

Η συμπεριφορά του ήχου σε ανοιχτούς και κλειστούς χώρους

Παναγιώτης Χατζηαντωνίου
Εκπαιδευτικός, ΠΕ19
PhD Ψηφιακής Τεχνολογίας Ήχου

Θεωρητικό πλαίσιο για εκπαιδευτικούς

Ο ήχος διαδίδεται σε γενικές γραμμές ελεύθερα σε έναν χώρο χωρίς εμπόδια, με μοναδική αλλοίωση την ενεργειακή απόσβεση λόγω της τριβής των μορίων του αέρα. Θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε, χωρίς σημαντική απόκλιση από αυτό που θα συνέβαινε στην πραγματικότητα, ότι τα ηχητικά κύματα διαδίδονται σε ευθεία διεύθυνση. Ένας χώρος διάδοσης με τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται εδώ, ονομάζεται **ελεύθερο πεδίο (free field)** και όπως αντιλαμβάνεστε, αποτελεί ένα ιδανικό θεωρητικό κατασκεύασμα και όχι ένα χώρο που συναντάμε στην καθημερινότητά μας.

Συνήθως, η ελεύθερη διάδοση του ήχου συγχέεται με τις συνθήκες που επικρατούν στους ανοιχτούς χώρους. Στη δεύτερη περίπτωση, οι επιφάνειες που αλληλεπιδρούν με το ηχητικό κύμα είναι ελάχιστες (όταν ο χώρος δεν έχει εμπόδια), με κυριότερη αυτή του εδάφους. Σε τέτοιες συνθήκες μπορείτε να αποκτήσετε μια προσεγγιστική αντίληψη της έννοιας του ελεύθερου πεδίου. Τα πιο χαρακτηριστικά φαινόμενα κατά τη διάδοση του ήχου σε ανοιχτούς χώρους είναι **η καθυστέρηση, η απόσβεση και η ηχώ**.

***Παράδειγμα 1:** Θυμηθείτε πως όταν πηγαίνετε στην παραλία και βρίσκεστε σε αρκετή απόσταση από κάποιους που παίζουν ρακέτες, ο ήχος του χτυπήματος της μπάλας στη ρακέτα φτάνει καθυστερημένος σε σχέση με το οπτικό ερέθισμα. Το ίδιο συμβαίνει και κατά την καθυστέρηση του ήχου μετά από έναν κεραυνό. Είναι και τα δύο παραδείγματα της καθυστέρησης της διάδοσης του ήχου στον αέρα. Επίσης θυμηθείτε περιπτώσεις στις οποίες, η απομάκρυνσή σας από την ηχητική πηγή (π.χ. έναν ομιλητή), δε σας επέτρεπε να διακρίνετε καθόλου τον ήχο. Αυτό συμβαίνει λόγω της απόσβεσης της ηχητικής ενέργειας, η οποία οφείλεται στην τριβή των μορίων του αέρα.*

***Παράδειγμα 2:** Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, στο οποίο μια ανάκλαση γίνεται ιδιαίτερος αισθητή, είναι όταν βρισκόμαστε σε ένα φαράγγι και φωνάζουμε με κατεύθυνση προς την απέναντι πλαγιά, με αποτέλεσμα να ακούμε με καθυστέρηση ένα αντίγραφο της ομιλίας μας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ηχώ και αποτελεί μια υποκατηγορία ανάκλασης, η οποία έχει αρκετή καθυστέρηση, ώστε ο ανακλώμενος ήχος, στη συγκεκριμένη περίπτωση από την πλαγιά του φαραγγιού, να ακούγεται ως ξεχωριστό ηχητικό γεγονός.*

Είναι χαρακτηριστική η διαφορά της συμπεριφοράς που έχει ο ήχος σε κλειστούς χώρους, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν προηγουμένως. Είναι βέβαιο ότι ακόμα και με κλειστά μάτια μπορείτε να αντιληφθείτε το αν βρίσκεστε σε εξωτερικό ή εσωτερικό χώρο, αποκλειστικά με βάση τα ακουστικά ερεθίσματα. Τι είναι όμως αυτό το οποίο δημιουργεί αυτή την τόσο αισθητή διαφοροποίηση;

Σε έναν κλειστό χώρο το ηχητικό πεδίο «φυλακίζεται» από τις περιβάλλουσες επιφάνειες και η ενέργειά του διατηρείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα εντός του δωματίου, αντίθετα με ό,τι συμβαίνει στο ύπαιθρο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **αντήχηση** και αντιστοίχως το ηχητικό πεδίο σε κλειστούς χώρους χαρακτηρίζεται ως **αντηχητικό**. Η αίσθηση της αντήχησης οφείλεται στις **πολλαπλές ανακλάσεις** του ήχου, οι οποίες φθάνουν στο σημείο ακρόασης μέσω της πρόσκρουσης των κυμάτων στους τοίχους, ενώ η χρονική απόσταση που τις χωρίζει είναι πολύ μικρή (μερικά msec).

