



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΑΘΗΝΑΣ**

**ΑΝΑΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΗΝ
ΟΔΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ 52 ΓΙΑ ΤΟ ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ**



**ΜΕΛΕΤΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ - ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ
ΤΕΥΧΟΣ Α 50**

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- A.1 ΣΚΟΠΟΣ
- A.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ
- A.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

B. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΘΟΡΥΒΩΝ

Γ. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΔΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

- Γ.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ
- Γ.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ
- Γ.3 ΘΥΡΕΣ
- Γ.4 ΠΑΤΩΜΑΤΑ
- Γ.5 ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΟΥΣ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ
- Γ.6 ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΟΙΧΟΙ
- Γ.7 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Δ. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

- Δ1. ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ
- Δ2. ΘΟΡΥΒΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ (ΜΟΝΑΔΕΣ – ΑΕΡΑΓΩΓΟΙ – ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ)
 - Δ.2.1α) ΘΟΡΥΒΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ
 - Δ.2.1β) ΘΟΡΥΒΟΣ ΠΟΥ ΕΞΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΑΓΩΓΩΝ
 - Δ.2.2 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΟΡΥΒΩΝ ΜΕΣΩ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟ ΧΩΡΟ ΣΕ ΧΩΡΟ (CROSS TALK)
 - Δ.2.3 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
- Δ.3 ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ – ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ – ΑΝΤΛΙΕΣ
- Δ.4 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ
- Δ.5 ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ
- Δ.6 ΚΡΑΔΑΣΜΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ
- Δ.7 ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

Ε. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

- E.1 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ
- E.2 ΥΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ – ΥΛΙΚΑ
- E.3 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ
- E.4 ΕΙΔΙΚΕΣ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΕΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΕΣ
- E.5 ΔΑΠΕΔΑ
- E.6 ΘΥΡΕΣ

Ζ. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΩΝ

- Z.1 ΣΚΟΠΟΣ
- Z.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ
- Z.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ
 - Z.3.1 Ο ΟΓΚΟΣ
 - Z.3.2 ΤΟ ΣΧΗΜΑ

Z.4 Η ΥΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ – ΥΛΙΚΑ

Z.4.1 ΚΑΘΙΣΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι : ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ : ΕΝΤΥΠΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV : ΣΧΕΔΙΑ

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A.1. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο μέσα στο κτίριο του νέου Τεχνολογικού Ιδρύματος Αθήνας επί της εθνικής οδού Πειραιώς 52 – Δήμου Μοσχάτου, θα επιτευχθούν οι επιθυμητές στάθμες θορύβου όσον αφορά την ακουστική των αμφιθεάτρων και των λοιπών ευαίσθητων ακουστικά αιθουσών καθώς επίσης και να προτείνει τα απαραίτητα μέτρα για την ηχομόνωση του κτιρίου.

A.2. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Το αντικείμενο της μελέτης είναι η βελτίωση της εσωτερικής ακουστικής και της ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας στο νέο κτίριο του ΤΕΙ Αθήνας που πρόκειται να κατασκευαστεί επί της οδού Πειραιώς 52.

A.3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ως δεδομένα της μελέτης θεωρούνται:

- α) Η σχετική νομοθεσία και ειδικότερα το άρθρο 12 του κτιριοδομικού κανονισμού.
- β) Η αρχιτεκτονική μελέτη
- γ) Οι τεχνικές προδιαγραφές επιλεγμένων διαχωριστικών – επενδύσεων.

B. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΘΟΡΥΒΩΝ

Για την εξασφάλιση στο εσωτερικό του κτιρίου, της στάθμης θορύβου που απαιτείται από τον Κτιριοδομικό Κανονισμό, θα πρέπει να ελεγχθεί η ηχομονωτική ικανότητα των τοίχων και των οροφών και να επιλεγούν τα κατάλληλα παράθυρα (κουφώματα κρύσταλλα) που θα μειώνουν την στάθμη του θορύβου στα επιθυμητά επίπεδα.

Για τους ανωτέρω λόγους πρέπει να γνωρίζουμε την στάθμη του θορύβου του εξωτερικού χώρου του κτιρίου.

Ο κυρίαρχος θόρυβος της περιοχής είναι ο **κυκλοφοριακός θόρυβος**.

Η πρόβλεψη του θορύβου αυτού έγινε με βάση την Βρετανική μέθοδο "Calculation of Road Traffic Noise".

Από τον υπολογισμό προκύπτει ότι η ισοδύναμη ωριαία Α-ηχοστάθμη ($L_{Aeq,h}$) στην εθνική οδό μπροστά από το κτίριο είναι:

$$L_{Aeq,h}=72,6\text{dB(A)}$$

Επισυνάπτεται έντυπο υπολογισμού κυκλοφοριακού θορύβου.

Average sound level for a long and straight lane pursuant to RLS-90

Please fill in or select the values and click on "Calculate".

	Input field	
Relevant hourly traffic volume:	<input type="text" value="3400"/>	<input type="text" value="77.5"/> dB(A)
Truck percentage (gross permissible weight > 2.8 t):	<input type="text" value="25"/> %	
Speed limit:	<input type="text" value="60"/> km/h	<input type="text" value="-2.3"/> dB(A)
Road surface: <input type="text" value="Non-grooved mastic asphalt, asphalt concrete"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="0"/> dB(A)
Gradient:	<input type="text" value="0"/> %	<input type="text" value="0"/> dB(A)
Distance to the centre of the lane:	<input type="text" value="27"/> m	<input type="text" value="1.2"/> dB(A)
Altitude of the place of immission above the lane:	<input type="text" value="1"/> m	
Soil and meteorological attenuation:		<input type="text" value="-3.8"/> dB(A)
Average sound level:		<input type="text" value="72.6"/> dB(A)
We talk of a long and straight lane if you can view <input type="text" value="115"/> m to both sides!		

Calculate

Print

Close

© Reimer Paulsen 2001-2008

Γ. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ

ΚΤΙΡΙΟΔΟΜΙΚΗ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Γ.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ

Το ποσοστό συμμετοχής των υαλοπινάκων στην πρόσοψη είναι 30%.

Για τον υπολογισμό αυτής της ηχομονωτικής ικανότητας, δηλ. του σταθμισμένου φαινομένου δείκτη ηχομείωσης ($R'w$) των παραθύρων χρησιμοποιούμε το πρότυπο ΕΛΟΤ 868 (το οποίο είναι μετάφραση αντίστοιχου προτύπου του ISO).

Για τον υπολογισμό της ισοδύναμης επιφάνειας ηχοαπορρόφησης λάβαμε υπόψη μια τυπική αίθουσα, στο επίπεδο του Α' ορόφου. Έτσι $A=36,3$ είναι η τιμή μέσης ηχοαπορρόφησης της αίθουσας. Η ηχοαπορρόφηση αυτή προκύπτει από το εμβαδόν του κάθε χώρου λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι κάθε χώρος έχει ψευδοροφή με μέσο συντελεστή ηχοαπορρόφησης $\alpha > 0,5$ m², και επίσης ότι τα έπιπλα και οι υπόλοιπες επιφάνειες έχουν και αυτά την δυνατότητα να απορροφούν εν μέρει τον ήχο.

Στη συνέχεια, ακολουθούν οι υπολογισμοί της ηχομονωτικής ικανότητας των κρυστάλλων των προσόψεων.

Ως στάθμη $L_{Aeq,h}$ λαμβάνονται τα 72,6dB(A) όπως αναλύθηκε προηγουμένως.

Ως επιτρεπόμενη εσωτερική στάθμη θορύβου (χωρική μέση ηχοστάθμη) λαμβάνονται από τον πίνακα Β' του άρθρου 12 του κτιριοδομικού κανονισμού 35 dB(A) για τις αίθουσες διδασκαλίας.

