

Δημοσίευση στα πρακτικά του συνεδρίου «Διαφάνεια & Αρχιτεκτονική : Κενά και Πλήρη», (σσ. 284 - 290), έκδοση University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2001

Υπολογιστική διερεύνηση του σύνθετου ηχομονωτικού δείκτη μιας όψης : οι δυσεπίλυτες εφαρμογές της οικοδομικής διαφάνειας

Νίκος Κ. Μπάρκας

Περίληψη

Η ανακοίνωση εντάσσεται στη θεματική ενότητα της Δομικής Φυσικής. Επιχειρούμενος στόχος είναι η αποτίμηση των μεταβολών του σύνθετου ηχομονωτικού δείκτη μιας όψης ως συνάρτηση της αναλογίας των διαφανών & συμπαγών στοιχείων της. Ο λεπτομερής υπολογισμός του σύνθετου ηχομονωτικού δείκτη, σε χαρακτηριστικές αναλογίες ανοιγμάτων, εκτείνεται σε έναν ενδεικτικό κατάλογο εφαρμογών με συμβατικές, ενισχυμένες ή εξειδικευμένες οικοδομικές λύσεις. Η επεξεργασία των επιμέρους υπολογισμών εμφανίζει την αποδυνάμωση της ηχομονωτικής ικανότητας των εφαρμογών, αξιολογεί τη βαρύτητα των επιμέρους παραμέτρων της συνάρτησης (συμπαγές - διαφανές πέτασμα, αναλογία) και προσδιορίζει ενδεικτικά τις οριακά αξιόπιστες ηχομονωτικές επιλύσεις, με βάση την έκταση της επιθυμητής διαφάνειας. Ο σκοπός της παραπάνω διερεύνησης είναι να επισημανθούν οι λειτουργικές απαιτήσεις, οι κατασκευαστικοί καταναγκασμοί και οι οικονομικές επιπτώσεις από την γενικευμένη εφαρμογή της αρχιτεκτονικής διαφάνειας, σε ζητήματα ακουστικής άνεσης, οικοδομικής προστασίας, αλλά ευρύτερα στο πεδίο του ενεργειακού σχεδιασμού.

Εισαγωγή

Τα τοιχώματα των οικοδομικών εφαρμογών ταξινομούνται από πλευράς ηχομόνωσης με βάση την γενική θεωρητική διάκριση του ομογενούς ή ετερογενούς πετάσματος (δηλαδή απλές ή πολλαπλές στρώσεις συμπαγούς δομικού υλικού με την παρεμβολή πορώδους). Στις συνθέσεις με ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα), τα τοιχώματα αντιμετωπίζονται ως σύνθετα στοιχεία πλήρωσης, των οποίων η συνισταμένη ηχοπερατότητα αποτελεί συνάρτηση των συνιστωσών δεικτών και της αναλογίας των επιμέρους οικοδομικών στοιχείων : [5]

$$T = \Sigma (T_n * S_n) / S$$

Για τον υπολογισμό του σύνθετου δείκτη ηχομείωσης cR_w προσδιορίζεται το βοηθητικό μέγεθος του δείκτη ηχοπερατότητας T από τη σχέση :

$$T = 10^{-R_w / 10}$$

που αποτελεί το λογαριθμικά αντίστροφο μέγεθος του δείκτη ηχομονωτικής ικανότητας κάθε στοιχείου. Η ακριβής διατύπωση του σύνθετου δείκτη, ως συνάρτηση των επιμέρους δεικτών ηχοπερατότητας και των επιμέρους επιφανειών κάθε στοιχείου είναι :

$$cR_w = 10 \log [(S_1 + S_2 + S_3 + \dots) / (T_1 S_1 + T_2 S_2 + T_3 S_3 + \dots)]$$

όπου τα σύμβολα S χαρακτηρίζουν τις επιφάνειες των στοιχείων. [1,5, 6]

