



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΟ ΠΡΟΑΥΛΙΟ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΩΣ ΠΗΓΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

ΚΟΥΤΕΛΙΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΚΑΛΔΑΝΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟ ΠΡΟΑΥΛΙΟ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΩΣ ΠΗΓΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

ΚΟΥΤΕΛΙΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΚΑΛΔΑΝΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
ΠΟΥΛΑΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟ ΠΡΟΑΥΛΙΟ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΩΣ ΠΗΓΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

ΚΟΥΤΕΛΙΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΚΑΛΔΑΝΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
ΠΟΥΛΑΚΟΣ Γ.
ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ Α.
ΜΑΜΑΣΗΣ Ν.

ΑΘΗΝΑ , ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

<u>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</u>	1
<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u>	2
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	
<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	3
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	
<u>ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ</u>	5
2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ	6
2.1.1 ΗΧΟΣ	6
2.1.2 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ	6
2.1.3 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ	6
2.1.4 ΠΕΡΙΟΔΟΣ-ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	7
2.1.5 ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	8
2.1.6 ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	8
2.1.7 ΣΤΑΘΜΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ.....	9
2.1.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	10
2.2 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	12
2.3 ΟΚΤΑΒΑ-ΤΡΙΤΟΚΤΑΒΑ-ΦΑΣΜΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	13
2.4 Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	15
2.4.1 Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΟΗΣ	15
2.4.2 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	15
2.4.3 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΙΣΗΣ	16
2.5 Η ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΦΩΝΗΣ	18
2.6 ΗΧΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ	19
2.6.1 ΑΝΑΚΛΑΣΗ.....	19
2.6.2 ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ.....	20
2.6.3 ΔΙΑΧΥΣΗ	20
2.6.4 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	21
2.6.5 ΔΙΑΘΛΑΣΗ.....	22
2.6.6 Ο ΗΧΟΣ ΣΤΟΝ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΧΩΡΟ-ΗΧΟΜΕΙΩΣΗ.....	23
2.6.7 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

<u>ΘΟΡΥΒΟΣ-ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ-ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ</u>	26
3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	27
3.1.1 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ	27
3.1.2 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ	29
3.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ	31
3.2.1 Α-ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	31
3.2.2 ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ L_N	32
3.2.3 ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ L_{eq}	33
3.2.4 ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ ΚΑΙ L_{nigh}	35
3.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ- ΗΧΟΜΕΤΡΑ	36
3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	36
3.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΧΟΜΕΤΡΩΝ	38
3.3.3 ΣΥΝΕΡΓΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	41
3.3.4 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΧΟΜΕΤΡΩΝ	42
3.3.5 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	42
3.3.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	43
3.3.7 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	43
3.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	44
3.5 ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ-ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	46
3.5.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ	46
3.5.2 ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	46
3.5.3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ	48
3.5.4 ΤΟΜΕΑΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	48
Η ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Α5/3010/85 ΦΕΚ 593/Β/2-10-85	48
ΚΩΔΙΚΑΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ	50
3.6 ΔΙΕΘΝΗ ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ	52
3.6.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΥΓΕΙΑΣ 52	
3.6.2 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΞΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ.....	53
3.6.3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΑΠΟ ΤΗ CEQR	55
3.7 ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ.....	57
3.7.1 Η ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	57

3.7.2 Η ΣΥΝΔΙΑΣΚΕΨΗ ΤΗΣ ΚΟΠΕΓΧΑΓΗΣ.....	57
3.7.3 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ	59
Η ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΘΟΡΥΒΟ	60
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟ ΠΡΟΑΥΛΙΟ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΩΣ ΠΗΓΗ ΘΟΡΥΒΟΥ- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....

4.1 ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑ ΩΣ ΠΗΓΗ ΘΟΡΥΒΟΥ	66
4.1.1 ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	66
4.1.2 ΟΙ ΦΩΝΕΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ	67
4.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ- ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....

5.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	76
5.1.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΧΟΛΕΙΩΝ- ΚΡΙΤΗΡΙΑ	76
5.1.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	76
5.1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ	77
5.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	80
5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ.....	80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....

6.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΠΡΟΑΥΛΙΟ ΜΕ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΠΑΙΔΙΑ ...	87
6.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ.....	88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΑ

ΣΧΟΛΙΚΑ ΠΡΟΑΥΛΙΑ

7.1 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΠΡΟΑΥΛΙΑ	95
7.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΠΟΥ ΦΤΑΝΕΙ ΣΤΙΣ ΚΟΝΤΙΝΕΣ ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΝ ΩΡΑ ΤΟΥ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΟΣ	98

7.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΟΧΛΗΣΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΤΟ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑ ΟΤΑΝ ΓΙΝΕΤΑΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ	101
7.4 ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	104
7.4.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	104
7.4.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΠΡΟΑΥΛΙΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟ ΘΟΡΥΒΟ	106
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</u>	
<u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</u>	109
8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	110
8.2 ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	110
8.2.1 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ	111
8.2.2 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	111
8.3 ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ	114
8.3.1 ΕΙΔΗ ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ	114
8.3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ	115
8.3.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ	116
8.4 Η ΕΝΤΑΞΗ ΤΟΥ «ΠΡΑΣΙΝΟΥ» ΣΤΙΣ ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΥΛΕΣ	119
8.4.1 ΦΥΤΙΚΑ ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ	120
8.5 ΥΛΙΚΑ ΔΑΠΕΔΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΠΡΟΑΥΛΙΩΝ	121
8.5.1 ΠΛΑΚΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	121
8.5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΚΡΗΛΙΚΩΝ ΡΗΤΙΝΩΝ	122
8.6 ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	123
8.7 ΕΠΙΛΟΓΟΣ	124
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	125
<u>ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ</u>	127
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u>	128

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διεξαγωγή και η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς τις πολύτιμες υποδείξεις του επιβλέποντα καθηγητή Ε.Μ.Π κ. Πουλάκο Γεώργιο, στον οποίο εκφράζονται ειλικρινείς ευχαριστίες.

Θερμές ευχαριστίες στη σύμβουλο επίκουρο καθηγήτρια κα Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα για τις πολύτιμες συζητήσεις και τη συμβολή της στην εργασία αυτή, καθώς επίσης και τη συμβολή της σε βασικά ζητήματα.

Οι παρούσες ακουστικές μετρήσεις έγιναν με εξοπλισμό του κ. Μπαλλή Αθανάσιου, αναπληρωτή καθηγητή στον Τομέα Μεταφορών και Συγκ/κής Υποδομής του Ε.Μ.Π..

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο προσδιορισμός του επιπέδου του ήχου που παρατηρείται στα σχολικά προαύλια, και συγκεκριμένα την ώρα των διαλειμμάτων, καθώς επίσης και των παραγόντων που τον επηρεάζουν.

Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε σχολεία -που επιλέχθηκαν με προσοχή σύμφωνα με τον αριθμό των παιδιών και την περιοχή- έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα και αξιόπιστα.

Ύστερα από επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων οδηγούμαστε σε χρήσιμα συμπεράσματα. Τα επίπεδα θορύβου που προκύπτουν είναι ιδιαίτερα υψηλά, ιδίως στα δημοτικά σχολεία, στα οποία ο μέσος δείκτης L_{eq} κυμαίνεται από 84 dBA μέχρι 92 dBA. Στα λύκεια, ωστόσο, ο δείκτης αυτός κυμαίνεται σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα.

Αποτυπώνεται ακόμη, μέσω μαθηματικών τύπων, η στάθμη του θορύβου που φτάνει στις κοντινές προσόψεις κτιρίων την ώρα του διαλείμματος. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν αποδεικνύουν ότι η ενόχληση που προκαλείται είναι αξιοσημείωτη και απαιτούνται μέτρα ηχοπροστασίας για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι ο θόρυβος αποτελεί σημαντική αιτία όχλησης των ανθρώπων, ιδίως στα αστικά κέντρα. Τα προβλήματα τα οποία μπορεί να προκληθούν στην ανθρώπινη υγεία -όταν τα όρια θορύβου ξεπερνιούνται- είναι μείζονα και υψηλής σοβαρότητας. Στην εποχή μας ο άνθρωπος εκτίθεται πολλές ώρες καθημερινά σε υψηλά επίπεδα θορύβου από πολλές διαφορετικές πηγές. Μία από αυτές είναι τα σχολικά προαύλια και οι παιδικές φωνές.

Η παρούσα διπλωματική εστιάζει στο πρόβλημα αυτό και εντοπίζει τα επίπεδα θορύβου των σχολικών προαυλίων με την πραγματοποίηση μετρήσεων. Το ζήτημα αυτό και η μελέτη του κρίνεται καθοριστικής σημασίας καθώς οι λόγοι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί. Αρχικά, αξίζει να σημειωθεί ότι συχνά παρατηρούνται έντονα παράπονα κατοίκων που μένουν κοντά σε σχολείο, όχι μόνο τις πρωινές ώρες αλλά και τις απογευματινές, καθώς το προαύλιο αποτελεί χώρο συγκέντρωσης των νέων για παιχνίδι. Έχει σημειωθεί ακόμη και η ακραία αντίδραση μήνυσης κατά δημοτικού σχολείου στο δήμο Περιστερίου «λόγω της ηχορρύπανσης και των ψυχικών βλαβών που προκαλούσαν οι παιδικές φωνές» σύμφωνα με τα λεγόμενα των μηνυτών. Ο εντοπισμός του επιπέδου του θορύβου ενός προαυλίου μπορεί ακόμη να παίξει καθοριστικό ρόλο στη χωροθέτηση ενός σχολείου κατά τη φάση της προμελέτης της κατασκευής του. Όταν γειτνιάζει, για παράδειγμα, με ευαίσθητα σημεία, όπως νοσοκομεία ή κατοικίες, απαιτείται η λήψη ειδικών μέτρων. Τέλος, είναι σημαντικό να ερευνηθεί η επάρκεια της ελάχιστης ηχοαπορροφητικότητας των τοίχων του σχολείου, καθώς ένα προαύλιο μπορεί να αποτελεί πηγή θορύβου και εν ώρα μαθήματος, από το μάθημα της γυμναστικής, για παράδειγμα, ή μπορεί να χρειαστεί να γίνει μάθημα και διάλειμμα μαζί.

Παρουσιάζει, επίσης, ενδιαφέρον να εντοπιστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν το επίπεδο του θορύβου των σχολικών προαυλίων. Η ηλικία παίζει ρόλο; Το κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει; Θα προσπαθήσουμε, λοιπόν, να

εντοπίσουμε τους παράγοντες αυτούς και το μέγεθος επιρροής τους κάνοντας μετρήσεις σε δημοτικά και λύκεια σχολεία διαφορετικών περιοχών.

Παρουσιάζεται, λοιπόν, μία πρώτη προσέγγιση του επιπέδου του ήχου που παρατηρείται στα σχολικά προαύλια και συγκεκριμένα την ώρα των διαλειμμάτων και συγκρίνεται με άλλες πηγές θορύβου, όπως ο κυκλοφοριακός θόρυβος, έτσι ώστε να γίνουν εύκολα αντιληπτά τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας. Παράλληλα, με βάση τις μετρήσεις μας, υπολογίζουμε τι επίπεδα θορύβου φτάνουν στους γείτονες των σχολείων και άμεσους δέκτες του θορύβου κατά την ώρα του διαλείμματος. Τέλος, ένας ακόμη σκοπός της διπλωματικής αυτής είναι να επισημάνει τρόπους για την αντιμετώπιση του προβλήματος, όπου αυτό παρουσιάζεται, με ειδικές αντιθορυβικές διατάξεις.

Να σημειωθεί ότι το ζήτημα δεν είναι να «ελέγξουμε» τις φωνές των παιδιών ούτε να τις κατατάξουμε στους επικίνδυνους περιβαλλοντικούς ρύπους. Οι φωνές και το παιχνίδι των παιδιών αποτελούν ανάγκη των παιδιών και φυσιολογικό χαρακτηριστικό τους και είναι πηγή ζωντάνιας και χαράς. Ταυτόχρονα, όμως, είναι σημαντική η όσο το δυνατόν καλύτερη διασφάλιση της ηρεμίας των ανθρώπων που κατοικούν ή εργάζονται γύρω από ένα σχολείο ή μέσα στο ίδιο το σχολείο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

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

Η αλματώδης ανάπτυξη της ακουστικής έγινε από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα όταν δημιουργήθηκαν και αναπτύχθηκαν διάφοροι νέοι κλάδοι της ακουστικής. Η αρχιτεκτονική ακουστική, η υποβρύχια ακουστική, η ηλεκτροακουστική, η κτιριακή ακουστική και η ακουστική των υπερήχων είναι μερικοί από τους κλάδους αυτούς. Η ακουστική παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον σαν επιστήμη διότι ο ήχος συνοδεύει όλες σχεδόν τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Εκτός από τη μετάδοση πληροφοριών, τη ψυχολογική επίδραση στον άνθρωπο (ευεργετική ή ενοχλητική), ο ήχος έχει πολύ μεγάλες εφαρμογές στην έρευνα και την τεχνολογία. Επίσης, η ηχορρύπανση που τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί δραματικά λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας δημιουργεί ένα πρόβλημα που διογκώνεται συνεχώς. Υψηλές στάθμες θορύβου είναι δυνατόν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στον άνθρωπο, τόσο ψυχολογικές όσο και παθολογικές.



2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

2.1.1 ΉΧΟΣ

Ο ήχος είναι ένα **ελαστικό κύμα πίεσης** που διεγείρει το αισθητήριο της ακοής. Ο όρος κύμα περιγράφει τη διάδοση μιας διαταραχής στο χώρο. Στην περίπτωση των ηχητικών κυμάτων η διαταραχή αυτή είναι μια **τοπική μεταβολή της πυκνότητας και πίεσης ενός υλικού μέσου**, στερεού, υγρού ή αερίου. Μια τέτοια διαταραχή, που μπορεί να δημιουργηθεί π.χ. με τη μετακίνηση ενός αντικειμένου μέσα στο υλικό, θέτει σε ταλάντωση τα μόρια του υλικού γύρω από την αρχική θέση ισορροπίας τους (όπως για παράδειγμα το παλλόμενο διάφραγμα ενός μεγαφώνου θέτει σε ταλάντωση τα μόρια του αέρα που το περιβάλλουν). Λόγω των ελαστικών ιδιοτήτων του υλικού η ενέργεια της ταλάντωσης μεταφέρεται από το κάθε μόριο στα γειτονικά του. Προκαλούνται, έτσι, **μεταβολές της πίεσης** και δημιουργούνται πυκνώματα (περιοχές υψηλής πίεσης) και αραιώματα (περιοχές χαμηλής πίεσης), που «ταξιδεύουν» μέσα στο υλικό σε διεύθυνση παράλληλη στη διεύθυνση ταλάντωσης των μορίων του. Ο ήχος, λοιπόν, θεωρείται ένα διαμήκες κύμα πίεσης. Όπως είναι φανερό, η παρουσία ενός ελαστικού μέσου είναι η απαραίτητη, αναγκαία προϋπόθεση για τη διάδοση των ηχητικών κυμάτων. Ο ήχος δεν διαδίδεται στο κενό.

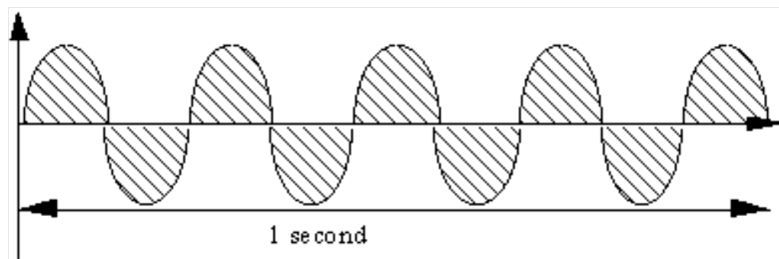
2.1.2 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Η **ταχύτητα διάδοσης u** των ηχητικών κυμάτων εξαρτάται από τις ελαστικές ιδιότητες του μέσου διάδοσης και από τη θερμοκρασία. Στον αέρα και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (20°C) η ταχύτητα του ήχου είναι περίπου 343m/s . Στα υγρά η ταχύτητα u είναι μεγαλύτερη (π.χ. σε νερό ίδιας θερμοκρασίας είναι σχεδόν τετραπλάσια), ενώ στα στερεά, όπου οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων είναι πολύ μικρότερες, η τιμή της ταχύτητας μπορεί να είναι έως και είκοσι φορές μεγαλύτερη απ' ότι εκείνη στα αέρια. Για παράδειγμα, στο νερό των ποταμών η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων φτάνει τα 1440m/s , στο θαλασσινό νερό τα 1500m/s , στο ξύλο τα 4000m/s και στο σίδηρο τα 5000m/s .

2.1.3 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Η **συχνότητα της πηγής** που παράγει τον ήχο, δηλαδή το πόσο γρήγορα ή αργά επαναλαμβάνεται η αρχική διαταραχή της πίεσης (π.χ. πόσο γρήγορα ή αργά πάλλεται το διάφραγμα του μεγαφώνου), καθορίζει και τη συχνότητα με την οποία δημιουργούνται τα πυκνώματα και τα αραιώματα, δηλαδή τη συχνότητα του ηχητικού κύματος. Η συχνότητα της πηγής προσδιορίζεται από τον αριθμό των επαναλήψεων (κύκλων) στη μονάδα του χρόνου και συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα f . Μονάδα μέτρησης είναι το 1 Hertz ($1\text{Hz}=1\text{κύκλος ανά δευτερόλεπτο}$) με τα πολλαπλάσιά του : $1\text{kHz}=10^3\text{Hz}$, $1\text{MHz}=10^6\text{Hz}$, $1\text{GHz}=10^9\text{Hz}$, κ.ο.κ. Τα ηχητικά κύματα που γίνονται αντιληπτά από τον άνθρωπο, έχουν τιμές συχνότητας στο διάστημα μεταξύ 20Hz και 20kHz . Το εύρος αυτό διαφέρει στις μεγαλύτερες ηλικίες ανθρώπων, δηλαδή παρατηρείται μείωση της αντίληψης στις υψηλές συχνότητες.

Κύματα με συχνότητες έξω από τα όρια των ακουστών συχνοτήτων, δηλαδή οι υπόηχοι που έχουν συχνότητες μικρότερες από 20Hz (π.χ. σεισμικά κύματα), και οι υπέρηχοι που έχουν συχνότητες μεγαλύτερες από 20kHz, δεν γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο αυτί. Οι συχνότητες μεταξύ 2000 έως 5000 Hz χαρακτηρίζονται οι πιο ευαίσθητες στο ανθρώπινο αυτί.



Σχηματική παράσταση της συχνότητας του ήχου

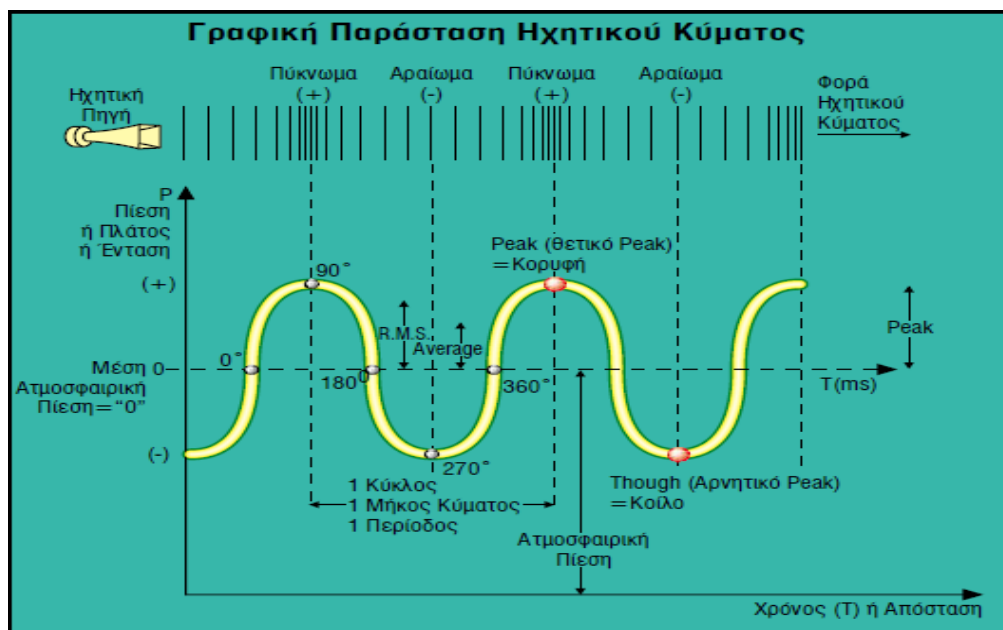
2.1.4 ΠΕΡΙΟΔΟΣ- ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Το **αντίστροφο της συχνότητας $1/f$** είναι ο χρόνος που μεσολαβεί για την εκπομπή δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων και καλείται **περίοδος T** .

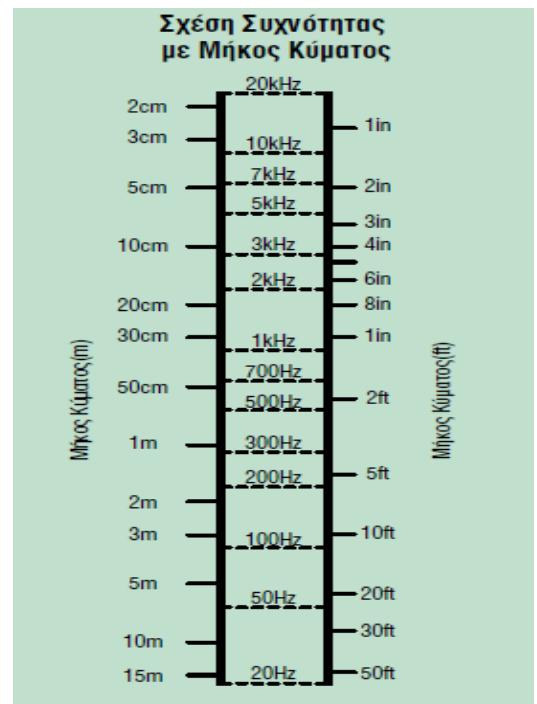
Η απόσταση στην οποία διαδίδεται η διαταραχή σε χρόνο μιας περιόδου ονομάζεται **μήκος κύματος λ** και ισούται προφανώς με την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων. Σε συγκεκριμένο μέσο διάδοσης και για σταθερή θερμοκρασία ο ήχος διαδίδεται με σταθερή ταχύτητα και μάλιστα ισχύει:

$$\lambda = u \cdot T, \text{ όπου } u = 344 \text{ m/s στον αέρα (21}^\circ \text{C)}$$

Ακολουθεί μία σχηματική **αναπαράσταση των φυσικών ιδιοτήτων του ήχου**



Από τις παραπάνω σχέσεις διαπιστώνουμε ότι η συχνότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο μικρή είναι μια συχνότητα (χαμηλή, μπάσος ήχος), τόσο μεγαλύτερο είναι το μήκος κύματός της, δηλαδή τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που χρειάζεται το ηχητικό κύμα για να συμπληρώσει ένα πλήρη κύκλο. Για να αντιληφθούμε τις τάξεις μεγέθους, αρκεί να αναφέρουμε ότι τα 20 Hz έχουν μήκος κύματος ίσο με 17,2 μέτρα, ενώ τα 20 kHz 1,72 εκατοστά.



Σχέση συχνότητας με μήκος κύματος

2.1.5 ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Προκειμένου να μελετηθεί η διάδοση των ηχητικών κυμάτων στον αέρα, γίνεται δεκτό ότι ο αέρας είναι μέσο ομογενές, ώστε η ταχύτητα του κύματος να μην εξαρτάται από τη θέση, και ελαστικό, ώστε να μην απορροφά μέρος της ενέργειας του κύματος λόγω τριβών. Μ' αυτές τις προϋποθέσεις, η **ολική ισχύς** που μεταφέρεται από τα διάφορα μέτωπα κύματος παραμένει η ίδια. Δηλαδή, σε οποιοδήποτε μέτωπο i του ηχητικού κύματος, ισχύει η σχέση:

$$W = I_i \cdot F_i \quad \text{όπου:}$$

W = ισχύς που μεταφέρεται από τα διάφορα μέτωπα του ηχητικού κύματος, [w]

I_i = ένταση ήχου στο μέτωπο i , [w/m²]

F_i = επιφάνεια του i μετώπου κύματος, [m²]

2.1.6 ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Ένταση του ήχου είναι η ισχύς που μεταφέρεται από το ηχητικό κύμα ανά μονάδα επιφάνειας του μετώπου κύματος. Αν W είναι η ισχύς, F είναι η επιφάνεια του μετώπου κύματος, τότε η ένταση I του ήχου είναι :

$$I = W/F$$

όπου I = ένταση του ήχου [Watt/m²]

W = ισχύς [Watt]

F = επιφάνεια μετώπου του κύματος [m^2]

Σε συχνότητα 1000 Hz η ελάχιστη ένταση, που είναι ακουστή από τον άνθρωπο (**κατώφλι ακουστότητας**), ισούται με $2,5 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Δεν υπάρχει άνω όριο για την ένταση του ήχου που είναι ακουστός. Ωστόσο, ένταση μεγαλύτερη από 1 W/m^2 (**κατώφλι πόνου**) προκαλεί πόνο.