Από το φύλλο υπολογισμού προκύπτει ότι ο απαιτούμενος φαινόμενος σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης της πρόσοψης (πρακτικά των παράθυρων) είναι:

$$R'w \text{ αίθουσας } A' = 36,3\text{dB}$$

$$R'w \text{ αίθουσας Κυλικείου} = 34,8\text{dB}$$

Γ.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

Από τους υπολογισμούς των προηγούμενων σελίδων, προέκυψαν οι απαιτούμενοι δείκτες ηχομείωσης των παραθύρων και συνεπώς και των αντίστοιχων κρυστάλλων.

Η $L_{Aeq,h}$ είναι η συνεχής A-ηχοστάθμη που ενεργειακά είναι ισοδύναμη προς τον πραγματικό κυμαινόμενο θόρυβο (μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα) δηλ.

$$L_{Aeq,h} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1L(t)} dt \right)$$

Αυτό σημαίνει ότι θα υπάρχουν χρονικά διαστήματα που ο κυκλοφοριακός θόρυβος θα είναι υψηλότερος (όπως θόρυβος από μοτοσικλέτες, κορναρίσματα κ.λ.π.).

Επισυνάπτεται έντυπο με κουφώματα με διπλούς ηχομονωτικούς υαλοπίνακες που μπορούν να έχουν $R_w \geq 37\text{dB}$.

Γ.3 ΘΥΡΕΣ

Το σημαντικότερο πρόβλημα των θυρών σε ανάλογα κτίρια είναι η πρόκληση θορύβων από απότομο κλείσιμο. Για τον λόγο αυτό προβλέπεται η χρήση πλαισίων (κασσών) οι οποίες θα φέρουν περιμετρικά ειδικό ελαστικό παρέμβυσμα, το οποίο θα εξασφαλίζει αθόρυβη λειτουργία και θα βελτιώνει την ηχομόνωση των θυρών.

Θύρες με αυξημένη ηχομόνωση, $R_w \geq 32\text{ dB}$ θα χρησιμοποιηθούν σε όλους τους ευαίσθητους ακουστικά χώρους.

Γ.4 ΠΑΤΩΜΑΤΑ

Για τα πατώματα ισχύουν δύο ακουστικοί παράμετροι:

A. $R_w = 50\text{dB}$, που αφορά ηχομόνωση σε αερόφερτους θορύβους και

B. $L_{nw} = 65\text{dB}$, που αφορά την αντιμετώπιση των κτυπογενών θορύβων.

Το συνολικό επιφανειακό βάρος των πατωμάτων εξασφαλίζει $R_w > 52\text{dB}$.

Οι τελικές επιστρώσεις των δαπέδων θα είναι τέτοιες έτσι ώστε να επιτυγχάνεται $L_{nw} < 65\text{dB}$.

Στους χώρους που προβλέπεται χρήση μοκέτας, το πλωτό δάπεδο δεν είναι απαραίτητο, δεδομένου ότι η μοκέτα καλύπτει τις προδιαγραφές.

Σημείωση: Η παράμετρος L_{nw} είναι τόσο ευνοϊκότερη όσο μικρότερη είναι (διότι αφορά τον θόρυβο που διέρχεται προς τον κάτω όροφο) σε αντίθεση με την παράμετρο R_w η οποία είναι ευνοϊκότερη όσο μεγαλύτερη είναι (διότι αφορά στην "αντίσταση" του χωρίσματος στον θόρυβο).

Γ.5 ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΟΥΣ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Προκειμένου να μειωθεί η γενική στάθμη θορύβου στους κοινόχρηστους χώρους απαιτείται η προσθήκη ηχοαπορρόφησης στους χώρους αυτούς. Η ηχοαπορρόφηση αυτή εξασφαλίζεται με την εγκατάσταση ψευδοροφής ορυκτών ινών με υψηλό δείκτη ηχοαπορρόφησης.

Γ.6 ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΟΙΧΟΙ

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές θα πρέπει να ισχύει:

Για τους τοίχους των διδακτικών αιθουσών $R'_w=50$ dB

Για τα γραφεία $R'_w=48$ dB

Κατόπιν τούτων, επιλέγονται οι ακόλουθοι δύο τύποι τοίχων, οι οποίοι ικανοποιούν τις προδιαγραφές:

A) Τοίχος ξηρής δόμησης.

Μεταλλικός σκελετός με μονό ορθοστάτη (75mm) και αμφίπλευρα διπλή γυψοσανίδα (2x12,5mm) με ορυκτοβάμβακα στο διάκενο (60mm, 40kg/m³) Ο τοίχος αυτός έχει $R'_w=53$ dB

B) Τοίχος ξηρής δόμησης

Μεταλλικός σκελετός με διπλούς ορθοστάτες (2x75mm) και αμφίπλευρα διπλή γυψοσανίδα (2x12,5mm) με ορυκτοβάμβακα στο διάκενο (60mm, 40kg/m³) συνολικού πάχους 240 mm. Ο τοίχος αυτός έχει $R'w=60$ dB

Γ.7 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Στο Παράρτημα V επισυνάπτονται σχέδια στα οποία παρουσιάζονται τα σπουδαιότερα τμήματα του κτιρίου που απαιτούν ιδιαίτερη ηχομονωτική επέμβαση (αίθουσες διδασκαλίας, κυλικείο και αμφιθέατρα).

Στα σχέδια αυτά έχουν σημειωθεί ενδεικτικά οι ηχομονωτικές ικανότητες των οικοδομικών στοιχείων (τοίχοι, δάπεδα, θύρες, παράθυρα) εκφρασμένοι σε dB, σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 140 και ISO 717.1 και τα αντίστοιχα ΕΛΟΤ 370.3 και ΕΛΟΤ 461.1.

Επίσης παρουσιάζεται και η σταθμισμένη κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου L_{nw} εκφρασμένοι σε dB, για το δάπεδο, σύμφωνα με το ISO 140 και ISO 717.2 και τα αντίστοιχα ΕΛΟΤ 370.7 – 8 και ΕΛΟΤ 461.2.

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ
ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ**

ΧΩΡΟΣ: Αίθουσα Διδασκαλίας

$$R_{waπ} = L_{Aα} - L_{Ai} + 10 \lg \frac{S}{A} + 5 \text{ σε db}$$

Όπου $R_{waπ}$: απαιτούμενος R_w τοίχου + ανοίγματος

$L_{Aα}$: εξωτερική στάθμη θορύβου (κυκλοφοριακός θόρυβος)

L_{Ai} : επιτρεπόμενη εσωτερική στάθμη θορύβου (από πίνακα κανονισμού)

S : ολική επιφάνεια πρόσοψης χώρου

A : ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης (για κατοικίες γενικά – 10)

$$R_{waπ} = 72,6 - 35 + 10 \lg \frac{13}{54} + 5 = 36,3$$

ΧΩΡΟΣ: Εστιατορίου

$$R_{waπ} = L_{Aα} - L_{Ai} + 10 \lg \frac{S}{A} + 5 \text{ σε db}$$

Όπου $R_{waπ}$: απαιτούμενος R_w τοίχου + ανοίγματος

$L_{Aα}$: εξωτερική στάθμη θορύβου (κυκλοφοριακός θόρυβος)

L_{Ai} : επιτρεπόμενη εσωτερική στάθμη θορύβου (από πίνακα κανονισμού)

S : ολική επιφάνεια πρόσοψης χώρου

A : ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης (για κατοικίες γενικά – 10)

$$R_{waπ} = 70 - 35 + 10 \lg \frac{56}{187} + 5 = 34,8$$

Δ. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Δ.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Για την αντιμετώπιση του θορύβου ροής, όπου απαιτείται, οι ταχύτητες μέσα στις σωληνώσεις προτείνεται να διατηρηθούν για σωλίνες διαμέτρου μικρότερης των Φ2" κάτω από 1.2 m/sec και για σωλίνες άνω των 2" κάτω από 2 m/sec (ASHRAE 1985 F 33.4 και FEURICH 2.2-1). Η ταχύτητα αυτή δεν προκαλεί θόρυβο από τη ροή. Οι περιορισμοί στην ταχύτητα ροής νερού δεν επεκτείνονται και στο σύστημα πυρόσβεσης λόγω των ειδικών αναγκών σε πίεση (και γιατί δεν είναι λογικό να υπάρχει ανάγκη για ηχομόνωση στις περιπτώσεις κινδύνου).

