνη των συχνοτήτων μέτρησης).

Για την μέτρηση του «θορύβου βάθους» στην αίθουσα ηχητικής λήψης χρησιμοποιήθηκε το ηχόμετρο Sound Level Meter Brüel & Kjær, Hand-held Analyzer Type 2270



ΕΙΚΟΝΑ 7.13 ΗΧΟΜΕΤΡΟ, Sound Level Meter Brüel & Kjær, Hand-held Analyzer Type 2270.

β) μετρήσεις του χρόνου αντήχησης στο δωμάτιο ηχητικής λήψης ,RT

γ) μετρήσεις της μέσης ηχοστάθμης L_1 ακριβώς μπροστά από το δοκίμιο και σε απόσταση 2,00 m από αυτό, όπου δεν επηρεάζεται από τον ανακλώμενο από το δοκίμιο ήχο

δ) μετρήσεις της μέσης ηχοστάθμης L_2 στο δωμάτιο ηχητικής λήψης

Για τον προσδιορισμό του L''_1 , L_2 και RT , χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια όργανα και η ίδια συνδεσμολογία με αυτήν των εργαστηριακών μετρήσεων.

Το δείγμα του διπλού διαχωριστικού πετάσματος που θα αξιολογηθεί, με σκοπό την ανάδειξη της ηχομόνωσης που έχει επιτευχθεί στην κατασκευή και των τυπικών σφαλμάτων σε αυτήν, είναι διπλό πέτασμα με ενδιάμεσο κενό αέρα ως εξωτερική πλαγιοκάλυψη μεταλλικής κατασκευής, αποτελούμενο από τα ίδια υλικά με αυτά χρησιμοποιήθηκαν και στην κατασκευή στο εργαστήριο.

Στις επιτόπιες μετρήσεις, όπου υπάρχει και πλευρική ηχομετάδοση, η ηχομονωτική ικανότητα του διαχωριστικού πετάσματος εκφράζεται με τον δείκτη ηχομείωσης, R_{θ} με τη μέθοδο του μεγαφώνου και τον αντίστοιχο σταθμισμένο δείκτη ηχομείωσης $R_{\theta,w}$.

7.3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ-ΕΠΙΤΟΠΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΘΟΡΥΒΟ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΜΕΓΑΦΩΝΟ

Ο υπολογισμός της ηχομόνωσης του διαχωριστικού πετάσματος γίνεται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 140/V -1978 (επιτόπιες μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας στοιχείων προσόψεων και προσόψεων ως προς τον αερόφερτο ήχο).

Στις μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας μιας πρόσοψης με θόρυβο που παράγεται από μεγάφωνο, το μεγάφωνο τοποθετείται έξω από το κτίριο σε κατάλληλη απόσταση από το δοκίμιο. Ο ήχος προσπίπτει στο δοκίμιο, κυρίως, από μια μόνο κατεύθυνση. Ο δείκτης ηχομείωσης που προσδιορίζεται με αυτή τη μέθοδο συμβολίζεται με R_{θ} , και δίνεται από τον τύπο:

$$R_{\theta} = L''_1 - L_2 + 10 \log \frac{4S \cos \theta}{A} \text{ dB}$$

Όπου:

L''_1 : η μέση ηχοστάθμη ακριβώς μπροστά από το δοκίμιο και σε απόσταση 2,00 m από αυτό, όπου δεν επηρεάζεται από τον ανακλώμενο από το δοκίμιο ήχο.

L_2 : η μέση ηχοστάθμη στο δωμάτιο ηχητικής λήψης.

θ : η γωνία πρόσπτωσης (η γωνία μεταξύ του άξονα του μεγαφώνου που κατευθύνεται στο δοκίμιο και της καθέτου στην επιφάνεια του δοκιμίου).

S : η επιφάνεια του δοκιμίου

A : η ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης στο δωμάτιο λήψης που προκύπτει από τη σχέση:

$$A = 0,163 (V/T) \text{ σε m}^2$$

V : ο όγκος του δωματίου λήψης, σε κυβικά μέτρα

T : ο χρόνος αντήχησης, σε δευτερόλεπτα.

Ο δείκτης ηχομείωσης, R_{θ} , δίνεται στις συχνότητες μέτρησης από 100 μέχρι 3150 Hz (σε τριτοοκτάβες) με τη μορφή πίνακα τιμών και γραφικής παράστασης.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής ελήφθησαν στις ζώνες συχνοτήτων από 50 μέχρι 5000 Hz (σε τριτοοκτάβες)

8. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

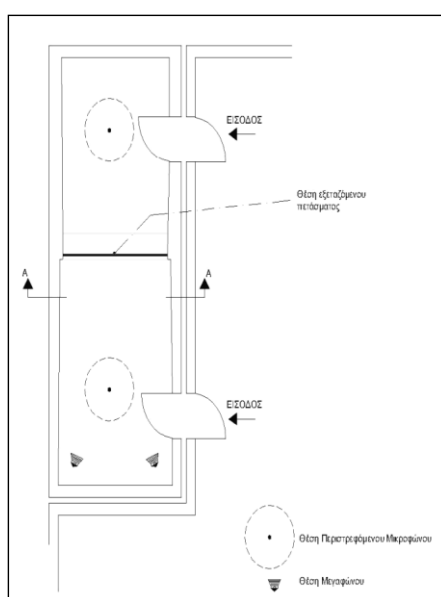
8.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΜΙΟΥ

Το διπλό διαχωριστικό πέτασμα που μελετάται έχει συνολικό πάχος 25,50cm. Το εξωτερικό του στοιχείο αποτελείται από πανέλο πολυουρεθάνης πάχους 6,00cm και επιφανειακού βάρους 12,40kg/m² και το εσωτερικό του από πετροβάμβακα πάχους 5,00cm και επιφανειακού βάρους 2,50 kg/m² (50,00kg/m³) και διπλό φύλλο γυψοσανίδας συνολικού πάχους 2,50cm, και επιφανειακού βάρους 18,00kg/m², με ενδιάμεσο κενό αέρα 12,00cm.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις έγιναν σε όλα τα στάδια της κατασκευής του δοκιμίου και αποτελέσματα ελήφθησαν αρχικά για την ηχομονωτική ικανότητα του πανέλου πολυουρεθάνης, στην συνέχεια για το σύστημα πανέλο πολυουρεθάνης κενό αέρα και πετροβάμβακα και τελικά για το συνολικό διπλό διαχωριστικό πέτασμα ,πανέλο πολυουρεθάνης, κενό αέρα, πετροβάμβακα και διπλή γυψοσανίδα .

8.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο προσδιορισμός του Δείκτη ηχομείωσης, πραγματοποιήθηκε σε θάλαμο χωρίς πλευρικές μεταδόσεις. Οι μετρήσεις έγιναν στο Εργαστήριο Ηχοτεχνίας της Σχολής Αρχιτεκτόνων, Ε.Μ.Π., και στις κατάλληλα διαμορφωμένες αίθουσες σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 140/01-1978.



ΕΙΚΟΝΑ 8.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ,Ε.Μ.Π.

8.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 140/III-1978, (εργαστηριακές μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας κτιριακού στοιχείου ως προς τον αερόφερτο ήχο). Το δοκίμιο τοποθετήθηκε στους θαλάμους μέτρησης. Για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας του δοκιμίου και συγκεκριμένα για τον προσδιορισμό του Δείκτη Ηχομείωσης R χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log (S/A) \text{ σε dB}$$

όπου:

L_1 : η ηχοστάθμη στον θάλαμο εκπομπής σε dB

L_2 : η ηχοστάθμη στον θάλαμο λήψης σε dB

S : η επιφάνεια του δοκιμίου σε m^2

A : η ηχοαπορρόφηση του θαλάμου δοκιμής που προκύπτει από την σχέση:

$$A = 0,163 (V/T) \text{ σε } m^2$$

όπου :

V : ο όγκος του θαλάμου σε m^3

T : ο χρόνος αντήχησης του θαλάμου σε s

Ο δείκτης ηχομείωσης, R, δίνεται στις συχνότητες μέτρησης από 100 μέχρι 3150 Hz (σε τριτοοκτάβες) με τη μορφή πίνακα τιμών και γραφικής παράστασης.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής ελήφθησαν στις ζώνες συχνοτήτων από 50 μέχρι 5000 Hz (σε τριτοοκτάβες)

8.3 ΗΧΟΜΟΝΟΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ

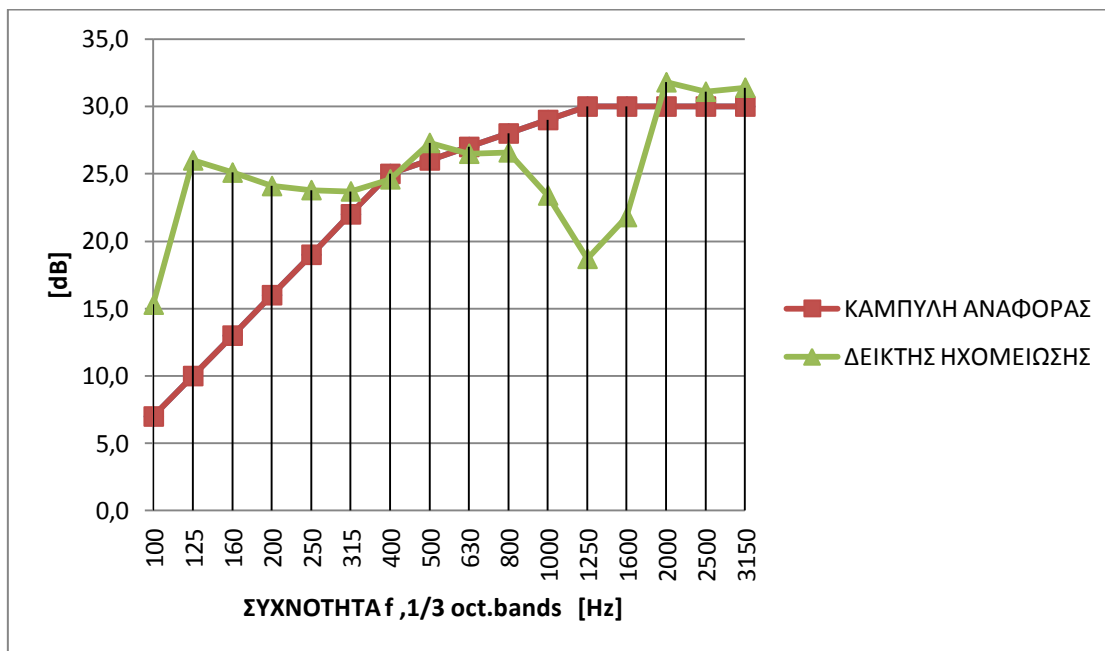
Το πάνελο πολυουρεθάνης έχει πάχος 6,00 cm και επιφανειακό βάρος 12,40 kg/m² .
Τα αποτελέσματα της δοκιμής δίνονται στις τριτοκταβικές ζώνες συχνοτήτων από 100 μέχρι 3150 Hz σε πίνακα και διάγραμμα.

Όγκος θαλάμου λήψης V :56,30 m³

Εμβαδόν πετάσματος E : 10,50 m²

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ [Hz]	R [dB]
100	15,3
125	26,0
160	25,1
200	24,1
250	23,8
315	23,7
400	24,6
500	27,3
630	26,5
800	26,6
1000	23,4
1250	18,7
1600	21,8
2000	31,8
2500	31,1
3150	31,4

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΜΟΝΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 6,00 cm.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΜΟΝΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 6,00 cm.

Ο προσδιορισμός του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης **R_w** έγινε σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 717/1-1982 και προέκυψε, **R_w=26dB**.

8.4 ΗΧΟΜΟΝΟΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ

Το πανέλο πολυουρεθάνης έχει πάχος 6,00cm και επιφανειακό βάρος 12,40 kg/m² , ο πετροβάμβακας έχει πάχος 5,00cm και επιφανειακό βάρος 2,50 kg/m² (50,00kg/m³) και το ενδιάμεσο κενό αέρα είναι 12,00cm. Το διπλό διαχωριστικό πέτασμα έχει συνολικό πάχος 23,00cm.

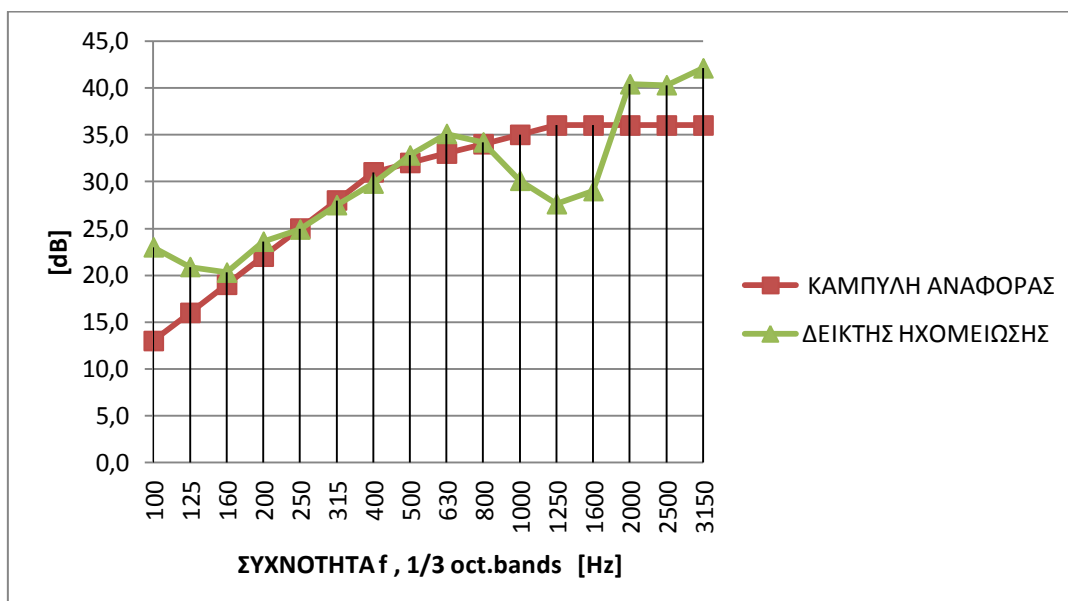
Τα αποτελέσματα της δοκιμής δίνονται στις τριτοκταβικές ζώνες συχνοτήτων από 100 μέχρι 3150 Hz σε πίνακα και διάγραμμα.

Όγκος θαλάμου λήψης V :54,50m³

Εμβαδόν πετάσματος E : 10,50m²

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ [Hz]	R [dB]
100	23,0
125	20,9
160	20,3
200	23,6
250	24,9
315	27,5
400	29,8
500	32,8
630	35,1
800	34,2
1000	30,1
1250	27,6
1600	29,0
2000	40,4
2500	40,3
3150	42,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 23,00cm.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 23,00 cm.

Ο προσδιορισμός του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης **R_w** έγινε σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 717/1-1982 και προέκυψε, **R_w=32dB.**

8.5 ΗΧΟΜΟΝΟΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ-ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΑΣ

Το πανέλο πολυουρεθάνης έχει πάχος 6,00cm και επιφανειακό βάρος 12,40kg/m². Ο πετροβάμβακας έχει πάχος 5,00cm και επιφανειακό βάρος 2,50 kg/m² (50,00kg/m³), η διπλή γυψοσανίδα (αποτελούμενη από δύο γυψοσανίδες πάχους η κάθε μία 1,25cm) έχει συνολικό πάχος 2,50cm και επιφανειακό βάρος 18,00kg/m² και το ενδιάμεσο κενό αέρα είναι 12,00cm. Το διπλό διαχωριστικό πέτασμα έχει συνολικό πάχος 25,50 cm.

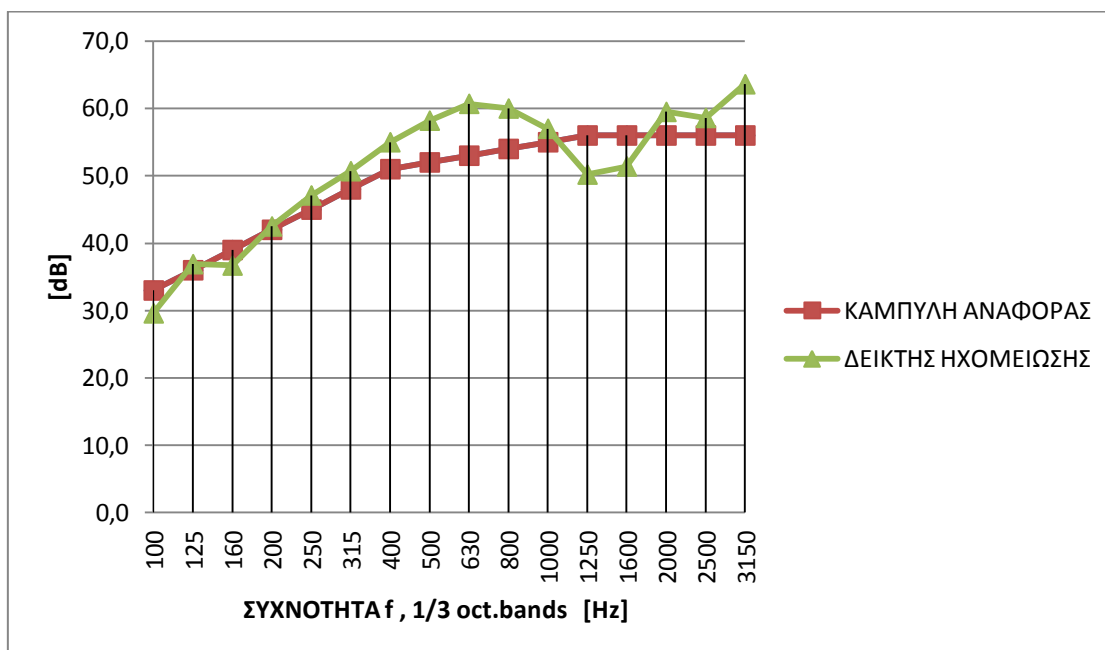
Τα αποτελέσματα της δοκιμής δίνονται στις τριτοκταβικές ζώνες συχνοτήτων από 100 μέχρι 3150 Hz σε πίνακα και διάγραμμα.

Όγκος θαλάμου λήψης V :54,20m³

Εμβαδόν πετάσματος E : 10,50m²

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ [Hz]	R [dB]
100	29,6
125	36,9
160	36,7
200	42,5
250	47,1
315	50,7
400	55,0
500	58,2
630	60,7
800	60,0
1000	57,0
1250	50,2
1600	51,4
2000	59,5
2500	58,6
3150	63,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ- ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 25,50 cm.