2.1.7 ΣΤΑΘΜΗ ΗΧΟΥ (ΕΝΤΑΣΗΣ, ΙΣΧΥΟΣ, ΠΙΕΣΗΣ)

Λόγω της πολύ μεγάλης διαφοράς που υπάρχει ανάμεσα στο κατώφλι ακουστότητας και στο κατώφλι πόνου, για τη μέτρηση του ήχου χρησιμοποιείται κλίμακα, που βασίζεται στο δεκαδικό λογάριθμο του λόγου του μετρηθέντος μεγέθους (έντασης, πίεσης, ισχύος) προς το μέγεθος αναφοράς. **Το όργανο της ακοής λειτουργεί σε λογαριθμική κλίμακα**, δηλαδή ίσες μεταβολές ενός φυσικού ακουστικού μεγέθους αντιστοιχούν σε ίσες μεταβολές του λόγου και όχι της διαφοράς του φυσικού μεγέθους.

Στάθμη έντασης ήχου

Η μονάδα της στάθμης έντασης ήχου είναι το decibel (dB) και είναι αδιάστατο μέγεθος. Η σχέση μεταξύ της έντασης του ήχου I που εκφράζεται σε W/m^2 και της στάθμης έντασης ήχου L που εκφράζεται σε dB είναι η ακόλουθη:

$$L = 10 \log (I/I_0)$$

όπου $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Στην ένταση $1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$ αντιστοιχούν 0 dB και σε δεκαπλάσια 10 dB. Το κατώφλι ακουστότητας $2,5 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$ αντιστοιχεί σε 4 dB, ενώ το κατώφλι πόνου 1 W/m^2 αντιστοιχεί σε 120 dB.

Η σχέση που συνδέει την ισχύ (W), την πίεση (p) και την ένταση (I) με την στάθμη (L) ενός ήχου είναι η ακόλουθη:

$$L = 10 \log \frac{W}{W_0} = 10 \log \frac{p}{p_0} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

όπου L = στάθμη ήχου [dB]

W = ισχύς που μεταφέρεται από το ηχητικό κύμα [W]

W_0 = ισχύς αναφοράς [$=10^{-12} \text{ W}$]

P = πίεση ήχου [N/m^2]

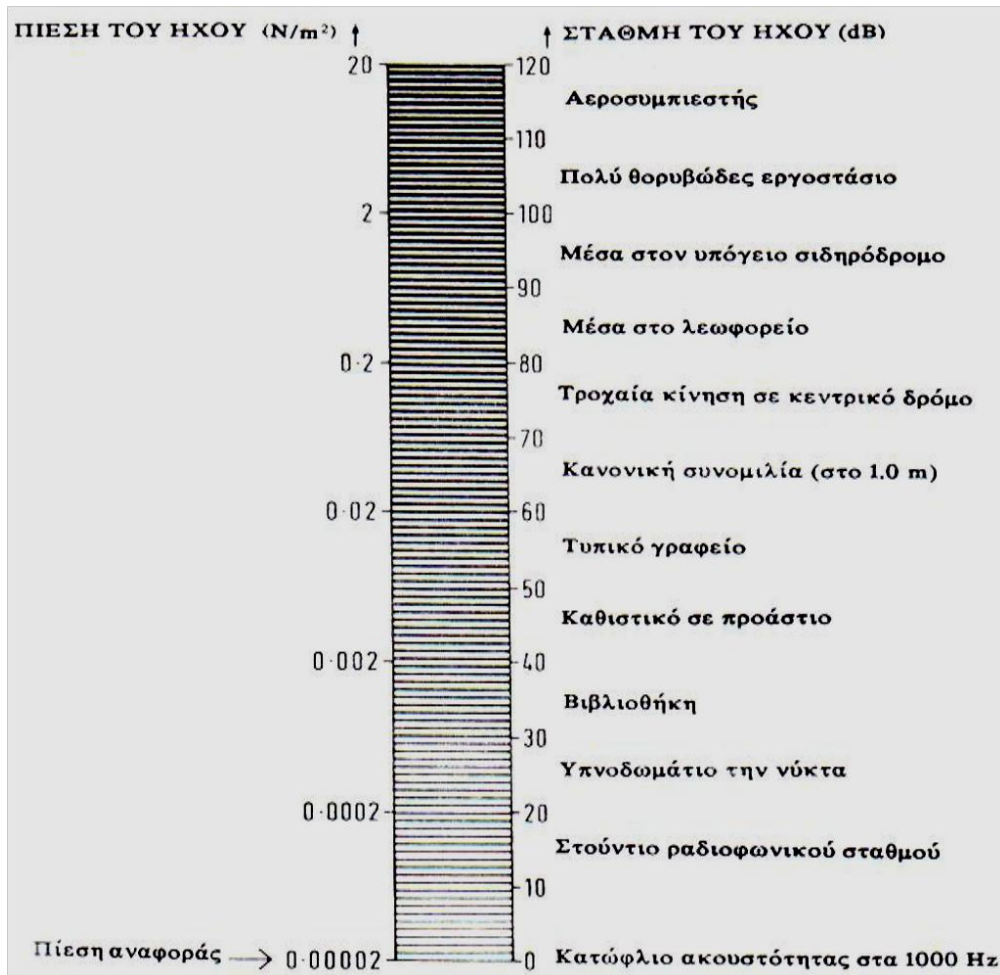
P_0 = πίεση αναφοράς [$=2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$]

I = ένταση ήχου [W/m^2]

I_0 = ένταση αναφοράς [$=10^{-12} \text{ W/m}^2$]

Οι παραπάνω σχέσεις μπορούν να διατυπωθούν και σε εκθετική μορφή. Για παράδειγμα, η σχέση στάθμης και έντασης ήχου δίδεται από τη σχέση:

$$I = I_0 * 10^{L/10}$$



Σχηματική απεικόνιση της πίεσης του ήχου με τη στάθμη του ήχου

2.1.8 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Όσο αφορά τα dB πρέπει να αναφέρουμε ότι δεν προστίθενται αλγεβρικά. Αντίθετα, χρησιμοποιούμε λογαριθμικές σχέσεις ή για μεγαλύτερη ταχύτητα χρησιμοποιούμε ειδικά γραφήματα, στα οποία για κάθε διαφορά στάθμης δύο ηχητικών πηγών που επιθυμούμε να προσθέσουμε, αντιστοιχεί ένας συγκεκριμένος αριθμός τον οποίο προσθέτουμε στη στάθμη με τη μεγαλύτερη τιμή. Πιο συγκεκριμένα:

Θεωρείται ότι ένας παρατηρητής δέχεται ηχητική ενέργεια, ταυτοχρόνως από n ηχητικές πηγές. Αν I_i είναι η ένταση που αντιστοιχεί στη στάθμη L_i μιας ηχητικής πηγής i , τότε σύμφωνα με την παραπάνω σχέση είναι:

$$I_i = I_o * 10^{L_i/10}$$

Η συνισταμένη ένταση I ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων I_i:

$$I = \sum_{i=1}^{i=n} I_i = I_o \sum_{i=1}^{i=n} 10^{L_i/10}$$

Η συνισταμένη L των n σταθμών έντασης ήχου αντιστοιχεί στη συνισταμένη ένταση I. Αντικαθιστώντας στη σχέση της στάθμης ήχου την τιμή της I από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι:

$$L = 10 \log \sum_{i=1}^{i=n} 10^{L_i/10}$$

L = συνισταμένη των n σταθμών έντασης ήχου [dB]

L_i = στάθμη έντασης ήχου πηγής i [dB]

n = αριθμός σταθμών έντασης του ήχου

Η συνισταμένη L δύο σταθμών ήχου, L_i και L_k, μπορεί να προσδιοριστεί και με τη χρήση του παρακάτω πίνακα ως εξής:

1. Υπολογίζεται η διαφορά L_i – L_k των δύο σταθμών ήχου
2. Από τον πίνακα 1 προσδιορίζεται η τιμή του πρόσθετου ΔL όπου αντιστοιχεί στη διαφορά L_i – L_k
3. Προστίθεται η διαφορά ΔL στη μεγαλύτερη L_i από τις δύο ηχοστάθμες. Το άθροισμα είναι η συνισταμένη ηχοστάθμη.

Η συνισταμένη περισσότερων από δύο σταθμών ήχου προσδιορίζεται, είτε με την παραπάνω σχέση, είτε με διαδοχική χρήση του παρακάτω πίνακα.

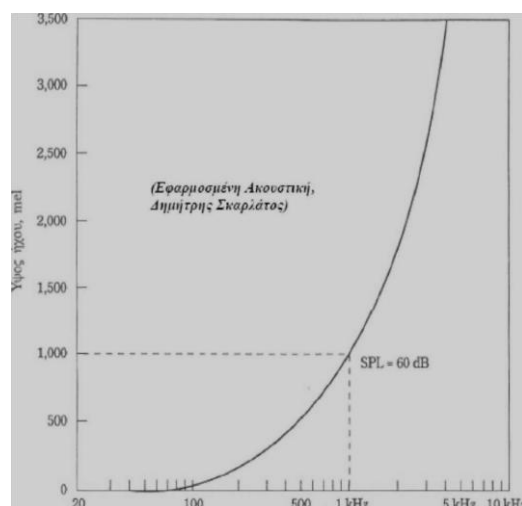
L_i-L_k [dB]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΔL [dB]	3	2.6	2	1.8	1.5	1.2	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1

Πρόσθεση σταθμών ήχου

2.2 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Η απόκριση του ανθρώπου στα δύο χαρακτηριστικά του ήχου, στάθμη και συχνότητα, δεν είναι γραμμική. Μετρήσεις που έγιναν έδειξαν ότι το αισθητήριο της ακοής μπορεί να διακρίνει 280 διαφορετικές στάθμες και 1400 διαφορετικές συχνότητες. Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου που σχετίζονται με την απόκριση του ανθρώπου σε αυτόν είναι **το ύψος, η χροιά, και η ακουστότητα**.

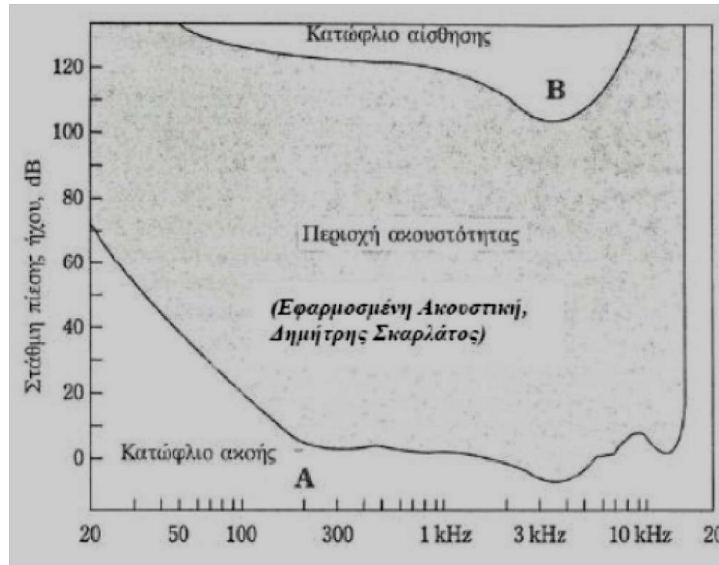
Το **ύψος** ενός ήχου είναι το βαρύ ή το οξύ και εξαρτάται από τον αριθμό των παλμικών κινήσεων που κάνει το ηχογόνο σώμα κατά τη διέγερσή του σε 1 δευτερόλεπτο. Όσο πιο μικρός είναι ο αριθμός των παλμικών κινήσεων, τόσο πιο βαρύς είναι ο ήχος, ενώ όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των παλμικών κινήσεων, τόσο πιο οξύς είναι ο παραγόμενος ήχος. Ουσιαστικά, το ύψος συνδέεται με την υποκειμενική αντίληψη της συχνότητας. Αν και το ύψος εξαρτάται από τη συχνότητα, η σχέση που συνδέει τα δύο μεγέθη δεν είναι γραμμική.



Το ύψος του ήχου(σε mel, υποκειμενική μονάδα)

Η **χροιά** συνδέεται με τον υποκειμενικό διαχωρισμό δύο τόνων της ίδιας έντασης και θεμελιώδους συχνότητας αλλά διαφορετικών κυματομορφών, π.χ. ήχων των διαφόρων μουσικών οργάνων. Ουσιαστικά, η διαφορετικότητα της χροιάς έγκειται στο διαφορετικό τρόπο που κατανέμεται η ηχητική ενέργεια.

Η **ακουστότητα** είναι η αντίληψη της στάθμης ενός ήχου υποκειμενικά. Δύο ήχοι της αυτής στάθμης είναι δυνατόν να μην έχουν την ίδια ακουστότητα, αν ανήκουν σε διαφορετικές συχνότητες. Η ακουστότητα λοιπόν, εξαρτάται από τη συχνότητα και τη στάθμη έντασης του ήχου. Περισσότερα θα αναλυθούν για το συγκεκριμένο ζήτημα σε παρακάτω κεφάλαιο.



Η περιοχή ακουστότητας του ανθρώπινου αυτιού περιορίζεται από δύο καμπύλες κατωφλίου, την καμπύλη A (κατώφλιο ακοής), και τη B (κατώφλιο αίσθησης)

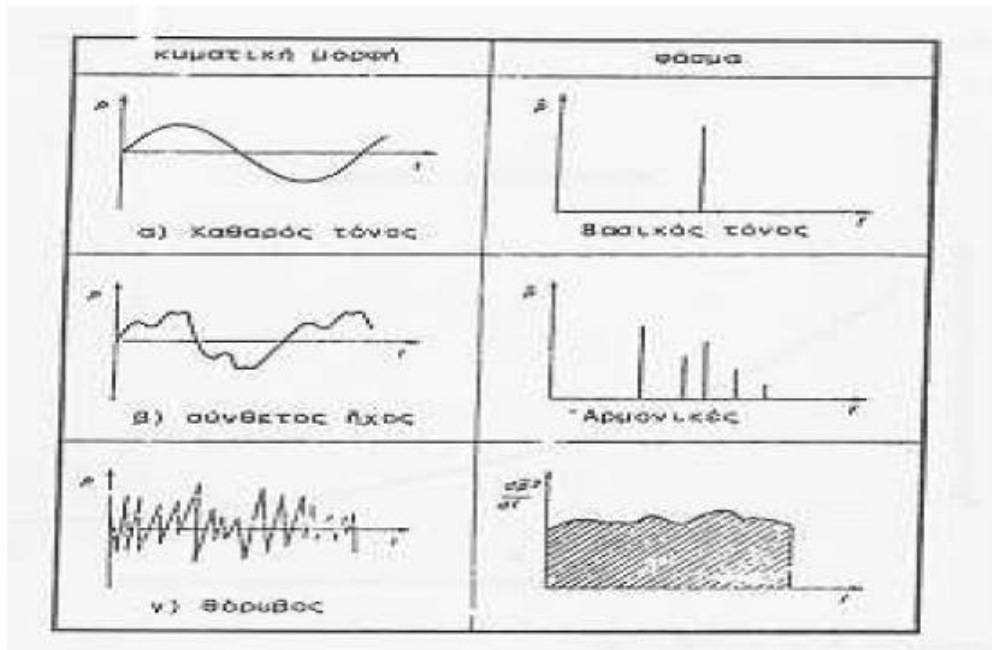
2.3 ΟΚΤΑΒΑ, ΤΡΙΤΟΚΤΑΒΑ- ΦΑΣΜΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Για τον ακριβέστερο χαρακτηρισμό ενός θορύβου ή των ακουστικών ιδιοτήτων ενός δομικού στοιχείου είναι αναγκαία η διαίρεση σε ζώνες της περιοχής συχνοτήτων που ενδιαφέρει. Ως οκτάβα ορίζεται κάθε ζώνη συχνοτήτων που ο λόγος της αρχικής της συχνότητας f_1 προς την τελική f_2 ισούται με 2.

Η οκτάβα είναι μονάδα μέτρησης διαστήματος συχνοτήτων και λαμβάνει την ονομασία της από την κεντρική συχνότητα κάθε διαστήματος $f_0 = \sqrt{f_1 * f_2}$. Ο λόγος των κεντρικών συχνοτήτων σε 2 διαδοχικές οκτάβες ισούται με δύο. Οι κεντρικές συχνότητες από τις οκτάβες που χρησιμοποιούνται για την ακουστική χώρου είναι από 125 έως 4000Hz. Προτιμώμενες είναι οι ακόλουθες κεντρικές συχνότητες της ζώνης εύρους οκτάβας: 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz και 16 kHz.

Ως τριτοκτάβα ορίζεται η ζώνη συχνοτήτων στην οποία ισχύει $f_1/f_2 = \sqrt[3]{2}$.

Επίσης, για τον ακριβέστερο χαρακτηρισμό ενός ήχου δεν επαρκεί η στάθμη της έντασής του. Χρήσιμο είναι να γνωρίζουμε και το **φάσμα** του, τη **μεταβολή** δηλαδή, **ενός χαρακτηριστικού μεγέθους με τη συχνότητα**. Σαν φάσμα, συνήθως, θεωρούμε τη στάθμη της ηχητικής πίεσης με τη συχνότητα. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι το φάσμα καθορίζει το «είδος» ενός ήχου, γιατί δίνει πληροφορίες σχετικά με την προέλευσή του, τον τρόπο διάδοσης και κυρίως, την επίδρασή του στον άνθρωπο, γιατί-όπως έχει αναφερθεί- η ευαισθησία του ανθρώπινου αισθητηρίου της ακοής είναι διαφορετική στις διάφορες συχνότητες. Ο ήχος μιας συχνότητας(π.χ. ο ήχος ενός διαπασών) αποτελεί ένα καθαρό τόνο. Αντίθετα, ο ήχος που αποτελείται από πολλές συχνότητες αρμονικά συνδυασμένες, αποτελεί σύνθετο ήχο με φάσμα γραμμικό. Τέλος, ένας σύνθετος ήχος με τυχαίες συχνότητες αποτελεί θόρυβο και παρουσιάζει φάσμα συνεχές.

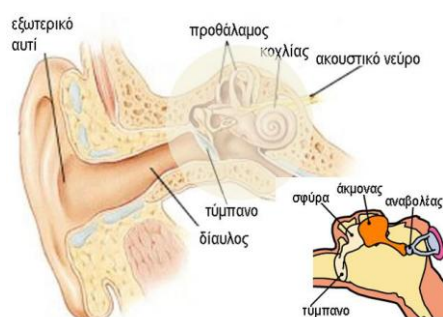


Παραδείγματα ήχων με τα φάσματά τους.

Για να πάρει κανείς το φάσμα του ήχου που εκπέμπεται από μια πηγή απαιτούνται ειδικές διατάξεις (αναλυτές) που περιέχουν κατάλληλα φίλτρα που ρυθμίζουν ανάλογα το διάστημα συχνοτήτων της ανάλυσης. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι φίλτρα οκτάβας ή τριτοκτάβας. Το φίλτρο που θα χρησιμοποιηθεί σε κάποια μέτρηση εξαρτάται από το είδος του θορύβου και την απαιτούμενη ακρίβεια.

2.4 Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

2.4.1 Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΟΗΣ



Κατά τη διαδικασία της ακοής, τα ηχητικά κύματα περνούν από το εξωτερικό αυτί στο ακουστικό κανάλι. Ακουμπούν στον τυμπανικό υμένα, κάνοντάς τον να αναπτύξει παλμικές δονήσεις. Αυτές οι δονήσεις ταξιδεύουν στο μέσο αυτί, θέτοντας σε κίνηση 3 μικροσκοπικά κόκκαλα: τη σφύρα, τον άκμονα και τον αναβολέα. Οι δονήσεις συνεχίζουν την πορεία τους μέσω του κοχλίου και βαθιά μέσα στο εσωτερικό αυτί, το οποίο περιέχει μια ρευστή δεξαμενή.

Οι φυσικές παλμικές δονήσεις ανιχνεύονται από τα αισθητήρια τριχοφόρα κύτταρα, η διέγερση των οποίων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νευρικών ώσεων. Τα νεύρα μεταφέρουν αυτές τις ώσεις στον εγκέφαλο, όπου και ερμηνεύονται ως ήχος. Στο εσωτερικό αυτί βρίσκεται, επίσης, και το κέντρο ισορροπίας. Το κέντρο αυτό στέλνει συνεχώς μηνύματα στον εγκέφαλο για τη θέση του σώματος και έτσι συντελείται η αίσθηση αλλά και η διατήρηση της ισορροπίας.

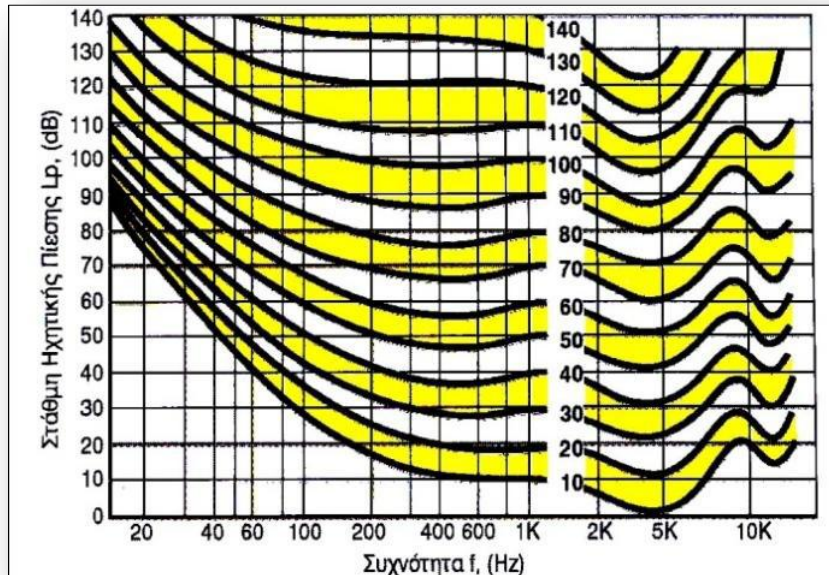
Όταν η ένταση (ενέργεια) του ήχου είναι πολύ μεγάλη, είναι δυνατό να γίνουν αντιληπτοί οι υπέρηχοι σε μορφή υψηλού συριστικού τόνου που συνοδεύεται από αίσθημα πίεσης στο αυτί.

2.4.2 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Η αντίληψη της στάθμης του ήχου γίνεται με υποκειμενικά κριτήρια και ορίζεται ως **ακουστότητα** όπου μετράται σε **phons**. Δύο ήχοι της ίδιας στάθμης είναι δυνατό να μην έχουν την ίδια ακουστότητα αν ανήκουν σε διαφορετικές συχνότητες. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα για ένα ηχητικό κύμα συχνότητας 1000Hz η στάθμη της έντασης του dB ισούται με τα phons της ηχηρότητας του αισθήματος που προκαλεί. Επίσης, οι απεικονιζόμενες καμπύλες είναι καμπύλες ισοακουστικότητας καθαρών τόνων, δηλαδή ο γεωμετρικός τόπος των ήχων της ίδιας ακουστότητας κατά Fletcher και Munson, 1993.

Για συνεχείς ήχους η μικρότερη μεταβολή στη στάθμη του ήχου που γίνεται ευχερώς αντιληπτή είναι τα 3dB. Το ανθρώπινο αυτί είναι πιο ευαίσθητο στην συχνοτική περιοχή από 3KHz μέχρι 4 KHz, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, παρά στις πιο χαμηλές συχνοτικές περιοχές. Πάνω από 5kHz η ευαισθησία μειώνεται σημαντικά γι' αυτό και όλες οι ακουστικές μελέτες διενεργούνται μέχρι τη συχνότητα των 4kHz. Στην περιοχή μέγιστης ευαισθησίας, το αυτί μπορεί να διακρίνει περίπου 375 στάθμες ακουστότητας, ενώ στις χαμηλές ή πολύ υψηλές συχνότητες, οι διακριτές στάθμες μειώνονται κατά πολύ. Όπως αναφέρθηκε, η αντίληψη της έντασης του ήχου εξαρτάται και από τη συχνότητα. Οι χαμηλότερες συχνότητες γίνονται αντιληπτές ως ήχοι μικρότερης έντασης σε σύγκριση με τις

υψηλές συχνότητες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ακουστότητα δεν είναι ευθέως ανάλογη της έντασης, λόγω του ότι ένας εγγενής εσωτερικός μηχανισμός στο αυτί ελαττώνει την ευαισθησία του, καθώς αυξάνει η ένταση, έτσι ώστε όταν π.χ. η ένταση ενός ήχου διπλασιάζεται, η ακουστότητα αντί να διπλασιασθεί, αυξάνεται περίπου κατά 23%.