Προβλέπεται η χρήση βαλβίδων, διακοπών κ.λ.π. αρίστης ποιότητας.

Το "πληγμα κριού" όπου υπάρχει πιθανότητα να συμβεί (δηλ. κυρίως σε σωληνώσεις μεγάλου μήκους ή σε απότομα κλεισίματα βαλβίδων), θα αντιμετωπισθεί με τοποθέτηση στο δίκτυο αντιπληγματικών διατάξεων απόσβεσης της ταλάντωσης.

Οι σωληνώσεις, όπου κριθεί αναγκαίο κατά την κατασκευή, θα αναρτηθούν ή θα στερεωθούν με τα ειδικά αντικραδασμικά εξαρτήματα έτσι ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση στερεόφερτου θορύβου σε δομικά στοιχεία.

Οι σωληνώσεις εφόσον περνούν από κρίσιμες ακουστικά περιοχές και εφόσον κριθεί κατά την κατασκευή αναγκαίο, θα συνδέονται με τις αντλίες και τα υπόλοιπα μηχανήματα μέσω ελαστικών συνδέσμων διαστολικών κ.λ.π. Οι άξονες των συνδέσμων ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να σχηματίζουν 90° έτσι ώστε να απορροφούν δονήσεις οποιασδήποτε κατεύθυνσης. Η ελάχιστη εσωτερική διάμετρός τους δεν θα είναι μικρότερη από την διάμετρο των σωληνώσεων.

Το ελάχιστο καθαρό μήκος των συνδέσμων θα είναι:

Διάμετρος σωλήνα	Μήκος συνδέσεων
0-28 mm	230 mm
32-88 mm	340 mm
90-133 mm	450 mm
150 - 200 mm	570 mm
250 - 300 mm	690 mm

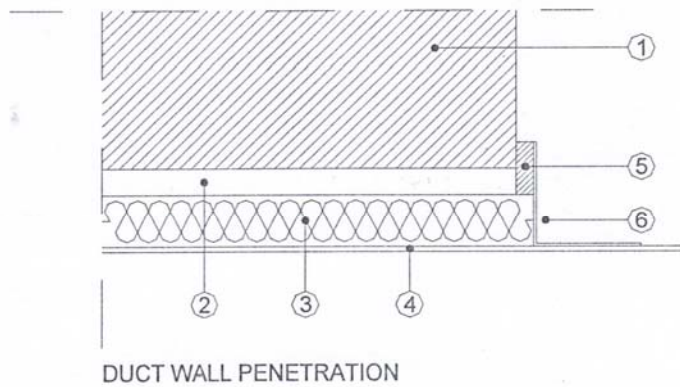
Οι λεκάνες των W.C και οι νιπτήρες αν κριθεί σκόπιμο κατά την κατασκευή θα διαθέτουν αντιθορυβικά σιφώνια. Τα εντοιχισμένα δοχεία εκπλύσεως W.C είναι δύσκολο να ηχομονωθούν, γι' αυτό προτείνεται χρήση δοχείων, στερεωμένων επάνω στις λεκάνες και όχι στους τοίχους. Η ταχύτητα πλήρωσης θα είναι χαμηλή και οι σωληνίσκοι για να μην δημιουργείται θόρυβος από τον "πλαταγισμό" του νερού που εισρέει, θα πρέπει να φθάνουν μέχρι τον πυθμένα του δοχείου.

Οι σωλήνες αποχέτευσης που διέρχονται από κύριους χώρους, θα καλύπτονται από υαλοβάμβακα βάρους 50 kg/m^3 και μανδύα βάρους τουλάχιστον 22 kg/m^2 (κατάλληλο ασφαυτόπανο ή συνθετικό υλικό). Με όμοιο τρόπο θα καλύπτονται και οι λοιπές σωληνώσεις για τις περιπτώσεις που θα απαιτηθεί. Αντί για ασφαυτόπανο, οι σωλήνες μπορούν να καλυφθούν με διπλή γυψοσανίδα και υαλοβάμβακα (βλ. σχέδιο).

Τέλος, όπου τα συγκροτήματα των W.C γειτνιάζουν γενικά με χώρους που απαιτούν ηχητική προστασία, προτείνεται οι "πλάτες" των W.C, πίσω από τις λεκάνες, όπου διέρχονται πολλές σωληνώσεις, να κατασκευασθούν από διπλό δρομικό τοίχο με υαλοβάμβακα στο εσωτερικό. Τα δύο κελύφη του τοίχου δεν θα συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσια τούβλα ή σενάζ (θα έχουν ανεξάρτητα σενάζ). Όλες οι σωληνώσεις θα στερεώνονται στο εσωτερικό κέλυφος (προς το W.C) ούτως ώστε, να ελαχιστοποιείται η μετάδοση θορύβων που παράγονται από την ροή του νερού προς τους υπόλοιπους χώρους.

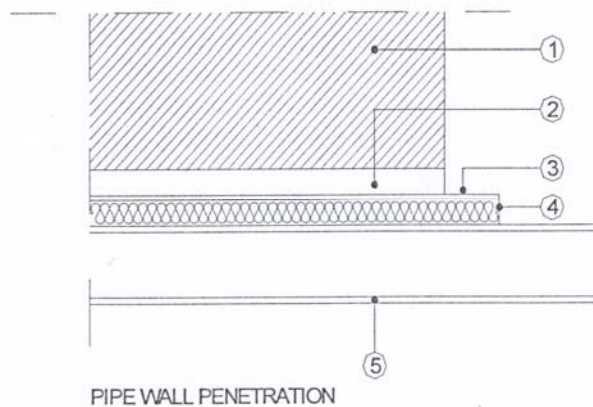
Στη συνέχεια ακολουθούν σκίτσα που προτείνουν την ελαστική στήριξη σωληνώσεων για τη διέλευση αεραγωγών, σωληνώσεων και καλωδίων από τοίχους γυψοσανίδας.

Builder's work duct penetration



1. Wall 2. Mortar 3. Mineral fiber with Alu coating 4. Duct wall 5. Elastic strip 6. Steel corner

Builder's work pipe penetration has to be sealed carefully according to the following sketch.



1. Wall 2. Mortar 3. Armour pipe 4. Mineral fiber hose 5. Pipe

Δ.2. ΘΟΡΥΒΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ (ΜΟΝΑΔΕΣ-ΑΕΡΑΓΩΓΟΙ - ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ)

Δ.2.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Δ.2.1 α) Θόρυβος από την ταχύτητα του αέρα

Οι μεγάλες ταχύτητες αέρα μέσα στους αεραγωγούς, δημιουργούν πρόσθετο αναγεννόμενο θόρυβο (regenerating noise). Ο θόρυβος αυτός εξέρχεται από τα στόμια των αγωγών και από τα τοιχώματα των αγωγών.

Για την αποφυγή των "επικίνδυνων" λόγω ταχύτητας του αέρα, σημείων, είναι καλό να εφαρμόζεται ο πιο κάτω πίνακας:

NC[dB(A)] Αγωγοί	Μέγιστες συνιστώμενες ταχύτητες αέρα m/s (ft/min)		
	>30 [37]	25 [32]	20 [27]
Κύριοι αεραγωγοί	10 (2000)	6,6 (1320)	5 (1000)
Δευτερεύοντες αεραγωγοί	7,5 (1500)	5 (990)	3,75 (750)
Στόμια	4 (800)	2,64 (528)	2 (400)

Όπου η ταχύτητα του αέρα υπερβαίνει τις πιο πάνω τιμές σε στόμια ή κλάδους στομιών, θα πρέπει να τοποθετούνται περισσότερα στόμια ή να αυξάνεται η διατομή του αεραγωγού, ώστε να μειώνεται η ταχύτητα του αέρα σε αποδεκτά επίπεδα.