***Παράδειγμα 3:** Παρατηρείστε προσεκτικά ότι αν παράγετε έναν κρότο, χτυπώντας για παράδειγμα ένα παλαμάκι σε ένα κλειστό χώρο, ο ήχος χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα για να «σβήσει» εντελώς. Η απόσβεση του ήχου σε κλειστούς χώρους οφείλεται κυρίως στην πρόσκρουση των κυμάτων στα υλικά των επιφανειών και την μερική απορρόφησή του από αυτές. Όπως ήδη γνωρίζετε από τη Φυσική, κατά την πραγματοποίηση μιας ελαστικής κρούσης, ένα ποσοστό της ενέργειας μετατρέπεται λόγω της τριβής σε θερμότητα. Η ενέργεια του ήχου που δημιουργήσατε επομένως, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου από τις διαδοχικές ανακλάσεις στους τοίχους μέχρις ότου μηδενιστεί.*

Στο ελεύθερο πεδίο **ο ρυθμός μείωσης της πίεσης του ήχου είναι σταθερός και ίσος με 6 dB για κάθε διπλασιασμό της απόστασης**, στην περίπτωση σφαιρικών ηχητικών κυμάτων. Στο αντηχητικό πεδίο αυτό δεν ισχύει. Ο ρυθμός μείωσης της ηχητικής πίεσης είναι πιο πολύπλοκος και εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ της πηγής και του δέκτη. Όταν μάλιστα αυτή η απόσταση είναι αρκετά μεγάλη, σε ένα τέλειο αντηχητικό πεδίο, η ηχητική πίεση δε μεταβάλλεται σε σχέση με την απόσταση από την πηγή, για όσο διάστημα η στάθμη ισχύος της πηγής παραμένει σταθερή.

Η αντήχηση εμφανίζει διαφορετικά χαρακτηριστικά ανάλογα με τη μορφή του χώρου στον οποίο βρίσκεστε. Συνήθως σε ένα μικρό χώρο ο ήχος σβήνει πιο γρήγορα από ό,τι σε ένα μεγαλύτερο. Ο χρόνος, ο οποίος χρειάζεται να παρέλθει για να μηδενιστεί η πίεση του ήχου ύστερα από τη διακοπή της πηγής σε ένα δωμάτιο, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μεγέθη στην ακουστική κλειστών χώρων και ονομάζεται **χρόνος αντήχησης**.

Ο χρόνος αντήχησης αυξάνεται ανάλογα με τον όγκο ενός χώρου. Σε αυτή την παρατήρηση οφείλεται το γεγονός ότι η αντήχηση είναι πιο έντονη σε αίθουσες μεγάλων

διαστάσεων (π.χ. κοινόχρηστοι χώροι, εκκλησίες, θέατρα κ.λπ.). Στο συγκεκριμένο σημείο θα μπορούσατε ενδεχομένως να σκεφτείτε ότι δύο χώροι που έχουν τον ίδιο όγκο, θα έχουν τον ίδιο χρόνο αντήχησης. Αυτό όμως δεν ισχύει γιατί ο χρόνος αντήχησης εξαρτάται και από το πόσο γρήγορα μειώνεται η ενέργεια του ηχητικού πεδίου στο χώρο. Ο χρόνος αντήχησης προκύπτει ότι είναι αντιστρόφως ανάλογος από την απορροφητικότητα των επιφανειών, στην οποία οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά η απόσβεση της ενέργειας του ηχητικού πεδίου.

Η εμπειρία από μετρήσεις χρόνων αντήχησης σε χώρους με κοινά παραδεκτή ποιοτική ακουστική απόδοση, αλλά και η έρευνα από διάφορους μελετητές, έχει συμβάλει στο να καθοριστούν ειδικά διαγράμματα που λειτουργούν σαν πρότυπα επιλογής βέλτιστου χρόνου αντήχησης. Παρατηρήστε ότι δεν υπάρχει ένα και μοναδικό τέτοιο διάγραμμα, αλλά ποικίλλουν ανάλογα με το είδος της ηχητικής δραστηριότητας.