Καμπύλες ισοακουστικότητας, Beranek 1993

2.4.3 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

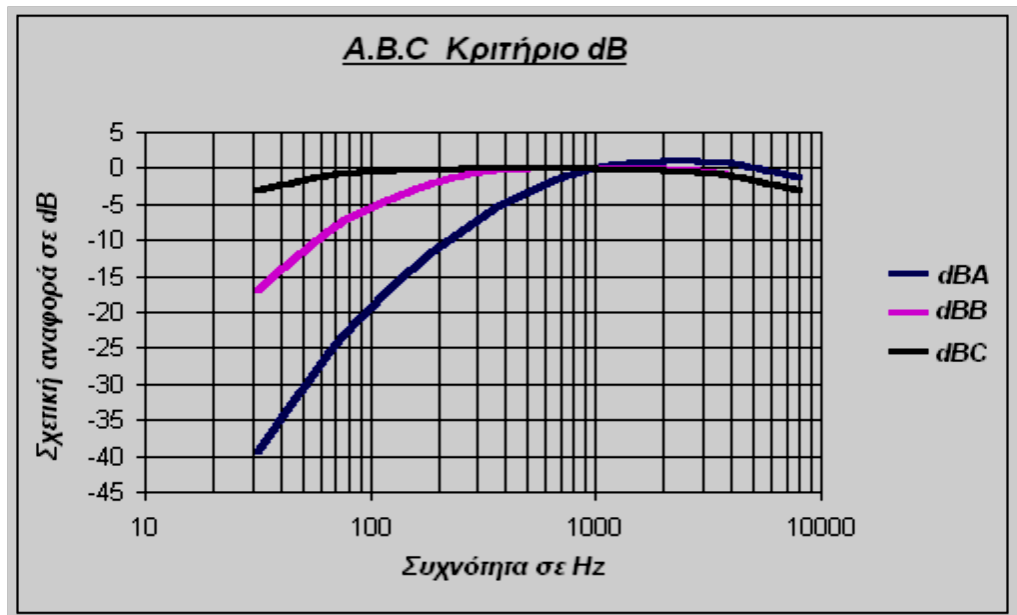
Προκειμένου να αποδοθεί ακριβέστερα η ανθρώπινη αντίληψη ενός ήχου, ώστε να αξιολογηθεί ακριβέστερα ο βαθμός αντίδρασης- όχλησης απέναντι στον ήχο, δημιουργήθηκαν φίλτρα στάθμισης που λαμβάνουν απλουστευτικά υπόψη τα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης φωνής. Τέτοια φίλτρα είναι τα φίλτρα A, B, C, D.

Οι καμπύλες στάθμισης ερμηνεύουν την αίσθηση της ανθρώπινης ακοής μειώνοντας ουσιαστικά τη στάθμη του ήχου στις χαμηλότερες συχνότητες. Το φίλτρο στάθμισης C είναι κατάλληλο για μετρήσεις σε πολύ υψηλές εντάσεις ηχητικής πίεσης. **Σήμερα, ισχύει διεθνώς ότι η καμπύλη της A-σταθμισμένης ηχοστάθμης είναι εκείνη που αποδίδει ακριβέστερα την ανθρώπινη ακοή και την υποκειμενική αντίληψη του ανθρώπου για την ένταση του ήχου.** Ο τύπος που ορίζει τη διόρθωση που πρέπει να υποστεί το χωρίς ζύγισμα dB είναι:

$$W_A = 10 \cdot \log \left[\frac{1.562339 \cdot f^4}{(f^2 + 107.65265^2) \cdot (f^2 + 737.86223^2)} \right] + 10 \cdot \log \left[\frac{2.24288 \cdot 10^6 \cdot f^4}{(f^2 + 20.598997^2) \cdot (f^2 + 12194.22^2)} \right]$$

Στον πίνακα της επόμενης σελίδας φαίνονται συνοπτικά οι διορθώσεις ανά συχνότητα. Ο λόγος που οι B και C καμπύλες στάθμισης δε χρησιμοποιούνται τόσο διαδεδομένα είναι επειδή δε συμβαδίζουν με τα υποκειμενικά τεστ. Ο λόγος είναι

ότι για την κατάστροση των εξισώσεων που τα ορίζουν έχουν χρησιμοποιηθεί μονοσυχνωτικοί θόρυβοι, οι οποίοι όμως στη φύση δε συναντιούνται. Τέλος, το φίλτρο D αναπτύχθηκε για μετρήσεις ήχου των αεροσκαφών και χρησιμοποιείται σπάνια.



Καμπύλες Στάθμισης A,B,C

Η σύγκριση των φίλτρων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα σε σχέση πάντα με τη συχνότητα :

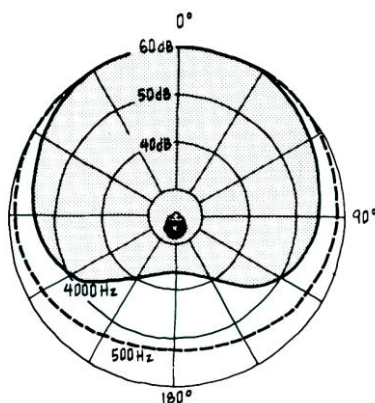
Συχνότητα(Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Σχετική αναφορά(dB)									
dB(A)	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,2
dB(B)	-17	-9	-4	-1	0	0	0	-1	-3
dB(C)	-3	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3

Σύγκριση φίλτρων σε σχέση με τη συχνότητα

2.5 ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΦΩΝΗΣ

Σε ένα ελεύθερο ηχητικό πεδίο, τα ηχητικά κύματα της ανθρώπινης φωνής μεταδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Είναι λογικό, όμως, η ηχητική ένταση να οδηγείται σε μεγαλύτερο βαθμό προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Χρησιμοποιώντας τα πολικά, έχουμε ως σκοπό να απεικονίσουμε την κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής.

Στο παρακάτω πολικό διάγραμμα η γωνία 0° είναι η κατεύθυνση προς την οποία κοιτάζει ο ομιλητής κατά τη διάρκεια μιας ομιλίας του, ενώ εκείνη των 180° η κατεύθυνση πίσω ακριβώς από τον ομιλητή. Πράγματι παρατηρούμε ότι τα ηχητικά κύματα μεταδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις όπως επίσης και ότι στις χαμηλές συχνότητες παρατηρούνται μεγάλες γωνίες εκπομπής και αντίστροφα. Επίσης, σύμφωνα, με το πολικό διάγραμμα στις χαμηλές συχνότητες η μείωση της ηχητικής έντασης δεξιά και αριστερά του ομιλητή είναι ελάχιστη σε αντίθεση με τις υψηλές συχνότητες, όπου εκεί η μείωση είναι μεγαλύτερη.

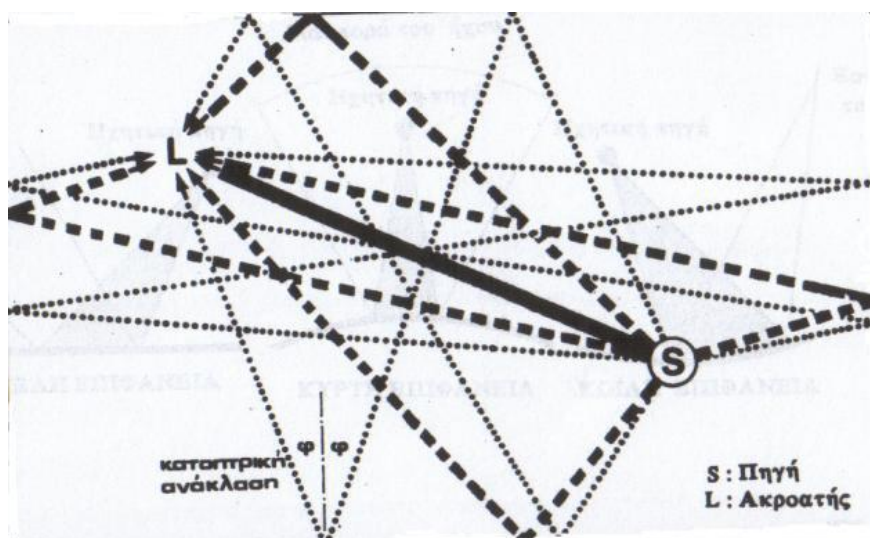


Πολικό διάγραμμα κατευθυντικότητας της ανθρώπινης φωνής σε οριζόντιο επίπεδο.

2.6 ΗΧΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

2.6.1 ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Ως ανάκλαση ορίζεται η αλλαγή στην πορεία του ήχου κατά την πρόσπτωσή του στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων. Το αποτέλεσμα του φαινομένου της ανάκλασης εκφράζεται με την ηχώ και με την αντήχηση. Πιο συγκεκριμένα η ηχώ είναι η επανάληψη της φωνής μας και των ήχων γενικότερα, που παρατηρείται, όταν βρισκόμαστε σε αρκετή απόσταση από μια λεία επιφάνεια, όπως για παράδειγμα ένα βράχο ή έναν τοίχο. Για να παρατηρήσουμε την ηχώ, πρέπει η απόστασή μας από τη λεία επιφάνεια να είναι μεγαλύτερη από 17 μέτρα.



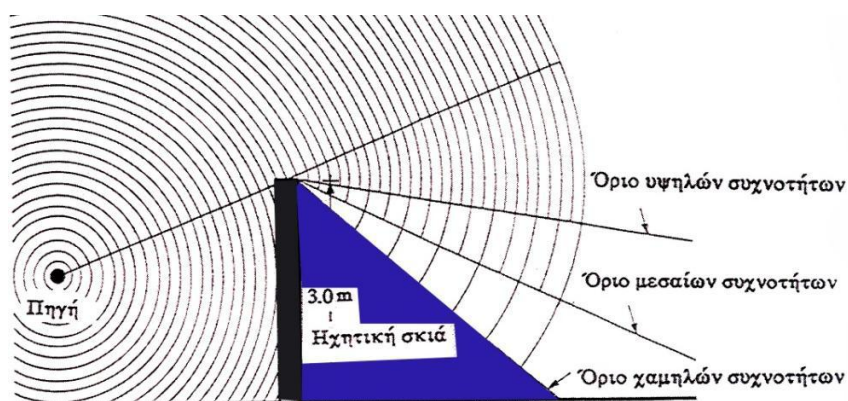
Αναπαράσταση της ανάκλασης

Αν η διάσταση χ της ανακλαστικής επιφάνειας είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο ή το τετραπλάσιο του μήκους κύματος λ του προσπίπτοντος ηχητικού κύματος, τότε η γωνία πρόσπτωσης I ισούται με τη γωνία ανάκλασης r .

Οι ανακλαστήρες είναι επιφάνειες με την ιδιότητα να ανακλούν τον ήχο που προσπίπτει πάνω τους. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανακλαστήρων μερικοί από τους οποίους έχουν ευεργετικά αποτελέσματα ανάλογα με τη μορφή τους. Οι επίπεδοι ανακλαστήρες είναι επίπεδες σκληρές επιφάνειες οι οποίες αν είναι αρκετά μεγάλες και έχουν τοποθετηθεί με κλίση, μπορούν να διανείμουν αποτελεσματικά τον ανακλώμενο ήχο. Οι κοίλοι ανακλαστήρες καλό να αποφεύγονται καθώς προκαλούν εστίαση του ήχου σε ορισμένα σημεία μέσα σε ένα κλειστό χώρο. Αντίθετα, οι κυρτοί ανακλαστήρες είναι οι πιο αποτελεσματικοί- ειδικά αν έχουν μεγάλο μέγεθος- καθώς διαχέουν τον ανακλώμενο ήχο σε μεγάλο εύρος. Βέβαια, η αποτελεσματικότητα του ανακλαστήρα εξαρτάται κατά πολύ και από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένος(ξύλο, ειδικά μεταλλικά φύλλα, διαφανή υλικά).

2.6.2 ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ

Είναι και αυτή ένα είδος ανάκλασης με τη διαφορά ότι η ανακλαστική επιφάνεια δεν έχει διαστάσεις μεγαλύτερες από το μήκος κύματος αλλά συγκρίσιμες με αυτό. Σε αυτή τη περίπτωση στα όρια της επιφάνειας (άκρες της) δημιουργούνται δευτερογενείς ηχητικές πηγές ίδιας συχνότητας με την αρχική. Αυτές βέβαια είναι ανεπιθύμητες και προσπαθούμε να τις εξαλείψουμε. Τα ηχητικά κύματα που ανακλώνται αλλάζουν γωνία κατεύθυνσης. Τα κύματα που περνούν γύρω από ένα εμπόδιο ή που το διαπερνούν έχουν τη δυνατότητα να κυρτώνονται και να γεμίζουν τον χώρο πέρα του εμποδίου.

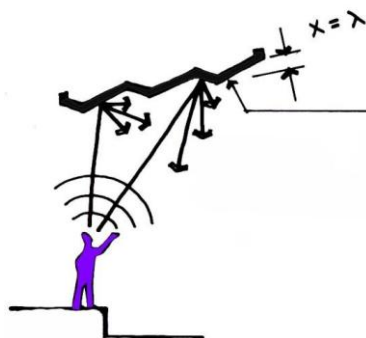


Περίθλαση(Webb 1978)

Ο βαθμός περίθλασης εξαρτάται από το μήκος κύματος του ήχου σε σχέση με το μέγεθος του εμποδίου. Αν το μήκος κύματος του ήχου είναι μικρό σε σχέση με το μέγεθος του εμποδίου, τότε ο ήχος δε θα λυγίσει. Για συχνότητες από 125Hz και πάνω η περίθλαση είναι σημαντική.

2.6.3 ΔΙΑΧΥΣΗ

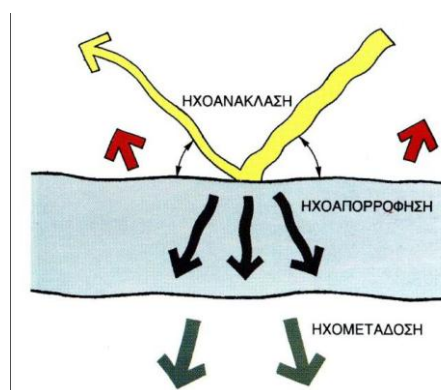
Ως διάχυση ορίζεται ο σκεδασμός μιας ανακλώμενης ηχητικής ακτίνας σε ασθενέστερες ακτίνες τυχαίας κατανομής. Το φαινόμενο αυτό πραγματοποιείται όταν το μέγεθος της ανακλαστικής επιφάνειας ισούται με το μήκος κύματος του ήχου.



Διάχυση

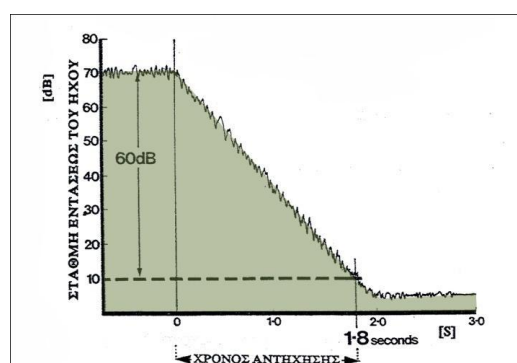
2.6.4 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Ως ηχοαπορρόφηση ορίζεται το ποσό του ήχου του προσπίπτοντος επί πετάσματος ενός χώρου, που δεν ανακλάται και εξ ορισμού απορροφάται. Έτσι, λοιπόν, ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας απορροφάται και στη συνέχεια αναλώνεται μέσα στο πέτασμα μετατρέπόμενο σε θερμότητα. Ένα άλλο μέρος αυτού μεταδίδεται ως ηχητική ενέργεια πίσω από το πέτασμα και το υπόλοιπο είναι αυτό που ανακλάται. **Η ηχοαπορρόφηση ενός υλικού δεν είναι η ίδια για κάθε συχνότητα.** Ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης ενός υλικού σε συγκεκριμένη συχνότητα και συγκεκριμένες συνθήκες είναι το ποσοστό εκ του προσπίπτοντος επί του υλικού ήχου, που δεν ανακλάται, και συνδέεται άμεσα με τη γωνία πρόσπτωσης. Η τιμή του συντελεστή ηχοαπορρόφησης κυμαίνεται από 0 έως το 1, με την τιμή 0 να την έχουν οι πλήρως ανακλαστικές επιφάνειες και τη τιμή 1 οι πλήρως ηχοαπορροφητικές επιφάνειες.



Ηχοανάκλαση, ηχοαπορρόφηση και ηχομετάδοση (N. Τσινίκας, 2005)

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθούμε στην έννοια του **χρόνου αντήχησης (RT)** και της **αντήχησης**. Με τον όρο αντήχηση αναφερόμαστε στο σύνολο των ανακλάσεων των επιφανειών ενός χώρου, που φτάνουν στο δέκτη με καθυστέρηση μικρότερη από 1/25 sec, με την προϋπόθεση αυτές οι ανακλάσεις να μην προκαλούν ηχώ. Με τον όρο χρόνος αντήχησης εννοούμε το χρόνο που χρειάζεται ο ήχος για να χάσει 60dB από την αρχική του ένταση, από τη στιγμή της διακοπής παραγωγής του μέσα σε ένα χώρο. Εξαρτάται από τον όγκο του χώρου και την ηχοαπορρόφηση.



Χρόνος αντήχησης (SRL 1976)

Ο τύπος του χρόνου αντήχησης κατά τον Sabine είναι ο παρακάτω, και απαραίτητη προϋπόθεση για να ισχύει είναι η επάρκεια ηχοδιάχυσης στο χώρο.

$$\text{τύπος του Sabine: } RT = \frac{0.16V}{\sum_i F_i a_i + Vx}$$

όπου

R.T. (s) είναι ο χρόνος αντήχησης

V (m³) είναι ο όγκος του χώρου

F_i (m²) είναι η επιφάνεια του νιοστού υλικού του χώρου

a_i (Sab) είναι ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης του νιοστού υλικού του χώρου

x (m² Sab/ m³) είναι η ηχοαπορρόφηση του αέρα ανά μονάδα όγκου

v είναι το πλήθος των ηχοαπορροφητικών υλικών.

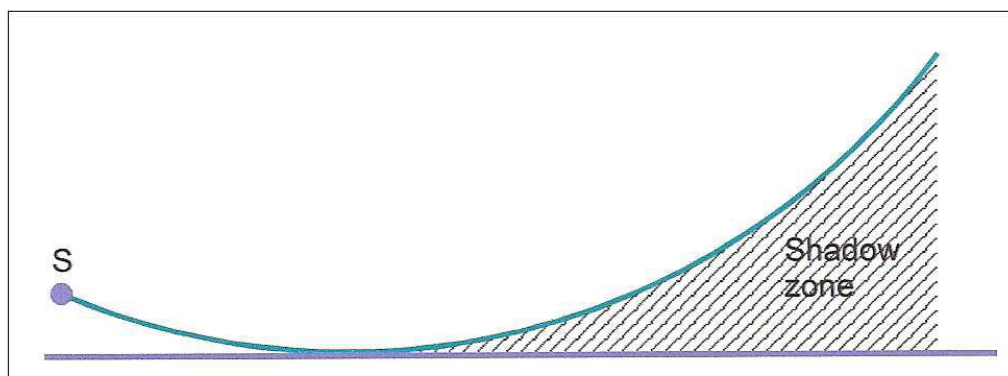
Έτσι, γνωρίζοντας το βέλτιστο χρόνο αντήχησης του χώρου που σχεδιάζουμε, μπορούμε με τη χρήση του παραπάνω τύπου να προσδιορίσουμε με μια πρώτη προσέγγιση το εμβαδόν των ηχοαπορροφητικών επιφανειών που απαιτούνται.

2.6.5 ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Η ανομοιογένεια της ατμόσφαιρας είναι πολύ σημαντική για τη διάδοση του ήχου σε εξωτερικό περιβάλλον. Η κανονική κατάσταση του αέρα είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο στο οποίο η ένταση του ήχου ποικίλει λόγω της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου σε σχέση με το ύψος της διάδοσης του ήχου πάνω από το έδαφος. Η ταχύτητα του ηχητικού κύματος στον αέρα, διαφοροποιείται με τη θερμοκρασία, σύμφωνα με τον τύπο : $c=331+0,6 \cdot T$, όπου T συμβολίζει τη θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.

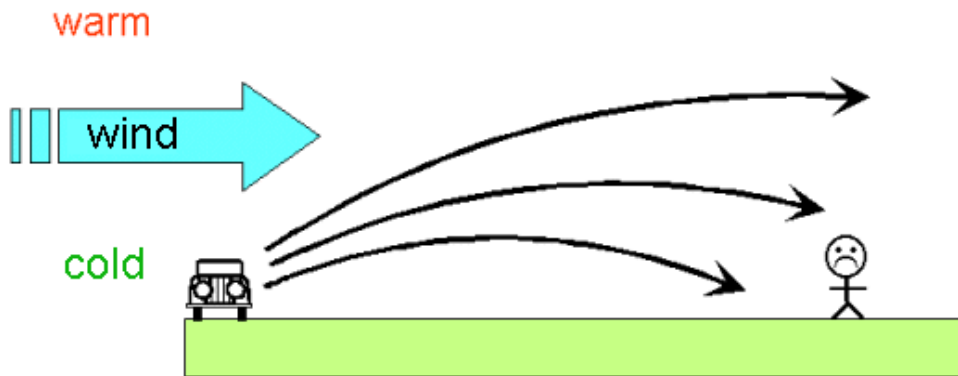
Υψηλότερες θερμοκρασίες κοντά στο έδαφος έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερη ένταση ήχου. Ένα στοιχείο του ανέμου στην κατεύθυνση της διάδοσης του ήχου δημιουργεί διάθλαση των ηχητικών ακτίνων προς το έδαφος, επειδή η ταχύτητα του ανέμου πάντα μεγαλώνει ταυτόχρονα με το ύψος. Γραμμικά άνεμος και θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα ακτίνες να ακολουθούν μια καμπύλη με :

$$R = 1 / \alpha \cos \phi$$



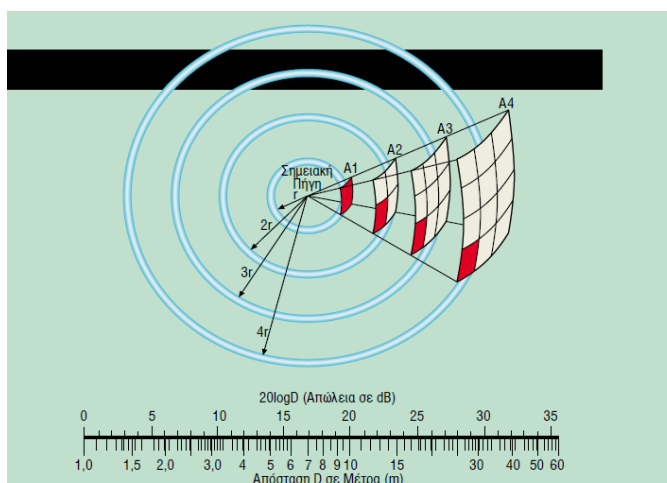
Καμπύλη ηχητικών ακτίνων και περιοχή σκίασης

Θερμοκρασιακή Αναστροφή καλείται το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία είναι μικρότερη κοντά στο έδαφος ενώ μεγαλώνει καθώς ανερχόμαστε στα υπεράνω αέρια στρώματα. Τέτοια φαινόμενα στην ύπαιθρο συμβαίνουν μετά τη δύση του Ηλίου όταν το έδαφος ή η επιφάνεια των υδάτινων όγκων ψύχεται γοργά ενώ οι αέρινοι όγκοι υπεράνω αυτών παραμένουν θερμοί. Η **επίπτωση στη διάδοση του ηχητικού κύματος** είναι ακριβώς αντίστροφη από το προηγούμενο φαινόμενο, δηλαδή έχουμε **κατωφερή κάμψη με αντίστοιχη μεταβολή του μήκους κύματος**.