β) Θόρυβος που εξέρχεται από τα τοιχώματα των αεραγωγών, υπολογίζεται από τη σχέση Allen:

$$PWL_B = PWL_D - R + 10 \log_{10} (Sw/A)$$

όπου: PWL_B = Η στάθμη ηχητικής ισχύος του θορύβου που εξέρχεται από τα τοιχώματα του αγωγού (dB)

$$PWL_D = \text{Η στάθμη της ηχητικής ισχύος μέσα στον αγωγό (dB)}$$

$$R = \text{Ο δείκτης ηχομείωσης των τοιχωμάτων του αγωγού (dB)}$$

(Sw/A) = Ο λόγος της εκτιθέμενης επιφάνειας προς την διατομή του αγωγού (σε συμβατές μονάδες)

Για μεγάλες τιμές του Sw/A δηλ. όταν έχουμε μεγάλες επιφάνειες αγωγών, η τιμή $10\log_{10}(Sw/A)$ μπορεί να γίνει μεγαλύτερη από το R , που σημαίνει ότι εκπέμπεται προς τα έξω περισσότερος θόρυβος από αυτόν που υπάρχει μέσα στον αεραγωγό. Σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται διόρθωση, έτσι ώστε η εξερχόμενη στάθμη να είναι κατά 3 dB χαμηλότερη από την εσωτερική.

Όταν ο θόρυβος είναι υψηλός, προτείνεται η επικάλυψη τμήματος του αγωγού με ηχομονωτικό μανδύα επιφανειακού βάρους τουλάχιστον 22Kg/m^2 , ο οποίος είναι απαραίτητος για την αντιμετώπιση του θορύβου.

Δ.2.2. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΟΡΥΒΩΝ ΜΕΣΩ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟ ΧΩΡΟ ΣΕ ΧΩΡΟ (CROSS TALK)

Όταν διαφορετικοί χώροι τροφοδοτούνται με κοινό αγωγό, είναι πιθανόν (κυρίως όταν οι στάθμες θορύβου μέσα στους χώρους είναι χαμηλές) να μεταδοθούν θόρυβοι ή ομιλίες από τον ένα χώρο στον άλλο μέσω των στομιών και του αεραγωγού. Ανάλογος κίνδυνος μετάδοσης θορύβου προς το εσωτερικό, υπάρχει στα σημεία όπου οι αγωγοί διαπερνούν την πλάκα του δώματος.

Η αντιμετώπιση του πιο πάνω φαινομένου είναι εύκολη, όταν επισημανθεί, από την αρχή, με χρήση μικρών σιγαστήρων ή την εσωτερική επένδυση των τμημάτων των αγωγών μεταξύ των ευαίσθητων χώρων με ηχοαπορροφητικά υλικά πάχους τουλάχιστον 50mm με συντελεστή ηχοαπορρόφησης $\geq 0,60$ στα 500Hz.

Δ.2.3. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Εφόσον απαιτείται (ανάλογα με τα τεχνικά στοιχεία της προμηθεύτριας εταιρείας) θα εξασφαλισθεί αντικραδασμική στήριξη των κλιματιστικών μονάδων σύμφωνα με το συνημμένο σχέδιο. Επίσης, τα μηχανοστάσια θα εφοδιαστούν με ηχομονωτικές θύρες με ηχομονωτική ικανότητα $R'w \geq 36\text{dB}$ σύμφωνα με το ΕΛΟΤ 370.3. Η αξιολόγηση των θυρών θα πρέπει να γίνει σύμφωνα με το ΕΛΟΤ 461.1 και η μέτρηση αυτών θα αποδεικνύεται από επίσημο Εργαστήριο Δοκιμών.

Δ.3. ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ - ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ - ΑΝΤΛΙΕΣ

Δεν υφίσταται πρόβλημα από τα τις εγκαταστάσεις καύσης και κυκλοφορίας του ζεστού νερού για θέρμανση. Επίσης οι πυροσβεστικές αντλίες λειτουργούν μόνο σε έκτακτες περιπτώσεις και γι' αυτό δεν χρειάζεται η λήψη πρόσθετων μέτρων.

Εν τούτοις είναι χρήσιμο οι κυκλοφορητές και οι αντλίες, να τοποθετηθούν σε πλωτή βάση, με μάζα περίπου διπλάσια από την μάζα του συγκροτήματος και η οποία θα εδρασθεί πάνω σε ειδικά αντικραδασμικά εφέδρανα τύπου VIBRO-EP τα οποία θα πρέπει να έχουν $f_0 < 10$ Hz και τουλάχιστον 2 οκτάβες κάτω από τη διεγέρτρια συχνότητα.

Δ.4. ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

Όλες οι σωληνώσεις που συνδέονται με συγκροτήματα επάνω σε ελαστικές βάσεις, θα συνδεθούν με αυτά μέσω ειδικών διαστολικών-αντικραδασμικών διατάξεων.

Εφόσον απαιτείται, οι σωληνώσεις θα αναρτώνται με ελαστικό τρόπο τύπου **VIBRO CH-mini**.

Δ.5. ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ

Τα ψυκτικά συγκροτήματα, θα εγκατασταθούν επάνω σε ειδικές πλωτές βάσεις από σκυρόδεμα. Το βάρος των βάσεων θα είναι 2 φορές μεγαλύτερο από το βάρος των συμπιεστών. Όλο το σύστημα θα στηριχθεί επάνω σε ειδικά αντικραδασμικά εφέδρανα τύπου VIBRO-CM. Η συχνότητα συντονισμού του συστήματος θα είναι της τάξεως των 6 HZ. Ακριβείς υπολογισμοί θα γίνουν κατά την μελέτη εφαρμογής.

Θα εξασφαλισθεί τύπος μηχανημάτων που παράγει τον χαμηλότερο δυνατό θόρυβο. Εφόσον ο θόρυβος είναι υψηλός, ώστε να παρεμποδίζει την λειτουργία του κτιρίου ή άλλων διπλανών κτιρίων, θα γίνει εγκατάσταση ειδικών αντιθορυβικών

πετασμάτων γύρω από τα μηχανήματα, ώστε να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές του Π.Δ 1180/81.

Το πέτασμα θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από ηχομονωτικά - ηχοαπορροφητικά στοιχεία, που θα παρουσιάζουν αντοχή στις καιρικές συνθήκες. Από την προς τα μηχανήματα πλευρά, το πέτασμα θα είναι ηχοαπορροφητικό κατάλληλα επενδυμένο για την προστασία του ηχοαπορροφητικού υλικού. Για την ηχοαπορρόφηση θα πρέπει να χρησιμοποιείται υδρόφοβο υλικό, που δεν θα γηράσκει από την επίδραση των καιρικών συνθηκών ή του ήλιου. Ενδεικτικός τύπος ηχοπετάσματος ALPHAfon-MB.

Δ.6 ΚΡΑΔΑΣΜΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Εκτός από την αερόφερτη μετάδοση του θορύβου, τα μηχανήματα με περιστρεφόμενο άξονα ιδιαίτερα όσα παρουσιάζουν έκκεντρες μάζες κατά την περιστροφή τους, μεταδίδουν και στερεόφερτο θόρυβο μέσω της βάσης έδρασης ή του δαπέδου που είναι τοποθετημένα. Σε μερικές περιπτώσεις οι ελαστικές βάσεις που προμηθεύουν οι κατασκευαστές των μηχανών δεν επαρκούν για μια ικανοποιητική αντικραδασμική προστασία. Η εγκατάσταση τέτοιων μηχανημάτων θα γίνει με τη χρήση κατάλληλων αντικραδασμικών πελμάτων. Στις περιπτώσεις που θα κριθεί αναγκαίο θα γίνει εγκατάσταση αυτών επί ειδικής πλωτής βάσης μεγαλύτερου βάρους από το βάρος του μηχανήματος που θα εδρασθεί (κατά προτίμηση διπλάσιο).

Η πλωτή αυτή βάση αδρανείας έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- περιορίζει το εύρος της κραδασμικής κίνησης.
- χαμηλώνει το κέντρο βάρους και δίνει καλύτερη ευστάθεια στο σύστημα
- παρέχει σταθερότητα -ευθυγράμμιση μεταξύ των μηχανικών μερών (π.χ. κινητήρας -γεννήτρια).
- δρα σαν τοπικό ακουστικό ηχοφράγμα
- ελαχιστοποιεί την αντίδραση των στρεπτικών ταλαντώσεων
- παρέχει μια καλύτερη κατανομή φορτίων έδρασης
- ελαχιστοποιεί τις μεταβολές ύψους λόγω αυξομείωσης του βάρους (κατανάλωση καυσίμου) ή ανεμοπιέσεων

- βελτιώνει την προστασία έναντι σεισμού.

Για την επιλογή του αντικραδασμικού υλικού που τοποθετείται κάτω από την πλωτή βάση αδρανείας θα χρησιμοποιηθούν ειδικά διαγράμματα.

Συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερη είναι η υποχώρηση ενός αντικραδασμικού υλικού τόσο χαμηλότερη είναι η συχνότητα συντονισμού και τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό μείωσης των κραδασμών.

Η διεγείρουσα συχνότητα εξαρτάται από τις στροφές της μηχανής.

Για παράδειγμα αν μία ηλεκτρογεννήτρια κινείται με 1500 RPM προκειμένου να επιτύχουμε θεωρητική μείωση κατά 90% των κραδασμών θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε αντικραδασμική έδραση που να υποχωρεί κατά 4 mm όταν φορτιστεί με το στατικό φορτίο.

Οι προμηθευτές των αντικραδασμικών παρέχουν τα στοιχεία αυτά με βάση τα οποία είναι δυνατή η επιλογή του βέλτιστου αντικραδασμικού υλικού.

Κατά την επιλογή αυτή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι λοιποί παράγοντες όπως η συμπεριφορά του υλικού στο χρόνο (γήρανση), τις ηλιακές ακτίνες, το όζον, τα λάδια, τα πετρέλαια, το νερό και τις λοιπές ιδιομορφίες του περιβάλλοντος που θα τοποθετηθεί.

Ο ακριβής υπολογισμός και η τελική επιλογή των αντικραδασμικών θα γίνει στην μελέτη εφαρμογής όταν καθοριστεί και επιλεγεί όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός (ανεμιστήρες, εξαεριστήρες, κλιματιστικές μονάδες, ψύκτες κλιματισμού, λέβητες, πιεστικά συγκροτήματα, H/Z κ.λ.π.).

Η επιλογή των αντικραδασμικών που θα χρησιμοποιηθούν θα γίνει κατά βάση από τους καταλόγους των αντικραδασμικών συστημάτων VIBRO της ΑΛΦΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ.

Δ.6 ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

Οι ανελκυστήρες τοποθετούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του VDI 2566, Acoustical design for lifts with a machine room, 2001.

Table 2 – Relation between the arrangement of rooms requiring protection ($L_{AFmax} = 30$ dB(A)) with respect to the lift and the designation of the required sound insulation
(The required elastic mounting of the machine, EL 1 to EL 4, can be determined from Figures 2 and 3.)

Situation	Arrangement of rooms requiring protection with respect to the lift	Required masses per unit area according to DIN 4109, Addition 1 Further notes ^a
A	No room requiring protection next to the lift (well integrated in the staircase)	Wall of the well ≥ 490 kg/m ² Wall of staircase ≥ 380 kg/m ²
B1	Rooms requiring protection next to the well, but not to the machine room	Wall of the well ≥ 580 kg/m ² Walls of the machine room ≥ 380 kg/m ² ^b
B2	Rooms requiring protection next to the machine room	Wall of the well and wall and floor constructions transmitting sound (to the room requiring protection) ≥ 580 kg/m ² flanking walls ≥ 250 kg/m ²
B3 (See 5.2)	Rooms requiring protection next to the lift	Joint without sound-transmitting connections, as per DIN 4109, between the machine room or wall and ceiling or walls of rooms requiring protection. ≥ 380 kg/m ² per layer.
C	Rooms requiring protection separated from lift by other rooms in between.	Wall of the well: ≥ 490 kg/m ² Walls of the machine room: ≥ 380 kg/m ² ^b

^a Lightweight prefabricated walls may be used as flanking elements in all cases.
^b Machine room above occupied area: Floor of machine room ≥ 580 kg/m².

Διακόπτες μπορούν να επιφέρουν ηχητική κρούση στην κατασκευή όταν λειτουργούν. Για να αποφευχθεί αυτό, οι διακόπτες ή όλος ο πίνακας των διακοπών πρέπει να εδραστεί ελαστικά.

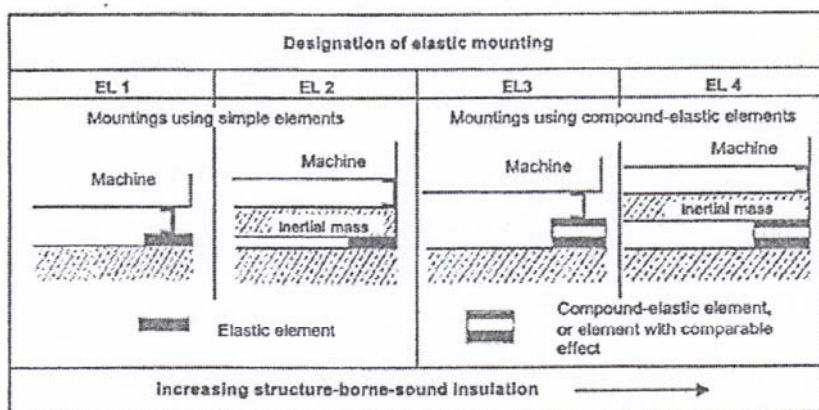


Figure 2 – Schematic showing measures for structure-borne-sound insulation of machines, sorted according to effectiveness

Table 2 lists the masses per unit area of the separating and flanking elements required for various building situations. These values must be observed to obtain the required sound insulation.

The appropriate type of elastic mounting for the machine will be dealt with below. It is the room requiring protection nearest to the machine room that determines the type (and required structure-borne-sound insulation) of the elastic mounting.

Διακόπτες μπορούν να επιφέρουν ηχητική κρούση στην κατασκευή όταν λειτουργούν. Για να αποφευχθεί αυτό, οι διακόπτες ή όλος ο πίνακας των διακοπών πρέπει να εδραστεί ελαστικά.