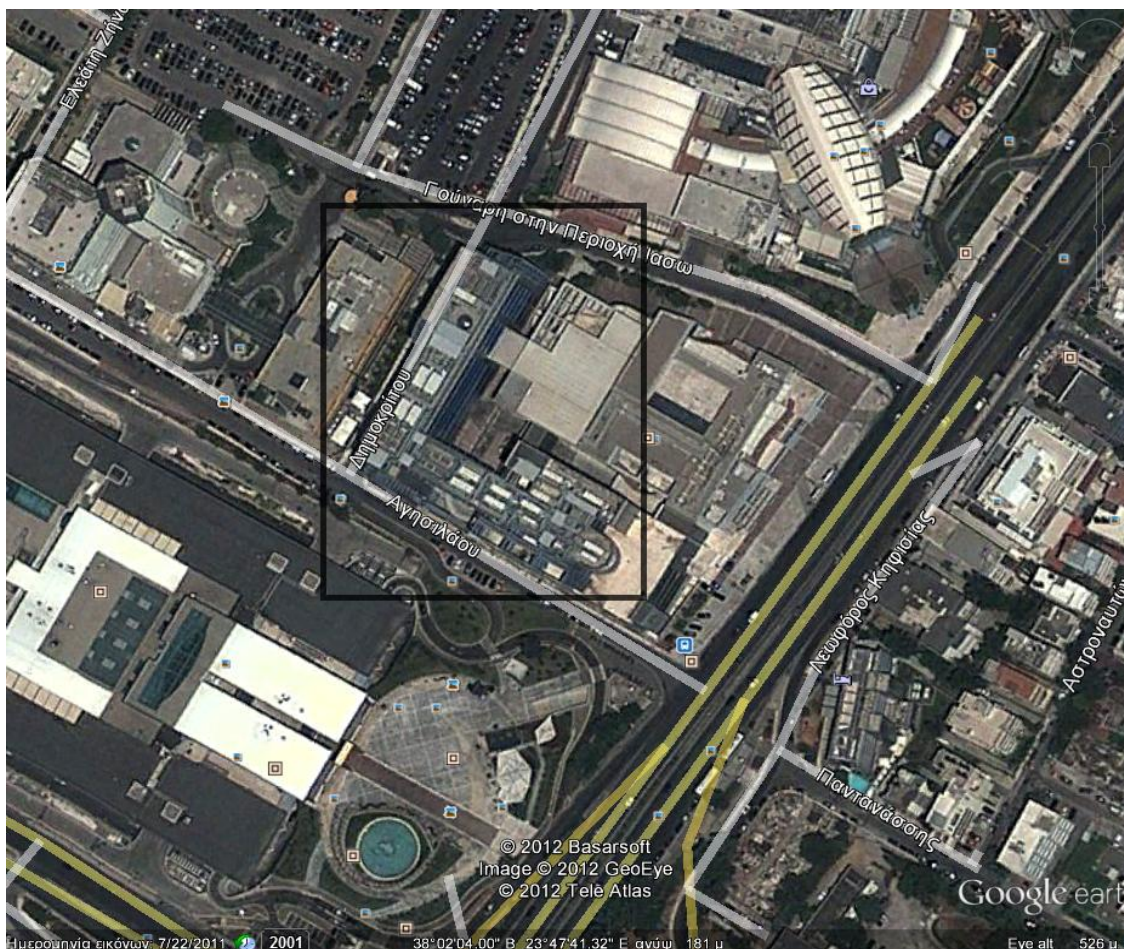
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 25,50cm.

Ο προσδιορισμός του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης **R_w** έγινε σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 717/1-1982 και προέκυψε, **R_w=53dB**.

9. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

9.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι μετρήσεις στην κατασκευή έγιναν στον πρώην Κέντρο Τύπου Ολυμπιακών Αγώνων (MPC) και πλέον Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης.



ΕΙΚΟΝΑ 9.1 ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ-ΘΕΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο είναι σύμμικτη μεταλλική κατασκευή, όπου ο σκελετός του, δοκοί και υποστυλώματα είναι από χάλυβα ενώ οι πλάκες του από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ως εξωτερικό στοιχείο πλαγιοκάλυψης έχει χρησιμοποιηθεί σχεδόν αποκλειστικά το υπό εξέταση διπλό διαχωριστικό πέτασμα .



ΕΙΚΟΝΑ 9.2 ΠΡΩΗΝ ΚΕΝΤΡΟ ΤΥΠΟΥ ΟΥΜΠΙΑΚΩΝ ΑΓΩΝΩΝ (MPC), ΝΥΝ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΓΕΙΑΣ

9.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ

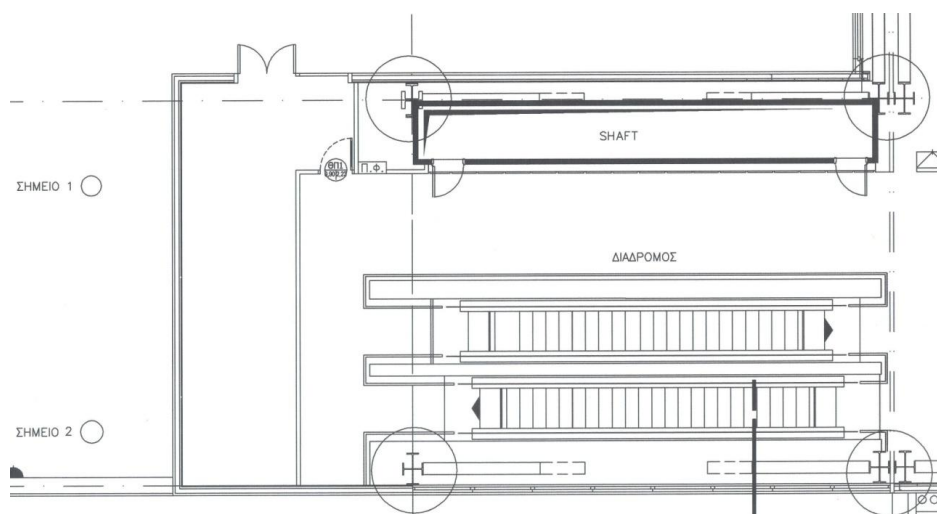
Στο τμήμα του κτιρίου όπου επιλέχθηκε να γίνουν οι μετρήσεις το διπλό διαχωριστικό πέτασμα πλαγιοκάλυψης αποτελείται από τα ίδια υλικά με το πέτασμα που κατασκευάστηκε στο εργαστήριο. Οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας του πετάσματος έγιναν στον πέμπτο επίπεδο του κτιρίου.



ΕΙΚΟΝΑ 9.3 ΠΕΤΑΣΜΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Το σημείο αυτό επιλέχθηκε λόγω της μορφολογίας του δηλαδή, ενιαία επιφάνεια χωρίς ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα), όπως και αυτό που κατασκευάστηκε στο εργαστήριο της σχολής. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο σημεία εξωτερικά του πετάσματος.

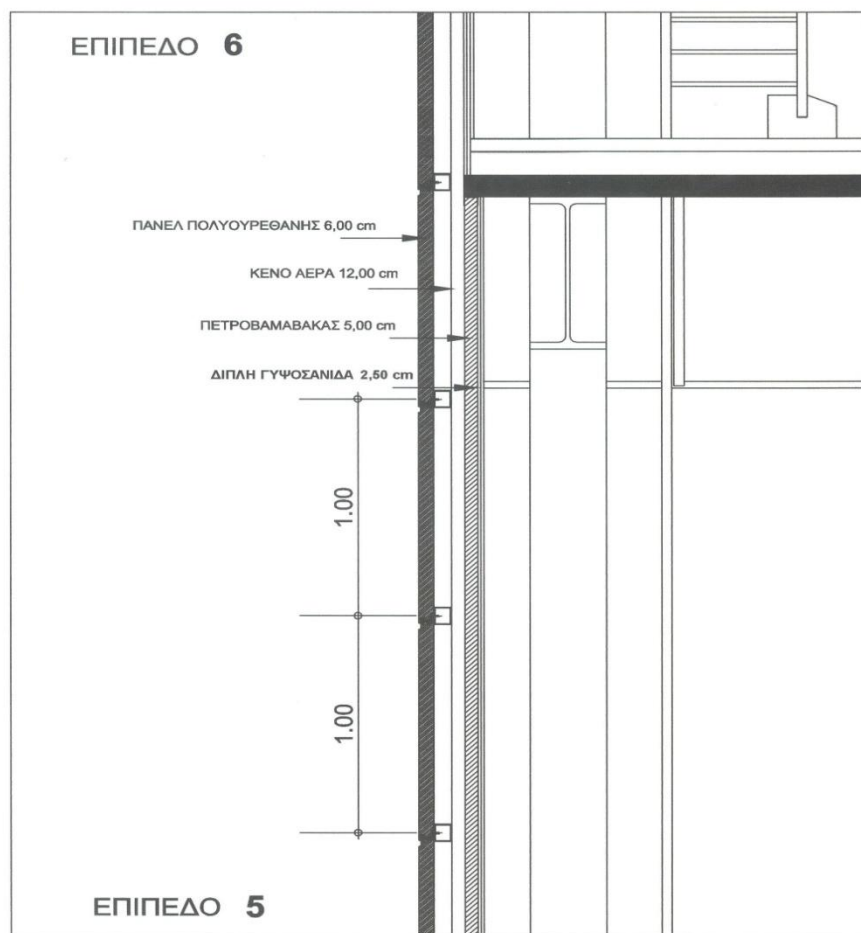
Σημειώνεται πως ο χώρος εσωτερικά δεν έχει εξοπλιστεί ακόμα με τα απαραίτητα για την λειτουργία του χώρου (χώρος γραφείου) έπιπλα, διότι γίνονται εσωτερικές διαρρυθμίσεις για να στεγαστεί το Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης.



ΕΙΚΟΝΑ 9.4 ΚΑΤΟΨΗ-ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Μετρήσεις και Αποτελέσματα στην Κατασκευή

Το διπλό διαχωριστικό πέτασμα έχει συνολικό πάχος 25,5 cm. Το εξωτερικό του στοιχείο αποτελείται από πάνελ πολυουρεθάνης πάχους 6,00cm και το εσωτερικό του από πετροβάμβακα πάχους 5,00cm και διπλό φύλλο γυψοσανίδας συνολικού πάχους 2,50cm , με ενδιάμεσο κενό αέρα 12,00 cm. Η τοποθέτηση του πάνελου στο κτίριο γίνεται εξωτερικά του μεταλλικού σκελετού (υποστυλώματα, δοκάρια), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 9.4. Το πέτασμα από πάνελα πολυουρεθάνης (διάσταση τεμαχίου 3,00m x1,00m) στηρίζεται περιμετρικά της πλάκας με την βοήθεια ενός μεταλλικού πλαισίου από οριζόντια και κατακόρυφα μεταλλικά γαλβανισμένα στοιχεία, ορθογωνικής διατομής. Στις ενώσεις των πανέλων ανά 1,00m τοποθετούνται τα πρώτα οριζόντια στηρίγματα τα οποία με την σειρά τους συνδέονται με τα δεύτερα κατακόρυφα με ηλεκτροσυγκόλληση. Τα κατακόρυφα στοιχεία πακτώνονται (με μεταλλικά αγκύρια) περιμετρικά του κτιρίου, η απόσταση μεταξύ τους είναι περίπου στο 1,50m. Στη συνέχεια, εσωτερικά, στο ελεύθερο ύψος της μεταξύ των πλακών τοποθετείται σε ξεχωριστό προφίλ αλουμινίου διατομής C, ο πετροβάμβακας με ορθοστάτες ανά 0,60m. Στο ίδιο προφίλ τοποθετείται η διπλή γυψοσανίδα.



ΕΙΚΟΝΑ 9.5 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΟΜΜΗ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΛΑΓΙΟΚΑΛΥΨΗΣ

9.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

Οι επιτόπιες μετρήσεις στην κατασκευή για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας του διαχωριστικού πετάσματος έγιναν σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN ISO 140/V-1978 (επιτόπιες μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας στοιχείων προσόψεων και προσόψεων ως προς τον αερόφερτο ήχο).

Τα όργανα όπως και η πειραματική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι παρόμοια με αυτήν των μετρήσεων στο εργαστήριο.

Στις επιτόπιες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία η ηχομονωτική ικανότητα του διαχωριστικού πετάσματος εκφράζεται με τον **δείκτη ηχομείωσης R_{θ}** , με την **μέθοδο του μεγαφώνου**.

Ο οποίος προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$R_{\theta} = L''_1 - L_2 + 10 \log \frac{4S \cos \theta}{A} \text{ dB}$$

Όπου:

L''_1 : η μέση ηχοστάθμη ακριβώς μπροστά από το δοκίμιο και σε απόσταση 2,00 m από αυτό, όπου δεν επηρεάζεται από τον ανακλώμενο από το δοκίμιο ήχο.

L_2 : η μέση ηχοστάθμη στο δωμάτιο ηχητικής λήψης

S: η επιφάνεια του δοκιμίου

A: η ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης στο δωμάτιο λήψης που προκύπτει από τη σχέση:

$$A = 0,163 (V/T) \text{ σε m}^2$$

V: ο όγκος του δωματίου λήψης, σε κυβικά μέτρα

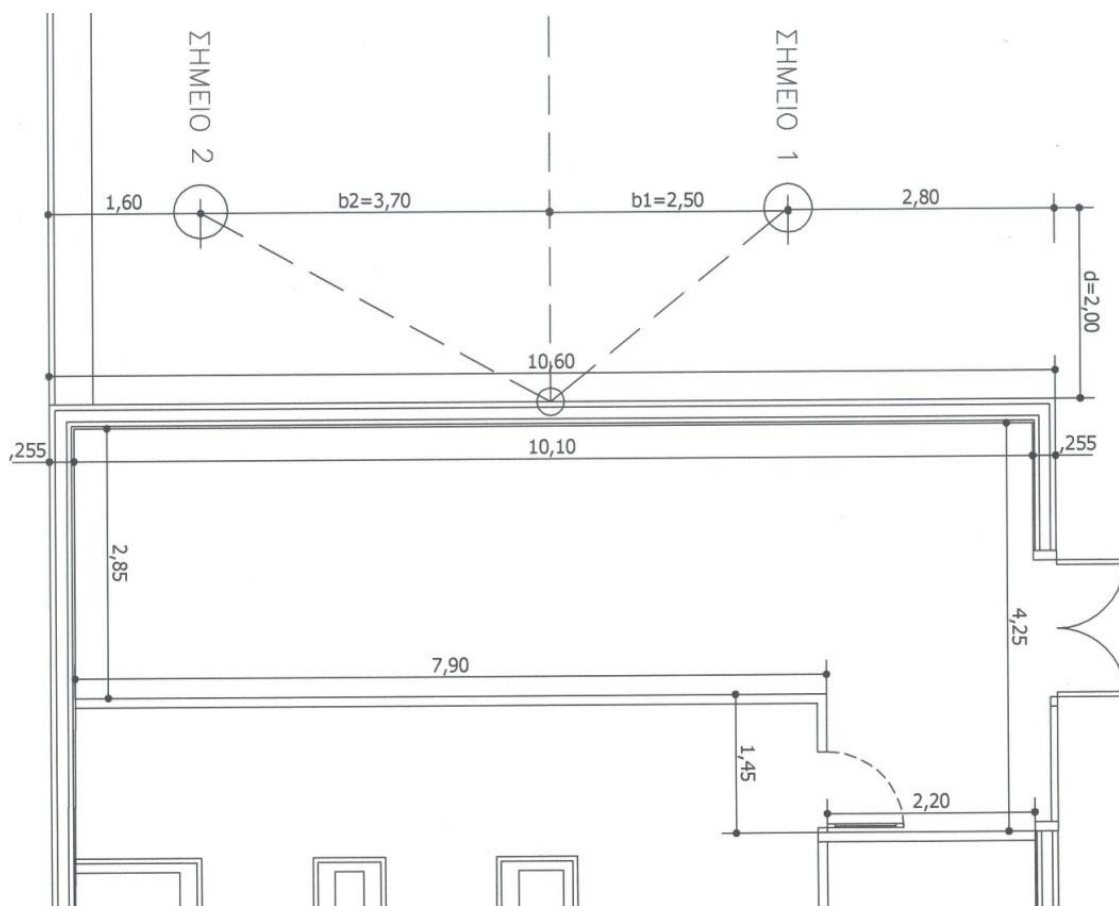
T: ο χρόνος αντήχησης, σε δευτερόλεπτα.

θ : η γωνία πρόσπτωσης (η γωνία μεταξύ του άξονα του μεγαφώνου που κατευθύνεται στο δοκίμιο και της καθέτου στην επιφάνεια του δοκιμίου)

$$\cos \theta = \frac{d}{\sqrt{h^2 + d^2 + b^2}}$$

* Στο υπό εξέταση δοκίμιο το συνημίτονο της γωνίας θ υπολογίζεται με βάση τον προηγούμενο τύπο για τα σημεία 1 και 2 των μετρήσεων. $h=3,60$ (συνολικό ύψος πετάσματος)/2=1,80m.

$d=2,00m$, $b_1=2,50m$ και $b_2=3,70m$



ΕΙΚΟΝΑ 9.6 ΚΑΤΟΨΗ-ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ ΓΩΝΙΑΣ θ

Ο δείκτης ηχομείωσης, R_{θ} , δίνεται στις συχνότητες μέτρησης από 100 μέχρι 3150 Hz (σε τριτοοκτάβες) με τη μορφή πίνακα τιμών και γραφικής παράστασης.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής ελήφθησαν στις ζώνες συχνοτήτων από 50 μέχρι 5000 Hz (σε τριτοοκτάβες).

9.4 ΗΧΟΜΟΝΟΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ-ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ.

Το πανέλο πολυουρεθάνης έχει πάχος 6,00cm και επιφανειακό βάρος 12,40kg/m². Ο πετροβάμβακας έχει πάχος 5,00cm και επιφανειακό βάρος 2,50kg/m² (50,00 kg/m³), η διπλή γυψοσανίδα (αποτελούμενη από δύο γυψοσανίδες πάχους η κάθε μία 1,25cm) έχει συνολικό πάχος 2,50cm και επιφανειακό βάρος 18,00kg/m² και το ενδιάμεσο κενό αέρα είναι 12,00cm. Το διπλό διαχωριστικό πέτασμα έχει συνολικό πάχος 25,50cm.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής δίνονται στις τριτοκταβικές ζώνες συχνοτήτων από 100 μέχρι 3150Hz σε πίνακα και διάγραμμα.