2.6.6 Ο ΗΧΟΣ ΣΤΟΝ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΧΩΡΟ– ΗΧΟΜΕΙΩΣΗ

Η ένταση του ήχου ελαττώνεται καθώς αυξάνει η απόσταση από την πηγή. Στον ελεύθερο χώρο, μακριά από την επίδραση των αντικειμένων του περιβάλλοντος, ο ήχος από μία σημειακή πηγή διαδίδεται ομογενώς προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ένταση του ήχου ελαττώνεται με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα. Η ίδια ηχητική ισχύς περνά μέσα από τα A1, A2, A3 και A4, αλλά οι επιφάνειες αυξάνουν ανάλογα με το τετράγωνο της ακτίνας r . Αυτό σημαίνει ότι η ηχητική ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας (ένταση) ελαττώνεται με το τετράγωνο της ακτίνας. **Σε διπλάσια απόσταση η ένταση ελαττώνεται στο ένα τέταρτο της αρχικής τιμής. Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου ορίζει ότι η ένταση του ήχου σε ελεύθερο πεδίο είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασης από τη πηγή.**



Αυτό οδηγεί στο σημαντικό και χρήσιμο συμπέρασμα ότι **η στάθμη πίεσης ήχου ελαττώνεται κατά 6 decibel για κάθε διπλασιασμό της απόστασης.**

Ηχομείωση

Κατά την διάδοση του ηχητικού κύματος μέσω του αέρα σε ανοιχτό χώρο, υφίσταται ηχομείωση που οφείλεται κυρίως στους κάτωθι παράγοντες:

- Ηχομείωση λόγω ανακλάσεων εξαιτίας διαφόρων σωμάτων που βρίσκονται στην διαδρομή διάδοσης.
- Ηχομείωση λόγω ύπαρξης ηχοπετάσματος (φράγμα) ενδιάμεσα στην διαδρομή μεταξύ εκπομπής και λήψης.
- Ηχομείωση λόγω ύπαρξης του αέρα σαν μέσο μεταφοράς και της τριβής που δημιουργείται μεταξύ των μορίων του.
- Ηχομείωση λόγω της διαδρομής του ηχητικού κύματος υπεράνω εδάφους το οποίο ανάλογα της επιφάνειας του (beton ή χωράφι με βλάστηση) απορροφά ελάχιστα έως πολύ την ηχητική ενέργεια.
- Ηχομείωση λόγω ύπαρξης χαμηλών ποσοστών σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα.
- Ηχομείωση λόγω θερμοκρασίας με τη δημιουργία ή μη θερμοκρασιακής αναστροφής.
- Ηχομείωση λόγω της σφαιρικής διάδοσης των ηχητικών κυμάτων που έχει σαν αποτέλεσμα τον υποδιπλασιασμό της ηχητικής ενέργειας με κάθε διπλασιασμό της απόστασης μεταξύ σημείου εκπομπής και λήψης.

2.6.7 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ

Ο ήχος σε έναν χώρο προκαλεί δονήσεις στο πάτωμα, στην οροφή και στους τοίχους. Οι δονήσεις αυτές παράγουν εκ νέου ήχο και λειτουργούν ως ηχητικές πηγές για τους χώρους που γειτνιάζουν. Ανάλογα με την κατασκευή, διαφορετικά ποσά ενέργειας χάνονται κατά τη μετάδοση αυτή. Με τον τρόπο αυτό έχουμε **ηχομόνωση αερόφερτου ήχου**. Όταν θέλουμε να μετρήσουμε την ηχομόνωση που υφίσταται ένα δωμάτιο παραλήπτης από τον ήχο που παράγεται από ένα δωμάτιο πηγή, χωρίζουμε τους χώρους των δωματίων σε τμήματα, μετρούμε την ένταση του ήχου σε κάθε τμήμα και βγάζουμε το μέσο όρο των μετρήσεων αυτών (L_1 στο δωμάτιο πηγή και L_2 στο δωμάτιο παραλήπτη). Η διαφορά $D=L_1-L_2$ (dB) απεικονίζει το επίπεδο διαφοράς λόγω των ξεχωριστών ακουστικών χαρακτηριστικών κάθε δωματίου παραλήπτη, ο ήχος που «υπερνικά» την ηχομόνωση και φτάνει μέσα θα υποστεί διαφορετικές ανακλάσεις και απορροφήσεις ανάλογα με το δωμάτιο, άρα θα ενισχυθεί ή θα αποσβεστεί κάθε φορά διαφορετικά. Επομένως, η τιμή L_2 δεν είναι σταθερή. Εν πολλοίς, η διαφορετική αντιμετώπιση του ήχου εξαρτάται από τον χρόνο αντήχησης. Επομένως, με έναν χρόνο αντήχησης αναφοράς (T_0) ορίζεται το **κανονικοποιημένο επίπεδο διαφοράς $D_{n,T}$** για δωμάτιο με χρόνο αντήχησης T , όπου $Dn,T=D+10\log(T/T_0)$.

Για τον προσδιορισμό της ικανότητας ηχομόνωσης μιας επιφάνειας εργαζόμαστε εργαστηριακά. Χωρίζουμε την επιφάνεια σε κομμάτια, από τη μια πλευρά της

επιφάνειας έχουμε μια πηγή και από την άλλη μικρόφωνο καταγραφής. Μετρούμε την ένταση του ήχου σε κάθε κομμάτι μπρος και πίσω από την επιφάνεια, υπολογίζουμε το μέσο όρο (L_1 στην πλευρά της πηγής και L_2 στην πλευρά της καταγραφής). Η διαφορά $R=L_1-L_2$ (dB) απεικονίζει το **δείκτη ηχομείωσης, R**. Λόγω των πλευρικών διαρροών, οι μετρήσεις που παίρνουμε παρουσιάζουν ποσοστά σφάλματος. Γι αυτό το λόγο, ορίζουμε το μέγεθος του **φαινόμενου δείκτη ηχομείωσης, R'**.

Οι περισσότερες κατασκευές παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα ηχομείωσης στις μεσαίες και ψηλές συχνότητες (όπως η ομιλία), παρά στις χαμηλές (τα μπάσα στη μουσική). Για να συνυπολογιστεί και αυτή η παράμετρος έχουν οριστεί κάποιες βαθμονομημένες καμπύλες από τα 100Hz έως τα 3.15kHz και εφαρμόζονται σε όλα τα μεγέθη που περιγράφηκαν παραπάνω και αφορούν την ηχομόνωση. Έτσι, έχουμε τα σταθμισμένα μεγέθη $D_w, D_{nT,w}, R_w, R_w'$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΟΡΥΒΟΣ- ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

Ο ήχος δεν είναι τίποτε άλλο από ένα ερέθισμα που διεγείρει το αισθητήριο της ακοής του ανθρώπου. Μπορεί να είναι ευχάριστος (υπό μορφή μελωδίας ή μουσικής) και δυσάρεστος ως θόρυβος. Το πρόβλημα του θορύβου είναι μεγάλης σημασίας για τις σημερινές κοινωνίες, καθώς ο άνθρωπος εκτίθεται για μεγάλα και τακτά χρονικά διαστήματα σε υψηλές εντάσεις. Έτσι, σε αυτό το κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας επιχειρείται σε πρώτο στάδιο μία συγκέντρωση των στοιχείων που ορίζουν σαφώς το θόρυβο, τα διάφορα είδη του, τις πηγές και τις επιπτώσεις του. Στη συνέχεια, κατατίθενται στοιχεία που αφορούν την ελληνική νομοθεσία και τα όρια θορύβου που θέτει προκειμένου να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της ηχορρύπανσης, ενώ παράλληλα, γίνεται και μία περιληπτική παρουσίαση των διεθνών ορίων θορύβου. Τέλος, έχοντας κάνει σαφές πόσο επιζήμιος είναι ο θόρυβος στη ζωή του ανθρώπου, καταγράφεται αναλυτικά ο σχεδιασμός και η στρατηγική που ακολουθείται στα πλαίσια της Ευρώπης για την καλύτερη διαχείριση του θορύβου και την αντιμετώπιση της ηχορρύπανσης.



3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

3.1.1 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

Αναπόσπαστο κομμάτι της φυσιογνωμίας μιας πόλης είναι οι ήχοι της: οι κουβέντες των συγκεντρωμένων σε μια πλατεία, η μουσική από το ανοικτό παράθυρο, οι φωνές των παιδιών, οι ήχοι από εργασίες που γίνονται στους ανοικτούς χώρους. Θα μπορούσαμε να εντάξουμε και τους ήχους της φύσης, αλλά τείνουν να χαθούν λόγω του περιορισμού της- κυρίως στις αστικές περιοχές. Είναι ο ήχος από τον αέρα, από το πέταγμα των πουλιών, από το θρόισμα των φύλλων, από το κύμα. Στις σημερινές συνθήκες, η ποιότητα του ηχητικού περιβάλλοντος σχεδόν ισοπεδώνεται από το θόρυβο. Με τον όρο **«θόρυβος»** ονομάζουμε κάθε ακουστό ήχο, ο οποίος είναι δυσάρεστος και ενοχλητικός. Είναι μία ειδική κατηγορία σύνθετων ήχων. Ο θόρυβος έχει αυξηθεί σημαντικά στην εποχή μας, ειδικά στις πυκνοκατοικημένες περιοχές (λόγω της αύξησης του πληθυσμού και του κακού ή και ανύπαρκτου πολεοδομικού σχεδιασμού των πόλεων, του ελλιπούς συγκοινωνιακού σχεδιασμού, της αύξησης των δικύκλων, της κυκλοφοριακής συμφόρησης) και αποτελεί ένα ζήτημα δημόσιας υγείας και έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες υποβάθμισης του περιβάλλοντος και κατ' επέκταση της ποιότητας ζωής.

Ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του θορύβου υπάρχουν οι παρακάτω κατηγορίες:

- Αερόφερτος ήχος: μεταδίδεται μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα
- Κτυπογενής ήχος: ο ήχος που παράγεται με κτυπήματα πάνω σε αντικείμενο, στην πλευρά που βρίσκεται προς τον ακροατή.
- Πλευρική ηχομετάδοση: η έμμεση μετάδοση του ήχου από ένα χώρο εκπομπής σε ένα χώρο ακρόασης, μέσω διαδρομών που παρακάμπτουν τον ακροατή.
- Κραδασμοί: η περιοδική κίνηση που μεταδίδεται από ένα στερεό τμήμα σε ένα άλλο στερεό, υπό την επίδραση μιας περιοδικής δύναμης, η οποία μπορεί να προκαλεί ταλαντώσεις είτε στην ίδια την πηγή της δύναμης είτε στο στήριγμα της πηγής. Οι ταλαντώσεις αυτές μπορούν να μεταδίδονται στο δάπεδο και σε μέρη του κτιρίου μέσω του στηρίγματος.

Θόρυβος περιβάλλοντος είναι ο θόρυβος που εκπέμπεται από συγκεκριμένες πηγές που δεν μας ενδιαφέρουν κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Παράδειγμα αποτελεί ο θόρυβος ενός κλιματιστικού μηχανήματος σε μια αίθουσα διδασκαλίας.

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

Επίσης, ο θόρυβος κατηγοριοποιείται και ανάλογα με τον τρόπο που μεταβάλλεται. Έτσι έχουμε τον σταθερό θόρυβο ο οποίος παρουσιάζει αμελητέες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της μέτρησης ή της παρατήρησης, τον μεταβλητό θόρυβο ο οποίος δεν είναι σταθερός αλλά δεν μεταβάλλεται ραγδαία και τον κυμαινόμενο θόρυβο η

στάθμη του οποίου αλλάζει συνεχώς και σε σημαντικό βαθμό κατά τη διάρκεια της μέτρησης ή της παρατήρησης.

Οι πιο σημαντικές πηγές θορύβου στην ΕΕ είναι οι εξής: οδική, σιδηροδρομική και εναέρια κυκλοφορία, κέντρα ψυχαγωγίας και εγκαταστάσεις αναψυχής, εργοτάξια και οικοδομές, οικιακά ζώα και συσκευές. Η διάδοση του ήχου γίνεται μέσω του αέρα (αερόφερτος ήχος) με ανάκλαση σε επίπεδες επιφάνειες που προωθούν τον ήχο σε νέες κατευθύνσεις, με διάθλαση σε στρώματα θερμού αέρα που μεταφέρουν τον ήχο σε μεγαλύτερη απόσταση, με διάχυση μέσα από σχισμές ή οπές που μεταφέρουν τον ήχο στο εσωτερικό των χώρων, αλλά και με κυματική διάδοση μέσα από στερεά δομικά στοιχεία (τοιίχους, δάπεδα) που μεταφέρει τον ήχο στο χώρο που βρίσκεται πίσω από το δομικό στοιχείο.

ΤΥΠΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΘΟΡΥΒΟΥ	
Πηγή	Μέγιστο επίπεδο θορύβου σε dB
Απογείωση τζετ	140
Γραμμή παραγωγής αυτοκινήτων	125
Μύλος άλεσης	115
Λεωφορείο που επιταχύνει στα 4μ.	112
Ροκ συγκρότημα στα 15μ.	108
Ανεκτό επίπεδο θορύβου	68 ή λιγότερο
Δυνατή κόρνα αυτοκινήτου	100
Πυκνή οδική κυκλοφορία	90
Ήσυχο δωμάτιο	20
Θορυβώδης συζήτηση	50

Τυπικά επίπεδα θορύβου

> 81 dB	ΑΠΑΡΑΔΕΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
78-80 dB	ΠΟΛΥ ΘΟΡΥΒΩΔΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
75-77 dB	ΘΟΡΥΒΩΔΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
72-74 dB	ΣΧΕΔΟΝ ΑΝΕΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
69-71 dB	ΚΑΛΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
< 68 dB	ΑΝΕΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Διαβαθμίσεις επιπέδων θορύβου

3.1.2 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

Η εκτίμηση της ανεκτής στάθμης θορύβου δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη υπόθεση, καθώς σημαντικό ρόλο παίζει και ο υποκειμενικός παράγοντας. Από το 1950 και μετά άρχισαν να θεσμοθετούνται οι καμπύλες κατάταξης θορύβου που βασίζονται στις καμπύλες απόκρισης του αυτιού. Οι καμπύλες κατάταξης θορύβου είναι λοιπόν:

NC (Noise Criteria)

PNC (Preferred Noise Criteria)

NR (Noise Rating)

BNL (Background Noise Level)

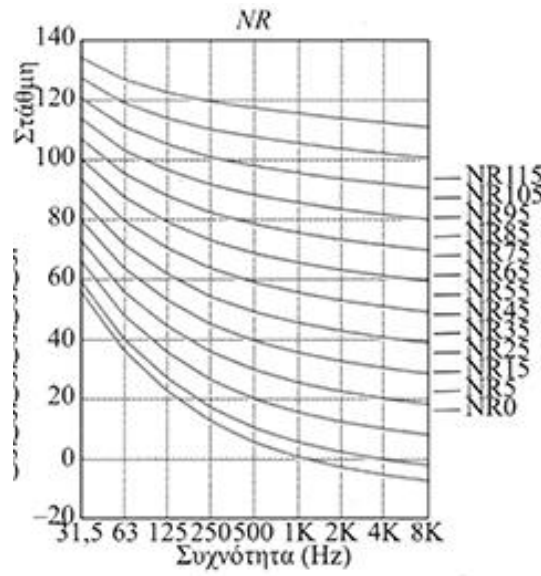
dBA (ηχοστάθμη)

Οι διαφορές των καμπυλών, όλων εκτός της dBA είναι αυτές που τις κάνουν να έχουν μια πιο συγκεκριμένη χρήση, δηλ. οι NC είναι για θορύβους βάθους, οι PNC για τους πρόσθετους θορύβους σε ανοιχτές κατόψεις, οι BNL για θορύβους βάθους όπου η ομιλία είναι πρωταρχική λειτουργία και οι NR για το πλείστο των περιπτώσεων. Όσο για τη dBA (ηχοστάθμη) αφορά στο τυποποιημένο φάσμα συχνοτήτων καθαρών τόνων που έχει θεσμοθετηθεί διεθνώς και αποτελεί ενσωματωμένο κύκλωμα στα ηχόμετρα.

Για παράδειγμα, έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία τιμές ανεκτής στάθμης θορύβου NR σε συνάρτηση με τη χρήση του χώρου, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Επίσης, υπάρχει το διάγραμμα καμπύλων θορύβου NR, στο οποίο τοποθετούμε τις μετρήσεις του θορύβου συναρτήσει της συχνότητας, προκειμένου να βρούμε την καμπύλη που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο χώρο και είναι αυτή με τη χαμηλότερη τιμή, την οποία δεν ξεπερνά το φάσμα θορύβου. Έπειτα συγκρίνουμε την τιμή NR στο χώρο με την αποδεκτή τιμή θορύβου για να διαπιστώσουμε αν την υπερβαίνει ή όχι.

<i>Χώρος</i>	<i>NR</i>
<i>Κλινικές, χώροι για ακουομετρία</i>	<i>10–20</i>
<i>Concert Halls, Opera Houses, Recital Rooms</i>	<i>20–25</i>
<i>Σχολικές αίθουσες, Studio TV, χώροι διαλέξεων</i>	<i>20–30</i>
<i>Κινηματογράφοι, Νοσοκομεία, μικροί χώροι διάλεξης</i>	<i>25–35</i>
<i>Γραφεία, βιβλιοθήκες, αίθουσες δικαστηρίων</i>	<i>30–40</i>
<i>Εστιατόρια Bar, καφετέριες</i>	<i>35–45</i>
<i>Γυμναστήρια, πισίνες</i>	<i>40–50</i>
<i>Χώροι εργασίας</i>	<i>60–70</i>

Αποδεκτές στάθμες θορύβου NR ανάλογα με τη λειτουργία του χώρου.



Καμπύλες κατάταξης θορύβου NR

Χαρακτηρισμός διαφόρων χώρων.

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

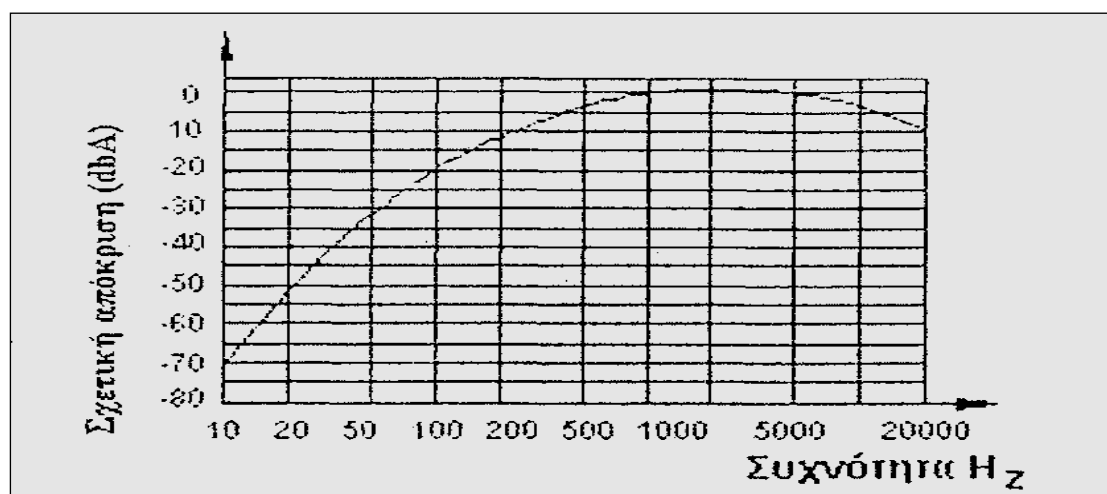
Χαρακτηρισμός διαφόρων χώρων

3.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

Με σκοπό την επιστημονική προσέγγιση της ενόχλησης που προκαλεί ο θόρυβος στον άνθρωπο, κρίθηκε αναγκαίο να βρεθεί μια συσχέτιση της στάθμης του θορύβου και της συχνότητας του ήχου. Για παράδειγμα, η ενόχληση που προκαλείται από τον ήχο μιας μοτοσικλέτας είναι σαφώς μεγαλύτερη από αυτήν που προκαλεί ο ήχος ενός αυτοκινήτου που καταγράφει την ίδια στάθμη L. Αυτό συμβαίνει γιατί το ανθρώπινο αυτί είναι σαφώς πιο ευαίσθητο σε ήχους υψηλών συχνοτήτων(μοτοσικλέτα).

3.2.1 Α-ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ (L_A)

Γι αυτό το λόγο, προκειμένου να ληφθεί υπόψη ακριβώς αυτή η ιδιαιτερότητα της ανθρώπινης ακοής γίνεται τροποποίηση της στάθμης σύμφωνα με τη σταθμιστική καμπύλη A. Αυτή η καμπύλη δίνει τη μεταβολή της σχετικής απόκρισης (relative response) δηλαδή της διόρθωσης στάθμης ήχου, σε σχέση με τη συχνότητά του. Η τροποποιημένη στάθμη ήχου που προκύπτει από την καμπύλη λέγεται Α-στάθμη ήχου (L_A) και εκφράζεται σε dBA.



Σταθμιστική καμπύλη A

Σε μια συγκεκριμένη συχνότητα f, μεταξύ της στάθμης ήχου L_A που εκφράζεται σε dBA και της στάθμης L που εκφράζεται σε dB ισχύει η σχέση:

$$L_A = L + \Delta L_A$$

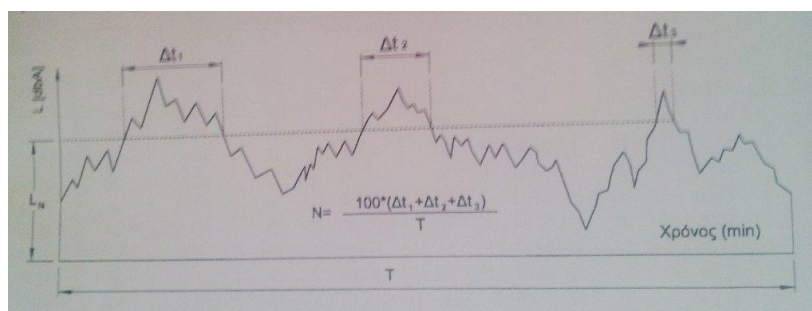
όπου ΔL_A = Σχετική απόκριση. Είναι συνάρτηση της συχνότητας του ήχου και προσδιορίζεται από το παραπάνω σχήμα.

Τα όργανα μέτρησης του ήχου είναι εφοδιασμένα με ένα ηλεκτρονικό σύστημα φίλτρων που ονομάζεται σταθμιστικό κύκλωμα A και πραγματοποιεί αυτόματα τις διορθώσεις στις πραγματικές ηχοστάθμες.

Πέρα της συγκεκριμένης διαδικασίας που είναι και η πλέον διαδεδομένη, αντίστοιχα έχουν προταθεί και άλλες αντίστοιχες. Οι πλέον γνωστές είναι οι B, C, D, PNL ή Zwigger/Stevens.

3.2.2 ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ L_N

Η στάθμη θορύβου L_N δηλώνει το ποσοστό του συνολικού χρόνου παρατήρησης στο οποίο η στάθμη κυμαινόμενου θορύβου είναι μεγαλύτερη ή ίση μίας συγκεκριμένης τιμής. Ορίζεται ως η σταθερή στάθμη θορύβου την οποία ο κυμαινόμενος θόρυβος υπερβαίνει ή ταυτίζεται κατά ένα ποσοστό N% του χρόνου παρατήρησης. Για παράδειγμα η στάθμη $L_{50}=50$ dBA δηλώνει ότι στο 50% του συνολικού χρόνου παρατήρησης η στάθμη θορύβου ήταν μεγαλύτερη ή ίση προς 50 dBA. Με βάση τη στατιστική ανάλυση δημιουργούνται και άλλοι δείκτες αξιολόγησης με κυριότερη τη μέση στάθμη κορυφής (Mean Peak Noise Level), που είναι η L_{10} (η οποία ξεπεράστηκε κατά το 10% του χρόνου παρατήρησης). Ωστόσο, παρατηρούνται και οι L_5 , L_{50} , και L_{90} . Τέλος, προσδιορίζεται η στάθμη κορυφής (Peak Noise Level) που ξεπεράστηκε κατά το 1% του χρόνου παρατήρησης (L_1) και αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης, καθώς και η στάθμη θορύβου βάθους (Background Noise Level) που ξεπεράστηκε κατά το 90% (κατ' άλλους ερευνητές κατά το 95%) του χρόνου παρατήρησης (L_{90} ή L_{95}).



Μεταβολή της στάθμης θορύβου ως προς το χρόνο. Στάθμη θορύβου L_N

Στους Βρετανικούς Κανονισμούς ο δείκτης L_{10} (18 hr) σε dBA που είναι η αριθμητική μέση τιμή των 18 ξεχωριστών ωριαίων τιμών του L_{10} (καλύπτοντας την χρονική περίοδο από 06:00 π.μ. έως 24:00 μ.μ. κατά τις εργάσιμες ημέρες) έχει αποδειχτεί ότι εκφράζει καλή συσχέτιση του περιβαλλοντικού θορύβου με την όχληση στους ανθρώπους.