Ε. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Ε.1. ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

Ονομασία Χώρου	Συνολικά επιτρεπόμενη στάθμη θορύβου ή κανονισμός ηχομόνωσης
Γραφεία	ΚΚ, άρθρο 12, κατ.Α/Β – DIN 4109
Αποθήκες	$L_{eq} = 40 \text{ dB(A)}$
Χώροι Υγιεινής	$L_{eq} = 40 \text{ dB(A)}$
Παρασκευαστήριο	$L_{eq} = 40 \text{ dB(A)}$
Χώροι Καθαριστριών	$L_{eq} = 40 \text{ dB(A)}$
Διάδρομοι	$L_{eq} = 40 \text{ dB(A)}$
Κλιμακοστάσια	$L_{eq} = 40 \text{ dB(A)}$
Κυλικείο	$L_{eq} = 35 \text{ dB(A)}$
Αίθουσες Διδασκαλίας	$L_{eq} = 35 \text{ dB(A)}$
Φουαγιέ	$L_{eq} = 35 \text{ dB(A)}$
Σκηνικός Χώρος	$L_{eq} = 25 \text{ dB(A)}$
Βοηθητικοί Χώροι	$L_{eq} = 35 \text{ dB(A)}$

Ε.2. ΥΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ – ΥΛΙΚΑ

Προκειμένου να επιτευχθεί η σωστή ακουστική εσωτερικών χώρων του κτιρίου όπως: αίθουσες διδασκαλίας – αμφιθέατρα – παρασκευαστήρια – αίθουσες προβολών, τοποθετούνται σε ορισμένους τοίχους και στις οροφές των χώρων αυτών ειδικά ηχοαπορροφητικά υλικά.

Η επιλογή αυτών των υλικών έγινε με στόχο την καλλίτερη ευκρίνεια της ομιλίας και την αποφυγή ακουστικών σφαλμάτων όπως η ηχώ.

E.3 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ

Προτείνεται η ακόλουθη ηχομόνωση εσωτερικών χωρισμάτων

A) Τοίχος ξηρής δόμησης.

Μεταλλικός σκελετός με μονό ορθοστάτη (75mm) και αμφίπλευρα διπλή γυψοσανίδα (2x12,5mm) με ορυκτοβάμβακα στο διάκενο (60mm, 40kg/m³) Ο τοίχος αυτός έχει $R'w=53$ dB

E.4 ΕΙΔΙΚΕΣ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΕΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΕΣ

Οι οροφές θα επενδυθούν με ηχοαπορροφητικές πλάκες, τύπου Armstrong η άλλη αντίστοιχη με ηχοαπορροφητική ικανότητα $\alpha \geq 0,5$ στα 500Hz.

Επισυνάπτεται έντυπο με τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών και διαγράμματα ηχοαπορρόφησης σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων. (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II).

E.5 ΔΑΠΕΔΑ

Προτείνεται τοποθέτηση πλωτών δαπέδων ή δάπεδα μα τα οποία να επιτυγχάνεται $L_{nw} < 65$ dB.

E.6 ΘΥΡΕΣ

Όλες οι θύρες που υπάρχουν στις αίθουσες είναι ηχομονωτικές με ηχομονωτική ικανότητα $R_w \geq 32$ dB

Z. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΩΝ

Z.1. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο θα εξασφαλισθεί στα αμφιθέατρα, ένα «σωστό» ακουστικό περιβάλλον.

Με τον όρο «σωστό» ακουστικό περιβάλλον για ένα ανάλογο κτίριο, εννοείται ότι:

α. Η ακουστική της Αίθουσας αυτής θα είναι τέτοια ώστε να γίνεται καταληπτή η οποιαδήποτε ομιλία από την θέση του βήματος προς τους ακροατές.

β. Ειδικότερα, θα πρέπει να ικανοποιούνται τα διεθνώς αποδεκτά ακουστικά κριτήρια για αίθουσες ομιλιών.

Z.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Στο **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι** παρουσιάζονται οι βασικοί ορισμοί για τον καθορισμό της ακουστικής ποιότητας ενός χώρου όπως:

- Χρόνος Αντήχησης
- Συντελεστής Ισχύος
- Διαύγεια
- Καταληπτότητα
- Ηχόγραμμα
- Χωροαίσθηση

Z.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

Z.3.1 Ο ΟΓΚΟΣ

Ο όγκος της αίθουσας 0.A.03 είναι της τάξεως των 845m^3 . Ο αριθμός των καθήμενων ακροατών με πληρότητα 100% κυμαίνεται περί τα 270 άτομα . Αυτό σημαίνει ότι αντιστοιχούν $3,5 \text{ m}^3/\text{ακροατή}$. Η αναλογία αυτή, είναι ικανοποιητική για χώρους ομιλιών.

Ο όγκος της αίθουσας 0.A.02 είναι της τάξεως των 504m^3 . Ο αριθμός των καθήμενων ακροατών με πληρότητα 100% κυμαίνεται περί τα 140 άτομα . Αυτό σημαίνει ότι αντιστοιχούν $3,4 \text{ m}^3/\text{ακροατή}$. Η αναλογία αυτή, είναι ικανοποιητική για χώρους ομιλιών.

Σύμφωνα με το DIN 18041 ο απαιτούμενος όγκος ανά θεατή για μια αίθουσα είναι:

Ομιλία:	$3 - 6 \text{ m}^3 / \text{άτομο}$
Μουσικές παραστάσεις και ομιλία:	$5 - 8 \text{ m}^3 / \text{άτομο}$
Μουσικές παραστάσεις:	$7 - 12 \text{ m}^3 / \text{άτομο}$

Η απαιτούμενη τιμή του χρόνου αντήχησης είναι:

Ομιλία:	1.2sec
Μουσικές παραστάσεις και ομιλία:	1.5sec
Μουσικές παραστάσεις:	1.7sec

Z.3.2 ΤΟ ΣΧΗΜΑ

Το σχήμα των αιθουσών σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε:

- A. Να επιτυγχάνει διάχυση του ήχου.
- B. Να εξασφαλίζει όσο είναι δυνατόν χρήσιμες ανακλάσεις από την θέση του ομιλητή προς τους ακροατές.
- Γ. Να ενισχύει τον ήχο στις πλέον απομακρυσμένες θέσεις των ακροατών.
- Δ. Να μην περιορίζεται ο χώρος κινήσεων των ατόμων.
- E. Οι πίσω πλευρές των αιθουσών σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να απορροφούν τον προσπίπτοντα ήχο επ' αυτών έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα δυσμενών ακουστικών ανακλάσεων όπως ηχώ.

Η κλίση της οροφής σχεδιάστηκε κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ενισχύσει και τον ήχο και να τον κατευθύνει στο πίσω μέρος της αίθουσας ενισχύοντας την καταληπτότητα στις τελευταίες θέσεις των καθισμάτων των ακροατών (Βλ. συν. σχέδιο – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV).

Z.4 Η ΥΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ – ΥΛΙΚΑ

Τα υλικά που προτείνεται να τοποθετηθούν στις επιφάνειες των αιθουσών (τοίχοι, οροφή) αναφέρονται στα σχέδια της Αρχιτεκτονικής Μελέτης. (βλ. πίνακα ποιοτικών στοιχείων).

Z.4.1 ΚΑΘΙΣΜΑΤΑ

Η χρησιμοποίηση καθισμάτων αμφιθεάτρων με επένδυση αυτών με αφρώδη εύκαμπτη πολυουρεθάνη με ύφασμα εξωτερικά θα συνέβαλε στην ηχοαπορρόφηση και στην περίπτωση που η αίθουσα δεν είναι γεμάτη με άτομα.

Η απαιτούμενη ηχοαπορροφητική ικανότητα των καθισμάτων (άδειο, χωρίς ακροατή) είναι:

f[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
α [%]	45	60	70	80	80	80
α_{\min} [%]	30	45	50	50	50	50

Η τιμή μέτρησης της ηχοαπορροφητικής ικανότητας των καθισμάτων πρέπει να είναι σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερη από την α_{\min} .

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

1. ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (Reverberation time TR)

Χρόνος αντήχησης TR ονομάζεται ο χρόνος (sec) ο οποίος απαιτείται για να μειωθεί η στάθμη ενός ήχου κατά 60 dB, αφ' ότου η πηγή σταματήσει να εκπέμπει τον ήχο. Πρακτικά η μέτρηση του χρόνου αντήχησης γίνεται στο διάστημα -5 έως -35 dB.