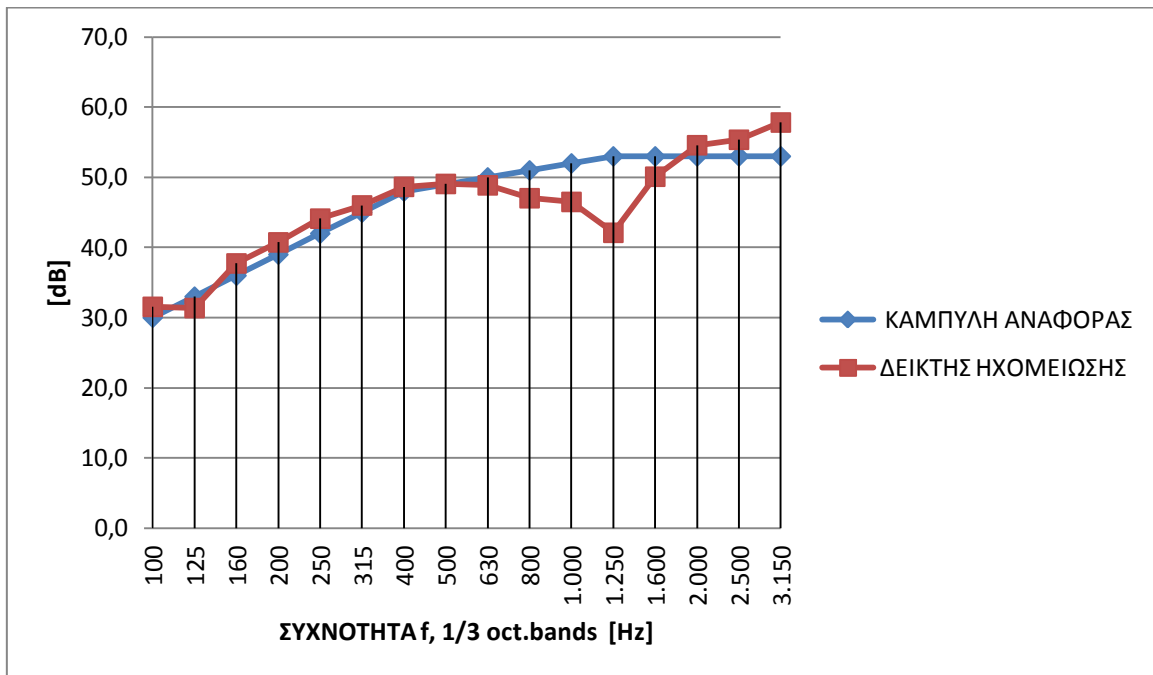
Αρχικά αποτελέσματα δίδονται για το **σημείο 1**.

Όγκος θαλάμου λήψης V : 115,20m³

Εμβαδόν πετάσματος E : 36,40m²

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ [Hz]	Rθ [dB]
100	31,5
125	31,4
160	37,7
200	40,7
250	44,1
315	46,0
400	48,7
500	49,1
630	48,9
800	47,0
1000	46,5
1250	42,1
1600	50,1
2000	54,6
2500	55,4
3150	57,8

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R_θ, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ- ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 25,50cm. , **ΣΗΜΕΙΟ 1**



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R_{θ} , ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 25,50cm. ΣΗΜΕΙΟ 1

Ο προσδιορισμός του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης $R_{\theta,w}$ έγινε σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 717/3-1982 και προέκυψε, **$R_{\theta,w}=49dB$** .

Μετρήσεις και Αποτελέσματα στην Κατασκευή

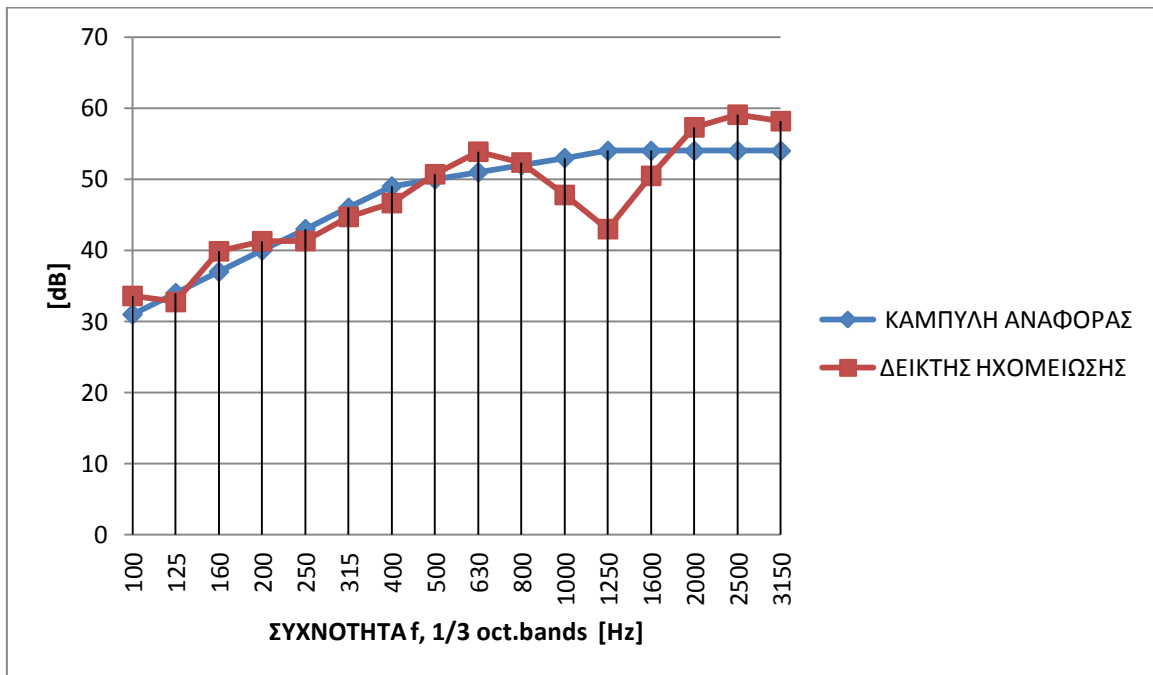
Αποτελέσματα για το **σημείο 2**.

Όγκος θαλάμου λήψης V : 115,20m³

Εμβαδόν πετάσματος E : 36,40m²

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ [Hz]	R _θ [dB]
100	33,6
125	32,7
160	39,9
200	41,3
250	41,3
315	44,7
400	46,7
500	50,7
630	53,9
800	52,4
1000	47,8
1250	43,0
1600	50,5
2000	57,3
2500	59,1
3150	58,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R_θ, ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟΥ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΑΒΑΚΑ- ΔΙΠΛΗΣ ΓΥΦΟΣΑΝΙΔΑΣ ΣΥΝΟΛΙΟΥ ΠΑΧΟΥΣ 25,50cm. , **ΣΗΜΕΙΟ 2**



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R_{θ} , ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΧΟΥΣ 25,50cm. **ΣΗΜΕΙΟ 2**

Ο προσδιορισμός του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης $R_{\theta,w}$ έγινε σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 717/3-1982 και προέκυψε, **$R_{\theta,w}=50dB$** .

10. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ

10.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΙΠΛΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 5.6.3 η ηχομονωτική ικανότητα των απλών διαχωριστικών πετασμάτων είναι δυνατόν να προσδιοριστεί θεωρητικά από το Νόμο της Μάζας.

Σύμφωνα με τον νόμο αυτό ο δείκτης ηχομείωσης T.L. των απλών πετασμάτων είναι ανάλογος της συχνότητας και του επιφανειακού τους βάρους. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερο επιφανειακό βάρος έχει ένα απλό πέτασμα, τόσο υψηλότερος είναι ο δείκτης ηχομείωσής του.

Για το νόμο της μάζας για απλά χωρίσματα ισχύει ο παρακάτω τύπος:

$$T.L. = 20 \log mf - 48 \text{ (dB)}$$

Όπου:

T.L.: Δείκτης Ηχομείωσης (dB)

m: Επιφανειακό βάρος του πετάσματος (kg/m^2)

f: Συχνότητα (Hz)

Σύμφωνα με τον νόμο της μάζας υπολογίζονται οι θεωρητικές τιμές του δείκτη ηχομείωσης για τα δύο επιμέρους στοιχεία του υπό εξέταση διπλού διαχωριστικού πετάσματος από 100 έως 3150Hz.

Διπλή Γυψοσανίδα (18,00kg/m ²) + Πετροβάμβακας (2,50kg/m ²)			Πανέλο Πολυουρεθάνης (12,40kg/m ²)-		
f [Hz]	m [kg/m ²]	T.L.1 [dB]	f [Hz]	m [kg/m ²]	T.L.2 [dB]
100	20,5	18,2	100	12,40	13,9
125	20,5	20,2	125	12,40	15,8
160	20,5	22,3	160	12,40	18,0
200	20,5	24,3	200	12,40	19,9
250	20,5	26,2	250	12,40	21,8
315	20,5	28,2	315	12,40	23,8
400	20,5	30,3	400	12,40	25,9
500	20,5	32,2	500	12,40	27,8
630	20,5	34,2	630	12,40	29,9
800	20,5	36,3	800	12,40	31,9
1000	20,5	38,2	1000	12,40	33,9
1250	20,5	40,2	1250	12,40	35,8
1600	20,5	42,3	1600	12,40	38,0
2000	20,5	44,3	2000	12,40	39,9
2500	20,5	46,2	2500	12,40	41,8
3150	20,5	48,2	3150	12,40	43,8
T.L.=20*log(m*f)-48 [dB]			T.L.=20*log(m*f)-48 [dB]		

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ T.L. ΓΙΑ ΤΑ ΔΥΟ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ.

*Θεωρείται το ισοδύναμο επιφανειακό βάρος της διπλή γυψοσανίδας αθροιστικά με το επιφανειακό βάρος του πετροβάμβακα.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η θεωρητική τιμή ηχομόνωσης από 100 έως 3150 Hz για το διπλό διαχωριστικό πέτασμα.

Για τα **διπλά χωρίσματα** ισχύει ο παρακάτω τύπος:

$$T.L.=TL_1+ TL_2 - 20\log\left(\frac{k}{fd}\right) (dB)$$

Όπου:

f: η συχνότητα (Hz)

T.L.: Δείκτης Ηχομείωσης (dB)

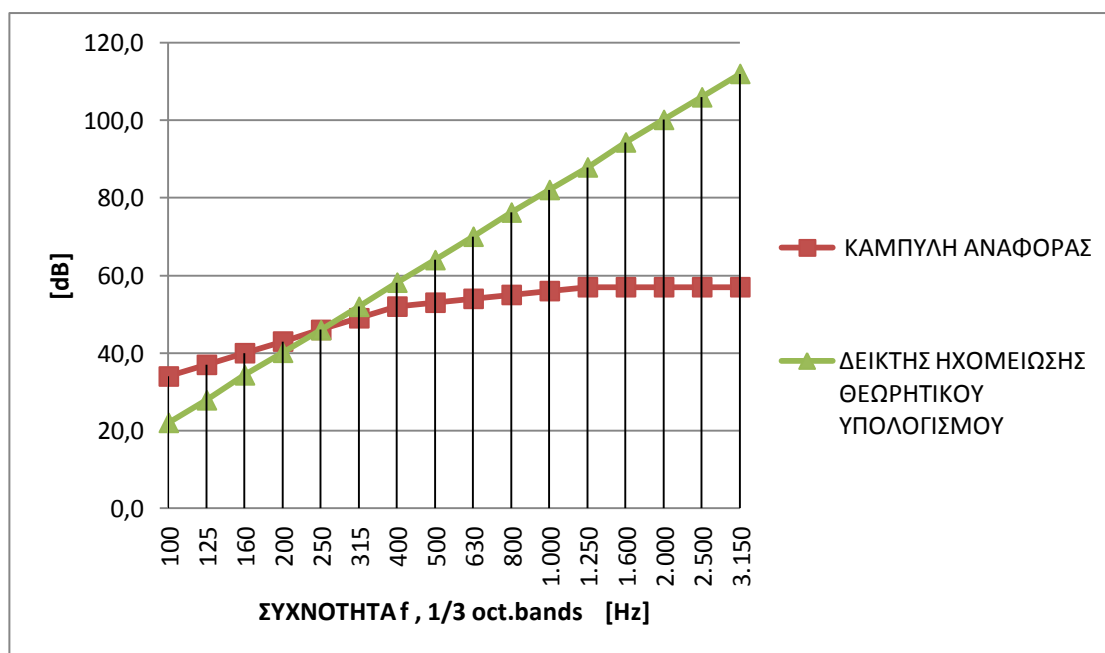
k: c/2π

d: το πάχος του διακένου (m)

c: η ταχύτητα του ήχου στον αέρα = 340 m/s (17°C)

Διπλό Διαχωριστικό Πέτασμα				
f [Hz]	T.L.1	T.L.2	d	T.L. [dB]
100	18,2	13,9	0,17	22,0
125	20,2	15,8	0,17	27,9
160	22,3	18,0	0,17	34,3
200	24,3	19,9	0,17	40,1
250	26,2	21,8	0,17	45,9
315	28,2	23,8	0,17	51,9
400	30,3	25,9	0,17	58,2
500	32,2	27,8	0,17	64,0
630	34,2	29,9	0,17	70,0
800	36,3	31,9	0,17	76,2
1000	38,2	33,9	0,17	82,0
1250	40,2	35,8	0,17	87,9
1600	42,3	38,0	0,17	94,3
2000	44,3	39,9	0,17	100,1
2500	46,2	41,8	0,17	105,9
3150	48,2	43,8	0,17	111,9
$T.L.=T.L.1+T.L.2-20\log(k/fd)$				
Rw(θεωρ)= 53dB				

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ TL ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΠΛΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΠΕΤΑΣΜΑ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ T.L., ΔΙΠΛΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ.

Με βάση τις μετρήσεις στο εργαστήριο ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης είναι **$R_w=53$ dB**.

Ο τύπος της θεωρητικής προσέγγισης ισχύει υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν συζεύξεις μεταξύ των δύο κελυφών και ότι το πέτασμα λειτουργεί βάση του επιφανειακού του βάρους, δηλαδή τα φαινόμενα συντονισμού και κυματοσύμπτωσης είναι αμελητέα.

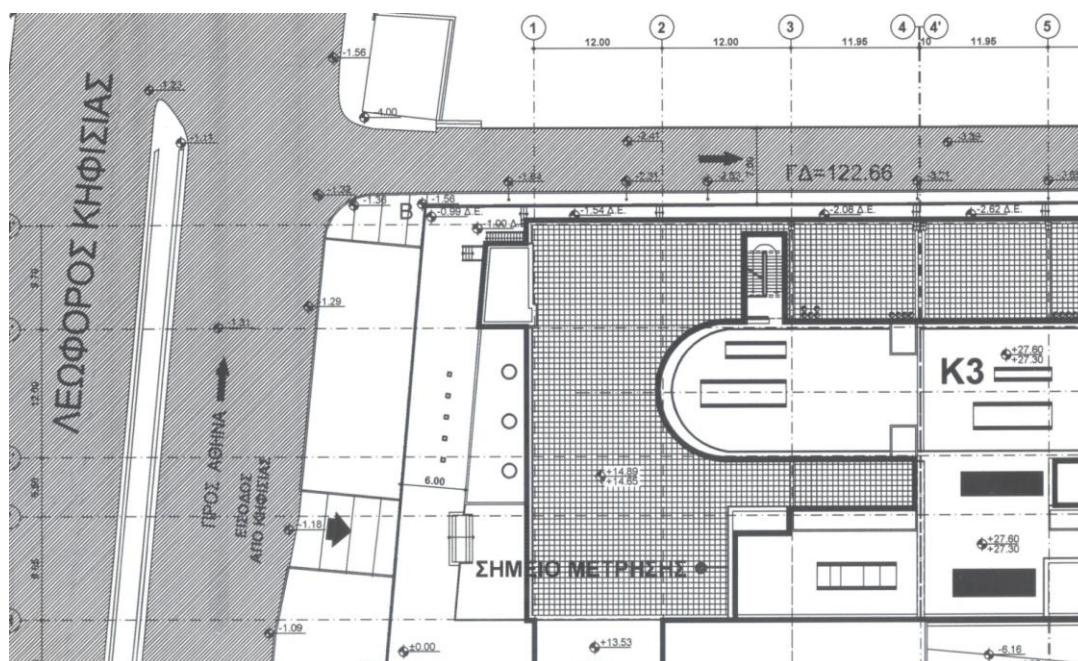
Τα αποτελέσματα δηλώνουν ότι το πέτασμα είναι πολύ καλά σχεδιασμένο, δηλαδή προσεγγίζει τις συνθήκες του θεωρητικού μοντέλου.

10.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ (ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ)-NOISE CRITERIA - NC

Για να αξιολογηθεί η μετρηθείσα ηχομόνωση του υπό εξέταση διπλού διαχωριστικού πετάσματος είναι απαραίτητη η σύγκρισή της με την επιθυμητή ηχομόνωση με βάση τα κριτήρια θορύβου (αποδεκτές τιμές θορύβου), Noise Criteria-NC. Τα κριτήρια θορύβου είναι τιμές ανεκτής στάθμης θορύβου σε συνάρτηση με τη χρήση του χώρου.(βλ.5.5.3).

Οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας του πετάσματος έγιναν στο πέμπτο επίπεδο του κτιρίου (βλ.9.2) και χρησιμοποιήθηκε πηγή θορύβου (Μεγάφωνο Brüel & Kjaer, Omni Power 4292) λόγω του ότι ο εξωτερικός θόρυβος σε αυτό το επίπεδο δεν ήταν ικανοποιητικός για την πειραματική διαδικασία.

Για τον προσδιορισμό όμως και τον σχολιασμό των NC είναι απαραίτητος ο εξωτερικός θόρυβος από το αστικό περιβάλλον και όχι αυτός της πηγής, για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις εξωτερικού θορύβου, τροχαίας κίνησης από το επίπεδο 0 (μηδέν- ισόγειο) όπου ο εξωτερικός θόρυβος είναι αυξημένος λόγω του ότι το κτίριο βρίσκεται επί της οδού Κηφισίας. Η μέτρηση του εξωτερικού θορύβου έγινε με το ηχόμετρο, Sound Level Meter Brüel & Kjaer, Hand-held Analyzer Type 2270 και σε απόσταση δύο μέτρων από την πρόσοψη του κτιρίου.