Ειδικά στην περίπτωση των κουφωμάτων, το ζήτημα της ηχοπερατότητας υπεκφεύγει από το θεωρητικό πλαίσιο του κανόνα μάζας - συχνότητας (δηλαδή κυριαρχία του επιφανειακού βάρους, των διαστάσεων και του τρόπου στήριξης) και μετατίθεται στον περιορισμό των ακουστικών διαρροών στις κάσες (σύζευξη) και στα ανοίγματα (στεγανότητα) του τοιχώματος. [2,3] Τα προβλήματα της καθημερινής πρακτικής, αλλά και τα πορίσματα των εργαστηριακών μετρήσεων, δείχνουν ότι στις οικοδομικές εφαρμογές με ανοίγματα, η πραγματική ηχομονωτική ικανότητα υπολείπεται της θεωρητικά αναμενόμενης (η οποία προβλέπεται ούτως ή άλλως ασθενώς), καθώς οι αντίστοιχες διατομές και τα επιφανειακά βάρη είναι σαφώς περιορισμένα σε σχέση με τα υπόλοιπα συμπαγή οικοδομικά στοιχεία. Στην υπολογιστική επίλυση και στατιστική διερεύνηση του δείγματος που ακολουθεί, προσδιορίζεται η μετατόπιση του σύνθετου δείκτη προς τα ελαφρό-

τερα στοιχεία του τοιχώματος και εμφανίζεται η εξασθένηση της ηχομονωτικής ικανότητας του συνθέτου τοιχώματος στην περίπτωση όπου η αναλογία των διαφανών ή ανοιγόμενων πετασμάτων υπερβεί το 15% της συνολικής επιφάνειας μιας πρόσοψης.

1. Το δείγμα

*Απ` τα παράθυρα που αφήσαμε ολάνοιχτα,
τ` ωραίο του σώμα στο κρεβάτι φώτιζε η σελήνη*

Ο ενδεικτικός κατάλογος των οικοδομικών εφαρμογών περιλαμβάνει:

- **Τμπ**, η τετριμμένη λύση της μπατικής τοιχοποιίας (διασταυρούμενες στρώσεις διπλού τούβλου, μονωτικό υλικό και αμφίπλευρο επίχρισμα, διατομή 28 cm), [1]
- **Τυπ**, η ενισχυμένη λύση της υπερμπατικής τοιχοποιίας (μπατική και δρομική με ενδιάμεσα μονωτικό υλικό και αμφίπλευρο επίχρισμα, διατομή 39 cm), [1]
- **ΤΤβ**, η βαριά δικέλυφη λύση (δύο δρομικές, η εσωτερική σε πλωτό δάπεδο, ενδιάμεσα μονωτικό υλικό, αμφίπλευρο επίχρισμα, διατομή 32 cm), [4]
- **ΤΤε**, η ελαφριά δικέλυφη λύση (μπατική τοιχοποιία με εξωτερικό επίχρισμα και ανεξάρτητο πέτασμα ξηράς δόμησης από δύο γυψοσανίδες, με ελαστικούς συνδέσμους και έδραση, ενδιάμεσα μονωτικό υλικό, διατομή 34cm). [4]

Επίσης από τα διαφανή υαλοπετάσματα επιλέχθηκαν :

- **Υσ**, το σταθερό υαλοστάσιο ενισχυμένης διατομής (μεταλλικό κάσωμα και συμπαγής υαλοπίνακας 10mm με συνήθη περιμετρική στεγανότητα), [1]
- **Υθ**, το ανοιγόμενο παράθυρο με θερμομονωτικούς υαλοπίνακες (ξύλινο κάσωμα, αεροστεγής περίμετρος, ύαλοι πάχους 1 & 0,8 mm, διάκενο 1,2 mm) [4]
- **ΥΥ**, οι δίδυμοι ανοιγόμενοι υαλοπίνακες, σε ανεξάρτητες κάσες (μεταλλικά κασώματα, αεροστεγείς περίμετροι και ελαστικά παρεμβύσματα, θερμομονωτικός υαλοπίνακας τύπου 8/16/9 mm και συμπαγής υαλοπίνακας 9 mm), [4]