Ο χρόνος αντήχησης εξαρτάται από τον όγκο του χώρου και την ηχοαπορροφητική ικανότητα των επιφανειών που σχηματίζουν την αίθουσα. Η ηχοαπορροφητική ικανότητα μίας επιφάνειας είναι συνάρτηση της συχνότητας του ηχητικού κύματος, επομένως ο χρόνος αντήχησης εξαρτάται από την συχνότητα.

Υπάρχουν επίσης και άλλες παραλλαγές του TR όπως ο αρχικός χρόνος αντήχησης (initial reverberation time), που είναι χρήσιμος για την εκτίμηση της ποιότητας μιας αίθουσας για μουσική και που περιγράφει την στάθμη του ήχου από 0 έως -10 dB (early decay time) ή από 0 έως -15 dB ή από 0 έως -20 dB.

Ο προτεινόμενος TR60 θα πρέπει να είναι μικρότερος των 1 sec για αίθουσα ομιλιών.

Ο χρόνος αντήχησης υπολογίζεται σε οκταβικές ζώνες συχνοτήτων με τους ακόλουθους τύπους:

ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ ΚΑΤΑ SABINE:

$$T = \frac{0,163 * V}{\sum aiSi + xV}$$

Όπου: T	ο χρόνος αντήχησης σε s
V	ο όγκος του χώρου σε m ³
ai	οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης των διαφόρων επιφανειών του χώρου
Si	τα αντίστοιχα εμβαδά σε m ² .
X	ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης ανά m ³ αέρα.

Ο υπολογισμός του χρόνου αντήχησης κατά Sabine είναι μία καλή προσέγγιση όταν το πεδίο του ήχου στην θέση του ακροατή είναι διάχυτο. Η σχέση Sabine δεν λαμβάνει υπ' όψιν της τις γεωμετρικές ιδιότητες του χώρου και προϋποθέτει μία στατιστική κατανομή των ηχοαπορροφητικών επιφανειών. Παρ' όλους τους περιορισμούς αυτής της προσέγγισης, ο ΧΑ αποτελεί ισχυρό και αξιόπιστο εργαλείο για την μελέτη της ακουστικής του χώρου.

ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ ΚΑΤΑ EYRING:

$$T = \frac{0,163 * V}{-s \ln(i - a) + xV}$$

όπου: **ln** ο νεπέριος λογάριθμος

a η μέση τιμή των α των διαφόρων επιφανειών όπου:

$$a = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i}$$

S η συνολική επιφάνεια

$$S = \sum S_i$$

όπου: S_i σε m^2 και V m^3

Ο απαιτούμενος ΧΑ μιας αίθουσας εξαρτάται από την χρήση της και από τον όγκο του χώρου. Για την ομιλία απαιτείται χρόνος αντήχησης μικρότερος του ενός δευτερολέπτου. Υψηλότερες τιμές οδηγούν σε κακή κατανόηση του λόγου. Η συλλαβή που φτάνει στο αυτί του ακροατή καλύπτεται από κάποια ανάκλαση προηγούμενης συλλαβής.

2. Ο ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (STRENGTH INDEX G)

Ο συντελεστής ισχύος χρησιμοποιείται ώστε να εκτιμηθεί η κατανομή και ισχύς του ήχου σε διάφορα σημεία του χώρου. Με απλά λόγια, ο G εκφράζει την σχέση μεταξύ της ηχητικής ισχύος που εκπέμπεται από μια πηγή (π.χ. στη σκηνή) και της στάθμης ηχητικής ισχύος που μετριέται σε κάποια άλλη θέση (π.χ. στο ακροατήριο). Ο χρόνος μέτρησης (χρόνος ολοκλήρωσης) στην πηγή είναι 4 ms και στον δέκτη είναι 80 ms.

Ο G ορίζεται ως εξής:

$$G_{80} = 10 \log \frac{\int_{0ms}^{80ms} P^2_E(t) dt}{\int_{0ms}^{4ms} P^2_E(t) dt \frac{4\pi r_s^2}{lm^2}} (dB)$$

όπου : r η απόσταση μικροφώνου πηγής και της ίδιας της πηγής.

Μια πηγή που εκπέμπει ομοιόμορφα (σφαιρικά) πρέπει να έχει συντελεστή ισχύος $G \geq -30dB + 3dB$

Η απαίτηση αυτή ισχύει έξω από το απ' ευθείας πεδίο (ακτίνα απ' ευθείας πεδίου)

$$r = \sqrt{\frac{A}{16\pi}}$$

3. ΔΙΑΥΓΕΙΑ (Clarity C)

Με το κριτήριο της διαύγειας γίνεται εκτίμηση της διαύγειας της μουσικής.

Η διαύγεια εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ της ηχητικής ενέργειας που φθάνει στον ακροατή τα 80 πρώτα ms και της υπόλοιπης ενέργειας.

$$C = \log \frac{\int_{0ms}^{80ms} P^2_E(t) dt}{\int_{80ms}^{\infty} P^2_E(t) dt} (dB)$$

Η τιμή της διαύγειας θα πρέπει να είναι:

$$-2dB \leq C \leq +2dB$$

4. ΚΑΤΑΛΗΠΤΟΤΗΤΑ (Definition D)

Το κριτήριο αυτό στηρίζεται στην υπόθεση ότι χρήσιμη για την ευκρίνεια ακουστική ενέργεια είναι αυτή που φθάνει στον ακροατή μέσα σε 50 ms μετά την άφιξη του απευθείας ήχου.

Ως εκ τούτου, για τον προσδιορισμό του D, συγκρίνεται η ποσότητα της ενέργειας, που φθάνει στον ακροατή στα πρώτα 50 ms με την ολική ενέργεια, μια παλμικής πηγής ήχου, όταν φθάνει στον ίδιο ακροατή. Ο D εκφράζεται ως ποσοστό (%).

$$D = \frac{\int_{0ms}^{50ms} P^2_E(t) dt}{\int_{0ms}^{\infty} P^2_E(t) dt} (%)$$

Το κριτήριο αυτό εξυπηρετεί την εκτίμηση της ευκρίνειας στην ομιλία.

Για τις περιπτώσεις ομιλιών (συνέδρια) θα πρέπει να ισχύει:

$$D \geq 50\%$$

Στην περίπτωση που D=50%, η καταληπτότητα είναι 90%.

5. ΗΧΟΓΡΑΜΜΑ (Echogramme)

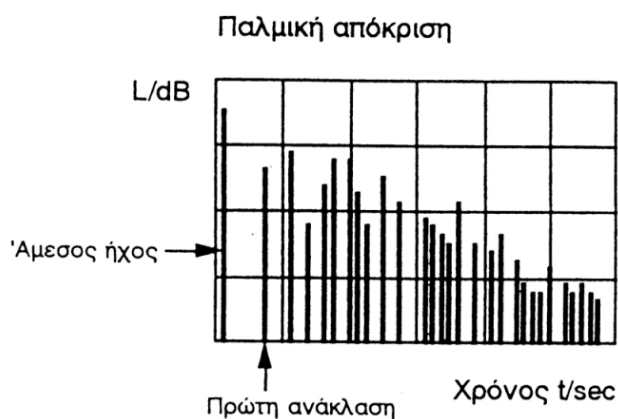
Ένα ηχογράμμα δείχνει την απόκριση ενός χώρου, όταν αυτός διεγερθεί από ένα ηχητικό παλμό. Τα ηχογράμματα χρησιμεύουν για να προσδιορίσουν την χρονική αλληλοδιαδοχή των ανακλάσεων του χώρου. Επίσης, χρησιμεύουν για να εκτιμηθεί η πυκνότητα και η ένταση των ανακλάσεων μέσα στα πρώτα 100 ms. Αυτές οι πρώτες ανακλάσεις επηρεάζουν την υποκειμενική εντύπωση σχετικά με την ένταση του ήχου.