ΕΙΚΟΝΑ 10.1 ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

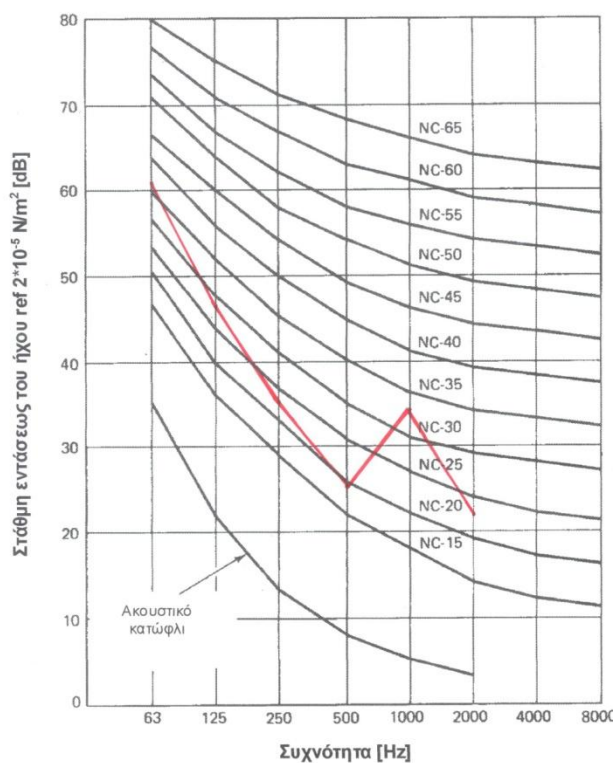
Σύμφωνα με τον εξωτερικό θόρυβο από το αστικό περιβάλλον και την ήδη μετρηθείσα ηχομονωτική ικανότητα του πετάσματος, υπολογίζεται το ο εσωτερικός θόρυβος του κτιρίου, L_2 . (βλ.9.3)

	ΣΗΜΕΙΟ 1		ΣΗΜΕΙΟ 2	
	L2		L2	
	1/3 oct	1/1 oct	1/3 oct	1/1 oct
50Hz	57,6	61	53,9	58
63Hz	57,1		52,6	
80Hz	51,1		52,0	
100Hz	43,3	47	40,9	45,5
125Hz	44,1		43,4	
160Hz	36,9		33,4	
200Hz	33,4	35	31,7	34
250Hz	26,9		28,8	
315Hz	25,1		25,5	
400Hz	21,6	26,5	22,7	25
500Hz	21,8		19,1	
630Hz	22,1		16,9	
800Hz	25,3	34,5	19,6	32
1kHz	28,9		26,7	
1.25kHz	32,3		30,4	
1.6kHz	22,5	24	21,3	22
2kHz	16,7		13,1	
2.5kHz	12,5		7,6	

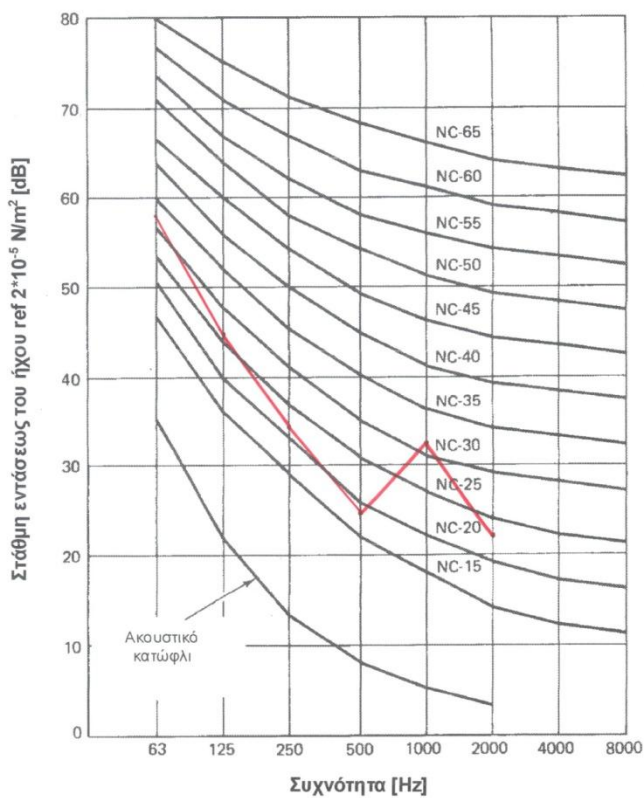
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ 1/10ΚΤΑΒΑΣ

Εφαρμογές Ηχομόνωσης

Οι τιμές του εσωτερικού θορύβου L_2 , σε οκτάβες, αποτυπώνονται στο Διάγραμμα των N.C.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10.2 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ, ΣΗΜΕΙΟ 1



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10.3 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ, ΣΗΜΕΙΟ 2

Σύμφωνα με τις αποδεκτές τιμές θορύβου (Noise Criteria) (βλ. 5.5.3) και με βάση την λειτουργία του χώρου, που στην παρούσα περίπτωση μπορεί να υπαχθεί ή στους "χώρους με μηχανήματα γραφείου" ή στα "μεγάλα γραφεία" (Γραφεία Υπουργείου Υγείας), οι αποδεκτές τιμές είναι αντίστοιχα NC 40-45 και NC 35-40. Σύμφωνα με τα Διαγράμματα 10.1 και 10.2 η τιμή NC στο χώρο υπάγεται στην καμπύλη NC 35 για το σημείο 1 και για το σημείο 2, επομένως το κριτήριο θορύβου πληρείται.

10.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ (ΔΙΠΛΟ ΠΕΤΑΣΜΑ ΚΑΙ ΚΟΥΦΩΜΑ)

Από τα προηγούμενα κεφάλαια είναι γνωστός ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης R_w του διπλού διαχωριστικού πετάσματος (βλ. Κεφάλαιο 8, Εργαστηριακές Μετρήσεις και Αποτελέσματα) και ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης $R_{\theta,w}$ (βλ. Κεφάλαιο 9, Μετρήσεις και Αποτελέσματα στην Κατασκευή).

Διπλό διαχωριστικό πέτασμα :

$R_w = 53$ dB

$R_{\theta,w}$ (σημείο 1) = 49 dB

$R_{\theta,w}$ (σημείο 2) = 50 dB

Μέσος όρος $R_{\theta,w} = 50$ dB

Σκοπός της διερεύνησης είναι η αξιολόγηση της ηχομονωτικής ικανότητας συνθέτου διαχωριστικού πετάσματος, δηλαδή του προς εξέταση διπλού πετάσματος σε συνδυασμό με κούφωμα. Για το λόγω αυτό επιλέχθηκε δίφυλλο ανοιγόμενο κούφωμα αλουμινίου με διπλό τζάμι συνολικού πάχους 20mm (4+12+4), λόγω της ευελιξίας του τρόπου ανοίγματος και της επίτευξης εν γένει σχετικά καλύτερης ηχομόνωσης. Επιλέγεται ο βέλτιστος σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης R'_w για τον συγκεκριμένο τύπο κουφώματος που μετρήθηκε στην κατασκευή.

Δίφυλλο ανοιγόμενο κούφωμα:

$R_w = 34$ dB

$R'_w = 27$ dB

Τα στοιχεία για το κούφωμα ελήφθησαν από άλλη μελέτη (Ref 8) όπου είχαν γίνει μετρήσεις της ηχομονωτικής ικανότητας αλουμινένιου κουφώματος στην κατασκευή και στο εργαστήριο αντίστοιχα.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων σκοπός είναι να προσδιοριστεί σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης R_w και ο σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης R'_w του συνθέτου διαχωριστικού πετάσματος.

Εφαρμογές Ηχομόνωσης

Όπως είναι γνωστό, οι συντελεστές ηχοπερατότητας (transmission coefficient) των επιμέρους στοιχείων ενός σύνθετου διαχωριστικού πετάσματος συνδέονται μεταξύ τους και με τον συντελεστή ολόκληρου του σύνθετου πετάσματος με τον παρακάτω τύπο :

$$\mathcal{T}_{av} = \frac{\mathcal{T}_1 s_1 + \mathcal{T}_2 s_2}{s_1 + s_2}$$

όπου :

T_{av} : ο σταθμισμένος συντελεστής ηχοπερατότητας του σύνθετου διαχωριστικού.

T_1 , T_2 : οι σταθμισμένοι συντελεστές ηχοπερατότητας των επιμέρους στοιχείων του σύνθετου διαχωριστικού.

s_1 s_2 : τα εμβαδά των επιφανειών που καταλαμβάνουν τα επιμέρους στοιχεία του σύνθετου διαχωριστικού.

Ο τύπος που συνδέει τον **σταθμισμένο δείκτη ηχομείωσης** και τον **σταθμισμένο συντελεστή ηχοπερατότητας** ενός στοιχείου (**transmission coefficient**) ενός στοιχείου είναι ο εξής:

$$R_w = 10 \log \frac{1}{\mathcal{T}}$$

όπου :

R_w :ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης του στοιχείου

T :ο σταθμισμένος συντελεστής ηχοπερατότητας του στοιχείου

Εφαρμογές Ηχομόνωσης

Σύμφωνα με τις **εργαστηριακές μετρήσεις** ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης του πετάσματος και του κουφώματος είναι $R_{w(\text{πετάσματος})}=53$ dB και $R_{w(\text{κουφώματος})}= 34$ dB. Με βάση τους παραπάνω τύπους παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας.

R_w πετάσματος	R_w κουφώματος	S_1 πετάσματος	S_2 κουφώματος	T_1 πετάσματος	T_2 κουφώματος	T_{av}	R_w σύνθετου
53	34	10,5	1,5	0,0000050119	0,000398107	0,00005414	42,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.4 ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ.

Σύμφωνα με τις **μετρήσεις στην κατασκευή** ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης του πετάσματος είναι $R_{\theta,w(\text{πετάσματος})}= 50$ dB και ο σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης του κουφώματος είναι $R'_{w(\text{κουφώματος})}= 27$ dB.

$R_{\theta,w}$ πετάσματος	R'_{w} κουφώματος	S_1 πετάσματος	S_2 κουφώματος	T_1 πετάσματος	T_2 κουφώματος	T_{av}	R'_{w} σύνθετου
50	27	10,5	1,5	0,00001	0,00199526	0,0002581	36

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.5 ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟΥ

Στην παρούσα εφαρμογή επειδή τα δεδομένα των οποίων κάνουμε χρήση (*Ref* 8), είναι εκπνερασμένα με την μορφή μονότιμων μεγεθών παραδείγματος χάρη, αφενός από την μελέτη του Ταγαρά χρησιμοποιήθηκε ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης και ο σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης του κουφώματος και αφετέρου η στάθμη του κυκλοφοριακού θορύβου είναι διαθέσιμη σε dBA ο παρών υπολογισμός για τον προσδιορισμό των N.C. (βλ.5.5.3) θα βασιστεί μόνο σε μονότιμα μεγέθη.

L_1 , εξωτερικός θόρυβος= 75 dBA (Ref 9)

R'_{w} συνθέτου= 36 dB

L_2 , εσωτερικός θόρυβος κτιρίου= **39 dBA**

Όπως έχει αναφερθεί ο υπό εξέταση χώρος μπορεί να υπαχθεί ή στους "χώρους με μηχανήματα γραφείου" ή στα "μεγάλα γραφεία" (γραφεία Υπουργείου Υγείας) και οι αποδεκτές τιμές βάση των N.C. είναι αντίστοιχα NC 40-45 και NC 35-40.

Τα N.C. μετατρέπονται σε dBA προσθέτοντας 5 dB (Ref. 10) και επομένως η μέγιστη επιτρεπόμενη στάθμη θορύβου είναι, "χώροι με μηχανήματα γραφείου" 45-50dBA και "μεγάλα γραφεία" 40-45dBA. Ο εσωτερικός θόρυβος στο χώρο είναι 39 dBA επομένως το κριτήριο θορύβου πληρείται.

Παρατηρήσεις:

Η ηχομονωτική ικανότητα του κουφώματος, όπως αυτή μετρήθηκε στην κατασκευή από τον άλλο μελετητή (*Ref 8*), είχε μειωμένη απόδοση, είτε λόγω αδυναμίας του ίδιου του κουφώματος είτε λόγω πλευρικής ηχομετάδοσης στη σχετική πειραματική διάταξη.

Ένας τρόπος για να βελτιωθεί η ηχομόνωση του συνθέτου πετάσματος και συνεπώς να εξασφαλίσουμε καλύτερες συνθήκες ησυχίας στον χώρο είναι η επιλογή ενός βέλτιστου κουφώματος αλουμινίου από πλευρά ηχομόνωσης δηλαδή, ενός κουφώματος που στην κατασκευή θα έχει ηχομόνωση μεγαλύτερη των 27 dB. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό τότε συνιστάται να χρησιμοποιούνται σε περιορισμένες διαστάσεις (ειδικά όταν τοποθετούνται σε προσόψεις κτιρίων οι οποίες βρίσκονται σε οδικούς άξονες με αυξημένο κυκλοφοριακό θόρυβο δηλαδή, η αναλογία κουφώματος προς το συνολικό εμβαδό να είναι μικρότερη του 1/7, η οποία αναλογία χρησιμοποιήθηκε στον παρόντα υπολογισμό.

11. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

		ΠΑΧΟΣ [m]	ΕΜΒΑΔΟΝ [m ²]	ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R _{θ,w} [Db]
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΣΗΜΕΙΟ 1	25,5	39,0	49
	ΣΗΜΕΙΟ 2	25,5	39,0	50
				ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ R _w [Db]
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	ΠΡΩΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ, ΠΑΝΕΛΟ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ	25,5	10,5	29
	ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ, ΠΑΝΕΛΟ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ -ΚΕΝΟ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	25,5	10,5	33
	ΤΕΛΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ, ΠΑΝΕΛΟ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ -ΚΕΝΟ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ -ΔΙΠΛΗ ΓΥΦΟΣΑΝΙΔΑ	25,5	10,5	53

11.1 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Έχει προαναφερθεί ότι η γνώση της ηχομονωτικής ικανότητας ενός διαχωριστικού πετάσματος, προτού αυτό τοποθετηθεί στη κατασκευή μπορεί να προσεγγιστεί μέσω των εργαστηριακών αποτελεσμάτων. Όμως το σχήμα της καμπύλης του δείκτη ηχομείωσης όπως και η αναμενόμενη τιμή του σταθμισμένου δείκτη ηχομείωσης, του διαχωριστικού πετάσματος, αποκλίνουν μεταξύ των μετρήσεων στην κατασκευή και των εργαστηριακών μετρήσεων.

Παρατηρείται απόκλιση σε σχέση με τις εργαστηριακές μετρήσεις όπως φαίνεται στον πίνακα 11.1 κατά 4dB και 3dB για τα σημεία 1 και 2 αντίστοιχα μέτρησης στην κατασκευή. Η απόκλιση είναι 7% εκφραζόμενη επί τοις εκατό της εργαστηριακής τιμής. Στη συνέχεια αναλύονται οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτές τις διαφορές.

11.2 ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Κατά τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας του διαχωριστικού πετάσματος, που έχει επιτευχθεί στην κατασκευή, καταλήγουμε σε αποτελέσματα, που αποκλίνουν από τις εργαστηριακές μετρήσεις . Ο σταθμισμένος δείκτης για τις εργαστηριακές μετρήσεις είναι $R_w=53\text{dB}$, ενώ ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης για τις μετρήσεις στην κατασκευή είναι $R_{\theta,w}=49\text{dB}$, και για το σημείο 1 της μέτρησης και για το σημείο 2 είναι $R_{\theta,w}=50\text{dB}$.

Βασικός παράγοντας για αυτές τις αποκλίσεις είναι η ύπαρξη πλευρικών ηχομεταδόσεων που οφείλονται σε διαρροή ηχητικής ενέργειας.

Στη συνέχεια αναλύονται οι λόγοι που μπορεί να οδήγησαν σε αυτές τις αποκλίσεις.

11.2.1 ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Στις εργαστηριακές μετρήσεις είμαστε σε θέση να μειώσουμε σημαντικά την πλευρική μετάδοση του ήχου. Αυτό το επιτυγχάνουμε κυρίως επειδή χρησιμοποιούμε θύρες με μεγάλη ηχομονωτική ικανότητα, και επειδή τα δοκίμια τοποθετούνται με ακρίβεια και σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

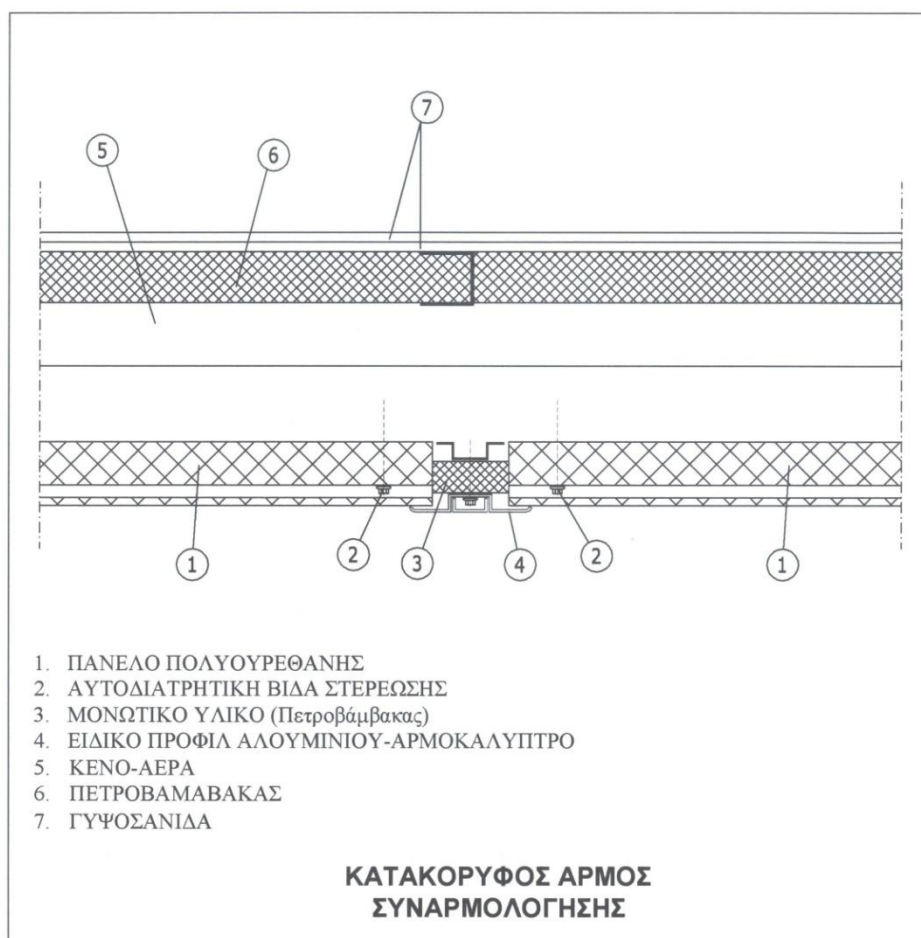
Όσο μεγαλύτερη είναι η πλευρική μετάδοση του ήχου τόσο μειώνεται η ηχομονωτική ικανότητα του πετάσματος.

A) Πλευρική διαρροή μέσω της συναρμογής του πετάσματος και δαπέδου.

Η σωστή τοποθέτηση του πετάσματος και η αποφυγή κατασκευαστικών ατελειών είναι πολύ σημαντική για την αποφυγή πλευρικών διαρροών του ήχου. Αν μεταξύ του πετάσματος και του δαπέδου σχηματίζονται κενά είτε αυτά είναι εμφανή είτε όχι τότε επιτρέπουν στον ήχο να περνά από τον έναν χώρο στον διπλανό του μέσο του κοινού τους διαδρόμου. Θα πρέπει να τοποθετείται ελαστικό παρέμβυσμα μεταξύ του πετάσματος και του δαπέδου.

Β) Πλευρική διαρροή μέσω αρμών συναρμογής του ίδιου του πετάσματος.

Μεταξύ των πανέλων τοποθετούνται κατακόρυφοι αρμοί συναρμολόγησης με αποτέλεσμα να δημιουργείται ασυνέχεια του υλικού. Στην κατασκευή λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας του πανέλου, υπάρχουν περισσότεροι τέτοιοι αρμοί σε σχέση με την εργαστηριακή μέτρηση. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες και αν μην παραλείπεται η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού ενδιάμεσα των πανέλων, κάτω από το αρμοκάλυπτρο.