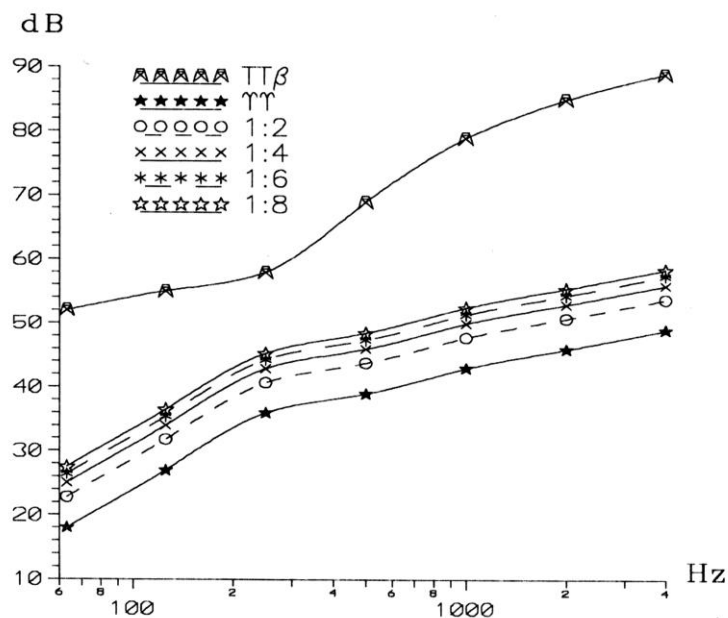
- ΠΠ, τα διπλά ανοιγόμενα παράθυρα, σε ανεξάρτητα τοιχώματα, (ξύλινα κασώματα, απόσταση 20cm με ηχοαπορροφητική επένδυση στην περίμετρο, ελαστικά παρεμβύσματα, αεροστεγανότητα, συμπαγείς υαλοπίνακες 6mm & 9mm). [7]

Στα επόμενα ημι-λογαριθμικά διαγράμματα, στο κατακόρυφο γραμμικό άξονα διαβαθμίζεται η ηχομονωτική ικανότητα κάθε πετάσματος (σε dB) και στον οριζόντιο λογαριθμικό άξονα τοποθετούνται οι οκταβικές συχνότητες του ηχητικού φάσματος (σε Hz)

2.1] Η βαρύτητα του διαφανούς

*Θα μού 'φτανε μπροστά στο παράθυρο μου
ένα σεντόνι βουτηγμένο στο λουλάκι*

Στο ΣΧΗΜΑ 1, για κάθε συνδυασμό συμπαγούς με διαφανές πέτασμα (ενδεικτική επιλογή η βαρεία δικέλυφη τοιχοποιία **ΤΤβ** και οι δίδυμοι υαλοπίνακες **ΥΥ**) εμφανίζεται ο σύνθετος δείκτης να κινείται παράλληλα προς τον δείκτη του διαφανούς και να ισχυροποιείται ανάλογα με τη μείωση του ποσοστού διαφάνειας στην πρόσοψη.