3.2.3 ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ (L_{eq})

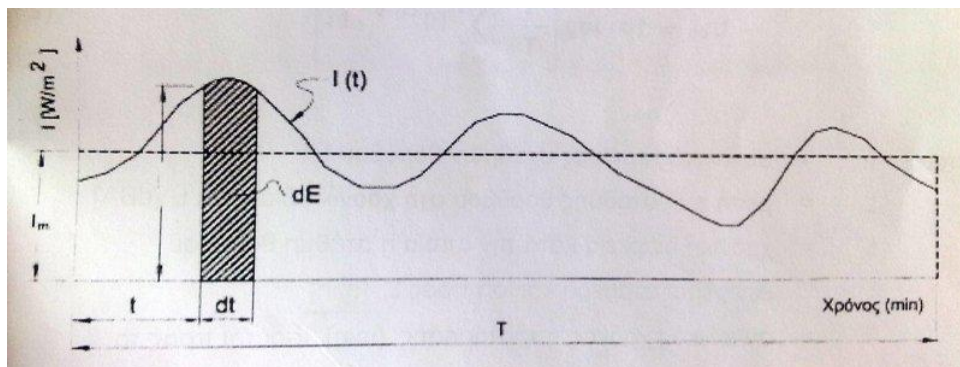
Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ο συχνά χρησιμοποιούμενος δείκτης αξιολόγησης θορύβου, η ισοδύναμη συνεχής στάθμη ήχου (Equivalent Continuous Sound Level) L_{eq} , που εκφράζει την συνεχή εκείνη στάθμη θορύβου η οποία σε ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου σταθερού ή μεταβαλλόμενου. Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου L_{eq} αντιστοιχεί στη μέση ένταση I_m για ολόκληρο το χρονικό διάστημα στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις, δηλαδή :

$$L_{eq} = 10 \log \frac{I_M}{I_0}$$

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολή της έντασης I του θορύβου κατά τη διάρκεια χρονικού διαστήματος T . Ισχύει $dE = I \cdot dt$ και $E = \int_0^T I \cdot dt$

Αντικαθιστώντας στην τελευταία σχέση την τιμή της έντασης $I = I_0 \cdot 10^{L/10}$ προκύπτει:

$$E = \int_0^T I_0 \cdot 10^{L/10} \cdot dt = I_0 \cdot \int_0^T 10^{L/10} \cdot dt$$



Μεταβολή της έντασης θορύβου ως προς τον χρόνο. Μέση ένταση I_m

Η μέση τιμή I_m της έντασης του θορύβου στο χρονικό διάστημα T ισούται με το λόγο του συνολικού ποσού ενέργειας E προς το διάστημα T , δηλαδή :

$$I_m = \frac{E}{T} = I_0 \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_0^T 10^{L/10} \cdot dt$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \cdot \int_0^T 10^{L/10} \cdot dt \right)$$

Όπου L = συνάρτηση στάθμης θορύβου ως προς το χρόνο
 T = χρονική διάρκεια

Γενικά, δεν υπάρχει μια καλά προσδιορισμένη σχέση που να συνδέει τη στάθμη L κυμαινόμενου θορύβου με το χρόνο t . Για το λόγο αυτό, λαμβάνεται μια σειρά (n) ηχοσταθμών L_i , κάθε μία από τις οποίες θεωρείται σταθερή για χρονικό διάστημα t_i . Ο συνολικός χρόνος παρατήρησης T είναι ίσος προς το άθροισμα των διαστημάτων t_i . Στην περίπτωση αυτή η παραπάνω σχέση τροποποιείται ως εξής:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} 10^{L_i/10} \cdot t_i \right)$$

όπου n = συνολικός αριθμός σταθμών θορύβου L_i
 L_i = μέση τιμή στάθμης θορύβου στη χρονική διάρκεια t_i , [dBA]
 t_i = χρονική διάρκεια κατά την οποία η στάθμη θορύβου θεωρείται σταθερή και ίση προς L_i , [min]
 T = συνολικός χρόνος παρατήρησης, [min] ισούται με το άθροισμα των διαστημάτων t_i

Προκειμένου να προσδιοριστεί η ισοδύναμη στάθμη θορύβου $L_{eq,T}$ [dBA] διάρκειας T [min] που αντιστοιχεί σε σταθερή στάθμη θορύβου L_i [dBA] διάρκειας t_i , η παραπάνω σχέση τροποποιείται ως εξής:

$$L_{eq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \cdot 10^{L_i/10} \cdot t_i \right) = L_i + 10 \log \left(\frac{t_i}{T} \right)$$

όπου $L_{eq,T}$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας T [min]
 L_i = σταθερή (ή ισοδύναμη) στάθμη θορύβου διάρκειας t_i [min]

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι η ισοδύναμη συνεχής ηχοστάθμη L_{eq} επηρεάζεται πιο έντονα από τις υψηλές στάθμες θορύβου, γεγονός που φανερώνει η λογαριθμική εξάρτηση. Ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα που καθιστά σαφές το παραπάνω γεγονός. Αν σε μία μέτρηση στο 10% του χρόνου μετρήθηκε στάθμη 80 dB και στο 90% στάθμη 30 dB προκύπτει ότι η αριθμητική μέση τιμή της στάθμης θορύβου είναι 35 dB, ενώ η τιμή του L_{eq} είναι 70 dB. Σύμφωνα με την CEQR(βλ. παράγραφο

3.6.3), ο δείκτης αυτός είναι ο καταλληλότερος για να περιγράψει θορύβους που προέρχονται από πλήθη (όπως παιδικές χαρές, γήπεδα, εκδηλώσεις ψυχαγωγίας). Ακόμα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), αλλά και με την Απόφαση του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ 17252/20.5.92 (ΦΕΚ Β395/13.6.92), στο πλαίσιο των ΜΠΕ για οδικά συγκοινωνιακά έργα, είναι απαραίτητη η εκτίμηση των αναμενόμενων τιμών στάθμης θορύβου των βασικών δεικτών L_{10} (18 hr) ή L_{eq} (8-20 hr) και η διαπίστωση εάν αυτοί οι δείκτες παρουσιάζουν στάθμες που υπερβαίνουν τις ανώτατες οριακές τιμές της πιο πάνω απόφασης που είναι 70 και 67 dBA αντίστοιχα. Η ισοδύναμη συνεχής στάθμη ηχητικής πίεσης καθίσταται διαρκώς ευρύτερα αποδεκτή ως κλίμακα για τη μέτρηση μακροπρόθεσμης έκθεσης σε θόρυβο. Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στη νομοθεσία των κρατών μελών και σε διεθνές επίπεδο. Έχει υιοθετηθεί από τον ISO για τη μέτρηση τόσο της έκθεσης σε περιβαλλοντικό θόρυβο όσο και του κινδύνου ακουστικών βλαβών.

3.2.4 ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$ ΚΑΙ L_{night}

Η ευρωπαϊκή οδηγία 2002/49/ΕΚ έθεσε τους εξής κοινούς δείκτες θορύβου:

- L_{den} , για την εκτίμηση του επιπέδου του συνολικού θορύβου κατά τη διάρκεια της ημέρας, απογεύματος και νύχτας και
- L_{night} , για την εκτίμηση του ηχητικού επιπέδου κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Ο δείκτης L_{den} ορίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

όπου:

- L_{day} είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, προσδιορισμένη επί του συνόλου των περιόδων ημέρας ενός έτους
- $L_{evening}$ είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, προσδιορισμένη επί του συνόλου των απογευματινών περιόδων ενός έτους
- L_{night} είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, προσδιορισμένη επί του συνόλου των νυχτερινών περιόδων ενός έτους

Η εφαρμογή του παραπάνω ορισμού προϋποθέτει:

Α) Η ημέρα να διαρκεί δώδεκα ώρες, το απόγευμα τέσσερις ώρες και η νύχτα οκτώ ώρες.

Β) Οι εξ' ορισμού τιμές είναι 07.00 έως 19.00, 19.00 έως 23.00 και 23.00 έως 07.00. Γενικότερα, το πρωί, θα καλύψει την περίοδο μέσης εργάσιμης ημέρας, συμπεριλαμβανόμενου κάθε χρόνου που απαιτείται για να ταξιδέψουν από και

προς την εργασία. Το απόγευμα θα καλύψει την περίοδο του μέσου χρόνου για ξεκούραση και χαλάρωση στο σπίτι. Και, κατ' ουσία, η νύχτα θα καλύψει την περίοδο του μέσου χρόνου στον ύπνο.

Κάθε κράτος, ωστόσο, έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τα παραπάνω όρια κατά μία ή δύο ώρες, έτσι ώστε να τα προσαρμόσει στις συνήθειες του έκαστου πληθυσμού. Έτσι, οι ακριβείς ορισμοί των όρων ημέρα, απόγευμα και νύχτα ποικίλλουν από περιοχή σε περιοχή και κάθε προσπάθεια εναρμόνισης είναι απίθανο να καταλήξει σε επιτυχία, λόγω των διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών και των πολιτιστικών προτύπων που επικρατούν σε διαφορετικές εποχές του χρόνου σε διαφορετικές χώρες.

Επιπρόσθετα, ο δείκτης L_{den} λαμβάνει υπόψη του το γεγονός ότι πολλοί άνθρωποι είναι πιο ευαίσθητοι στον απογευματινό θόρυβο και ακόμα περισσότερο ευαίσθητοι στους νυχτερινούς θορύβους. Τέλος, οι δείκτες θορύβου L_{den} και L_{night} χρησιμοποιούνται για την κατάρτιση στρατηγικών χαρτών θορύβου. Και άλλοι δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ακουστικό προγραμματισμό και τον καθορισμό ακουστικών ζωνών, όπως προσδιορίζεται και από την οδηγία. Τα κράτη δύνανται, βέβαια, να χρησιμοποιούν τις δικές τους μεθόδους για τον προσδιορισμό των κοινών δεικτών, υπό την προϋπόθεση ότι οι εν λόγω μέθοδοι είναι σύμμορφες με αυτές που έχουν οριστεί από την οδηγία.

3.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ-ΗΧΟΜΕΤΡΑ

3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Απαραίτητα όργανα για τη διεξαγωγή παντός είδους μετρήσεων θορύβου είναι τα ηχόμετρα. Τα ηχόμετρα είναι όργανα, με τα οποία μετρούνται οι στάθμες της ηχητικής πίεσης και χρησιμοποιούνται σε μελέτες ηχορρύπανσης για την ποσοτικοποίηση σχεδόν όλων των θορύβων. Σήμερα, όταν αγοράζεται ένα καινούριο ηχόμετρο, θα πρέπει το ηχόμετρο αυτό να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του νέου προτύπου IEC 61672. Τα ηχόμετρα διαιρούνται σε 2 κλάσεις, 1 και 2, ανάλογα με την ακρίβειά τους. Τα ηχόμετρα κλάσης 1 χαρακτηρίζονται από ευρύτερο πεδίο συχνοτήτων, στενότερα όρια ανοχής σφάλματος και είναι πιο ακριβή στις μετρήσεις τους συγκριτικά με τα ηχόμετρα κλάσης 2. Συνεπώς, τα ηχόμετρα κλάσης 1 είναι και πιο ακριβιά. Το ίδιο ισχύει και για το όργανο καλιμπραρίσματος (calibrator), που συνοδεύει το κάθε ηχόμετρο. Σύμφωνα με τα προηγούμενα πρότυπα, IEC 60651 και IEC 60804, για την υποδιαίρεση των ηχομέτρων σε κατηγορίες χρησιμοποιούταν ο όρος «τύπος» (type) και η διάκριση γινόταν σε ηχόμετρα «τύπου 1» και «τύπου 2». Παρά το γεγονός ότι τα παραπάνω πρότυπα έχουν αρκετές ομοιότητες, το πιο πρόσφατο πρότυπο είναι περισσότερο απαιτητικό, όσον αφορά την ακρίβεια των μετρήσεων, τη λειτουργία και το καλιμπράρισμα των ηχομέτρων. Τα παλαιότερα ηχόμετρα, τα οποία ικανοποιούν τα πρότυπα IEC 60651 και IEC 60804, μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται για τις περισσότερες εφαρμογές.

Για τα ηχόμετρα «κλάσης 1» η ανοχή σφάλματος είναι +/- 0,7 dB, ενώ για τα αντίστοιχα «κλάσης 2» η ανοχή σφάλματος είναι +/- 1,0 dB. Τα ηχόμετρα «κλάσης

1» ενδείκνυνται για αυξημένου βαθμού ακρίβειας εργαστηριακή και υπαίθρια χρήση. Τα ηχόμετρα «κλάσης 2» ενδείκνυνται για γενικού σκοπού υπαίθρια χρήση. Τα παραπάνω παρουσιάζονται, συνοπτικά, στον παρακάτω πίνακα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΡΗΣΗ	ΑΝΟΧΗ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Τύπος 1 / Κλάση 1	Αυξημένος βαθμός ακρίβειας για εργαστηριακή και υπαίθρια χρήση.	(+/-) 0,7 dB	Περιβαλλοντικές, ακουστική κτιρίων, οχήματα δρόμου
Τύπος 2 / Κλάση 2	Γενικού σκοπού υπαίθρια χρήση.	(+/-) 1,0 dB	Θόρυβος στην εργασία, βασικές περιβαλλοντικές, μηχανοκίνητος αθλητισμός

Κατηγορίες και βασικά χαρακτηριστικά ηχομέτρων

Η κλάση του ηχομέτρου, που θα χρειαστεί κάποιος, εξαρτάται από τις εφαρμογές, για τις οποίες προορίζεται αυτό να χρησιμοποιηθεί και από τους κανονισμούς, τους οποίους επιβάλλεται αυτό να ικανοποιεί. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι κανονισμοί μέτρησης εργασιακού θορύβου αναφέρουν, ότι τα ηχόμετρα «κλάσης 2» ή «τύπου 2», τα οποία είναι και χαμηλότερου κόστους, είναι επαρκή για τις μετρήσεις αυτές. Αναμφίβολα, όμως, μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει και ηχόμετρα «κλάσης 1» για τις συγκεκριμένες μετρήσεις, καθώς αυτά, όπως έχει προαναφερθεί, είναι περισσότερο ακριβή στις μετρήσεις τους. Επίσης, τα ηχόμετρα «κλάσης 1» ενδείκνυνται να χρησιμοποιούνται για μελέτες περιβαλλοντικού θορύβου, στις οποίες μετρούνται, πολύ συχνά, χαμηλές στάθμες θορύβου και οι οποίες μπορούν να μετρηθούν με περισσότερη ακρίβεια από αυτά, λόγω της αυξημένης ευαισθησίας του μικρόφωνού τους. Τέλος, τα συγκεκριμένα ηχόμετρα προορίζονται για χρήση σε περιπτώσεις εργαστηριακών ερευνών και εφαρμογής του νόμου (όρια θορύβου κλπ).



Ηχόμετρο «κλάσης 2» της εταιρίας Pulsar

3.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΧΟΜΕΤΡΩΝ

Σταθμιστικά κυκλώματα – φίλτρα

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής, το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής λειτουργεί στην ακουστική περιοχή των 20Hz – 20KHz. Η ευαισθησία του, όμως, δεν είναι ίδια σε όλες τις συχνότητες. Συγκεκριμένα, το ανθρώπινο αυτί έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην συχνότητα των 1000Hz. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η ευαισθησία της ανθρώπινης ακοής στη συχνότητα του ήχου και να προσαρμοστεί ο μετρούμενος θόρυβος στον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου αυτιού, τροποποιείται η στάθμη σύμφωνα με τη σταθμιστική καμπύλη A. Η καμπύλη αυτή δίνει τη μεταβολή της σχετικής απόκρισης (relative response), δηλαδή της διόρθωσης στάθμης ήχου, σε σχέση με τη συχνότητά του. Η τροποποιημένη, σύμφωνα με τη σταθμιστική καμπύλη A, στάθμη ήχου λέγεται A-στάθμη ήχου (LA) και εκφράζεται σε dBA. Για το λόγο αυτό η μέτρηση της A-στάθμης ήχου γίνεται με ηχόμετρα εφοδιασμένα με ηλεκτρονικό σύστημα φίλτρων, που ονομάζεται σταθμιστικό κύκλωμα A (ή φίλτρο A) και με το οποίο γίνονται, αυτόματα, οι διορθώσεις στις πραγματικές ηχοστάθμες.

Το υφιστάμενο διεθνές πρότυπο για τη λειτουργία των ηχομέτρων, που είναι το IEC 61672:2003, ορίζει τη χρήση σταθμιστικού κυκλώματος A. Το πρότυπο αυτό περιγράφει, επίσης, και άλλα σταθμιστικά κυκλώματα, όπως τα C και Z. Τα παλαιότερα, B και D, έχουν πλέον εγκαταλειφθεί και συνεπώς, δεν περιγράφονται στο πρότυπο. Η στάθμη του ήχου τροποποιείται για την κάθε σταθμιστική καμπύλη. Έτσι, τρία είναι τα σταθμιστικά κυκλώματα ή φίλτρα (frequency weightings), τα οποία μπορούν να συναντηθούν σε ένα ηχόμετρο. Αυτά είναι τα A, C

και Z. Όλα τα ηχόμετρα είναι εφοδιασμένα με τα φίλτρα A και C, ενώ τα πιο εξελιγμένα και ακριβά μοντέλα είναι εφοδιασμένα, επιπλέον, και με το φίλτρο Z.

Εύρος μετρήσεων

Το εύρος των μετρήσεων τους κυμαίνεται από 0 έως και 140 dBA, ενώ η στάθμη αιχμής, η οποία εξ' ορισμού μετριέται με τη χρήση φίλτρου C (συνηθέστερα) ή Z, μπορεί να μετρηθεί για μέγιστες τιμές της στάθμης της στο διάστημα από 140 - 143 dB(C). Βέβαια, δεν έχουν όλα τα ηχόμετρα τη δυνατότητα να μετρήσουν στάθμες ήχου σε όλο το παραπάνω εύρος. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, το εύρος τους κυμαίνεται από την κατώτερη τιμή των 20-25 dB μέχρι και την τιμή των 130-140 dB (ανάλογα και με το φίλτρο A, C ή Z που έχει επιλεγεί). Επίσης, σε ορισμένα ηχόμετρα το εύρος μετρήσεων τους δεν είναι ενιαίο και καθορίζονται διάφορα διαστήματα συγκεκριμένου εύρους, π.χ. 30-100 dB ή 50-120 dB κλπ, τα οποία ο εκάστοτε χειριστής του οργάνου οφείλει να επιλέξει, ανάλογα με το είδος των μετρήσεων του.

Ενδεικτικά, θα αναφέρουμε ορισμένα παραδείγματα. Για το ηχόμετρο της Casellacel, το εύρος των μετρήσεων του είναι ενιαίο, κυμαίνεται από 0 - 140 dB, ενώ η μέγιστη στάθμη αιχμής είναι 143,3 dB(C).

Για το ηχόμετρο της Bruel&Kjaer το εύρος μετρήσεων κυμαίνεται από 30-140 dB, αλλά δεν είναι ενιαίο και υποδιαιρείται σε τρία επιμέρους διαστήματα: (i) 30-100 dB, (ii) 50-120 dB, (iii) 70-140 dB, με μέγιστη μετρούμενη στάθμη αιχμής για κάθε διάστημα τα 103, 123 και 143 dB(C).

Για το ηχόμετρο της Pulsar το εύρος είναι ενιαίο και λαμβάνει τις ακόλουθες οριακές τιμές για το κάθε φίλτρο: (i) Φίλτρο A: 22 dBA - 137 dBA, (ii) Φίλτρο C: 23 dBC - 137 dBC και (iii) Φίλτρο Z: 27 dBZ - 137 dBZ. Η μέγιστη μετρούμενη στάθμης αιχμής είναι τα 140 dBC.

Μετρούμενα μεγέθη

Ανάμεσα στα διάφορα ηχόμετρα που κυκλοφορούν, παρατηρούνται ορισμένες διαφοροποιήσεις, σχετικά με τις παραμέτρους του ήχου που δύνανται να μετρήσουν. Η μέτρηση της ολικής στάθμης του ήχου αποτελεί θεμελιώδες μέγεθος και παρέχεται από όλα τα ηχόμετρα.

Από εκεί και πέρα, συναντούμε ηχόμετρα, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να αναλύουν την ολική στάθμη του ήχου σε επιμέρους στάθμες, οι οποίες έχουν μετρηθεί στις διάφορες ζώνες συχνοτήτων. Τα ηχόμετρα αυτά έχουν, δηλαδή, τη δυνατότητα, να προβαίνουν σε οκταβική και 1/3-οκταβική ανάλυση του ήχου και αποτελούν εξελιγμένα μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένων απαιτήσεων μετρήσεις και είναι, επομένως, και ακριβότερα από τα υπόλοιπα. Υπάρχουν ηχόμετρα, τα οποία μπορούν να προβαίνουν μόνο σε οκταβική ανάλυση (πέρα από τη μέτρηση της ολικής στάθμης) και άλλα ηχόμετρα (τα ακριβότερα μοντέλα) τα οποία έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν και οκταβική και 1/3-οκταβική ανάλυση του ήχου.

Το συνολικό εύρος των συχνοτήτων για την οκταβική ανάλυση είναι μεταβλητό και διαφοροποιείται από ηχόμετρο σε ηχόμετρο. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων το εύρος αυτό κυμαίνεται από 31 Hz έως και 16 KHz. Μπορούμε να συναντήσουμε και ηχόμετρα, όμως, το εύρος συχνοτήτων των οποίων να ξεκινάει από τα 16 Hz και να φτάνει έως και τα 20 KHz.

Αντίστοιχα ισχύουν και για την 1/3-οκταβική ανάλυση. Το συνολικό εύρος των συχνοτήτων μπορεί να κυμαίνεται από 10 Hz έως και 20 KHz. Στην 1/3-οκταβική ανάλυση το συνολικό εύρος συχνοτήτων διαιρείται σε περισσότερες και μικρότερου εύρους η καθεμία, επιμέρους ζώνες συχνοτήτων, σε σύγκριση με την οκταβική ανάλυση.

Οι κεντρικές συχνότητες των ζωνών, σε Hz, για την οκταβική ανάλυση είναι οι ακόλουθες: 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000...

Οι κεντρικές συχνότητες των ζωνών, σε Hz, για την 1/3-οκταβική ανάλυση είναι οι ακόλουθες: 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000...

Ενδεικτικά, θα αναφερθούμε στις δυνατότητες ορισμένων εκ των ηχομέτρων, που παρουσιάσαμε προηγουμένως, ως προς τα παραπάνω. Συγκεκριμένα, το ηχόμετρο της Casellacel έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει τόσο οκταβική, όσο και 1/3-οκταβική ανάλυση του ήχου. Το συνολικό εύρος των συχνοτήτων για την οκταβική ανάλυση κυμαίνεται από 16 Hz έως 16 KHz, ενώ για την 1/3-οκταβική ανάλυση κυμαίνεται από 12,5 Hz έως 20 KHz.

Το μοντέλο (Pulsar 30) της Pulsar έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει μόνον οκταβική ανάλυση (και όχι 1/3-οκταβική). Το συνολικό εύρος των συχνοτήτων για την οκταβική ανάλυση κυμαίνεται από 31,5Hz έως 16KHz. Αντιθέτως, το πιο εξελιγμένο μοντέλο (Pulsar 33) μπορεί να προβεί, επιπλέον, και σε 1/3-οκταβική ανάλυση με το συνολικό εύρος συχνοτήτων να κυμαίνεται από 20 Hz έως 10 KHz.

Το μοντέλο της Bruel&Kjaer είναι πιο απλό μοντέλο σε σχέση με τα προαναφερθέντα και δεν έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει ούτε οκταβική ούτε 1/3-οκταβική ανάλυση του ήχου.

Όλα τα ηχόμετρα, σε γενικές γραμμές, μπορούν να παρέχουν μετρήσεις των ακόλουθων, βασικών παραμέτρων του ήχου:

LAeq, LReq, LZeq : Ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης με χρήση φίλτρου A, C και Z (dB(A), dB(C), dB(Z), αντίστοιχα και ανάλογα με τα φίλτρα που διαθέτει το κάθε ηχόμετρο).

LAmx, LCmx, LZmx: Μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης με χρήση φίλτρου A, C και Z, αντίστοιχα.

LAmin, LCmin, LZmin: Ελάχιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης με χρήση φίλτρου A, C και Z, αντίστοιχα.

Lpk: Αιχμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας μέτρησης. Η μέτρησή της προκύπτει με χρήση φίλτρου C ή Z (LCpk ή LZpk, αντίστοιχα). Η μετρούμενη στάθμη αιχμής μπορεί να είναι κατά πολλά dB υψηλότερη σε μια μέτρηση από τη μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου L_{Amax} για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης αυτής.

Τα πιο εξελιγμένα ηχώμετρα είναι σε θέση, να υπολογίσουν, επιπλέον, διάφορους ποσοστομοριακούς (στατιστικούς) δείκτες L_N, όπου N = 0,1 % - 99,9 %. Οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι οι L₁, L₅, L₁₀, L₅₀, L₉₀, L₉₅ και L₉₉.

3.3.3 ΣΥΝΕΡΓΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Πέρα από το ηχώμετρο, το οποίο αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για μια μέτρηση, υφίστανται και άλλα σύνεργα, τα οποία είναι αναγκαία, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, για την επιτυχημένη έκβαση των μετρήσεων θορύβου. Τα παρελκόμενα αυτά σύνεργα είναι τα ακόλουθα:

Ακουστικός καλιμπραριστής (acoustical calibrator): Όπως τα ηχώμετρα, έτσι και τα όργανα αυτά διακρίνονται σε «κλάσης 1» και «κλάσης 2». Είναι όργανα απαραίτητα, προκειμένου το ηχώμετρο να καλιμπραριστεί τόσο πριν όσο και μετά από κάθε μέτρηση, ώστε να διασφαλιστεί, ότι η μέτρηση αυτή είναι κατά το δυνατόν πιο ακριβής. Το εν λόγω όργανο μπορεί να καλιμπράρει ένα ηχώμετρο σε διάφορες στάθμες θορύβου, οι οποίες καθορίζονται από τον κάθε κατασκευαστή. Συνήθεις στάθμες του ήχου του καλιμπραρίσματος είναι στα 94 dB, 104 dB και 114 dB, ενώ η συχνότητα του εκπεμπόμενου ήχου τους είναι στο 1 KHz. Εικόνα από τη διαδικασία καλιμπραρίσματος ενός ηχώμετρου, καθώς και εικόνα ενός οργάνου καλιμπραρίσματος παρουσιάζονται παρακάτω.



Διαδικασία καλιμπραρίσματος του ηχώμετρου(αριστερά) και όργανο καλιμπραρίσματος(δεξιά).

Προστατευτικό κάλυμμα ανέμου: Χρησιμοποιείται καλύπτοντας το μικρόφωνο του ηχώμετρου, προκειμένου να μειώσει το θόρυβο, που προκαλείται από τον άνεμο και

ο οποίος μπορεί να επιφέρει αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές των μετρούμενων πηγών θορύβου. Τα καλύμματα αυτά έχουν τη μορφή σπόγγου.

Βαλίτσα μεταφοράς: Είναι απαραίτητη για τη μεταφορά του ηχόμετρου και των υπόλοιπων οργάνων με ασφάλεια, μειώνοντας σε σημαντικό βαθμό τις πιθανότητες πρόκλησης φθορών στον εξοπλισμό κατά τη μεταφορά του. Εσωτερικά, είναι επενδυμένες με ειδική μόνωση, ώστε να απορροφούνται οι κραδασμοί από τυχόν προσκρούσεις της βαλίτσας.

Τρίποδας στήριξης: Είναι απαραίτητος για τη στήριξη του ηχόμετρου κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Το ύψος τοποθέτησης του ηχόμετρου πάνω στον τρίποδα καθορίζεται από τις ανάγκες των μετρήσεων.

Εγχειρίδια χειρισμού: Παρέχει όλες τις αναγκαίες οδηγίες για τη λειτουργία του οργάνου.

Λογισμικό πρόγραμμα: Συνοδεύει κάθε ηχόμετρο και παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς των μετρήσεων του ηχόμετρου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για πιο άνετη επεξεργασία τους.

Μπαταρίες: Αναγκαίες για τη λειτουργία τόσο του ηχόμετρου, κυρίως σε μετρήσεις στην ύπαιθρο, όσο και του οργάνου καλιμπραρίσματος.

3.3.4 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΧΟΜΕΤΡΩΝ

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των ηχομέτρων, στα οποία θα αναφερθούμε, επιγραμματικά, είναι οι διαστάσεις και το βάρος τους. Τόσο οι διαστάσεις όσο και το βάρος τους είναι μικρό και για το λόγο αυτό, καθίσταται ιδιαίτερα εύκολη η χρήση και η μεταφορά τους. Θα παρουσιάσουμε, εν συντομία, τα χαρακτηριστικά αυτά ορισμένων εκ των ηχομέτρων, που παρουσιάσαμε πιο πάνω.

Για το ηχόμετρο της εταιρείας Pulsar οι διαστάσεις του είναι: μήκος 34,1 cm, πλάτος 8,2 cm και πάχος 2 cm. Το βάρος του είναι 543 γραμμάρια, χωρίς τις μπαταρίες του.

Για το ηχόμετρο της εταιρείας Cirrus Research οι διαστάσεις του είναι: μήκος 22,5 cm, πλάτος 7,5 cm και πάχος 2,5 cm. Το βάρος του είναι 410 γραμμάρια, μαζί με τις μπαταρίες του.

3.3.5 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Σύμφωνα με τους κατασκευαστές των ηχομέτρων, παρέχονται ορισμένες προδιαγραφές, αναφορικά με τη λειτουργία των οργάνων ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες και, κυρίως, τη θερμοκρασία και την υγρασία.

Για την πλειοψηφία των ηχομέτρων, οι κατασκευαστές τους ορίζουν, ως θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας τους, το διάστημα από -10°C έως $+50^{\circ}\text{C}$. Όσον αφορά τις συνιστώμενες τιμές της σχετικής υγρασίας, αυτές κυμαίνονται, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, από 30 % έως και 90 ή 95 %.

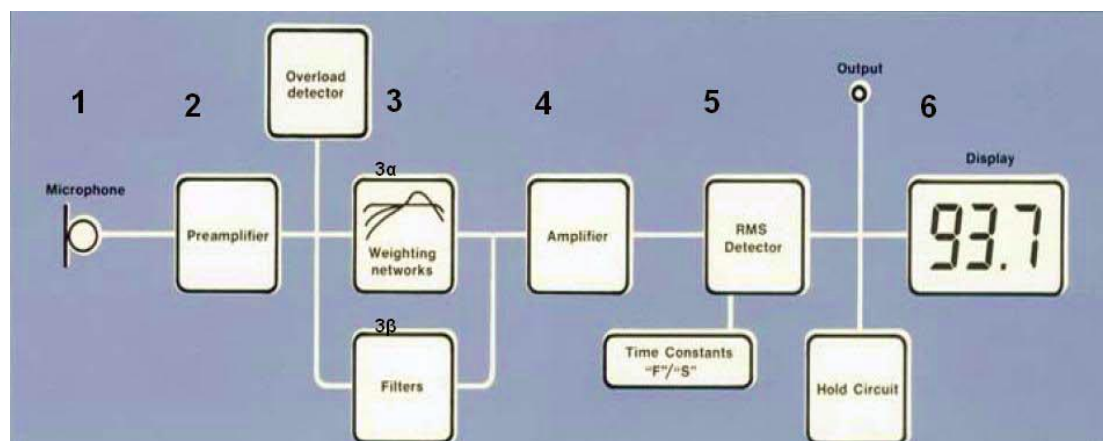
3.3.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι κυριότερες εφαρμογές, για τις οποίες προορίζεται η χρήση των ηχομέτρων, είναι οι ακόλουθες:

- Μέτρηση του θορύβου από τα μέσα μεταφοράς (κυκλοφοριακός, σιδηροδρομικός, αεροπορικός θόρυβος)
- Μέτρηση βιομηχανικού θορύβου
- Μέτρηση του θορύβου στο χώρο της εργασίας για την προστασία της υγείας (ακοής) των εργαζομένων
- Μελέτες ηχομόνωσης για διάφορες κατηγορίες κατασκευών
- Μέτρηση των εκπομπών θορύβου από διάφορα μηχανήματα
- Μέτρηση περιβαλλοντικού θορύβου

3.3.7 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Τα ηχώμετρα λειτουργούν βασισμένα στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα λειτουργίας ηχομέτρου

Ο ήχος που φτάνει στο μικρόφωνο μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα (1). Το σήμα αυτό όμως είναι μικρό και για να αξιοποιηθεί προενισχύεται (2). Έπειτα, περνά από ένα δίκτυο φίλτρων A ή C (A/C weighting) τα οποία του δίνει συγκεκριμένη ευαισθησία σε κάθε συχνότητα (3α). Στο στάδιο 3β το σήμα φιλτράρεται ώστε να παραμείνουν μόνο οι ακουστές συχνότητες (20Hz – 20kHz). Σε περίπτωση που επιθυμούμε να γίνει φασματική ανάλυση, το σήμα διαιρείται σε ζώνες συχνοτήτων, σε οκταβική ή 1/3οκταβική ανάλυση. Στη συνέχεια το σήμα ενισχύεται (4). Στο βήμα (5) υπολογίζεται η ενεργός (rms) τιμή του σήματος. Στο στάδιο αυτό, προσδιορίζεται και ο επιθυμητός χρόνος αντίδρασης του ηχομέτρου. Για πολύ ταχείες αλλαγές του αναλογικού σήματος επιλέγεται η γρήγορη αντίδραση (Fast (“F”)), με χρόνο αντίδρασης 25ms, ενώ για πιο ομαλή η αργή (Slow (“S”)), με χρόνο αντίδρασης 1sec. Υπάρχει και η επιλογή «I» (Impulse), με χρόνο αντίδρασης 35ms, για περιπτώσεις που ο μετρούμενος ήχος αποτελείται από μεμονωμένους χτύπους, η οποία όμως δε χρησιμοποιείται πολύ. Στο τελευταίο στάδιο έχουμε την απεικόνιση

του μετρούμενου μεγέθους σε dB. Η απεικόνιση αυτή γίνεται απευθείας μετά τον υπολογισμό της ενεργούς τιμής του σήματος. Σε περίπτωση που θέλουμε να εξετάσουμε τις μέγιστες τιμές που έγιναν κατά την καταγραφή μας έχουμε δύο επιλογές, την max ή την peak, μέσω του Hold Circuit. Η peak είναι η μέγιστη απόλυτη τιμή που καταγράφηκε σε μία μεμονωμένη χρονική στιγμή. Η max είναι η μέγιστη ενεργός τιμή που υπολογίσθηκε σε κάποιο μεμονωμένο χρονικό διάστημα.

3.4 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

Οι επιπτώσεις του θορύβου στον άνθρωπο είναι πολλαπλές. Ξεκινούν από έναν απλό εκνευρισμό ή δυσφορία και μπορούν να καταλήξουν σε μόνιμες βλάβες του οργανισμού. Οι κύριοι κίνδυνοι του θορύβου για την υγεία- όπως προσδιορίζονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας(WHO) το 2008- είναι οι εξής:

- Πόνος και ακροαστική κόπωση
- Ενόχληση
- Επιρροή στην κοινωνική συμπεριφορά(επιθετικότητα)
- Παρεμπόδιση της επικοινωνίας μέσω ομιλίας
- Διαταραχή του ύπνου με όλες τις επιβλαβείς συνέπειες σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση
- Καρδιοαγγειακές επιπτώσεις
- Ορμονικές αντιδράσεις και τις πιθανές τους συνέπειες στον ανθρώπινο μεταβολισμό και ανοσοποιητικό σύστημα
- Μειωμένη απόδοση στη δουλειά και το σχολείο

Η επίδραση του θορύβου σε ένα άτομο μπορεί να συγκριθεί με την ηλιοθεραπεία. Η συνετή έκθεση στον ήλιο δεν έχει ανεπιθύμητες επιδράσεις. Εντούτοις, η υπερβολική έκθεση σε ισχυρές ακτίνες καταλήγει σύντομα στην πρόκληση ηλιακών εγκαυμάτων. Η ίδια επίδραση παρατηρείται όταν το υποκείμενο εκτίθεται σε ασθενείς ακτίνες για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, λόγω της ποσότητας της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται το δέρμα. Παρόμοια είναι η περίπτωση της έκθεσης στο θόρυβο. Ακόμη και η πιο σύντομη έκθεση σε θόρυβο υψηλής στάθμης ηχητικής πίεσης συνεπάγεται ακουστική βλάβη, ενώ παρόμοια αποτελέσματα έχει και η έκθεση σε χαμηλά επίπεδα θορύβου για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Εκτός όμως των συνεπειών επί της ακουστικής ικανότητας, αναφέρονται και πολλές άλλες, και μάλιστα υπάρχουν σημαντικές μελέτες που αφορούν τις διαπροσωπικές σχέσεις των ανθρώπων. Πειραματική μελέτη διεξήχθη από το Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο στην ισόγεια στάθμη της λεωφόρου Αλεξάνδρας, της λεωφόρου Κηφισίας και σε κεντρική λεωφόρο του δήμου Ζωγράφου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ενόχληση από τον αστικό θόρυβο δεν αντιστοιχεί σε μονοδιάστατη εμπειρία, αλλά γίνεται αισθητή μέσα από ένα μικρό αριθμό ανεξάρτητων ψυχολογικών επιρροών. Τέτοιες επιρροές ήταν: επιρροή στην κοινωνική συμπεριφορά(ομιλητικότητα, κοινωνικότητα, διαπροσωπικές σχέσεις), επιρροή στο βαθμό αφύπνισης(προκαλεί υπνηλία, κατευνάζει), επιρροή στην καθημερινότητα. Τα ανωτέρω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι «υπάρχουν ψυχολογικές επιπτώσεις του αστικού θορύβου που είναι κοινές για ένα ευρύ φάσμα του αστικού πληθυσμού». (Σωτηροπούλου κ.ά., 2008). Περισσότερο ευπαθή στις υψηλές στάθμες θορύβου

θεωρούνται ορισμένα μέρη του πληθυσμού όπως τα παιδιά, αυτοί που πάσχουν από υπέρταση ή που έχουν ψυχικά προβλήματα.

Για την αξιολόγηση της βλαπτικής επίδρασης του θορύβου σε ένα άτομο (πρότυπο ISO 1999:1990) χρησιμοποιείται ένα μέγεθος που ονομάζεται Α-σταθμισμένη ηχητική έκθεση (EA,8h). Η βλαπτική επίδραση του θορύβου στην ακοή εξαρτάται από την ποσότητα της ηχητικής ενέργειας που απορροφάται από τα αυτιά ενός ατόμου και ως εκ τούτου αποτελεί συνάρτηση παραμέτρων όπως η στάθμη της ηχητικής πίεσης του θορύβου και η διάρκεια της έκθεσης.

Το επίπεδο έκθεσης, εκφρασμένο σε ντεσιμπέλ (LEX, 8h), χρησιμοποιείται αρκετά συχνά αντί της έκθεσης στο θόρυβο (EA, 8h). Η οδηγία 2003/10/ΕΚ17 (Οδηγία 2003/10/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6ης Φεβρουαρίου 2003, περί των ελαχίστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας για την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος)) ορίζει τα ακόλουθα επίπεδα έκθεσης στο θόρυβο: Ημερήσιο επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο (LEX, 8h) (dBA ως προς τα 20 μPa): χρονικά σταθμισμένος μέσος όρος των επιπέδων έκθεσης στο θόρυβο για ονομαστική εργάσιμη ημέρα 8 ωρών όπως καθορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 1999:1990.

3.5 ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ-ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

3.5.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Επειδή οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι πολλές και πολύμορφες, το θόρυβο που παράγουν αυτές τον ονομάζουμε περιβαλλοντικό. Πιο συγκεκριμένα, περιβαλλοντικός θόρυβος είναι το σύνολο των ανεπιθύμητων και επιβλαβών θορύβων που διαχέονται στο περιβάλλον από τις ηχητικές εκπομπές που προέρχονται από τις πάσης φύσεως ανθρώπινες δραστηριότητες. Το 1999 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ορίζει ως περιβαλλοντικό θόρυβο αυτόν που προέρχεται από τις οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές όπως επίσης και από την γειτονιά (WHO 1999).

Σύμφωνα, λοιπόν, με την έκθεση του εθνικού κέντρου περιβάλλοντος και αειφόρου ανάπτυξης(ΕΚΠΑΑ) του 2008, ο περιβαλλοντικός θόρυβος διακρίνεται σε τρεις βασικούς τομείς:

- Θόρυβος από μηχανολογικές εγκαταστάσεις κάθε μορφής, σταθερές ή κινητές
- Θόρυβος από τα μέσα μαζικής μεταφοράς
- Αστικός θόρυβος

3.5.2 ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

Με τον όρο μηχανολογικός θόρυβος εννοούμε τον παραγόμενο θόρυβο από τη χρήση και λειτουργία των πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων, σταθερών και κινητών. Επίσης, διακρίνεται σε:

- Μηχανολογικό θόρυβο σταθερών πηγών εκπομπής, όπου περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως μηχανήματα που βρίσκονται σε βιομηχανίες, βιοτεχνίες, επαγγελματικά εργαστήρια(ξυλουργεία, τυπογραφεία, κ.α.), καθώς και τα μηχανήματα που λειτουργούν σε καταστήματα υγειονομικού χαρακτήρα(αρτοποιεία, super market, νοσοκομεία, ιατρικά κέντρα), τα κλιματιστικά μηχανήματα, τα συνεργεία οχημάτων. Βασική νομοθεσία ελέγχου των επιπέδων αυτών, είναι τα όρια θορύβου που προβλέπει το Π.Δ. 1180/81 (παρατίθεται παρακάτω).
- Μηχανολογικό θόρυβο κινητών πηγών εκπομπής, που περιλαμβάνει μηχανήματα των πάσης φύσεως εργοταξίων

Τα επίπεδα θορύβου που εκπέμπουν κατά τη λειτουργία τους τα ανωτέρω μηχανήματα είναι συνήθως πολύ υψηλά. Ο έλεγχος θορύβου αυτών δεν μπορεί να υπαχθεί στις διατάξεις του παρακάτω Π.Δ., διότι τα επίπεδα εκπομπής θορύβου αυτών με τα όρια θορύβου που ορίζει το Π.Δ. διαφέρουν κατά μέσο όρο 50dBA. Είναι δύσκολο να απαιτήσει κανείς λήψη ηχομονωτικών μέτρων σε κινητές πηγές θορύβου της τάξης των 50 dBA.

Οι περιπτώσεις αυτές πρέπει να ελέγχονται κατά περίπτωση. Πρέπει να εξετάζεται το είδος της δραστηριότητας του έργου, το πλήθος των πηγών, ο χώρος εκτέλεσης των εργασιών, η διάρκεια του έργου. Μερικοί από τους περιοριστικούς όρους που μπορούν να τεθούν είναι: χρήση κινητών ηχοπετασμάτων, περιορισμός του χρόνου λειτουργίας των μηχανημάτων. Βασική νομοθεσία ελέγχου των ορίων του θορύβου αυτού είναι τα όρια που προβλέπονται από το Π.Δ.1180/81. Παρακάτω παρουσιάζουμε περιληπτικά μέρος αυτού.

Π.Δ. 1180/81 (ΦΕΚ 293/Α/6-10-1981)-ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΑ ΟΡΙΑ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ

«Έργα και δραστηριότητες που προκαλούν θόρυβο είναι ιδίως: βιομηχανικές και βιοτεχνικές, λατομικές ή μεταλλευτικές δραστηριότητες, εργοτάξια, εργαστήρια, κάθε είδους μηχανολογικές εγκαταστάσεις, αθλητικοί χώροι, κέντρα διασκέδασης, θέατρα, κινηματογράφοι και χώροι ψυχαγωγίας.

Με κοινή απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού μπορεί να επιβάλλονται περιορισμοί και μέτρα προστασίας στα έργα και στις δραστηριότητες της προηγούμενης παραγράφου, που περιλαμβάνουν ιδίως : οριακή τιμή στάθμης θορύβου στο περιβάλλον που επηρεάζεται από τα έργα ή στις δραστηριότητες, τρόπο μέτρησής του, τεχνικά μέτρα μείωσης ήχου και δονήσεων, μεθόδους μέτρησης της απόδοσής τους, ωράρια λειτουργίας και εγκατάστασης οργάνων παρακολούθησης της στάθμης θορύβου και ελάχιστες αποστάσεις από κατοικίες ή χώρους συνάθροισης κοινού. Με κοινή απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού, ύστερα από εισήγηση της τοπικής αυτοδιοίκησης ή της αρμόδιας υπηρεσίας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και γνώμη του νομαρχιακού συμβουλίου, είναι δυνατό να ορίζονται αντιθορυβικές ζώνες γύρω από υφιστάμενες ή νέες περιοχές βιομηχανικών εγκαταστάσεων, γύρω ή κατά μήκος χώρων όπου κινούνται μέσα μεταφοράς ιδίως δρόμων, λιανικών, αεροδρομίων, γύρω από αρχαιολογικούς χώρους ή ιστορικούς χώρους και τοπία ή γύρω από αρχαιολογικούς χώρους ή ιστορικούς χώρους και τοπία ή γύρω από χώρους κατοικίας, ανάπαυσης, νοσηλείας, εκπαίδευσης και πολιτιστικών εκδηλώσεων»

Έτσι, λοιπόν, τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια θορύβου παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Περιοχή	Ανώτατο όριο θορύβου dB(A)
Νομοθετημένες βιομηχανικές περιοχές	70
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο	65

Περιοχές στις οποίες επικρατεί εξ ίσου το βιομηχανικό και το αστικό στοιχείο	55
<u>Περιοχές στις οποίες επικρατεί το αστικό στοιχείο</u>	<u>50</u>

Σημειώνεται ότι το επιτρεπόμενο όριο μετράται στο όριο του γηπέδου στο οποίο λειτουργεί το εργοτάξιο.

Για τις εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε επαφή με κατοικημένα κτήρια, το ανώτατο όριο καθορίζεται σε 45 dB(A), ανεξαρτήτως της περιοχής που βρίσκεται η εγκατάσταση, μετρούμενο εντός του κατοικημένου κτίσματος με ανοιχτή πόρτα και παράθυρα.

3.5.3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Με τον όρο κυκλοφοριακός θόρυβος εννοούμε το θόρυβο που προέρχεται από την κυκλοφορία των μέσων μεταφοράς. Τα όρια καθορίζονται σύμφωνα με την ΚΥΑ οικ. 17252 (ΦΕΚ 395/Β/19.6.1992) για το:

- δείκτη L_{eq} (8-20 ωρ.) τα 67 dB(A),
- δείκτη L_{10} (18ωρ) τα 70 dB(A).

Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ειδική ακουστική προστασία, όπως σχολεία, νοσοκομεία, χώροι κοινωνικών εκδηλώσεων και συναφή, τα παραπάνω ανώτατα επιτρεπόμενα όρια και οι κατά περίπτωση περιβαλλοντικοί όροι που πρέπει να εγκριθούν σύμφωνα με την ΚΥΑ 69269/5387 ΦΕΚ 678/Β/25-10-90, δύνανται να μειώνονται κατά 5-10dBA.

3.5.4 ΤΟΜΕΑΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

3.5.4.1 Η ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Α5/3010/85 ΦΕΚ 593/Β/2-10-85

Ως αστικό θόρυβο εννοούμε το θόρυβο που παράγεται από τις κοινωνικές εκδηλώσεις των πολιτών. Συνηθισμένες πηγές αστικού θορύβου είναι οι εγκαταστάσεις αναψυχής και διασκέδασης, διάφορα αθλητικά γεγονότα, παιδικές χαρές και πάρκα. Σε αυτή την κατηγορία μπορούμε να εντάξουμε και το θόρυβο που προκαλείται στα σχολικά προαύλια από τα παιδιά- μαθητές. Ο αστικός θόρυβος αποτελεί ένα πρόβλημα που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί άμεσα με νομοθετικά μέτρα, καθώς αφορά περισσότερο την ευαισθητοποίηση του κοινού και την παιδεία του. Για την αντιμετώπιση αυτού υπάρχουν αστυνομικές διατάξεις περί τήρησης ωρών κοινής ησυχίας, οι οποίες περιορίζουν το φαινόμενο. Πιο συγκεκριμένα, η ΥΑ 1023/2/37/12-01-1996 (ΦΕΚ 15/τ.Β) περί μέτρων για την τήρηση της κοινής ησυχίας καθορίζει στο άρθρο 1 τις ώρες μεσημβρινής και νυκτερινής ησυχίας ξεχωριστά για τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο. Η θερινή περίοδος αντιστοιχεί στο διάστημα 1 Απριλίου έως 30 Σεπτεμβρίου και η χειμερινή στους υπόλοιπους μήνες του έτους. Για τη θερινή περίοδο ώρες κοινής ησυχίας

είναι 15.00 έως 17.30 και 23.00 έως 7.00, ενώ για τη χειμερινή περίοδο είναι 15.30 έως 17.30 και 22.00 έως 7.30 (παράγραφοι 1 και 2). Σύμφωνα με την τρίτη παράγραφο, κατά τη διάρκεια των ωρών κοινής ησυχίας απαγορεύονται οι εργασίες και άλλες δραστηριότητες που προκαλούν θόρυβο. Εξαιρούνται περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης και κυρίως περιπτώσεις που αφορούν σε εργασίες κοινής ωφέλειας.

Στην Ελλάδα μία από τις κυριότερες πηγές αστικού θορύβου και ηχορρύπανσης γενικότερα, αποτελούν οι εγκαταστάσεις αναψυχής και διασκέδασης. Σε αυτό συντελεί σε μεγάλο βαθμό και το μεσογειακό κλίμα που ευνοεί τις κατασκευές υπαίθριων χώρων διασκέδασης(όπως θέατρα, κινηματογράφους, γήπεδα, παιδικές χαρές, καφετέριες).