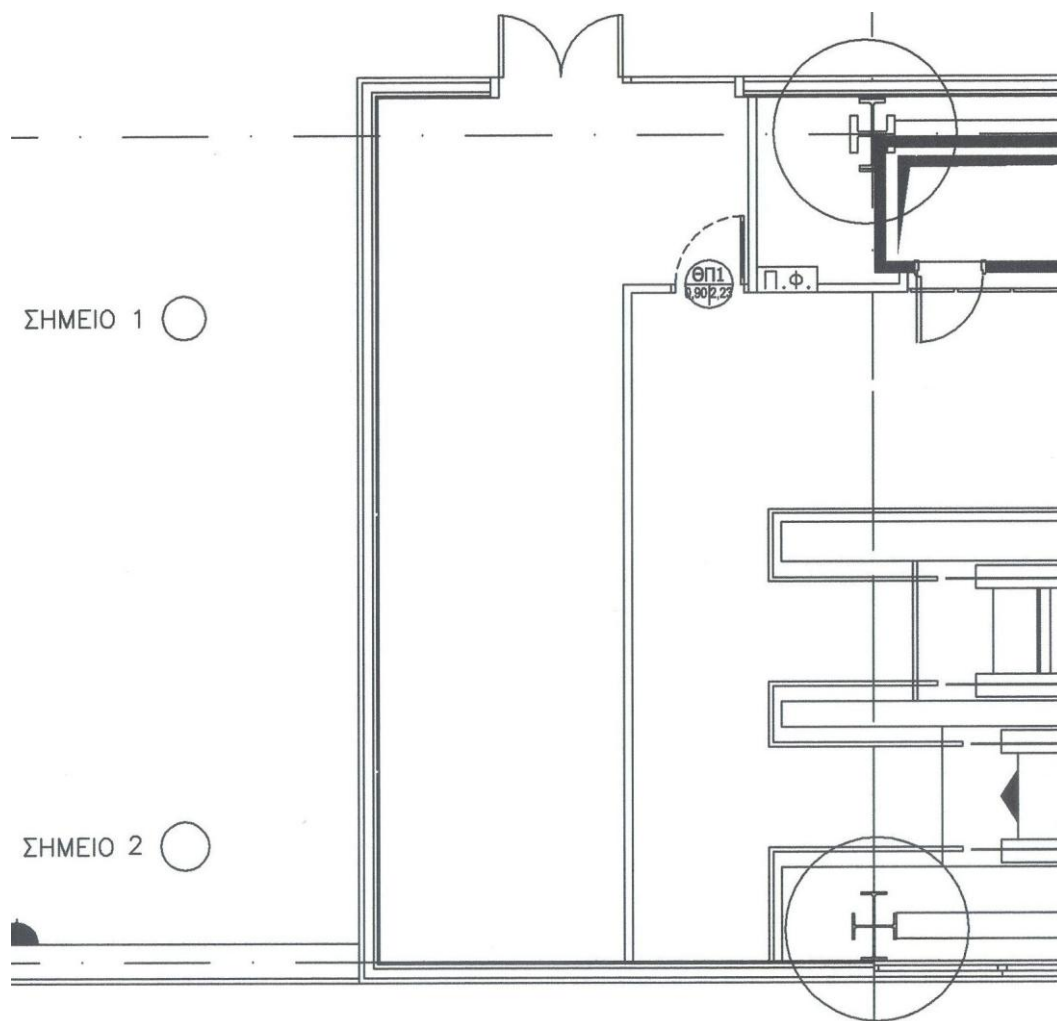


ΕΙΚΟΝΑ 11.1 ΤΟΜΜΗ-ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΑΡΜΟΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Γ) Πλευρική διαρροή μέσω των θυρών.

Το κενό που σχηματίζεται μεταξύ των θυρών και του δαπέδου επιτρέπει τη διέλευση του ήχου από τον ένα χώρο στο διπλανό του μέσω του κοινού τους διαδρόμου.

Επίσης η ηχομονωτική ικανότητα των θυρών όπως και των ανοιγμάτων γενικά (πόρτες, παράθυρα, μπαλκονόπορτες) είναι μειωμένη σε σχέση με τα διαχωριστικά πετάσματα, επομένως όταν σε ένα πέτασμα τοποθετηθούν ανοίγματα, η ηχομόνωση που προσφέρει το σύνθετο πλέον διαχωριστικό πέτασμα υπολείπεται αυτής του αρχικού πετάσματος (βλ.10.3).



ΕΙΚΟΝΑ 11.2 ΚΑΤΟΨΗ-ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Παρατηρήσεις:

Το φαινόμενο της κυματοσύμπτωσης και του συντονισμού (βλ.5.6.3) συμβαίνει τόσο στα απλά όσο και στα διπλά διαχωριστικά πετάσματα. Στα διπλά διαχωριστικά πετάσματα όσο πιο συναφή είναι τα χαρακτηριστικά των στοιχείων των πετασμάτων τόσο πιο έντονα είναι τα δύο αυτά φαινόμενα.

Το φαινόμενο του συντονισμού που παρατηρείται συνήθως στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων εδώ είναι αμελητέο, τόσο στις εργαστηριακές όσο και στις επιτόπιες μετρήσεις ενώ το φαινόμενο της κυματοσύμπτωσης που παρατηρείται στην κάτω περιοχή των υψηλών συχνοτήτων είναι σχεδόν το ίδιο στις εργαστηριακές και στις επιτόπιες μετρήσεις.

11.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΣΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί (βλ.8) στο εργαστήριο έγιναν μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ηχομονωτικής ικανότητας των επιμέρους στοιχείων του πετάσματος καθώς και του τελικού διπλού διαχωριστικού πετάσματος στα τρία στάδια της κατασκευής του. Στο πρώτο στάδιο μετρήθηκε η ηχομονωτική ικανότητα του πανέλου πολυουρεθάνης επιφανειακού βάρους $12,40\text{kg/m}^2$ και προσδιορίστηκε ο σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης του, $R_w=26\text{dB}$, στο δεύτερο στάδιο της κατασκευής μετρήσεις διεξήχθησαν για το σύστημα πανέλο πολυουρεθάνης κενό αέρα και πετροβάμβακα επιφανειακού βάρους $2,50\text{kg/m}^2$ με $R_w=32\text{dB}$ και σε τρίτο και τελικό στάδιο για το διπλό διαχωριστικό πέτασμα ,πανέλο πολυουρεθάνης, κενό αέρα, πετροβάμβακα και διπλή γυψοσανίδα με $R_w=53\text{dB}$. Η διπλή γυψοσανίδα έχει επιφανειακό βάρος $16,16\text{kg/m}^2$

A) Πρώτο στάδιο κατασκευής

Το απλό διαχωριστικό πέτασμα από πανέλο πολυουρεθάνης ακολουθεί το νόμο της μάζας (βλ. 5.6.3) και ο μέσος δείκτης ηχομείωσης του μπορεί να προσδιοριστεί θεωρητικά με βάση το διάγραμμα 11.1.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11.1 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΜΟΝΩΝ ΧΩΡΙΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΝΟΜΟ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ (ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ, ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ $12,40\text{kg/m}^2$ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΠΑΝΕΛΟΥ ΠΟΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ)

Με βάση το διάγραμμα 11.1 φαίνεται πως η ηχομονωτική ικανότητα του πετάσματος με βάση τις εργαστηριακές μετρήσεις ($R_w=26\text{dB}$) ελέγχεται από το επιφανειακό του βάρος δηλαδή όμως η σχετική μείωση που παρατηρείται οφείλεται στα φαινόμενα συντονισμού και κυματοσύμπτωσης.

B) Δεύτερο και Τρίτο (τελικό) στάδιο κατασκευής

Στο δεύτερο στάδιο της κατασκευής ο δείκτης ηχομείωσης (R_w) είναι 32dB . Ο πετροβάμβακας από μόνος του συνοδεύεται από σχετικά αυξημένη πλευρική ηχομετάδοση λόγω των αρμών στα σημεία συναρμογής των πλακών του γι' αυτό το λόγο και η προσθήκη του πετροβάμβακα αυξάνει την ηχομόνωση της κατασκευής κατά 6dB .



ΕΙΚΟΝΑ 11.3 ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Όταν αυτοί οι αρμοί εξουδετερωθούν με την τοποθέτηση σε τρίτο και τελικό στάδιο της διπλής γυψοσανίδας (Εικόνα 11.5) η πλευρική ηχομετάδοση μετριάζεται σημαντικά και η βελτίωση στην ηχομόνωση της κατασκευής είναι θεαματική ($R_w = 53\text{dB}$).

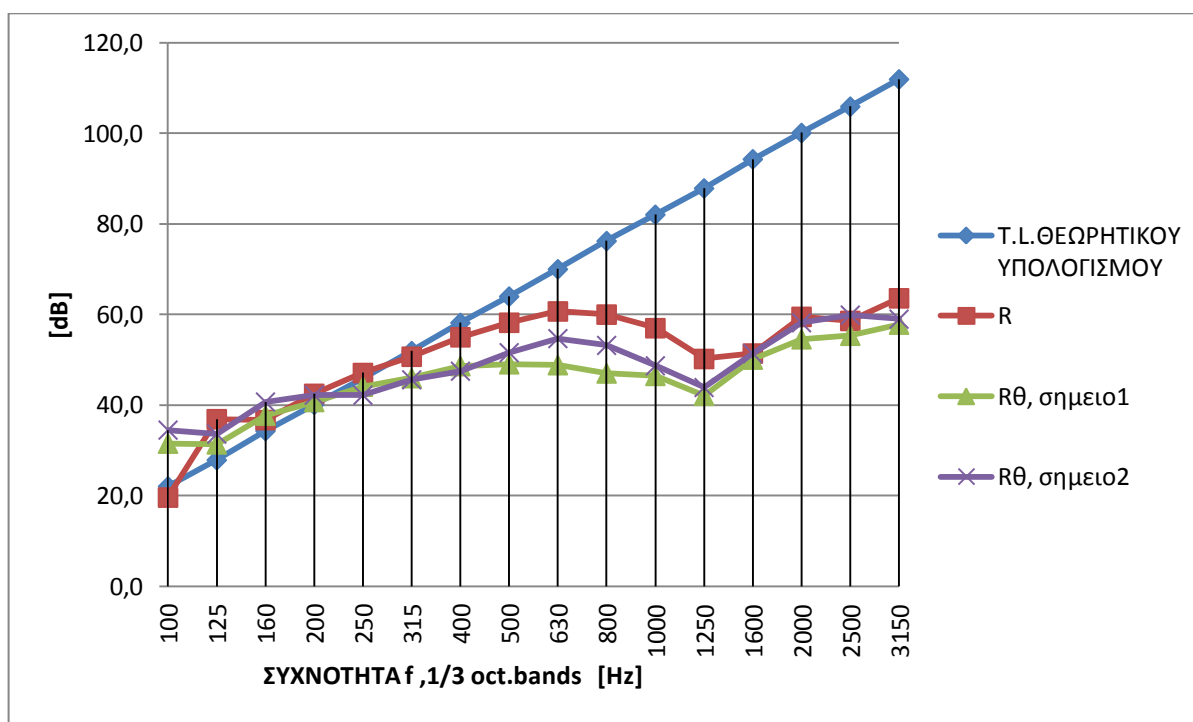


ΕΙΚΟΝΑ 11.4 ΤΡΙΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ-ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ

11.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ

Όπως έχει παρατηρηθεί από προηγούμενες έρευνες με σχετικό αντικείμενο, η ηχομονωτική ικανότητα των μελετώμενων στην κάθε περίπτωση πετασμάτων που προκύπτει από τους θεωρητικούς υπολογισμούς, τις εργαστηριακές και επιτόπιες μετρήσεις παρουσιάζει απόκλιση.

Σύμφωνα με την μελέτη του Novak R.A. (Ref 16), μεταξύ θεωρητικού υπολογισμού και εργαστηριακών μετρήσεων, συμφωνία των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε στις χαμηλές συχνότητες, σε αντίθεση με τις υψηλές. Ίδια συμπεριφορά παρουσίασε και το υπό εξέταση διαχωριστικό πέτασμα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΕΙΚΤΩΝ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΤΟΠΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Η ηχομόνωση που θα προσφέρει ένα πέτασμα στο κτιριακό περιβάλλον είναι πολλές φορές δύσκολο να προβλεφθεί με βάση τα εργαστηριακά πρότυπα κυρίως λόγω των παράπλευρων διαρροών. Οι λόγοι για τις παράπλευρες διαρροές ποικίλουν ανάλογα με την περίπτωση ενώ κάποιες με την σωστή πρόβλεψη μπορούν να ελαχιστοποιηθούν.

Η βιβλιογραφία αποδεικνύει διαφορές μεταξύ εργαστηριακών και μετρήσεων στην κατασκευή τις τάξεως του 1dB έως 11dB, ενώ σε κάποιες ακραίες περιπτώσεις λόγω αστοχιών της κατασκευής, η διαφορά ήταν μεγαλύτερη (Ref.14).

Συγκεκριμένα, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους S. Secchi και P. Fausti (Ref.24) τόσο σε απλά όσο και σε διπλό διαχωριστικό πέτασμα βαρέως τύπου, η διαφορά ήταν της τάξης των 3 έως 6 dB.

Σε μια άλλη μελέτη των Π. Στασινόπουλος και Ν. Σακελλαρόπουλος (Ref.20) με το ίδιο αντικείμενο η διαφορά, μεταξύ εργαστηριακών προδιαγραφών και επιτόπιων μετρήσεων για μονά και διπλά πετάσματα βαρέως τύπους σε συμβατική κατασκευή, ήταν από 2 έως 9dB.

Οι Lucia Taibo και Hilda Glasserman (Ref.13) συνέκριναν εργαστηριακές προδιαγραφές με επιτόπιες μετρήσεις τόσο για ελαφρά όσο και για βαρέως τύπου πετάσματα με διαφορές 1dB για το ελαφρώς τύπου και 2 έως 6dB για τα βαρέως τύπου πετάσματα.

Σύμφωνα με μία ακόμη έρευνα της Ζ. Σαμούρη (Ref.19) για σταθερά πετάσματα ελαφρού τύπου σε συμβατικές κατασκευές, προέκυψαν διαφορές 4 έως 11dB.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η συμπεριφορά του εξεταζόμενου διπλού διαχωριστικού πετάσματος, ελαφρού τύπου, όσο αναφορά την ηχομονωτική του ικανότητα, εξετάζεται σε σύμμικτη μεταλλική κατασκευή με πλάκα από σκυρόδεμα. Η διάφορα μεταξύ εργαστηριακών προδιαγραφών και μετρήσεων στην κατασκευή είναι 3 έως 4dB.

Θεωρείται πως το πέτασμα λειτούργησε καλά στην κατασκευή του και ενώ θα αναμενόταν, λόγω της ασυνέχειας στην δομή της σύμμικτης μεταλλικής κατασκευής σε σύγκριση με τις μονολιθικές κατασκευές, η ηχομονωτική ικανότητα του πετάσματος να είναι πιο μειωμένη στην κατασκευή αυτό δεν συνέβη. Βέβαια θα ήταν σκόπιμο να υπήρχε μεγαλύτερο στατιστικό δείγμα για μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων, που όμως λόγω των συνυφασμένων δυσκολιών με τις επιτόπιες μετρήσεις δεν ήταν εφικτό.

11.4.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ

Η μελέτη των Toshio Matsumoto, Masayuki Uchida, Hiroyuki Sugaya, Hideki Tachibana (Ref.30) επικεντρώνεται στην αύξηση της ηχομονωτικής ικανότητας σε διπλό πέτασμα ελαφρού τύπου. Για την διερεύνηση της ηχομονωτικής ικανότητας του πετάσματος χρησιμοποιώντας γυψοσανίδες με διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά, επίσης βελτίωση παρατηρείται με την αύξηση του διακένου καθώς και του επιφανειακού βάρους του ηχοαπορροφητικού υλικού.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πλάκες από γυψοσανίδα είναι λεπτά στοιχεία που κάμπτονται και πάλλονται όταν δέχονται ακουστική ενέργεια χαμηλής συχνότητας. Οι αρμοί ανάμεσα στις πλάκες θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένα κρίσιμο στοιχείο από ακουστική άποψη και η ατελής κατασκευή θα μπορούσε να μειώσει αισθητά την ηχομονωτική ικανότητα του συστήματος. Για το λόγο αυτό είναι σημαντική η τέλεια εφαρμογή των πλακών και το τέλει σφράγισμά τους. Για να αυξηθούν οι επιδόσεις, είναι σκόπιμη η χρήση πλακών διαφορετικού πάχους. Διπλασιάζοντας τις πλάκες από γυψοσανίδα, μειώνεται επίσης και η συχνότητα συντονισμού του συστήματος, αποτέλεσμα το οποίο επιτυγχάνεται επίσης με την σωστή πλήρωση του διακένου από ηχοαπορροφητικό υλικό.

Ειδικότερα, το ηχοαπορροφητικό υλικό θα πρέπει να έχει τέλεια επαφή μεταξύ του . Οι πλάκες θα πρέπει επίσης να είναι σωστά τοποθετημένες στα προφίλ διατομής “C”, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στους χρησιμοποιούμενους αποστάτες. Το μονωτικό δεν πρέπει να “συμπιέζεται” ανάμεσα στις πλάκες γυψοσανίδας, αλλά θα πρέπει να έχει κατάλληλο πάχος για το διάκενο αέρα.

Τονίζεται πως η ελαχιστοποίηση των ηχογεφυρών μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων του πετάσματος αυξάνει την ηχομονωτική του απόδοση. Στο υπό μελέτη πέτασμα στην κατασκευή στο εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε ξεχωριστός σκελετός στήριξης για καθένα από τα στοιχεία του όπως το ίδιο θεωρείται πως έχει πραγματοποιηθεί και στο κτίριο.

Τέλος και σύμφωνα με την έρευνα των A.Jagniatinskis, B. Fiks και V. Girnius (Ref.2) σε διπλά διαχωριστικά πετάσματα ελαφρού τύπου με ενδιάμεσο κενό η μείωση της απόστασης του μεταλλικού πλαισίου όπου τοποθετείται το ηχοαπορροφητικό υλικό κατά το μισό επιφέρει αύξηση της ηχομονωτικής του ικανότητας κατά 3-4dB.

11.4.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΛΛΑ ΕΛΑΦΡΟΥ ΚΑΙ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ

Στον πίνακα 11.2 δίνονται οι σταθμισμένοι φαινόμενοι δείκτες ηχομείωσης. R'_w , διαφόρων, απλών και διπλών διαχωριστικών πετασμάτων ελαφρού και βαρέως τύπου.