ΣΧΗΜΑ 1

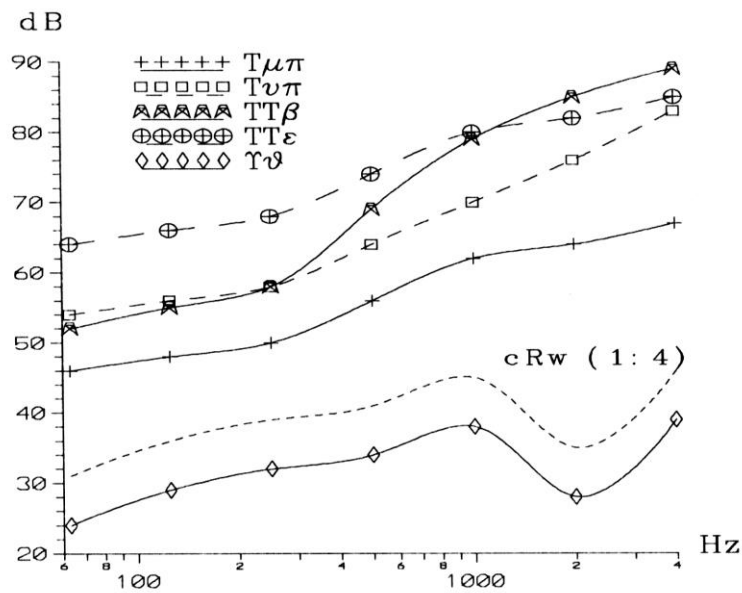
2.2] Η ουδετερότητα του συμπαγούς

Πέσαν οι τοίχοι της κάμαρης

το

δωμάτιο βρέθηκε στον κήπο

Στο ΣΧΗΜΑ 2, φαίνεται πως ανεξάρτητα της ηχομονωτικής αξίας του συμπαγούς πετάσματος, για κάθε διαφανές πέτασμα (ενδεικτική επιλογή το παράθυρο με θερμομονωτικό υαλοστάσιο **Υθ**, σε δεδομένη αναλογία π.χ. 1 : 4) ο σύνθετος δείκτης συγκλίνει σε αξία και διακύμανση με τον δείκτη του διαφανούς στοιχείου.

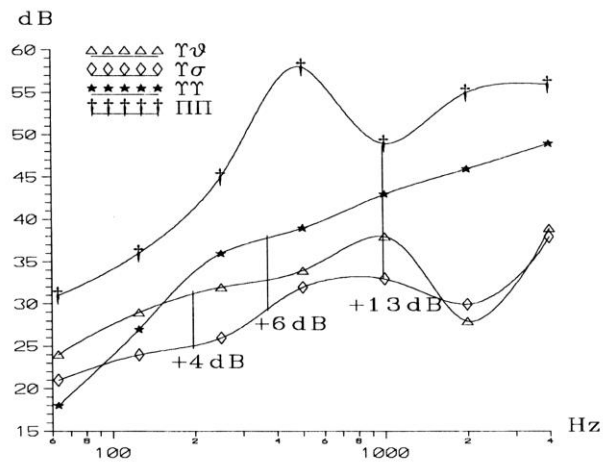


ΣΧΗΜΑ 2

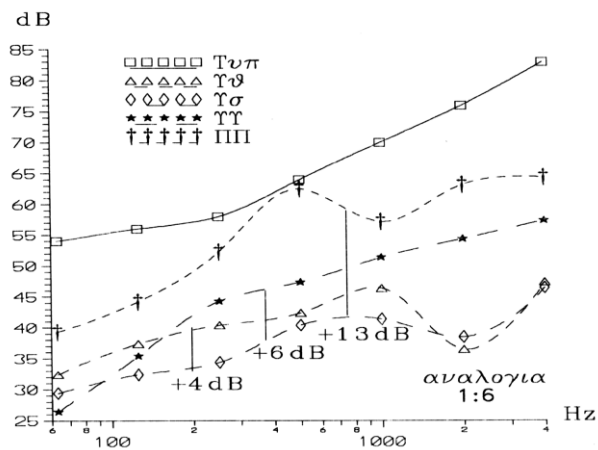
2.3] Η κυριαρχία της αναλογίας

Το σπίτι, γεμάτο γρίλιες και δυσπιστία

Στα επόμενα σχήματα φαίνεται ότι ανεξάρτητα του συμπαγούς πετάσματος (ενδεικτική επιλογή η υπερμπατική τοιχοποιία **Τυπ**) και διατηρώντας σταθερή την αναλογία των επιμέρους στοιχείων της πρόσοψης (π.χ. 1 : 6), οι διαφορές τιμής μεταξύ των διαφανών στοιχείων, σφαιρικά και συχνοτικά [ΣΧΗΜΑ 3], μεταφέρονται αναλλοίωτες στους αντίστοιχους σύνθετους δείκτες (ΣΧΗΜΑ 4).