Μία από τις απαιτήσεις της νομοθετικής διάταξης για τις εγκαταστάσεις αναψυχής είναι ο θόρυβος να μην ξεπερνά το θόρυβο του χαρακτήρα της περιοχής, ανάλογα με το επιτρεπόμενο χαρακτήρα της περιοχής αυτής. Καθορίζονται, έτσι, Ζώνες Θορύβου Περιοχών σύμφωνα με την επικρατούσα δραστηριότητα σε αγροτικές, αστικές, βιομηχανικές και μικτές, ορίζοντας έτσι τα επιτρεπόμενα όρια εκπομπής θορύβου από τις εγκαταστάσεις αυτές ώστε να μην επιβαρύνεται η περιοχή. Περιγράφεται ομοιόμορφη διαδικασία μετρήσεων με τη χρήση ειδικών οργάνων, διόρθωση για την εξάλειψη της επίδρασης του θορύβου βάρους στο κλειστό χώρο-δωμάτιο λήψης και απαιτείται η σύνταξη σχετικού Φύλλου Υγειονομικού Ελέγχου Θορύβου με τα αναλυτικά στοιχεία του κέντρου καταστήματος, τα πλήρη στοιχεία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και την αιτία της μέτρησης(π.χ. αρχική άδεια ή έλεγχος για παράπονα). Τα όρια διαβαθμίζονται, λοιπόν, ως εξής:

- Περιοχές μόνο με κατοικίες(αστικές, προαστιακές, αγροτικές) και περιοχές ειδικής προστασίας(νοσοκομεία, γηροκομεία): 30dB(A)
- Περιοχές στις οποίες επικρατεί το αστικό στοιχείο αλλά υπάρχουν βιομηχανίες: 35 dB(A)
- Περιοχές στις οποίες επικρατεί εξίσου το βιομηχανικό και το αστικό στοιχείο: 40 dB(A)
- Περιοχές στις οποίες επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο αλλά υπάρχουν και κατοικίες: 45 dB(A)
- Περιοχές καθαρά βιομηχανικές, χωρίς κατοικίες: δεν υπάρχει όριο

Τέλος, χρήσιμες ενέργειες για την καταπολέμηση του αστικού θορύβου μπορεί να είναι η πληροφόρηση του κοινού με σαφή, ενιαίο και απλό τρόπο, η αλλαγή προτύπων και μεθόδων συμπεριφοράς καθώς και η ανάπτυξη και καλλιέργεια αντιθορυβικής συνείδησης.

Παρακάτω παραθέτουμε, συμπληρωματικά, το άρθρο 12 του κώδικα βασικής πολεοδομικής νομοθεσίας που αναφέρεται στην ηχοπροστασία και την ηχομόνωση.

3.5.4.2 ΚΩΔΙΚΑΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ

Άρθρο 12 για την ηχομόνωση και την ηχοπροστασία, κτιριοδομικός κανονισμός (ΦΕΚ 59/Δ/3-02-89)

Τα κτίρια πρέπει να σχεδιάζονται και κατασκευάζονται έτσι, ώστε να προστατεύονται οι ένοικοι από κάθε μορφής θορύβους μέσα στα όρια της κατοικίας, του τόπου εργασίας και διαμονής τους, όταν οι θόρυβοι προέρχονται από άλλους. Δηλαδή, να εξασφαλίζεται αποδεκτή ακουστική άνεση, λαμβάνοντας τα απαραίτητα μέτρα κτιριακής ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας. Η ακουστική άνεση ενός κτιρίου είναι η ικανότητά του να προστατεύει τους ενοίκους του από εξωγενείς θορύβους και να παρέχει ακουστικό περιβάλλον κατάλληλο για διαμονή ή για διάφορες δραστηριότητες. Η ακουστική άνεση ενός χώρου καθορίζεται από ένα σύνολο ηχητικών παραμέτρων, που αφορούν την ηχομόνωση και ηχοπροστασία του χώρου από: τον αερόφερτο ήχο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους, τον κτυπογενή ήχο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους, τον αερόφερτο ήχο που παράγεται από κοινόχρηστες ή ιδιωτικές εγκαταστάσεις του ίδιου κτιρίου, τον αερόφερτο ήχο που παράγεται από εξωτερικές πηγές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Παράμετροι ακουστικής άνεσης

ΕΙΔΟΣ ΗΧΟΜΟΝΩΣΗΣ - ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ				ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ			
	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ
ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΑΠΟ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΗΧΟ	Σταθμισμένος δείκτης ηχομείωσης	R_w	dB	461.1	Δείκτης ηχομείωσης	R	dB	370.3
	Σταθμισμένος φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης	R_w'	dB	461.1	Φαινόμενος δείκτης ηχομείωσης	R'	dB	370.4
ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΑΠΟ ΚΤΥΠΟΓΕΝΗ ΗΧΟ	Σταθμισμένη κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου	$L_{n,w}$	dB	461.2	Κανονικοποιημένη στάθμη ηχητικής πίεσης κτυπογενούς ήχου	L'_n	dB	370.7 370.8
ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΘΟΡΥΒΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ	Ωριαία ισοδύναμη A - ηχοστάθμη	$L_{Aeq,h}$	dB (A)	230	A- ηχοστάθμη	L_{pA}	dB (A)	230
ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΕΡΟΦΕΡΤΟ ΘΟΡΥΒΟ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	A- ηχοστάθμη	L_{pA}	dB (A)	229	A- ηχοστάθμη	L_{pA}	dB (A)	229

Κριτήρια ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας: Κατηγορία Α «υψηλή ακουστική άνεση»

Είδος κτιρίου	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης- Ηχομόνωση από χώρους κοινής χρήσης (παρ. 4.1)		Ηχομόνωση κατοικίας (διαμερίσματος) από άλλο χώρο κύριας χρήσης (παρ. 4.2)		Ηχοπροστασία από		Ηχομόνωση ανάμεσα στους χώρους της ίδιας κατοικίας	Ηχομόνωση κυρίου χώρου από χώρους εγκαταστάσεων	
	1	2	3	4	εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους εγκαταστάσεων		8	9
	R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	$L_{Aeq,h}$ dB (A)	$L_{p,A}$ dB (A)		R'_{w} dB	R'_{w} dB
Κατοικία Προσωρινή διαμονή	54	55	-	-	30	25	48	60	45
Γραφεία Εμπόριο	52	60	58	52	35	30	-	55	55
Εκπαίδευση	57	58	58	52	30	25	-	60	45
Υγεία	57	55	58	52	30	25	-	60	45
Συνάθροιση					(25)	(25)	-	(65)	(40)
Βιομηχανία									

Κριτήρια ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας: Κατηγορία Β «κανονική ακουστική άνεση»

Είδος κτιρίου	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης- Ηχομόνωση από χώρους κοινής χρήσης (παρ. 4.1)		Ηχομόνωση κατοικίας (διαμερίσματος) από άλλο χώρο κύριας χρήσης (παρ. 4.2)		Ηχοπροστασία από		Ηχομόνωση ανάμεσα στους χώρους της ίδιας κατοικίας	Ηχομόνωση κυρίου χώρου από χώρους εγκαταστάσεων	
	1	2	3	4	εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους εγκαταστάσεων		8	9
	R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	$L_{Aeq,h}$ dB (A)	$L_{p,A}$ dB (A)		R'_{w} dB	R'_{w} dB
Κατοικία Προσωρινή διαμονή	50	60	-	-	35	30	42	55	50
Γραφεία Εμπόριο	40	65	52	55	40	35	-	53	60
Εκπαίδευση	50	65	55	55	35	30	-	55	50
Υγεία	50	60	55	55	30	30	-	55	50
Συνάθροιση					(25)	(25)	-	(62)	(45)
Βιομηχανία									

Ωστόσο, δεν είναι υποχρεωτική η κατάθεση μελέτης ηχομόνωσης σε ανεγειρόμενες ή επισκευαζόμενες οικοδομές και επί της ουσίας, δεν υπάρχει υποχρέωση συμμόρφωσης στις απαιτήσεις του άρθρου 12. Συμπληρωματικά στις διατάξεις του άρθρου 12 του κτιριοδομικού κανονισμού λειτουργούν και οι διατάξεις κατά DIN 4109.

3.6 ΔΙΕΘΝΗ ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

3.6.1 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΥΓΕΙΑΣ

Ο Π.Ο.Υ(παγκόσμιος οργανισμός υγείας) είναι ένας οργανισμός που ασχολείται με την προστασία της υγείας του ανθρώπου, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος για την διαιώνιση της ζωής στον πλανήτη μας. Συνεργάζεται με όλα τα κράτη και τις Κυβερνήσεις. Σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές για την ένταση του θορύβου σε κάποιους περιβάλλοντες χώρους σε σχέση με τις επιπτώσεις στην υγεία δίνονται στον παρακάτω πίνακα(WHO, 2008):

Table 4.1: Guideline values for community noise in specific environments.

Specific environment	Critical health effect(s)	LAeq [dB]	Time base [hours]	LAmaz, fast [dB]
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening	55	16	-
	Moderate annoyance, daytime and evening	50	16	-
Dwelling, indoors	Speech intelligibility and moderate annoyance, daytime and evening	35	16	
Inside bedrooms	Sleep disturbance, night-time	30	8	45
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open (outdoor values)	45	8	60
School class rooms and pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	during class	-
Pre-school Bedrooms, indoors	Sleep disturbance	30	sleeping-time	45
School, playground outdoor	Annoyance (external source)	55	during play	-
Hospital, ward rooms, indoors	Sleep disturbance, night-time	30	8	40
	Sleep disturbance, daytime and evenings	30	16	-
Hospitals, treatment rooms, indoors	Interference with rest and recovery	#1		
Industrial, commercial, shopping and traffic areas, indoors and Outdoors	Hearing impairment	70	24	110
Ceremonies, festivals and entertainment events	Hearing impairment (patrons:<5 times/year)	100	4	110
Public addresses, indoors and outdoors	Hearing impairment	85	1	110
Music through headphones/ Earphones	Hearing impairment (free-field value)	85 #4	1	110
Impulse sounds from toys, fireworks and firearms	Hearing impairment (adults)	-	-	140 #2
	Hearing impairment (children)	-	-	120 #2
Outdoors in parkland and conservation areas	Disruption of tranquillity	#3		

#1: as low as possible;

#2: peak sound pressure (not LAmaz, fast), measured 100 mm from the ear;

#3: existing quiet outdoor areas should be preserved and the ratio of intruding noise to natural background sound should be kept low;

#4: under headphones, adapted to free-field values

3.6.2 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΞΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ

Η προστασία του περιβάλλοντος δεν συνιστούσε αρχικά αντικείμενο, πολιτική ή στόχο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Τα ζητήματα σχετικά με την περιβαλλοντική προστασία άρχισαν να απασχολούν την κοινότητα ήδη από τη δεκαετία του 1960. Το 1967 η πρώτη αναφορά σε ευρωπαϊκό νομοθετικό κείμενο για το περιβάλλον αφορά στην υιοθέτηση της οδηγίας για την κατάταξη και συσκευασία των επικίνδυνων αποβλήτων, το 1970 εξεδόθη η οδηγία για τις οριακές τιμές ηχητικών εκπομπών, το 1996 συντάσσεται η Πράσινη Βίβλος για το θόρυβο, το 2000 ορίζονται τα μέτρα θορύβου για τον εξοπλισμό των εξωτερικών χώρων (ΚΥΑ 37393/2028 ΦΕΚ 1418/Β/1-10-2003), ενώ το 2002 δημιουργείται η Οδηγία 2002/49 περί Αξιολόγησης και διαχείρισης περιβαλλοντικού θορύβου και η Οδηγία 2002/30 περί Περιορισμών λειτουργίας κοινοτικών αερολιμένων λόγω θορύβου (balanced approach) (στην πρώτη θα αναφερθούμε εκτενώς σε παρακάτω κεφάλαιο). Από εκείνο το σημείο και μετά ακολούθησαν αρκετές συμπληρωματικές οδηγίες, αποφάσεις και νόμοι προς βελτίωση των ήδη υπάρχοντων.

α) **Οδικός κυκλοφοριακός θόρυβος.** Οι πιο πολλές ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιούν τον δείκτη LAeq (ισοδύναμη στάθμη θορύβου), με εξαίρεση τη Μ. Βρετανία που χρησιμοποιεί τον L₁₀, αν και πλέον η Πολιτική Σχεδιασμού Οδηγιών (Planning Policy Guidance) προτείνει τον LAeq. Τα όρια εκπομπής θορύβου αφορούν γενικότερα συγκεκριμένες περιόδους κατά τη διάρκεια της μέρας και νύχτας. Κάποιες χώρες κάνουν χρήση τριών περιόδων (συμπεριλαμβανομένης και της απογευματινής), ενώ οι σκανδιναβικές χώρες προτιμούν μια 24ωρη περίοδο. Ο καθορισμός των περιόδων αυτών ποικίλει από χώρα σε χώρα. Τα όρια θορύβου εξαρτώνται επίσης και από την ευαισθησία των ζωνών που αναφέρονται, αν πρόκειται δηλαδή για νοσοκομεία, σχολεία, πυκνοκατοικημένες περιοχές, βιομηχανικές περιοχές ή και μικτές, η οποία διαφοροποιείται κάπως από χώρα σε χώρα.

β) **Σιδηροδρομικός θόρυβος.** Ο LAeq είναι και εδώ ο πλέον χρησιμοποιούμενος δείκτης, με εξαίρεση κάποιων χωρών που χρησιμοποιούν τον LA_{max}, ειδικά τη νύχτα ώστε να καθοριστούν οι επιπτώσεις του κατά τη διάρκεια του ύπνου. Όταν δημιουργούνται νέες γραμμές σε κατοικημένες περιοχές, τα όρια θορύβου στην πρόσοψη είναι από 62 -69dBA για τη μέρα και 53 – 62dBA για τη νύχτα.

γ) **Αεροπορικός θόρυβος.** Χώρες όπως η Μ. Βρετανία, Γερμανία, και Σουηδία, χρησιμοποιούν τον LAeq, ενώ κάποιες άλλες χώρες στρέφονται σε δείκτες που προσδίδουν διαφορετικά βάρη για τις διαφορετικές περιόδους της ημέρας για τις μετακινήσεις του αεροσκάφους και του επίπεδο θορύβου αιχμής κάθε διαδρόμου.

δ) **Βιομηχανικός θόρυβος.** Όλα τα βιομηχανικά κράτη προσδιορίζουν όρια θορύβου όταν κατασκευάζονται βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Και πάλι ο δείκτης που χρησιμοποιείται είναι ο LAeq, που αναφέρεται τόσο στην ημέρα (06:00 – 22:00), όσο και στη νύχτα (22:00 – 06:00), ενώ κάποιες φορές αναφέρεται και στο απόγευμα (18:00 – 22:00). Οι τιμές του, εξαρτώνται και σε αυτήν την κατηγορία από την ευαισθησία των ζωνών που αναφέρονται, ενδεικτικά, οι τιμές είναι γενικά 50 - 55dBA την ημέρα και 40 – 45dBA τη νύχτα.

Limits for Road Traffic Noise				
Country	Index	Day Limit	Rest Limit	Night Limit
Australia	$L_{10, 18\text{ h}}$	60		55
Austria	L_{Aeq}	50–55		40–45
Canada	L_{Aeq}	5		50
Denmark	$L_{Aeq, 24\text{ h}}$	55		
France	L_{Aeq}	60–65		55–57
Germany	L_r	50–55		40–45
Netherlands	L_{Aeq}	50	45	40
Spain	L_{Aeq}	60		50
Sweden	$L_{Aeq, 24\text{ h}}$	55		
Switzerland	L_r	55		45
UK	L_{Aeq}	55		42

Επιτρεπτές στάθμες οδικού θορύβου σε διάφορες χώρες

3.6.3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΑΠΟ ΤΗ CEQR(City Environmental Quality Review, New York) technical manual (για διάφορες χρήσεις γης).

Receptor Type	Time Period	Acceptable General External Exposure	Airport ³ Exposure	Marginally Acceptable General External Exposure	Airport ³ Exposure	Marginally Unacceptable General External Exposure	Airport ³ Exposure	Clearly Unacceptable General External Exposure	Airport ³ Exposure
1. Outdoor area requiring serenity and quiet ²		$L_{10} \leq 55$ dBA							
2. Hospital, nursing home		$L_{10} \leq 55$ dBA		$55 < L_{10} \leq 65$ dBA		$65 < L_{10} \leq 80$ dBA		$L_{10} > 80$ dBA	
3. Residence, residential hotel or motel	7 AM–10 PM	$L_{10} \leq 65$ dBA	$L_{dn} \leq 60$ dBA	$65 < L_{10} \leq 70$ dBA	$60 < L_{dn} \leq 65$ dBA	$70 < L_{10} \leq 80$ dBA	$70 < L_{dn}$	$L_{10} > 80$ dBA	$L_{dn} \leq 75$ dBA
	10 PM–7 AM	$L_{10} \leq 55$ dBA		$55 < L_{10} \leq 70$ dBA		$70 < L_{10} \leq 80$ dBA		$L_{10} > 80$ dBA	
4. School, museum, library, court, house of worship, transient hotel or motel, public meeting room, auditorium, out-patient public health facility		Same as Residential Day (7 AM–11 PM)		Same as Residential Day (7 AM–11 PM)		Same as Residential Day (7 AM–11 PM)	$(D) 65 < L_{dn} \leq 70$ dBA, (II) $70 < L_{dn}$	Same as Residential Day (7 AM–11 PM)	
5. Commercial or office		Same as Residential Day (7 AM–11 PM)		Same as Residential Day (7 AM–11 PM)		Same as Residential Day (7 AM–11 PM)		Same as Residential Day (7 AM–11 PM)	
6. Industrial, public areas only ⁴	Note 4	Note 4		Note 4		Note 4		Note 4	

Source: New York Department of Environmental Protection (adopted policy 1983).

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Η CEQR έχει θεσπίσει κανονισμούς και έχει ορίσει σχέδια εφαρμογής που πρέπει να τηρούνται στη Νέα Υόρκη σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος. Έτσι, και για την προστασία απέναντι στο θόρυβο έχει προσδιορίσει τους σχετικούς τεχνικούς όρους και την καταλληλότητα των διαφόρων τεχνικών αναλύσεων θορύβου. Στόχοι της είναι να προσδιορίσει και να μειώσει όσο το δυνατό περισσότερο σε κάθε εργασία τις πιθανές επιπτώσεις στα ασθενέστερα κομμάτια απέναντι στο θόρυβο. Στον παραπάνω πίνακα, λοιπόν, υπάρχει ο χαρακτηρισμός(αποδεκτός, οριακά αποδεκτός, οριακά μη αποδεκτός, ξεκάθαρα μη αποδεκτός) των διαφόρων επιπέδων θορύβου L_{10} για τις διάφορες χρήσεις γης(εξωτερικοί χώροι που

απαιτούν ησυχία, νοσοκομεία, κατοικίες-ξενοδοχεία, σχολεία, μουσεία, βιβλιοθήκη, γραφεία, εμπορικοί χώροι, βιομηχανικές περιοχές) και για τις ώρες κοινής ησυχίας ή μη.

Παράλληλα, η CEQR έχει ορίσει την προτεινόμενη μείωση του θορύβου, βασισμένη στο δείκτη L_{10} του εξωτερικού θορύβου για τα κτίρια, προκειμένου να διατηρηθούν στο εσωτερικό χώρο των κτιρίων επίπεδα θορύβου των 45 dBA ή και χαμηλότερα για κατοικίες, ξενοδοχεία και σχολεία. Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις κατάλληλες μειώσεις.

Required Attenuation Values to Achieve Acceptable Interior Noise Levels						
	Marginally Acceptable	Marginally Unacceptable		Clearly Unacceptable		
Noise Level With Proposed Action	$65 < L_{10} \leq 70$	$70 < L_{10} \leq 75$	$75 < L_{10} \leq 80$	$80 < L_{10} \leq 85$	$85 < L_{10} \leq 90$	$90 < L_{10} \leq 95$
Attenuation*	25 dB(A)	(I) 30 dB(A)	(II) 35 dB(A)	(I) 40 dB(A)	(II) 45 dB(A)	(III) 50 dB(A)
Note:	* The above composite window-wall attenuation values are for residential dwellings. Commercial office spaces and meeting rooms would be 5 dB(A) less in each category. All the above categories require a closed window situation and hence an alternate means of ventilation.					
Source:	New York City Department of Environmental Protection					

3.7 ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

3.7.1 Η ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

Σύμφωνα με στοιχεία του « Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας» 140 εκατομμύρια άνθρωποι στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες συμβιώνουν με ανυπόφορους θορύβους και άλλα 110 εκατομμύρια αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα στην εργασία και στον ύπνο τους, συμπεριλαμβανομένων και των κατοίκων των μεγαλύτερων πόλεων της Ελλάδας. Επιπλέον, 170 εκατομμύρια άνθρωποι κατοικούν σε περιοχές με επίπεδα θορύβου που προκαλούν έντονη ενόχληση σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Παράλληλα, από πρώτες εκτιμήσεις της ΕΕ (με βάση τον πρώτο κύκλο χαρτογράφησης του θορύβου) αποκαλύπτεται ότι 40.000.000 άτομα εκτίθενται τη νύχτα σε θόρυβο άνω των 50dB λόγω της οδικής κυκλοφορίας στα πολεοδομικά συγκροτήματα, στάθμη θορύβου μη αποδεκτή και με άμεσο κίνδυνο δυσάρεστων επιπτώσεων στην υγεία τους. Η Θεσσαλονίκη, η Πάτρα, το Ηράκλειο και η Λαμία συγκαταλέγονται στις πιο θορυβώδεις πόλεις της Ευρώπης, ενώ η Αθήνα είναι φυσικά ο «μεγάλος ασθενής» της ηχορύπανσης, μιας και εκεί είναι συγκεντρωμένο το 40% του πληθυσμού, το 35% της βιομηχανικής και βιοτεχνικής δραστηριότητας και το 70% των υπηρεσιών της Ελλάδας (ΥΠΕΧΩΔΕ 2008). Με όριο κινδύνου τα 70 dB, τρία εκατομμύρια κάτοικοι του λεκανοπεδίου εκτίθενται σε θορύβους έντασης 75 dB κατά μέσο όρο, ενώ τα κεντρικότερα σημεία ο θόρυβος ξεπερνά τα 100 dB. Σε μελέτη του Εργατοϋπαλληλικού Κέντρου Αθήνας (ΕΚΑ) στη βάση δημοσκοπήσης που διεξήγαγε η V-PRC, σε δείγμα 2800 εργαζομένων που κατοικούν στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, στην κατηγορία των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν στην περιοχή της κατοικίας τους, ο θόρυβος είναι το πρώτο σε ένταση πρόβλημα με ποσοστό 67,8%. Ο θόρυβος από την οδική κυκλοφορία θεωρείται ως η πλέον ενοχλητική πηγή θορύβου για τον αστικό πληθυσμό. Η κατάσταση αυτή οφείλεται σε ένα μεγάλο μέρος από την κυκλοφορία των δικύκλων. Το ΥΠΕΧΩΔΕ από το 1997, έχει εκδώσει 29 χάρτες κυκλοφοριακού θορύβου, από τους οποίους διαπιστώθηκε ότι μεγάλες κυκλοφοριακές αρτηρίες αρκετών πόλεων της Ελλάδας ή δήμων της Αττικής παρουσιάζουν αυξημένα επίπεδα θορύβου, κυρίως σε ώρες αιχμής (10.00 πμ ως 12.00 πμ). Το υψηλότερο επίπεδο θορύβου που παρατηρήθηκε από την εκτέλεση ημερήσιων και νυκτερινών μετρήσεων σε 205 επιλεγμένα σημεία του εσωτερικού δακτυλίου της Αθήνας, ήταν 86 dBA για την ημέρα και 81 dBA για τη νύκτα. Ο μέσος όρος του ημερήσιου θορύβου στα ανωτέρω σημεία, είναι της τάξης των 70 dBA, ενώ του νυκτερινού είναι της τάξης των 65dBA.

3.7.2 Η ΣΥΝΔΙΑΣΚΕΨΗ ΤΗΣ ΚΟΠΕΓΧΑΓΗΣ

Η συνδιάσκεψη της Κοπεγχάγης αποτέλεσε ένα σημαντικό γεγονός, σύμβολο της θέλησης να χαραχτεί μια κοινή στρατηγική. Στις 7 και 8 Σεπτεμβρίου 1998 πραγματοποιήθηκε στην Κοπεγχάγη η διεθνής συνδιάσκεψη για τη μελλοντική πολιτική θορύβου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Όπως είναι γνωστό στην Κοπεγχάγη έχει την έδρα της η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος.

Η συνδιάσκεψη οργανώθηκε από κοινού από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Δανίας και πραγματοποιήθηκε στους χώρους δύο σημαντικών κτιρίων της Κοπεγχάγης, στο κτίριο της Βουλής και στο παλιό Χρηματιστήριο. Στη συνδιάσκεψη προσκλήθηκαν να συμμετάσχουν περί τους 250 ειδικούς σε θέματα θορύβου από όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και από άλλες ενδιαφερόμενες χώρες και οργανισμούς, οι οποίοι αντιπροσώπευαν κρατικές υπηρεσίες, δημόσιους οργανισμούς, πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα, μη κυβερνητικούς οργανισμούς, και φυσικά τη βιομηχανία.