Κτηριακά στοιχεία		Συνολικό πάχος, cm	R'_w , dB
I	ΑΠΛΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ		
1.1	Χωρίς επιχρίσματα		
1.1.1	Τοίχος από σκυρόδεμα	12,0	48
		19,0	54
1.1.2	Τοίχος από υαλότουβλα	8,5	35
1.1.3	Πλάκα από νοβοπάν	2,0	25
1.1.4	Πλάκα από κόντρα πλακέ	0,6	19
1.1.5	Γυψόπλακες	0,9	26
1.1.6	Γαλβανισμένη λαμαρίνα	0,1	23
1.1.7	Φύλλο αλουμινίου	0,1	21
1.1.8	Φύλλο μολύβδου	0,1	31
1.2	Με επίχρισμα στις δύο πλευρές		
1.2.1	Τοιχοποιία με διάτρητα τούβλα	13,0	40
		16,0	45
		23,0	49
1.2.2	Τοιχοποιία με συμπαγή τούβλα	13,0	45
		16,0	50
		22,0	55
1.2.3	Σκυρόδεμα	12,0	47
		19,0	52
		24,0	55
		29,0	58
1.2.4	Ελαφροσκυρόδεμα	14,0	36
		19,0	42
		24,0	48
1.2.5	Αεριομετόν	16,5	47
		19,0	52
		21,5	56
1.2.6	Άλφαμπλοκ	14,0	33
		24,0	46

2	ΔΙΠΛΑ ΠΕΤΑΣΜΑΤΑ		
2.1	Απλός τοίχος με επενδύσεις και με επίχρισμα και στις δύο πλευρές		
2.1.1	Τοίχος από διάτρητα τούβλα πάχους 9,0 cm με πλάκες από ξυλόμαλλο πάχους 6,0 cm και με γυψοσανίδα πάχους 1,0 cm	20,0	52
2.1.2	Τοίχος από διάτρητα τούβλα πάχους 9,0 cm και επένδυση από διπλή γυψοσανίδα πάχους 1,8 cm σε ξύλινο σκελετό και υαλοβάμβακα στο διάκενο πάχους 5,0 cm	19,8	50
2.1.3	Τοίχος από διάτρητα τούβλα πάχους 9,0 cm και επένδυση από γυψοσανίδα πάχους 0,9 cm σε μεταλλικό σκελετό και υαλοβάμβακα στο διάκενο πάχους 5,0 cm	18,9	55
2.1.4	Τοίχος από ελαφροσκυρόδεμα πάχους 12,5 cm με υαλοβάμβακα στο διάκενο πάχους 5,0 cm	21,5	50
2.1.5	Τοίχος από ελαφροσκυρόδεμα πάχους 15,0 cm και με ξυλόμαλλο στο διάκενο πάχους 5,0 cm	24,0	52
2.1.6	Τοίχος από αεριομετόν πάχους 15,0 cm και με υαλοβάμβακα στο διάκενο πάχους 5,0 cm	24,0	51
2.1.7	Τοίχος από ελαφροσκυρόδεμα πάχους 15,0 cm και με ξυλόμαλλο στο διάκενο πάχους 5,0 cm	24,0	46
2.1.8	Τοίχος από σκυρόδεμα πάχους 15,0 cm και με ξυλόμαλλο στο διάκενο πάχους 5,0 cm	24,0	53
2.2	Διπλές τοιχοποιίες χωρίς υλικό πλήρωσης στο διάκενο και με επίχρισμα και στις δύο πλευρές		
2.2.1	Διπλός τοίχος από διάτρητα τούβλα με πάχος 9,0 cm ο καθένας και με διάκενο πάχους 6,0 cm	28,0	53
2.2.2	Διπλός τοίχος από διάτρητα τούβλα με πάχος 6,0 cm ο καθένας και με διάκενο πάχους 2,0 cm	23,0	49
2.2.3	Διπλός τοίχος από διάτρητα τούβλα με πάχος 9,0 cm ο καθένας και με διάκενο πάχους 15,0 cm	37,0	58
2.2.4	Διπλός τοίχος από συμπαγή τούβλα με πάχος 6,5 cm ο καθένας και με διάκενο πάχους 4,0 cm	21,0	49
2.2.5	Διπλός τοίχος από συμπαγή τούβλα με πάχος 11,0 cm ο καθένας και με διάκενο πάχους 5,0 cm	31,0	55
2.2.6	Διπλός τοίχος από τσιμεντόλιθους με πάχος 13,0 cm ο καθένας και με διάκενο πάχους 5,0 cm	35,0	59
2.3	Διπλές τοιχοποιίες με υλικό πλήρωσης στο διάκενο και με επίχρισμα και στις δύο πλευρές		
2.3.1	Διπλός τοίχος από διάτρητα τούβλα με πάχος 7,5 cm ο καθένας και με υαλοβάμβακα στο διάκενο πάχους 5,0 cm	24,0	5,1
2.3.2	Διπλός τοίχος από διάτρητα τούβλα με πάχος 6,0 cm ο καθένας και με υαλοβάμβακα πάχους 5,0 cm στο διάκενο πάχους 7,0 cm	23,0	54

Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

2.3.3	Διπλός τοίχος από διάτρητα τούβλα με πάχος 9,0 cm ο καθένας και με υαλοβάμβακα πάχους 5,0 cm στο διάκενο πάχους 7,0 cm	29,0	60
2.3.4	Διπλός τοίχος από διάτρητα τούβλα με πάχος 9,0 cm ο καθένας και με υαλοβάμβακα πάχους 5,0 cm στο διάκενο πάχους 7,0 cm	37,0	66
2.3.5	Διπλός τοίχος από ελαφροσκυρόδεμα με πάχος 10,0 cm ο καθένας και με ξυλόμαλλο στο διάκενο πάχους 5,0 cm	29,0	50
2.3.6	Διπλός τοίχος από αεριομετόν με πάχος 10 cm ο καθένας και με ξυλόμαλλο στο διάκενο πάχους 5,0 cm	29,0	58
2.3.7	Διπλός τοίχος από άφαμπλοκ με πάχος 10,0 cm ο καθένας και με ορυκτοβάμβακα στο διάκενο πάχους 6,0 cm	30,0	50
2.4	Διπλά πετάσματα από γυψοσανίδες		
2.4.1	Δύο γυψοσανίδες με πάχος 1,25 cm η καθεμιά σε ξύλινο σκελετό από καδρόνια και διάκενο πάχους 6,5 cm	9,0	32
2.4.2	Δύο γυψοσανίδες με πάχος 1,25 cm η καθεμιά σε ξύλινο σκελετό από καδρόνια και με υαλοβάμβακα πάχους 5,0 cm στο διάκενο πάχους 6,5 cm	9,0	43
2.4.3	Δύο διπλές γυψοσανίδες πυρασφάλειας με πάχος 12,5 cm η καθεμιά και με υαλοβάμβακα πάχους 5,0 cm στο διάκενο πάχους 6,5 cm	11,5	51
2.4.4	Δύο γυψοσανίδες πάχους 1,25 cm η καθεμιά σε γαλβανισμένο σκελετό και με υαλοβάμβακα στο διάκενο πάχους 5,0 cm	7,5	41
2.4.5	Δύο γυψοσανίδες με πάχος 1,25 cm η καθεμιά σε γαλβανισμένο σκελετό και με υαλοβάμβακα πάχους 5,0 σε διάκενο πάχους 7,5 cm	10,0	44
2.4.6	Δύο διπλές γυψοσανίδες με πάχος 1,25 η καθεμιά σε γαλβανισμένο σκελετό και με υαλοβάμβακα στο διάκενο με πάχος 5,0 cm	10,0	49
2.4.7	Δύο διπλές γυψοσανίδες με πάχος 1,25 η καθεμιά σε γαλβανισμένο σκελετό με υαλοβάμβακα πάχους 5,0 cm στο διάκενο πάχους 7,5 cm	12,5	52
2.4.8	Δύο διπλές γυψοσανίδες με πάχος 1,25 η καθεμιά σε ξύλινο σκελετό με καδρόνια και με πετροβάμβακα πάχους 5,0 cm στο διάκενο πάχους 6,5 cm	11,5	51
2.4.9	Δύο γυψοσανίδες πυρασφάλειας με πάχος 1,25 cm η καθεμιά και με πετροβάμβακα πάχους 5,0 cm στο διάκενο πάχους 7,5 cm	10,0	44

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.2 ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ (Ref.10)

Το υπό εξέταση διπλό διαχωριστικό πέτασμα, ελαφρού τύπου είναι συνολικού πάχους 25,5 cm και έχει ως εξωτερικό στοιχείο πανέλο πολυουρεθάνης, το οποίο προσφέρει υψηλή υγραμόνωση και θερμομόνωση και ως εσωτερικό πετροβάμβακα και διπλή γυψοσανίδα με ενδιάμεσο κενό αέρα. Σύμφωνα με τις μετρήσεις στην κατασκευή έχει σταθμισμένο δείκτη ηχομείωσης $R_{\theta,w} = 49$ dB (για το σημείο 1 της μέτρησης) και $R_{\theta,w} = 50$ dB (για το σημείο 2).

Εξετάζοντας τον πίνακα 11.2 (ενδεικτικά αναφέρεται πως ένας διπλός τοίχος, βαρέως τύπου από διάτρητα τούβλα με ηχοαπορροφητικό υλικό στο διάκενο, συνολικού πάχους 24,00 cm έχει ηχομονωτική ικανότητα $R'_{w} = 51$ dB) παρατηρείται πως το εξεταζόμενο πέτασμα ενώ είναι ελαφρού τύπου μπορεί να προσφέρει σχεδόν όμοια ηχομόνωση με αυτή των διαχωριστικών βαρέως τύπου, μειώνοντας τα νεκρά φορτία της κατασκευής ενώ παράλληλα είναι και θερμομονωτικό. Αρχικά αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί αδύνατο, διότι ηχομόνωση σημαίνει μάζα και η μάζα συνεπάγεται θερμοπερατότητας. Καταλήγοντας το προς εξέταση ελαφρό, διπλό διαχωριστικό πέτασμα ενώ είναι χαμηλής μάζας ενώ προσφέρει υψηλή ηχητική και θερμική μόνωση.

12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική εργασία όπως και η σχετική βιβλιογραφία καταδεικνύουν πως η ηχομονωτική ικανότητα ενός πετάσματος στην κατασκευή υπολείπεται των εργαστηριακών προδιαγραφών και των θεωρητικών υπολογισμών. Η μείωση των αποκλίσεων μεταξύ εργαστηριακών και επιτόπιων μετρήσεων με συνέπεια την επίτευξη της επιθυμητής ηχοπροστασίας που θα παρέχεται στο εσωτερικό ενός κτιρίου, θα πρέπει να αποτελεί μέλημα τόσο κατά την μελέτη όσο και κατά την διάρκεια της κατασκευής.

Όσον αφορά κατά την μελέτη του κτιρίου, προσοχή θα πρέπει να δίνεται για τον σωστό προσανατολισμό του, ώστε να είναι προφυλαγμένο από τον αστικό θόρυβο. Ιδιαίτερα όταν αυτό βρίσκεται κοντά σε οδικούς άξονες με αυξημένο κυκλοφοριακό θόρυβο η σωστή επιλογή των υαλοστασίων (υαλοστάσια με αυξημένο δείκτη ηχομείωσης), καθώς και η αναλογία τους στο πέτασμα λαμβάνουν καθοριστικό μέρος ώστε τα επίπεδα του θορύβου στο εσωτερικό του κτιρίου να είναι εντός των ανεκτών ορίων. Μεγαλύτερα ανοίγματα μπορούν να τοποθετηθούν στις προσόψεις του κτιρίου οι οποίες είναι πιο προφυλαγμένες από τον αστικό θόρυβο .

Σημαντική βαρύτητα θα πρέπει να δίνεται και κατά την κατασκευή. Η μέριμνα για τα ευπαθή σημεία (σωστή συναρμογή πετάσματος με δάπεδο, ορθή συναρμογή των στοιχείων του πετάσματος μεταξύ τους και αποφυγή ηχογεφυρών) καθώς και η γενικότερη προσοχή στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες είναι βασικές προϋποθέσεις για την μείωση των πλευρικών διαρροών του ήχου και την αύξηση της ηχομόνωσης που μπορεί να προσφέρει το πέτασμα.

Στο πέτασμα που μελετήθηκε θεωρείται πως έχει γίνει προσπάθεια μείωσης της πλευρικής ηχομετάδοσης και παρέχει υψηλή ηχοπροστασία στην κατασκευή, η διαφορά που έχει σύμφωνα με τις εργαστηριακές προδιαγραφές είναι αναμενόμενη (3 έως 4 dB). Παρότι η απόδοση του στο κτίριο από μεταλλικό σκελετό (σύμμικτη μεταλλική κατασκευή με πλάκα από σκυρόδεμα) είναι καλή θα πρέπει να γίνει περαιτέρω έρευνα της ηχομονωτικής ικανότητας των πετασμάτων σε κτίρια από μεταλλικό σκελετό ώστε αποτελέσματα να προκύψουν για τον εάν οι πλευρικές διαρροές ελαχιστοποιούνται αρθρωτές κατασκευές.

Συμπεράσματα

Τέλος, το διπλό διαχωριστικό πέτασμα, ελαφρού τύπου παρέχει ταυτόχρονα υψηλή ηχομόνωση που σε συνδυασμό με τη μείωση των νεκρών φορτίων του κτιρίου και με τις υγρομονωτικές και θερμομονωτικές (Ref.40) του ιδιότητες, το καθιστούν άκρως ανταγωνιστικό για τα πετάσματα βαρέως τύπου.

13.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αδαμάκος Θεόδωρος, Τάσης Κωνσταντίνος. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ τεύχος 2ο 2009 ,Άρθρο: Σύμμικτες Δοκοί μεγάλων ανοιγμάτων.
2. A.Jagniatinskis, B. Fiks and V. Girnius, Lithuania. Airborne sound insulation performance of lightweight partition for dwellings.
3. Βάγιας Ι.. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ τεύχος 1ο 2006, Άρθρο: Περιβλήματα μεταλλικών κτιρίων.
4. Gottfried Schubert, Σχεδιασμός Κτιριακής Ηχομόνωσης.
5. Ιωαννίδης Κωνσταντίνος, 2010. Άρθρο: Αειφόρος Ανάπτυξη και Μεταλλικές Κατασκευές.
6. INTERNATIONAL STANDART, ISO 140/III-1978. Acoustics- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part III : Laboratory measurement of airborne sound insulation of building elements
7. INTERNATIONAL STANDART, ISO 717/1-1982. Acoustics- Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1 : Airborne sound insulation in buildings and of interior buildings elements.
8. INTERNATIONAL STANDART, ISO 140/V-1978. Acoustics- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part V : Field measurement of airborne sound insulation of facade elements and facades.
9. INTERNATIONAL STANDART, ISO 717/3-1982. Acoustics- Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3 : Airborne sound insulation of facade elements and facades.
10. Κορωναίος Α. & Πουλάκος Γ., Αθήνα, 2005 . Τεχνικά υλικά τόμος 2, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
11. Κορωναίος Α. & Πουλάκος Γ., Αθήνα, 2005. Τεχνικά υλικά τόμος 3, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
12. ΚΤΙΡΙΟ, Τεχνικό περιοδικό, Μεταλλικά Κτίρια Α' Έκδοση 2006.
13. ΛΑΒΒΑΣ Γ.Π., Θεσσαλονίκη 1996, 19ος-20ος αιώνας ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ.
14. Lucia Taibo και Hilda Glasserman,1984. Comparison of laboratory and field sound insulation measurement of party walls and facade elements. Acoustical Society of America 75.

15. Marko Losso and Elvira Viveiros, 2005. Sound insulation of gypsum board in practice. The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering.
16. Novak R.A., 1992. Sound Insulation of Lightweight Double Walls. Applied Acoustics 37.
17. Πουλάκος Ι. Γεώργιος, Αθήνα, 2006 . Συμπεριφορά των Δομικών Υλικών σε σχέση με τον ήχο.
18. Πουλάκος Γ.& Κορωναίος Α,1992. Ηχομονωτική συμπεριφορά ειδικών διαχωριστικών πετασμάτων.
19. Σαμούρη Ζωγραφιά, Αθήνα, 2009. Διπλωματική εργασία Συγκριτική μελέτη μεταξύ εργαστηριακών προδιαγραφών και μετρήσεων στο κτίριο της ηχομονωτικής ικανότητας διαχωριστικών πετασμάτων, Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
20. Στασινόπουλος Π. και Σακελλαρόπουλος Ν., Αθήνα, 2009. Διπλωματική εργασία. Συγκριτική μελέτη μεταξύ μετρήσεων στο κτίριο και εργαστηριακών προδιαγραφών της ηχομονωτικής ικανότητας διαχωριστικών πετασμάτων βαρέως τύπου, Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
21. Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα, Αθήνα, 1996 .Εμβάθυνση στο σχεδιασμό χώρων ακρόασης, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Πολυτεχνείου.
22. Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα, Προσωπική επικοινωνία, 2012.
23. SRL, 1976. Practical Building Acoustics. Sound Research Laboratories Ltd, London.
24. S. Secchi and P. Fausti, Italy. Comparison between laboratory and in situ Sound Reduction Index measurements.
25. Ταγαράς Χρήστος, Πίγκος Δημήτριος, Αθήνα, 2009. Διπλωματική εργασία, Συγκριτική μελέτη μεταξύ εργαστηριακών προδιαγραφών και μετρήσεων στο κτίριο της ηχομονωτικής ικανότητας κουφωμάτων αλουμινίου, Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
26. Τάσης Κωνσταντίνος. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ τεύχος 1ο 2007, Άρθρο: ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΠΟΛΥΟΡΟΦΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.
27. Τάσης Κωνσταντίνος. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ τεύχος 1ο 2009, Άρθρο: Χρήσιμες Πρακτικές Κατασκευής Σύμμικτων Πλακών.
28. Τζανετής Ι. Βογιατής, Α. Αναστασιάδης. ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ τεύχος 1ο 2009, Άρθρο: Η ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΟΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΩΡΟ.
29. Τσινίκας Ν. Θεσσαλονίκη 2005. Ακουστικός σχεδιασμός χώρων, Πανεπιστημιακές εκδόσεις.