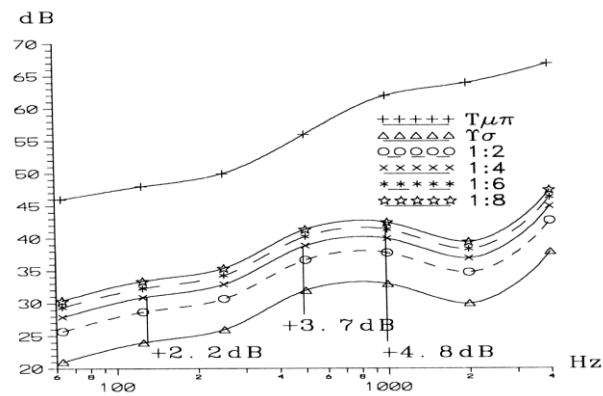


ΣΧΗΜΑ 3

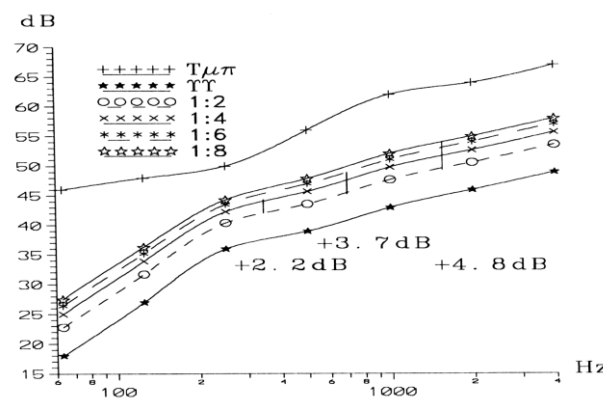


ΣΧΗΜΑ 4

Στα επόμενα σχήματα εμφανίζεται ότι ανεξάρτητα του συνδυασμού συμπαγούς - διαφανούς στοιχείου (ενδεικτικά μπατική τοιχοποιία **Τμπ** με σταθερό υαλοστάσιο **Υσ** στο ΣΧΗΜΑ 5 και με δίδυμο υαλοστάσιο **ΥΥ** στο ΣΧΗΜΑ 6), οι μετατοπίσεις της συχνοτικής τιμής των σύνθετων δεικτών, μεταξύ των διαφόρων αναλογιών, παραμένουν αμετάβλητες.



ΣΧΗΜΑ 5

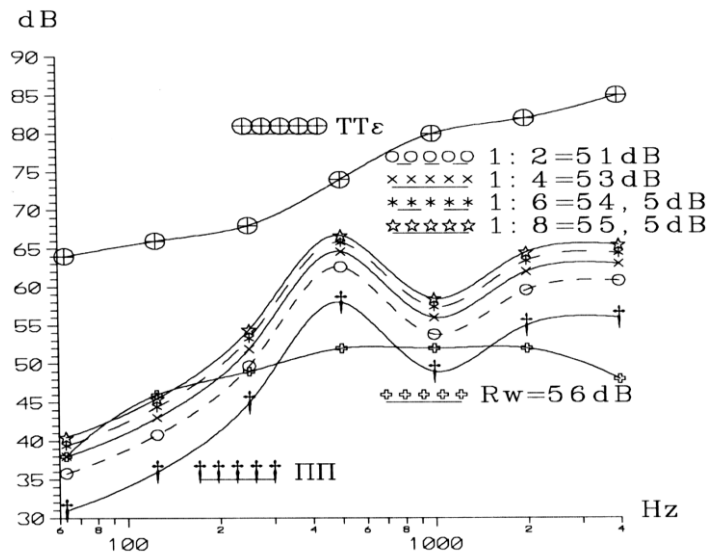


ΣΧΗΜΑ 6

2.4] Η αδύναμη επαγγελία της οικοδομικής διαφάνειας

*αλλά θεά δεν ημπορώ
ν' ακούσω τη φωνή σου*

Στο ΣΧΗΜΑ 9, επιλέγοντας τον ισχυρότερο (από τους 16 του καταλόγου) συνδυασμό συμπαγούς/ διαφανούς στοιχείου (το ελαφρύ δικέλυφο πέτασμα **ΤΤε** και το διπλό παράθυρο **ΠΠ**) στην περίπτωση μιας πρόσοψης σε απόσταση 15m από δρόμο δύο λωρίδων (6.000 οχήματα/h σε ώρα αιχμής ή 0,8 οχ/sec) με απαίτηση ηχοπροστασίας Α` κατηγορίας κατά το άρθρο 12 του Κτιριοδομικού Κανονισμού ((NC-20) αποδεικνύεται ότι για να εξασφαλιστεί η προβλεπόμενη αξία του σύνθετου δείκτη ($R_w = 56\text{dB}$) επιβάλλεται ο περιορισμός του διαφανούς στοιχείου σε επίπεδο 1 : 8 και μάλιστα με οριακή επιτυχία στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων (125Hz). [6]