Επίσης, με αυτό τον τρόπο, μπορεί να προσδιορισθεί μια ηχώ που φτάνει αργότερα από 100 ms από τον απ' ευθείας ήχο. Μια ηχώ, μπορεί να αναγνωριστεί από την μεταβολή της στάθμης ηχητικής πίεσης, καθώς μια ομαλή απόσβεση παλμικού ήχου διαταράσσεται από μια απότομη αύξηση της στάθμης. Αυτή η αύξηση, όταν είναι κατά 5 dB υψηλότερη από την υπόλοιπη στάθμη, τότε η συγκεκριμένη ανάκλαση γίνεται αντιληπτή ως ηχώ. Οι ανακλάσεις του ήχου που φθάνουν στον ακροατή σε χρόνο μεγαλύτερο από 100 ms, μετά την άφιξη του απ' ευθείας ήχου δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν την στάθμη του ήχου περισσότερο από 5 dB διότι διαφορετικά θα γίνονται αντιληπτές ως ηχώ.

Η παλμική απόκριση μετριέται με την ακόλουθη μεθοδολογία:

Τοποθετούμε στην περιοχή της σκηνής μία ακουστική πηγή που εκπέμπει παλμικό ήχο. Σε μία θέση του ακροατηρίου έχει τοποθετηθεί ένα μικρόφωνο συνδεδεμένο με ένα ειδικό καταγραφικό μηχάνημα. Ένα τυπικό αποτέλεσμα του ηχητικού παλμού της πηγής στην θέση του μικροφώνου φαίνεται στο ακόλουθο

διάγραμμα:



Μετά από ένα χρονικό διάστημα, το οποίο εξαρτάται από την απόσταση πηγής - μικροφώνου, καταγράφεται ο άμεσος ήχος. Οι ανακλάσεις του ηχητικού παλμού από τις διάφορες επιφάνειες (τοίχους, οροφή και αντικείμενα του χώρου) φτάνουν στην περιοχή του μικροφώνου με χρονική καθυστέρηση και - λόγω της ηχοαπορρόφησης των επιφανειών-με χαμηλότερη ηχοστάθμη της έντασης. Στην αρχή της καταγραφής μπορούμε να διακρίνουμε τις πρώτες ανακλάσεις του ήχου μέσα στην αίθουσα. Με την πάροδο του χρόνου φτάνουν στο μικρόφωνο όλο και περισσότερες, πολλαπλές, ανακλάσεις, από κάθε σχεδόν κατεύθυνση αυτή η περιοχή

του ηχογράμματος περιγράφει το διάχυτο πεδίο του ήχου που δημιουργείται από τις ιδιότητες του χώρου.

Όπως αναφέραμε αρχικά η ΠΑ περιέχει όλες τις πληροφορίες για την ακουστική περιγραφή ενός χώρου για μία συγκεκριμένη θέση της πηγής και του δέκτη. Με βάση την ΠΑ υπολογίζονται πολλές άλλες παράμετροι της ακουστικής του χώρου.

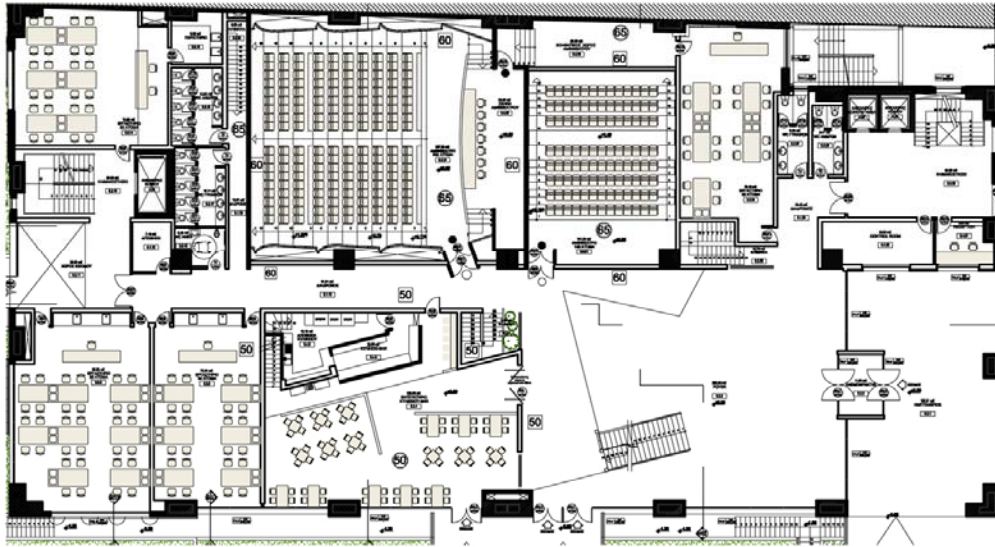
6. ΧΩΡΟΑΙΣΘΗΣΗ (Speciousness K)

Αφορά την εντύπωση που σχηματίζει ο ακροατής, για το αν ο ήχος έρχεται από εμπρός ή για το ότι ευρίσκεται «πλημμυρισμένος» από τον ήχο.

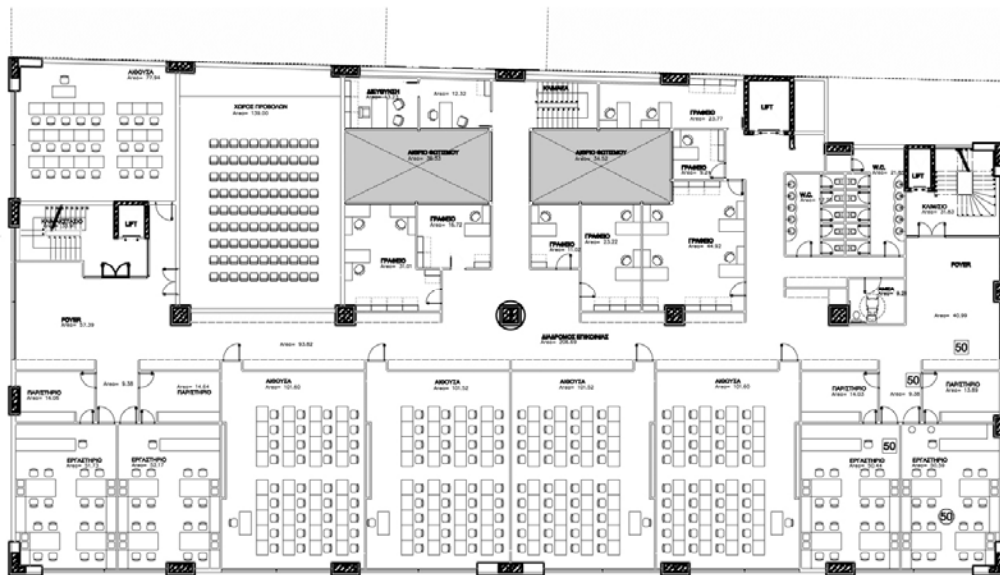
Αν και διεθνώς δεν είναι ακόμη καθορισμένες οι επιθυμητές τιμές, μια τιμή $0,3 \leq K \leq 0,7$ κρίνεται ικανοποιητική.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΣΧΕΔΙΑ



ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ



ΚΑΤΟΨΗ Α ΟΡΟΦΟΥ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ



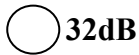
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ
ΧΩΡΙΣΜΑΤΩΝ R'_w [db]

ΠΑΡΑΘΥΡΑ



ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ
 R'_w [db]

ΠΟΡΤΕΣ



ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ ΘΥΡΩΝ R'_w [db]

ΔΑΠΕΔΑ



Ο ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ
ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΕΙΝΑΙ $R'_w=37$ db

Ο ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΧΟΜΕΙΩΣΗΣ
ΤΟΙΧΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ ΕΙΝΑΙ $R'_w=53$ d