Βιβλιογραφία

30. Toshio Matsumoto, Masayuki Uchida, Hiroyuki Sugaya, Hideki Tachibana 2006. Development of multiple drywall with sound insulation performance. Applied Acoustics 67.
31. <http://www.history.ucsb.edu/faculty/marcuse/classes/2c/2c06/lectures/06L03IndRev.htm>
32. http://www.destinationsunderland.co.uk/gallery/old_photographs_of_sunderland_2.asp/attachment/sunderland-bridge
33. <http://arthistory.wisc.edu/ah368/11.html>
34. <http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0012781>
35. <http://tuesday-johnson.tumblr.com/post/4213001849/the-reading-room-of-the-bibliotheque-nationale-de>
36. <http://www.glasssteelandstone.com/BuildingDetail/3168.php>
37. http://www.thyssenkrupp.com/independent/zoom_image.html?id=405&lang=en
38. <http://firstfashionnews.info/gallery/centre-pompidou-by-rogers-and-piano-at-paris-france-1972-to-1976>
39. <http://tripholiday.net/centre-pompidou-paris-france.html/interior-of-centre-pompidou>
40. <http://www.corus-kalpinis-simos.gr/el/>
41. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%AC%CE%BD%CE%B5%CE%BB_%CE%80%CE%BF%CE%BB%CF%85%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B5%CE%B8%CE%AC%CE%BD%CE%B7%CF%82

Π1. ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: ΠΡΩΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-ΠΑΝΕΛΟ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ

Όγκος θαλάμου λήψης V :56,30 m3 Εμβαδόν πετάσματος E : 10,50 m2			Rw= 26 dB							
f [Hz]	L1 [dB]			L2 [dB]			RT [s]			R [dB]
	1	2	M.T	1	2	M.T	1	2	M.T	
50	74,7	72,5	73,8	50,3	52,6	51,6	0,60	0,86	0,86	23,7
63	69,5	72,1	71,0	56,0	56,3	56,2	1,08	1,10	1,10	20,4
80	72,8	72,4	72,6	52,8	54,2	53,6	0,96	0,97	0,97	20,4
100	79,2	84,2	82,4	69,1	66,9	68,1	0,98	1,06	1,02	15,3
125	91,4	93,1	92,3	67,6	68,7	68,2	1,17	1,29	1,23	26,0
160	93,8	94,4	94,1	72,0	71,5	71,8	1,49	1,59	1,54	25,1
200	94,9	95,3	95,1	73,6	72,9	73,3	1,43	1,38	1,40	24,1
250	94,2	93,2	93,7	71,8	72,5	72,2	1,28	1,28	1,28	23,8
315	93,2	91,7	92,5	71,4	69,9	70,7	1,52	1,23	1,37	23,7
400	91,3	90,2	90,8	69,0	67,5	68,3	1,35	1,46	1,40	24,6
500	90,3	89,6	90,0	65,7	63,8	64,9	1,19	1,33	1,26	27,3
630	89,0	88,6	88,8	63,6	63,2	63,4	0,92	1,03	0,97	26,5
800	88,6	88,4	88,5	62,7	61,7	62,2	0,82	0,92	0,87	26,6
1000	88,4	88,3	88,3	65,2	63,8	64,6	0,67	0,79	0,73	23,4
1250	90,6	90,2	90,4	71,8	70,7	71,3	0,74	0,85	0,79	19,7
1600	91,5	91,1	91,3	69,4	68,9	69,2	0,76	0,82	0,79	21,8
2000	92,0	91,4	91,7	60,1	59,8	59,9	0,80	0,91	0,85	31,8
2500	92,5	92,5	92,5	61,1	60,4	60,7	0,71	0,71	0,71	31,1
3150	92,7	92,4	92,6	60,6	60,8	60,7	0,70	0,79	0,74	31,4
4000	96,4	95,4	95,9	59,0	57,7	58,4	0,73	0,74	0,73	37,0
5000	95,9	95,3	95,6	55,1	53,5	54,4	0,76	0,74	0,75	40,7

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

R: Δείκτης Ηχομείωσης

L1: Ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής

L2: Ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης στην αίθουσα ηχητικής λήψης

RT: Χρόνος αντήχησης στην αίθουσα ηχητικής λήψης

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-ΠΑΝΕΛΟ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ

Όγκος θαλάμου λήψης V :54,50 m³
Εμβαδόν πετάσματος E : 10,50 m²

Rw= 32 dB

f [Hz]	L1 [dB]			L2 [dB]			RT [s]			R [dB]
	1	2	M.T	1	2	M.T	1	2	M.T	
50	71,6	74,6	73,4	54,4	56,5	55,5	0,58	1,40	0,99	18,6
63	69,3	71,8	70,7	58,2	58,5	58,3	0,86	0,55	0,70	18,8
80	70,5	72,8	71,8	56,8	55,8	56,3	0,85	0,89	0,87	16,1
100	87,6	84,8	86,4	65,0	63,1	64,1	0,89	0,89	0,89	23,0
125	87,9	87,2	87,5	68,5	65,8	67,4	0,87	0,97	0,92	20,9
160	92,6	94,1	93,4	74,7	72,8	73,9	0,70	0,96	0,83	20,3
200	92,9	94,8	93,9	71,2	70,7	71,0	0,92	0,92	0,92	23,6
250	91,2	92,8	92,0	67,5	68,1	67,8	1,01	0,63	0,82	24,9
315	91,7	91,5	91,6	64,2	64,1	64,2	0,79	0,78	0,78	27,5
400	90,9	97,0	90,8	60,1	61,4	60,8	0,86	0,59	0,72	29,8
500	89,1	89,6	89,4	55,9	55,3	55,6	0,64	0,62	0,63	32,8
630	88,9	89,8	89,4	53,5	52,4	53,0	0,66	0,55	0,60	35,1
800	88,0	89,1	88,6	51,9	53,2	52,6	0,54	0,43	0,48	34,2
1000	87,8	87,4	87,6	55,3	55,7	55,5	0,45	0,55	0,50	30,1
1250	89,5	89,7	89,6	62,9	63,2	63,0	0,55	0,53	0,54	27,6
1600	91,1	81,4	91,2	60,3	60,3	60,3	0,48	0,50	0,49	29,0
2000	91,6	92,1	91,9	48,8	49,7	49,3	0,43	0,50	0,46	40,4
2500	91,9	92,3	92,1	48,8	49,5	49,2	0,40	0,44	0,42	40,3
3150	92,4	92,9	92,6	47,9	48,6	48,3	0,46	0,47	0,46	42,1
4000	95,6	95,3	95,5	45,5	45,7	45,6	0,44	0,49	0,46	47,8
5000	95,2	94,7	94,9	40,6	40,8	40,7	0,42	0,46	0,44	51,9

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

R: Δείκτης Ηχομείωσης

L1: Ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής

L2: Ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης στην αίθουσα ηχητικής λήψης

RT: Χρόνος αντήχησης στην αίθουσα ηχητικής λήψης

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: ΤΕΛΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-
ΠΑΝΕΛΟ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ-ΚΕΝΟ ΑΕΡΑ-ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ- ΔΙΠΛΗ ΓΥΦΟΣΑΝΙΔΑ

Όγκος θαλάμου λήψης V :54,20 m ³ Εμβαδόν πετάσματος E : 10,50 m ²			Rw= 53 dB							
f [Hz]	L1 [dB]			L2 [dB]			RT [s]			R [dB]
	1	2	M.T	1	2	M.T	1	2	M.T	
50	73,9	74,1	74,0	49,6	45,9	48,1	0,94	1,12	1,03	32,5
63	71,6	74,8	73,5	49,9	45,5	48,2	0,67	0,59	0,63	25,9
80	72,4	72,1	72,3	47,1	46,8	47,0	0,91	0,99	0,95	26,4
100	79,1	78,5	78,8	62,2	57,9	60,6	0,95	1,05	1,00	29,6
125	90,7	93,1	92,0	58,7	57,5	58,1	1,82	1,48	1,65	36,9
160	93,2	94,8	94,0	61,4	59,2	60,4	1,74	1,74	1,74	36,7
200	94,5	96,2	95,4	56,3	55,4	55,9	1,72	1,64	1,68	42,5
250	94,0	93,8	93,9	19,5	49,8	49,7	1,36	1,68	1,52	47,1
315	93,3	90,4	92,1	42,9	43,5	43,2	1,41	1,17	1,29	50,7
400	91,1	91,0	91,0	37,4	38,4	37,9	1,30	1,23	1,26	55,0
500	89,8	89,2	89,5	33,2	34,0	33,6	1,41	1,32	1,36	58,2
630	89,0	88,6	88,8	30,1	30,1	30,1	1,29	1,02	1,15	60,7
800	88,7	88,7	88,7	30,1	30,3	30,2	1,10	0,98	1,04	60,0
1000	88,4	88,0	88,2	32,1	32,1	30,1	0,90	0,95	0,92	57,0
1250	90,3	90,2	90,2	39,6	41,2	40,5	0,90	0,87	0,88	50,2
1600	91,6	91,6	91,6	39,8	41,7	40,8	0,90	0,85	0,87	51,4
2000	92,4	91,6	92,0	33,2	33,0	33,1	0,91	0,92	0,91	59,5
2500	92,4	91,9	92,2	33,6	33,8	33,7	0,81	0,86	0,83	58,6
3150	93,8	91,6	92,9	28,7	29,9	29,4	0,83	0,84	0,83	63,6
4000	95,9	94,7	95,3	25,7	25,6	25,6	0,85	0,78	0,81	69,8
5000	95,4	94,5	95,0	22,4	23,3	22,9	0,80	0,81	0,80	72,0

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

R: Δείκτης Ηχομείωσης

L1: Ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης στην αίθουσα ηχητικής εκπομπής

L2: Ισοδύναμη στάθμη χωρικής μέσης ηχητικής πίεσης στην αίθουσα ηχητικής λήψης

RT: Χρόνος αντήχησης στην αίθουσα ηχητικής λήψης

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ-**ΣΗΜΕΙΟ 1**, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ R_{θ}

Όγκος αίθουσας λήψης V :115,20 m ³
Εμβαδόν πετάσματος E : 36,40 m ²
$R_{\theta} = L''_1 - L_2 + 10 \log 4 \text{Scos}\theta / A$
$R_{\theta, w} = 49 \text{ dB}$

f [Hz]	ΘB	L'' ₁	L ₂	L'' ₁ -L ₂	RT (POS1)	RT (POS2)	RT (M.O.)	S	V	A =0,163*V/RT	cos θ	4Scosθ/A	10log 4 Scosθ/A	R _θ [dB]
50	44,8	73,8	57,7	16,2	1,88	0,84	1,36	36,4	115,2	13,81	0,54	5,69	7,55	23,7
63	45,2	73,8	55,0	18,8	0,73	0,93	0,83	36,4	115,2	22,62	0,54	3,47	5,41	24,2
80	42,5	77,3	53,8	23,5	0,71	0,51	0,61	36,4	115,2	30,78	0,54	2,55	4,07	27,5
100	37,8	84,6	55,3	29,3	0,41	0,39	0,40	36,4	115,2	46,94	0,54	1,67	2,23	31,5
125	33,6	89,7	60,7	29,0	0,44	0,39	0,42	36,4	115,2	45,25	0,54	1,74	2,39	31,4
160	33,4	91,7	57,3	34,4	0,52	0,51	0,52	36,4	115,2	36,46	0,54	2,15	3,33	37,7
200	32,1	88,4	52,6	35,8	0,48	1,01	0,75	36,4	115,2	25,20	0,54	3,12	4,94	40,7
250	31,0	89,2	49,3	39,9	0,61	0,65	0,63	36,4	115,2	29,81	0,54	2,63	4,21	44,1
315	28,5	87,8	45,8	42,0	0,56	0,65	0,61	36,4	115,2	31,04	0,54	2,53	4,03	46,0
400	26,0	88,7	43,8	44,9	0,63	0,50	0,57	36,4	115,2	33,23	0,54	2,36	3,73	48,7
500	24,7	87,9	42,8	45,1	0,53	0,66	0,60	36,4	115,2	31,56	0,54	2,49	3,96	49,1
630	24,8	86,2	40,5	45,7	0,44	0,55	0,50	36,4	115,2	37,93	0,54	2,07	3,16	48,9
800	25,5	83,5	39,7	43,8	0,43	0,57	0,50	36,4	115,2	37,56	0,54	2,09	3,20	47,0
1000	24,3	82,6	40,0	42,6	0,58	0,59	0,59	36,4	115,2	31,83	0,54	2,47	3,92	46,5
1250	22,8	82,4	44,9	37,5	0,63	0,75	0,69	36,4	115,2	27,21	0,54	2,89	4,60	42,1
1600	21,6	85,3	39,7	45,6	0,71	0,64	0,68	36,4	115,2	27,82	0,54	2,82	4,51	50,1
2000	18,4	85,9	36,3	49,6	0,66	0,84	0,75	36,4	115,2	25,04	0,54	3,14	4,96	54,6
2500	16,8	85,3	35,0	50,2	0,77	0,79	0,78	36,4	115,2	24,07	0,54	3,26	5,14	55,4
3150	14,6	83,5	30,9	52,6	0,78	0,81	0,80	36,4	115,2	23,62	0,54	3,33	5,22	57,8
4000	13,7	84,6	31,8	52,8	0,84	0,84	0,84	36,4	115,2	22,35	0,54	3,51	5,46	58,2
5000	12,6	82,1	26,6	55,5	0,87	0,83	0,85	36,4	115,2	22,09	0,54	3,56	5,51	61,0

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

f: Συχνότητα

R_θ: Δείκτης Ηχομείωσης

L''₁: Μέση ηχοστάθμη στον εξωτερικό χώρο του δοκιμίου

L₂: Μέση ηχοστάθμη στο δωμάτιο ηχητικής λήψης

RT: Χρόνος Αντήληξης στην αίθουσα ηχητικής λήψης (s)

ΘB: Θόρυβος βάθους

*Δεν γίνεται διόρθωση του L₂ λόγω του ότι η διαφορά του με τον θόρυβο βάθους (ΘB) είναι μεγαλύτερη των 15 dB.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ-**ΣΗΜΕΙΟ 2** , ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ R_{θ}

Όγκος θαλάμου λήψης V :115,20 m³
 Εμβαδόν πετάσματος E : 36,40 m²
 $R_{\theta} = L''_1 - L_2 + 10 \log 4 S \cos \theta / A$ $R_{\theta, w} = 50 \text{ dB}$

f [Hz]	ΘB	L'' ₁	L ₂	L'' ₁ -L ₂	RT (POS1)	RT (POS2)	RT (M.O.)	S	V	A =0,163*V/RT	cos θ	4Scosθ/A	10log 4 Scosθ/A	R _θ [dB]
50	44,8	76,7	56,8	19,9	1,08	0,90	0,99	36,4	115,2	18,97	0,44	3,37	5,28	25,2
63	45,2	73,3	50,0	23,3	0,87	1,03	0,95	36,4	115,2	19,77	0,44	3,24	5,10	28,4
80	42,5	75,3	52,8	22,5	0,48	0,47	0,48	36,4	115,2	39,53	0,44	1,62	2,09	24,6
100	37,8	83,8	52,1	31,7	0,49	0,41	0,45	36,4	115,2	41,73	0,44	1,53	1,86	33,6
125	33,6	89,5	59,7	29,8	0,66	0,51	0,59	36,4	115,2	32,10	0,44	1,99	3,00	32,7
160	33,4	90,0	52,1	37,9	0,49	0,43	0,46	36,4	115,2	40,82	0,44	1,57	1,95	39,9
200	32,1	90,9	53,3	37,5	0,81	0,59	0,70	36,4	115,2	26,83	0,44	2,39	3,78	41,3
250	31,0	84,7	46,7	38,0	0,68	0,58	0,63	36,4	115,2	29,81	0,44	2,15	3,32	41,3
315	28,5	89,6	48,0	41,6	0,58	0,63	0,61	36,4	115,2	31,04	0,44	2,06	3,14	44,7
400	26,0	87,5	43,7	43,8	0,56	0,57	0,57	36,4	115,2	33,23	0,44	1,93	2,85	46,7
500	24,7	86,2	38,4	47,8	0,56	0,58	0,57	36,4	115,2	32,94	0,44	1,94	2,88	50,7
630	24,8	87,5	36,6	50,9	0,53	0,63	0,58	36,4	115,2	32,38	0,44	1,98	2,96	53,9
800	25,5	85,1	35,6	49,5	0,56	0,57	0,57	36,4	115,2	33,23	0,44	1,93	2,85	52,4
1000	24,3	82,3	37,6	44,8	0,60	0,59	0,59	36,4	115,2	31,83	0,44	2,01	3,03	47,8
1250	22,8	81,5	42,1	39,4	0,72	0,62	0,67	36,4	115,2	28,03	0,44	2,28	3,59	43,0
1600	21,6	85,9	39,1	46,8	0,68	0,70	0,69	36,4	115,2	27,21	0,44	2,35	3,71	50,5
2000	18,4	84,9	31,7	53,2	0,76	0,76	0,76	36,4	115,2	24,71	0,44	2,59	4,13	57,3
2500	16,8	84,6	29,6	55,1	0,67	0,81	0,74	36,4	115,2	25,38	0,44	2,52	4,02	59,1
3150	14,6	80,7	26,9	53,8	0,77	0,85	0,81	36,4	115,2	23,18	0,44	2,76	4,41	58,2
4000	13,7	84,7	25,5	59,2	0,81	0,87	0,84	36,4	115,2	22,35	0,44	2,86	4,57	63,7
5000	12,6	84,0	21,8	62,2	0,85	0,85	0,85	36,4	115,2	22,09	0,44	2,90	4,62	66,8

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

f: Συχνότητα

R_θ: Δείκτης Ηχομείωσης

L''₁: Μέση ηχοστάθμη στον εξωτερικό χώρο του δοκιμίου

L₂: Μέση ηχοστάθμη στο δωμάτιο ηχητικής λήψης

RT: Χρόνος Αντήρησης στην αίθουσα ηχητικής λήψης (s)

ΘB: Θόρυβος βάθους

*Δεν γίνεται διόρθωση του L₂ λόγω του ότι η διαφορά του με τον θόρυβο βάθους (ΘB) είναι μεγαλύτερη των 15 dB.

Θεωρητικός Υπολογισμός Πετάσματος

Υπολογισμός Δείκτη Ηχομείωσης T.L. των 2 επιμέρους στοιχείων του διπλού πετάσματος, σύμφωνα με το νόμο της μάζας

Διπλη Γυψοσανίδα (18,00kg/m ²) + Πετροβάμβακας (2,5kg/m ²)		
f [Hz]	m	T.L.1 [dB]
50	20,5	12,2
60	20,5	13,8
80	20,5	16,3
100	20,5	18,2
125	20,5	20,2
160	20,5	22,3
200	20,5	24,3
250	20,5	26,2
315	20,5	28,2
400	20,5	30,3
500	20,5	32,2
630	20,5	34,2
800	20,5	36,3
1000	20,5	38,2
1250	20,5	40,2
1600	20,5	42,3
2000	20,5	44,3
2500	20,5	46,2
3150	20,5	48,2
4000	20,5	50,3
5000	20,5	52,2
T.L.=20*log(m*f)-48 [dB]		
f: Συχνότητα (Hz)		
m : Επιφανειακό βάρος του πετάσματος (kg/m ²)		
T.L.: Δείκτης Ηχομείωσης (dB)		

Πανελ Πολυουρεθανής (12,40kg/m ²)		
f [Hz]	m	T.L.2 [dB]
50	12,40	7,8
60	12,40	9,4
80	12,40	11,9
100	12,40	13,9
125	12,40	15,8
160	12,40	18,0
200	12,40	19,9
250	12,40	21,8
315	12,40	23,8
400	12,40	25,9
500	12,40	27,8
630	12,40	29,9
800	12,40	31,9
1000	12,40	33,9
1250	12,40	35,8
1600	12,40	38,0
2000	12,40	39,9
2500	12,40	41,8
3150	12,40	43,8
4000	12,40	45,9
5000	12,40	47,8
T.L.=20*log(m*f)-48 [dB]		
f: Συχνότητα (Hz)		
m : το επιφανειακό βάρος του πετάσματος (kg/m ²)		
T.L.: Δείκτης Ηχομείωσης (dB)		

Υπολογισμός Δείκτη Ηχομείωσης T.L. Διπλού Διαχωριστικό Πετάσματος

f [Hz]	T.L.1	T.L.2	k	d	k/fd	log(k/fd)	T.L. [dB]
50	12,2	7,8	54,113	0,17	6,366	0,804	4,0
60	13,8	9,4	54,113	0,17	5,305	0,725	8,7
80	16,3	11,9	54,113	0,17	3,979	0,600	16,2
100	18,2	13,9	54,113	0,17	3,183	0,503	22,0
125	20,2	15,8	54,113	0,17	2,546	0,406	27,9
160	22,3	18,0	54,113	0,17	1,989	0,299	34,3
200	24,3	19,9	54,113	0,17	1,592	0,202	40,1
250	26,2	21,8	54,113	0,17	1,273	0,105	45,9
315	28,2	23,8	54,113	0,17	1,011	0,005	51,9
400	30,3	25,9	54,113	0,17	0,796	-0,099	58,2
500	32,2	27,8	54,113	0,17	0,637	-0,196	64,0
630	34,2	29,9	54,113	0,17	0,505	-0,296	70,0
800	36,3	31,9	54,113	0,17	0,398	-0,400	76,2
1000	38,2	33,9	54,113	0,17	0,318	-0,497	82,0
1250	40,2	35,8	54,113	0,17	0,255	-0,594	87,9
1600	42,3	38,0	54,113	0,17	0,199	-0,701	94,3
2000	44,3	39,9	54,113	0,17	0,159	-0,798	100,1
2500	46,2	41,8	54,113	0,17	0,127	-0,895	105,9
3150	48,2	43,8	54,113	0,17	0,101	-0,995	111,9
4000	50,3	45,9	54,113	0,17	0,080	-1,099	118,2
5000	52,2	47,8	54,113	0,17	0,064	-1,196	124,0
TL=TL1+TL2-20log (k/fd)							
f: Συχνότητα (Hz)							
k: c/2π							
d: Πάχος του διακένου (m)							
c: Ταχύτητα του ήχου στον αέρα = 340 m/s (17°C)							
T.L.: Δείκτης Ηχομείωσης (dB)							
Rw(θεωρ)=53dB							