ΣΧΗΜΑ 9

3] Συμπεράσματα

Η αξιολόγηση της ηχομονωτικής ικανότητας διάφορων σύνθετων κατασκευών, αλλά και ο αναλυτικός υπολογισμός του σύνθετου ηχομονωτικού δείκτη αποδεικνύουν πως μικρή σημασία έχει η ισχυρή ηχομονωτική αξία του συμπαγούς πετάσματος, ενώ κρίσιμη είναι η έκταση και η ηχομονωτική αποτίμηση των ανοιγμάτων & των διαφανών στοιχείων. Μοιάζει λοιπόν μάταια η προσπάθεια ενίσχυσης των πεπερασμένων ορίων της ηχομονωτικής ικανότητας ενός τοίχου, αν δεν αυξηθεί η (εκ των πραγμάτων χαμηλή) ηχομονωτική ικανότητα των κουφωμάτων κι αν δεν περιοριστεί η (συχνά άσκοπη) επιφάνεια των ανοιγμάτων.

Είναι λοιπόν βέβαιο ότι με τις τρέχουσες, συμβατικές οικοδομικές λύσεις, το κτιριακό απόθεμα δεν μπορεί να εξασφαλίσει τη στοιχειώδη ηχοπροστασία των κατοίκων από τους αστικούς θορύβους. Με την ίδια μακαριότητα, ελλείψει προβλέψων ηλιοπροστασίας και σκιασμού, η γενικευμένη χρήση των ανοιγμάτων και των διαφανών στοιχείων σε προσόψεις αδιάφορου ή τυχαίου προσανατολισμού, τείνει να ταυτιστεί με τη συστηματική χρήση κλιματιστικών συσκευών, σε εκτεταμένη περίοδο της μεσογειακής ζώνης. Η κατεύθυνση της εφαρμογής οικοδομικών λύσεων με υαλοστάσια υψηλής τεχνολογίας σε συνδυασμό με την προώθηση εξειδικευμένων κατασκευαστικών επιλύσεων δεν μπορεί να αντιμετωπίσει τις

υψηλές δαπάνες από τη δέσμευση χώρου, τα πάχη των διατομών και τους ενεργειακούς πόρους κατασκευής. Σε κάθε περίπτωση, η αλόγιστη χρήση της οικοδομικής διαφάνειας δείχνει να αδιαφορεί για την κατάχρηση ενεργειακών πόρων κατά τη λειτουργία, μεταθέτοντας τα προβλήματα στις περιοχές παραγωγής ενέργειας, στα ανυποψίαστα παιδιά ενός κατώτερου θεού.

4] Βιβλιογραφία

- [1] Αθανασόπουλος Χ.Γ.: **Προστασία κτιρίων**, 1991, Αθήνα
- [2] Beranek L.L.: **Noise reduction** Mc Graw-Hill, 1960, London
- [3] Constable J.E.R. - Constable K.M.: **The principles and practice of sound insulation**, Pitman Ltd, 1949
- [4] Doelle L.L.: **Environmental acoustics**, Mc Graw-Hill, 1972, N-Y
- [5] Lehmann R.: **L'acoustique des batiments**, P.U.F., 1977, Paris
- [6] Μπάρκας Ν.Κ. : **Δομική φυσική**, Σημειώσεις του μαθήματος στο Τμήμα Αρχιτεκτόνων του ΔΠΘ, 2000, Ξάνθη
- [7] Τσινίκας Ν.: **Κτιριοδομική - πολεοδομική ηχοπροστασία**, University Studio Press, 1986, Θεσσαλονίκη