ΕΦΑΡΜΟΓΗ NOISE CRITERIA, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ L2

ΣΗΜΕΙΟ 1				
f [Hz]	L1	Rθ	10log 4 Scosθ/A	L2
50	73,8	23,7	7,5	57,6
63	75,9	24,2	5,4	57,1
80	74,5	27,5	4,1	51,1
100	72,6	31,5	2,2	43,3
125	73,1	31,4	2,4	44,1
160	71,3	37,7	3,3	36,9
200	69,2	40,7	4,9	33,4
250	66,8	44,1	4,2	26,9
315	67,1	46,0	4,0	25,1
400	66,5	48,7	3,7	21,6
500	66,9	49,1	4,0	21,8
630	67,8	48,9	3,2	22,1
800	69,1	47,0	3,2	25,3
1000	71,5	46,5	3,9	28,9
1250	69,8	42,1	4,6	32,3
1600	68,1	50,1	4,5	22,5
2000	66,3	54,6	5,0	16,7
2500	62,7	55,4	5,1	12,5
3150	58,8	57,8	5,2	6,2
4000	56,4	58,2	5,5	3,6
5000	54,4	61,0	5,5	-1,1

ΣΗΜΕΙΟ 2				
f [Hz]	L1	Rθ	10log 4 Scosθ/A	L2
50	73,8	25,2	5,3	53,9
63	75,9	28,4	5,1	52,6
80	74,5	24,6	2,1	52,0
100	72,6	33,6	1,9	40,9
125	73,1	32,7	3,0	43,4
160	71,3	39,9	2,0	33,4
200	69,2	41,3	3,8	31,7
250	66,8	41,3	3,3	28,8
315	67,1	44,7	3,1	25,5
400	66,5	46,7	2,8	22,7
500	66,9	50,7	2,9	19,1
630	67,8	53,9	3,0	16,9
800	69,1	52,4	2,8	19,6
1000	71,5	47,8	3,0	26,7
1250	69,8	43,0	3,6	30,4
1600	68,1	50,5	3,7	21,3
2000	66,3	57,3	4,1	13,1
2500	62,7	59,1	4,0	7,6
3150	58,8	58,2	4,4	5,0
4000	56,4	63,7	4,6	-2,8
5000	54,4	66,8	4,6	-7,8

$$L_2 = L_1 - R\theta + 10 \log 4 \text{ Scos}\theta / A$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

f: Συχνότητα

Rθ: Δείκτης Ηχομείωσης

L1: Μέση ηχοστάθμη στον εξωτερικό χώρο του δοκιμίου

*L1: Μέτρηση εξωτερικού θορύβου τροχαίας κίνησης

L2: Μέση ηχοστάθμη στο δωμάτιο ηχητικής λήψης

Π2. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ (ΕΠΙΤΟΠΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ)

ΕΠΙΠΕΔΟ 6

ΠΑΝΕΛ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ 6,00 cm

ΚΕΝΟ ΑΕΡΑ 12,00 cm

ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ 5,00 cm

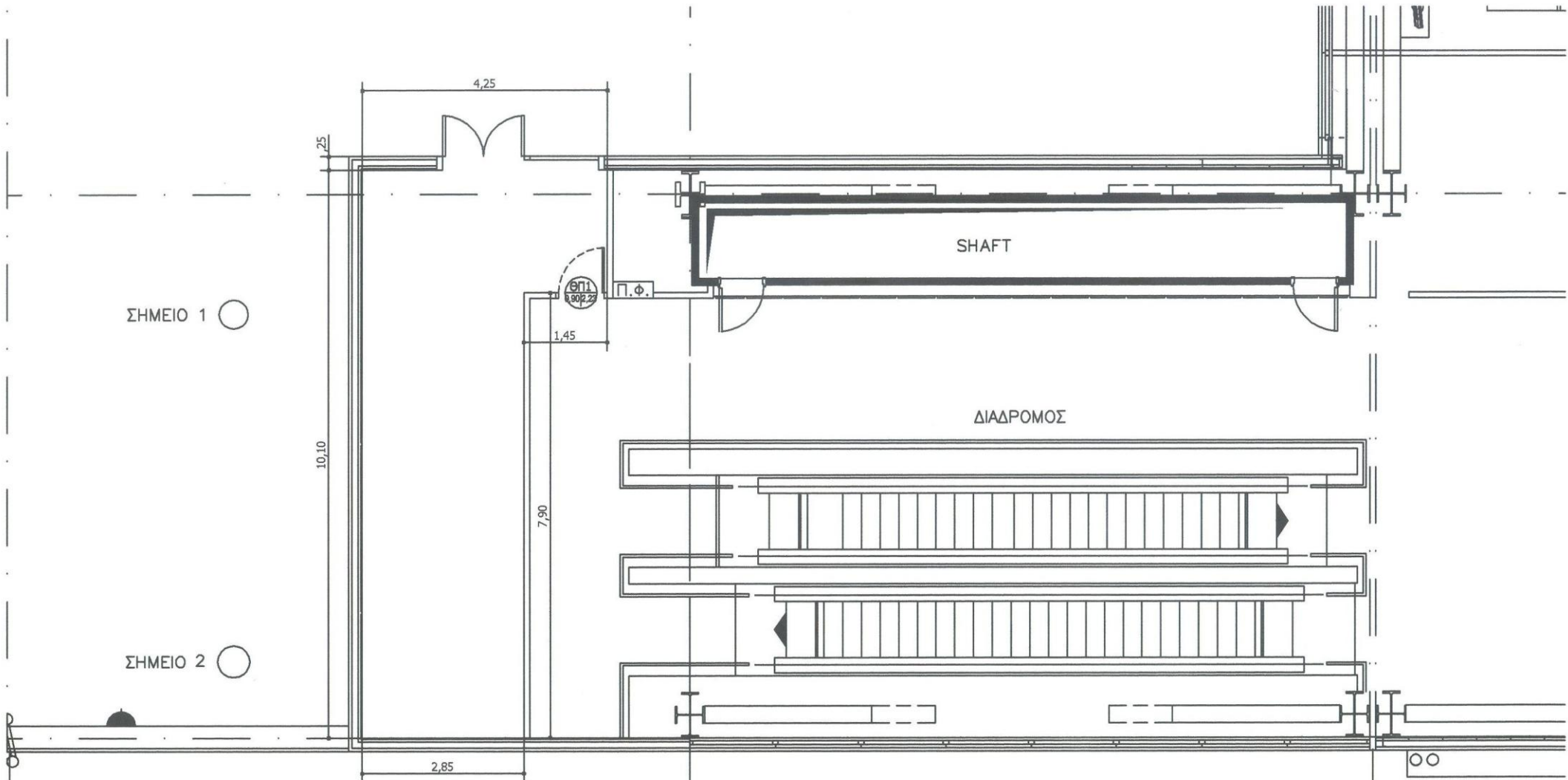
ΔΙΠΛΗ ΓΥΦΟΣΑΝΙΔΑ 2,50 cm

1.00

1.00

ΕΠΙΠΕΔΟ 5

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΟΜΗ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1: 20



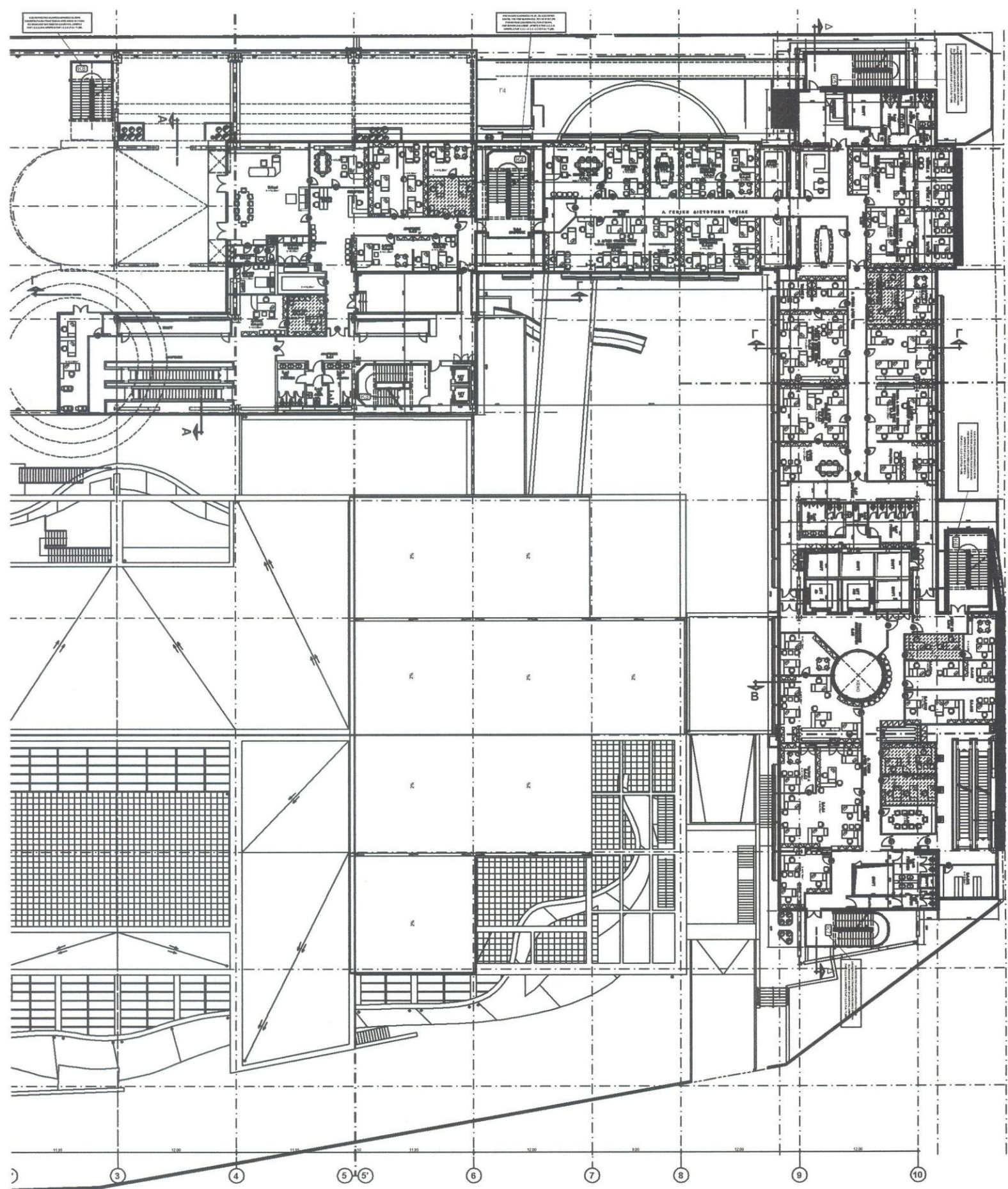
ΣΗΜΕΙΟ 1 ○

ΣΗΜΕΙΟ 2 ○

SHAFT

ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ

**ΚΑΤΟΨΗ ΕΠΙΠΕΔΟ 5
ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:100**

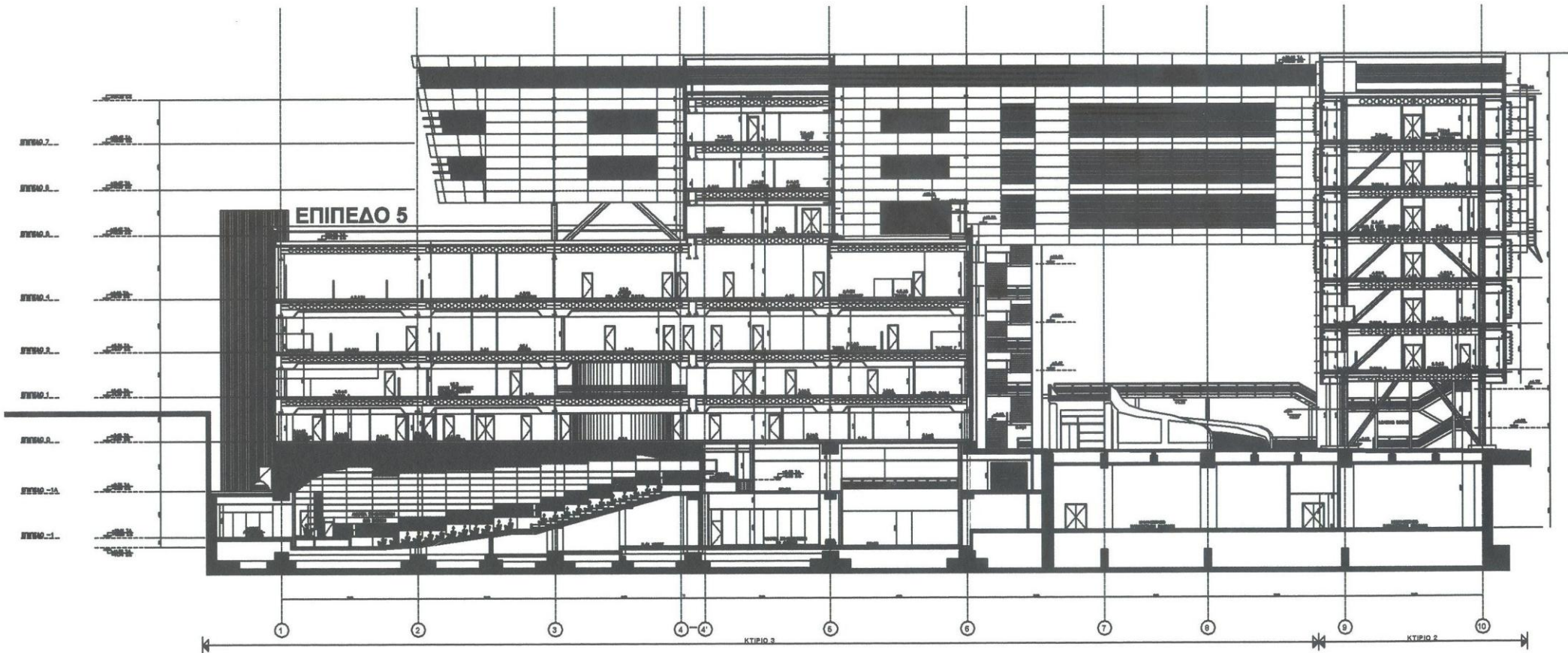


ΚΑΤΟΨΗ: ΕΠΙΠΕΔΟ 5

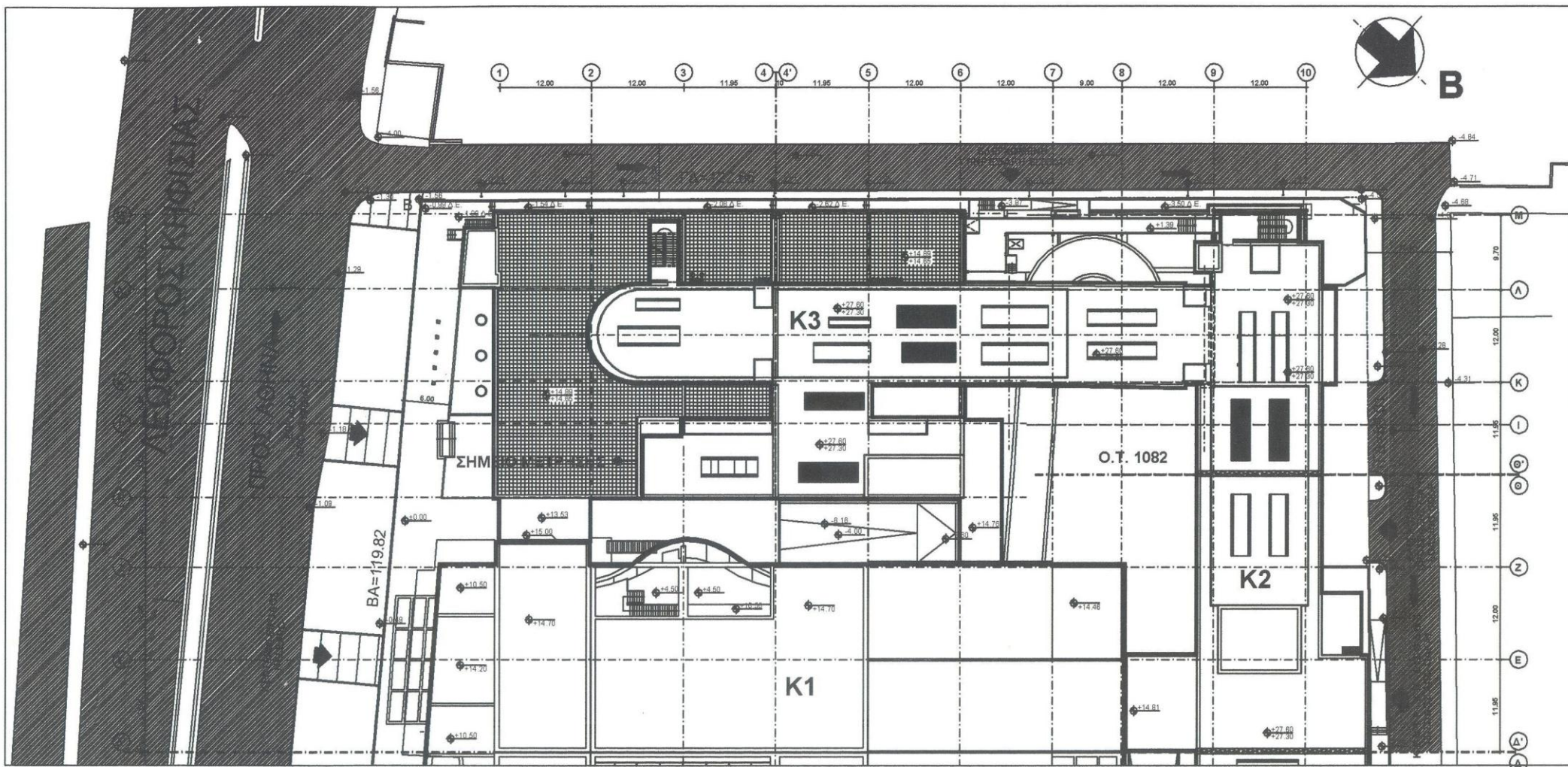
ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ



ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:500



ΤΟΜΗ Γ-Γ
ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:500



ΚΑΤΟΨΗ: ΕΠΙΠΕΔΟ 0
 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ
 ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:750