Σκοπός της συνδιάσκεψης ήταν να αποτελέσει την πρώτη διεθνή εκδήλωση που σηματοδοτεί τη θέληση της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αντιμετωπίσει συστηματικά το πρόβλημα του θορύβου. Κλειδί στην προσπάθεια αυτή αποτελεί η νέα προετοιμαζόμενη ντιρεκτίβα για το θόρυβο. Η πολιτική πλευρά της ντιρεκτίβας παρουσιάστηκε προκαταρκτικά και συζητήθηκε με τους συνέδρους, εντοπίστηκαν τα ζητήματα εκείνα στα οποία χρειάζεται προσπάθεια και άρχισε επίσημα το έργο πέντε ομάδων εργασίας, καθεμία από τις οποίες έχει να επιλύσει ένα δύσκολο αλλά κρίσιμο για την υπόθεση του θορύβου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, πρόβλημα.

Αν και ο θόρυβος, που εντάσσεται από χρόνια στα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα, δεν αποτελεί άμεση απειλή κατά της ζωής, με συνέπεια να υποβαθμίζεται συστηματικά στις προτεραιότητες των υπηρεσιών περιβάλλοντος όλων σχεδόν των ευρωπαϊκών χωρών, εντούτοις προβάλλεται πλέον ως η υπ' αριθμόν ένα ενοχλούσα περιβαλλοντική παράμετρος, στις αστικές κυρίως περιοχές, στις οποίες ζει και η πλειοψηφία των Ευρωπαίων πολιτών. Το γεγονός αυτό που δημιουργεί σημαντική πλέον πολιτική πίεση, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της ευρωπαϊκής αντιθορυβικής βιομηχανίας, που είναι σε θέση να παρέχει υλικά, μεθόδους, προϊόντα και υπηρεσίες για την καταπολέμηση των θορύβων, οδήγησε στην ανάγκη δημιουργίας μιας ντιρεκτίβας για το θόρυβο στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Τόσο οι δεκαπέντε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και οι χώρες του άμεσου περιβάλλοντός της, έχουν υλοποιήσει σημαντικό και πολυετές έργο στην υπόθεση του θορύβου και της αντιμετώπισής του. Αυτό ακριβώς είναι και το κύριο ζήτημα σήμερα, δηλαδή η εναρμόνιση του έργου που έχει γίνει μέχρι σήμερα από την κάθε χώρα ξεχωριστά, σε τεχνικό, διοικητικό και νομοθετικό επίπεδο, έτσι ώστε από τώρα οι προσπάθειες αυτές να είναι κοινές, συγκρίσιμες και διευρωπαϊκές.

Η συνδιάσκεψη πραγματοποιήθηκε με παράλληλες συνεδριάσεις των ομάδων εργασίας, οι οποίες καλύπτουν βασικούς τομείς στους οποίους χρειάζεται έργο εναρμόνισης. Η πρώτη ομάδα εργασίας ασχολείται με τους δείκτες θορύβου, δηλαδή με τους δείκτες εκείνους που θα χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν το θόρυβο όλων των εξωτερικών πηγών θορύβου με σκοπό την εκτίμηση της στάθμης του θορύβου, τη χαρτογράφησή του, το σχεδιασμό και τον έλεγχο. Παράλληλα, η ομάδα αυτή θα προτείνει μεθόδους εφαρμογής. Επειδή το έργο της είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία των άλλων ομάδων εργασίας, η ομάδα άρχισε να συνεδριάζει νωρίτερα και θα ολοκληρώσει το έργο της σε λίγους μήνες, σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες εργασίας που έχουν μπροστά τους έργο αρκετών ετών. Η δεύτερη ομάδα εργασίας ασχολείται με τις σχέσεις ανάμεσα στην έκθεση

στο θόρυβο, δηλαδή στις δόσεις θορύβου, και τις επιπτώσεις του θορύβου, και θα εργαστεί, όπως και όλες οι άλλες ομάδες μέχρι το 2002. Η τρίτη ομάδα εργασίας ασχολείται με τους υπολογισμούς και τις μετρήσεις, δηλαδή με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται από άποψη υπολογισμών και μετρήσεων για την εκτίμηση, τη χαρτογράφηση, το σχεδιασμό και την καταπολέμηση του θορύβου. Η τέταρτη ομάδα εργασίας ασχολείται με τους χάρτες θορύβου, με στόχο την εναρμόνιση των μεθόδων παραγωγής και παρουσίασης και την υποστήριξη των τυπικών αρχών, αλλά και της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος για τη δημιουργία μιας ευρωπαϊκής βάσης δεδομένων για τα αποτελέσματα των χαρτογραφήσεων. Η πέμπτη ομάδα εργασίας έχει ως αντικείμενο την καταπολέμηση του θορύβου, με σκοπό να παρέχει οδηγίες προς τις τοπικές αρχές για την κατάστροψη και υλοποίηση σχεδίων καταπολέμησης θορύβου.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξετάζει ακόμη τη δημιουργία και λειτουργία ορισμένων ακόμη ομάδων εργασίας, μίας για το σιδηροδρομικό θόρυβο, μίας για το κόστος και την ποσοτικοποίηση των μέτρων καταπολέμησης του θορύβου και μίας για την έρευνα. Για τις ομάδες αυτές δεν υπάρχουν ακόμη στοιχεία εκτός από το γεγονός ότι στην τελευταία θα συμμετέχουν οι πρόεδροι των άλλων ομάδων εργασίας.

Η πρόοδος των εργασιών των ομάδων εργασίας παρουσιάστηκε στο τέλος της συνδιάσκεψης από τους προέδρους τους. Ακόμη παρουσιάστηκαν οι προοπτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης στα θέματα θορύβου.

Με τη συνδιάσκεψη αυτή τέθηκαν οι βάσεις και άρχισε επίσημα να κινείται ο μηχανισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μια κοινή πολιτική για το θόρυβο, που θα καταλήξει στην εναρμόνιση μεθόδων, τεχνολογιών, κανονισμών και νομοθεσίας σε όλες τις χώρες της Ένωσης, παρέχοντας σε όλους τους πολίτες της ίσες ευκαιρίες και δυνατότητες ως προς την προστασία τους από το κρίσιμο περιβαλλοντικό αυτό πρόβλημα.

Από την ελληνική πλευρά, στη συνδιάσκεψη πήρε μέρος ομάδα της διεύθυνσης ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ από τον Ι. Σημαντώνη, στην οποία συμμετείχαν η Ι. Νικηταρά και ο Β. Δαλαμάγκας, καθώς επίσης και ο Ε. Τζεκάκης, καθηγητής ΑΠΘ και ο Κ. Βογιατζής, της ET & T Consultants. Ακόμη, εκ μέρους του Δήμου Αθηναίων, συμμετείχαν οι Βλαστός και Μπιρμπιλή.

3.7.3 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

Όπως γίνεται αντιληπτό και από τα παραπάνω δεδομένα ο περιβάλλον θόρυβος συνιστά ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα ανά την ΕΕ. Πρόσφατες μελέτες επισημαίνουν ότι η έκθεση στο θόρυβο στην Ευρώπη παρουσιάζει αυξητικές τάσεις σε σύγκριση με άλλους παράγοντες πρόκλησης στρες. Στον τομέα του θορύβου το έργο της Ε.Ε είναι πολύ δύσκολο. Αν και αποφάσισε ήδη από το 1997 να παρέμβει ενεργά, συγκροτώντας μια επιτροπή από εκπροσώπους όλων των κρατών μελών και υποεπιτροπές εργασίας για διάφορα τεχνικά θέματα, η κατάληξη της προσπάθειας είναι αβέβαιη. Είναι αμφίβολο αν θα γίνει δυνατόν ποτέ να θεσπιστούν κοινά όρια για όλη την Ευρώπη. Ο λόγος είναι ότι η κάθε πόλη είναι μια ειδική περίπτωση.

Εκτός από τις γνωστές κλιματικές αλλαγές ανάμεσα στις βόρειες και νότιες χώρες, που βοηθούν τους κατοίκους των πρώτων να θωρακίζονται πιο εύκολα, ενώ αφήνουν τους δεύτερους περισσότερο εκτεθειμένους στο θόρυβο, υπάρχουν και άλλες διαφορές επίσης σημαντικές ως προς τον παραγόμενο θόρυβο, όπως :

- Το ποσοστό του μεταφορικού έργου που εκτελείται από θορυβώδη και μη θορυβώδη μέσα ποικίλλει σημαντικά από πόλη σε πόλη και ανάμεσα σε κεντρικές και περιφερειακές περιοχές. Στα θορυβώδη μέσα ανήκουν το ιδιωτικό αυτοκίνητο, τα φορτηγά και τα μηχανοκίνητα δίκυκλα. Στα μη θορυβώδη ανήκουν η δημόσια συγκοινωνία, το ποδήλατο και το περπάτημα.
- Ποικίλλει η μορφολογία του οικοδομικού ανάγλυφου, που επηρεάζει καθοριστικά τη διάχυση του θορύβου. Για παράδειγμα, το μέσο πλάτος των δρόμων της Κοπεγχάγης ξεπερνά τα 30 μ, ενώ οι στενοί δρόμοι των ελληνικών πόλεων λειτουργούν ως παγίδες θορύβου.
- Διαφέρει επίσης το ποσοστό των επιφανειών πρασίνου στο εσωτερικό των πόλεων. Η συμβολή τους είναι σημαντική γιατί αποτελούν οάσεις ησυχίας. Φυσικά δεν αρκούν τα πάρκα και οι κήποι. Οι γειτονιές μπορούν και αυτές να γίνουν οάσεις ησυχίας αν απαλλαγούν από τον φόρτο των διερχομένων ροών.
- Ποικίλλει τέλος η μορφολογία του φυσικού ανάγλυφου. Στις έντονες κλίσεις ο προκαλούμενος θόρυβος από τα αυτοκίνητα αυξάνει δραματικά.

Παρακάτω κατατίθεται, συνοπτικά, η προσπάθεια των διαφόρων κρατών της Ευρώπης απέναντι στο πρόβλημα του θορύβου καθώς και ένα σχετικό χρονοδιάγραμμα με τις ενέργειες που θα πρέπει να ακολουθήσουν από το 2002 έως και σήμερα.

3.7.3.1 Η ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΘΟΡΥΒΟ

Στις 25 Ιουνίου 2002 εκδόθηκε η οδηγία 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου. Η οδηγία επιβάλλει στα κράτη μέλη ορισμένες δράσεις. Ειδικότερα επιβάλλει:

- Τον προσδιορισμό της έκθεσης στον περιβάλλοντα θόρυβο με χαρτογράφηση θορύβου
- Τη θέσπιση σχεδίων δράσης βασισμένων στα αποτελέσματα της χαρτογράφησης του θορύβου
- Τη μέριμνα ώστε να είναι διαθέσιμες στο κοινό πληροφορίες σχετικά με τον περιβάλλοντα θόρυβο.

Η κατάρτιση στρατηγικού χάρτη θορύβου επιτρέπει τη συνολική εκτίμηση της έκθεσης στο θόρυβο σε κάποια ζώνη που εκτίθεται σε διάφορες πηγές θορύβου, καθώς και την πραγματοποίηση γενικών προβλέψεων για την εν λόγω ζώνη. Τα σχέδια δράσεως στοχεύουν στη διαχείριση των προβλημάτων θορύβου και των

επιπτώσεων του θορύβου, συμπεριλαμβανομένου, εφόσον αυτό είναι αναγκαίο, του περιορισμού του θορύβου.

Η οδηγία παρέχει επίσης μία βάση για την ανάπτυξη περαιτέρω ενωσιακών μέτρων για τον περιορισμό του θορύβου από διάφορες πηγές και απαιτεί την επισκόπηση της ποιότητας του ηχητικού περιβάλλοντος στην ΕΕ με βάση τα δεδομένα που αναφέρονται από τα κράτη μέλη.

Τα κράτη μέλη υπέχουν μια σειρά υποχρεώσεων βάσει της οδηγίας για τον περιβαλλοντικό θόρυβο (ΟΠΘ/END) και οφείλουν να διαβιβάζουν ορισμένες πληροφορίες στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Οι προθεσμίες για κάθε μία από τις απαιτήσεις κλιμακώνονται σε ένα φιλόδοξο χρονοδιάγραμμα εφαρμογής και υποβολής εκθέσεων.

Το αργότερο στις 18 Ιουλίου 2005, τα κράτη μέλη θα έπρεπε να δημοσιοποιήσουν τις πληροφορίες που αφορούν τις αρχές και τους οργανισμούς που είναι υπεύθυνες για την κατάρτιση και, ενδεχομένως, την έγκριση των στρατηγικών χαρτών θορύβου. Το αργότερο στις 30 Ιουνίου 2005 και, στη συνέχεια, ανά πενταετία, τα κράτη μέλη θα ενημερώνουν την Επιτροπή για τους μεγάλους οδικούς άξονες των οποίων η κίνηση υπερβαίνει τα 6 εκατομμύρια οχήματα ετησίως, για τους σιδηροδρομικούς άξονες των οποίων η κίνηση υπερβαίνει τις 60.000 επιβάτες ετησίως, για τα μεγάλα αεροδρόμια και τα αστικά συγκροτήματα άνω των 250.000 κατοίκων, που βρίσκονται στην επικράτειά τους. Το αργότερο στις 30 Ιουνίου 2007, θα έπρεπε να έχουν καταρτιστεί και, ενδεχομένως, εγκριθεί, στρατηγικοί χάρτες θορύβου στους οποίους εμφανίζεται η κατά το προηγούμενο έτος κατάσταση δίπλα στις υποδομές και στους οικισμούς που προαναφέρθηκαν.

Το αργότερο στις 31 Δεκεμβρίου 2008, τα κράτη μέλη ενημερώνουν την Επιτροπή για όλους τους οικισμούς άνω των 100.000 κατοίκων, καθώς και για τους μεγάλους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες που βρίσκονται στην επικράτειά τους. Το αργότερο στις 30 Ιουνίου 2012, στη συνέχεια δε ανά πενταετία, καταρτίζονται και, ενδεχομένως, εγκρίνονται, στρατηγικοί χάρτες θορύβου στους οποίους εμφανίζεται η κατάσταση κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτους για τους εν λόγω οικισμούς και άξονες. Οι χάρτες θορύβου πρέπει να επανεξετάζονται και, ενδεχομένως, να αναθεωρούνται, ανά πενταετία.

Τα μέτρα που περιλαμβάνονται στα σχέδια δράσεως επαφίενται στην διακριτική ευχέρεια των αρμόδιων αρχών, πλην όμως πρέπει να ανταποκρίνονται στις προτεραιότητες που ενδέχεται να προκύψουν από την υπέρβαση κάθε ισχύουσας οριακής τιμής ή από την εφαρμογή άλλων κριτηρίων εκ μέρους των κρατών μελών και να εφαρμόζονται, ιδιαίτερα, στις σημαντικότερες ζώνες που καθορίζει η στρατηγική χαρτογράφηση. Το αργότερο στις 18 Ιουλίου 2005, τα κράτη μέλη θα έπρεπε να δημοσιοποιήσουν τα στοιχεία σχετικά με τις αρχές και τους οργανισμούς που είναι υπεύθυνοι για την κατάρτιση και, ενδεχομένως, την έγκριση, των σχεδίων δράσεως.

Το αργότερο στις 18 Ιουλίου 2008, θα έχουν καταρτιστεί σχέδια δράσεως για τους

μεγάλους οδικούς άξονες των οποίων η κίνηση υπερβαίνει τα 6 εκατομμύρια οχημάτων ετησίως, τους σιδηροδρομικούς άξονες των οποίων η κίνηση υπερβαίνει τους 60.000 επιβάτες ετησίως, τα μεγάλα αεροδρόμια και τα αστικά συγκροτήματα άνω των 250.000 κατοίκων. Το αργότερο στις 18 Ιουλίου 2013, πρέπει να έχουν καταρτιστεί σχέδια δράσεως για το σύνολο των μεγάλων αστικών συγκροτημάτων και των μεγάλων αεροδρομίων, οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων.

Τα σχέδια δράσεως επανεξετάζονται σε περίπτωση σημαντικών εξελίξεων που επηρεάζουν την κατάσταση όσον αφορά τον θόρυβο και, οπωσδήποτε, ανά πενταετία.

3.7.3.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ

Η οδηγία η σχετική με τον περιβάλλοντα θόρυβο επέτρεψε να πραγματοποιηθούν βήματα προόδου στην καταπολέμηση των ηχητικών οχλήσεων σε επίπεδο ΕΕ. Κατ' αρχάς, η ΟΠΘ δημιούργησε ένα σύστημα διαχείρισης του θορύβου του περιβάλλοντος σε όλα τα κράτη μέλη. Ορισμένα κράτη μέλη διέθεταν ήδη τέτοια συστήματα και είχαν αποκτήσει σχετική πείρα, ενώ άλλα ενέσκηψαν για πρώτη φορά με συστηματικό τρόπο σε τέτοιου είδους προβλήματα. Ορισμένα από αυτά, λοιπόν, χρησιμοποίησαν την εφαρμογή της ΟΠΘ προκειμένου να δημιουργήσουν κατάλληλες δομές συνεργασίας και συντονισμού. Παράλληλα, συγκεντρώθηκε μεγάλος πλούτος δεδομένων που σχετίζονται με το θόρυβο, καθορίστηκαν κενά στη νομοθεσία τη σχετική με τις πηγές θορύβου και σημειώθηκε πρόοδος στη χαρτογράφηση και την αξιολόγηση της ρύπανσης και του θορύβου στην ΕΕ.

Την ίδια στιγμή, όμως, διαπιστώθηκαν πολλά προβλήματα εφαρμογής και άλλα κενά, τα οποία χρήζουν αντιμετώπισης στο μέλλον. Μεταξύ των δυσκολιών συγκαταλέγεται η ποικιλία των χρησιμοποιούμενων μεθόδων για τη συγκέντρωση, η ποιότητα και η διαθεσιμότητα των δεδομένων καθώς και οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι αξιολόγησης. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα που συγκεντρώνουν τα κράτη- μέλη της ΕΕ εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις, ενώ εμποδίζεται μια μεγαλύτερη σύγκλιση που θα επέτρεπε τη δημιουργία ομοιόμορφων συνθηκών στην εσωτερική αγορά. Έτσι, θεσπίζονται διαφορετικά επίπεδα προστασίας για τους κατοίκους της ΕΕ. Ακόμα, όσον αφορά τα σχέδια δράσης, πολλά κράτη μέλη θεωρούν ότι οι ελάχιστες απαιτήσεις που καθορίζονται δεν επαρκούν για την κατάρτιση των εν λόγω σχεδίων. Οι τρέχουσες απαιτήσεις κοινοποίησης δεν λαμβάνουν υπόψη το γεγονός ότι ένα σημαντικό μέρος του πληθυσμού της ΕΕ είναι εκτεθειμένο σε ηχητική ρύπανση μικρότερων επιπέδων(από 55dB και 50dB για L_{den} και L_{night} αντίστοιχα), τα οποία, όμως, ενδέχεται να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία. Ακόμα, δεν υπάρχει συγκεκριμένο και σαφές καθεστώς εφαρμογής της οδηγίας, στο πλαίσιο του οποίου τα σχέδια δράσης να συνδέονται απ' ευθείας με τις υπερβάσεις των επιπέδων θορύβου και με ενδεχόμενες κυρώσεις. Η αξιολόγηση που διενεργήθηκε βάσει των χαρτών θορύβου αποκάλυψε ότι η υπέρβαση των οριακών τιμών θορύβου δεν επιφέρει καμία κύρωση.

Στην παρούσα φάση έχει ήδη διενεργηθεί ο πρώτος κύκλος χαρτογράφησης. Από την πρώτη έκθεση εφαρμογής αναδεικνύονται σημαντικά επιτεύγματα και

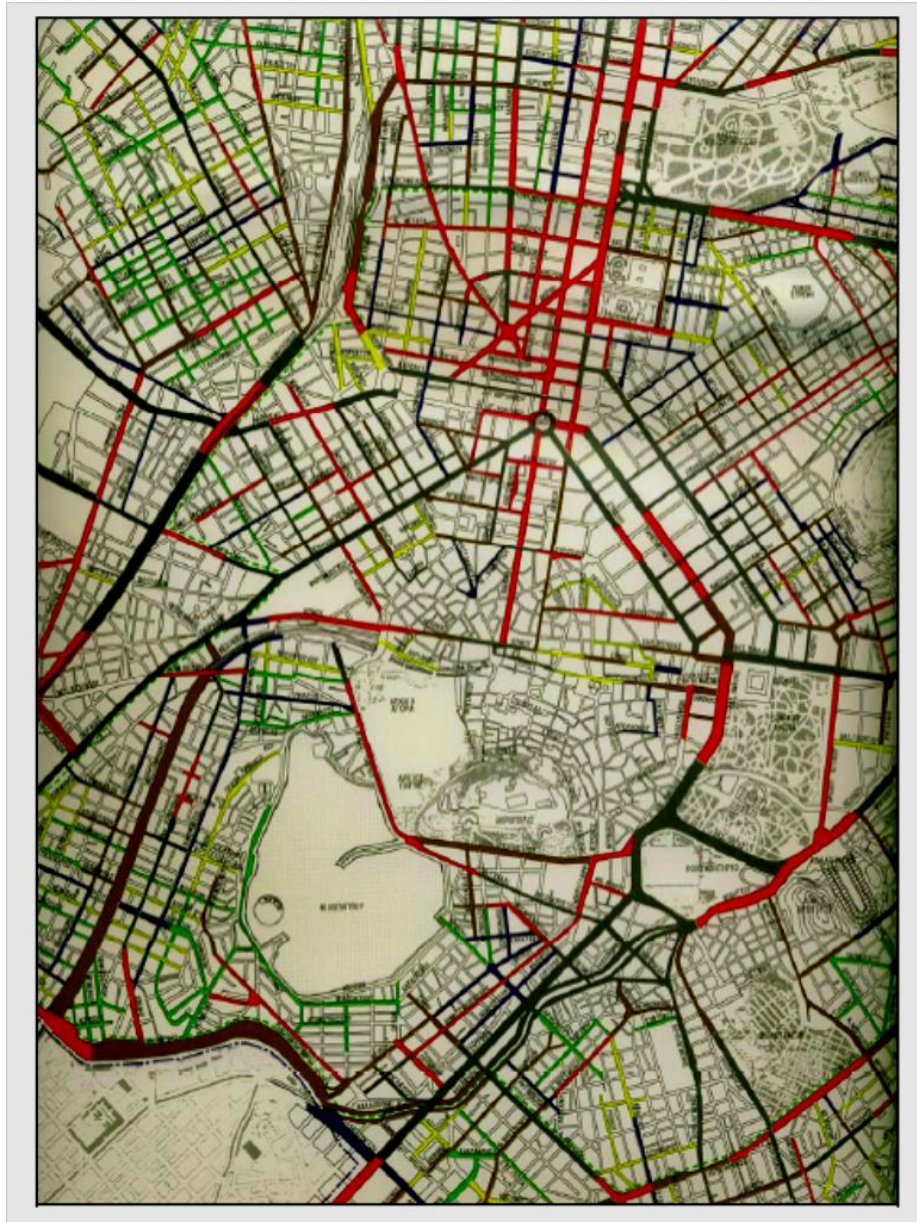
περιθώρια βελτίωσης αλλά και μια σειρά δυσκολιών. Ωστόσο δεν έχει αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό της ΟΠΘ. Τα σχέδια δράσης μόλις τώρα άρχισαν να εφαρμόζονται και συχνά δεν έχουν αποφέρει ακόμη τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η επιτροπή ήδη εξετάζει τη λήψη περαιτέρω μέτρων σε σχέση με τις βελτιώσεις εφαρμογής και τα δυνατά μέτρα για τον περιορισμό του συνόλου των πηγών θορύβου. Έτσι, λοιπόν, δεν πρέπει να λησμονείται ότι μια συνολικότερη και περισσότερο ρεαλιστική αξιολόγηση της αποδοτικότητας της ΟΠΘ είναι δυνατή μόνο μετά το δεύτερο γύρο χαρτογράφησης θορύβου, όπου θα έχει αναβαθμιστεί το γνωστικό επίπεδο σχετικά με την ηχητική ρύπανση.

Σημειώσεις




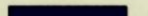



«χαρτογράφηση θορύβου»: η παρουσίαση δεδομένων σχετικά με υπάρχουσα ή προβλεπόμενη ηχητική κατάσταση βάσει δεικτών θορύβου, όπου εμφανίζονται οι υπερβάσεις των οικείων ισχυουσών οριακών τιμών, ο αριθμός ατόμων που θίγονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή ο αριθμός κατοικιών που εκτίθενται σε ορισμένες τιμές δεικτών θορύβου σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

«στρατηγικός χάρτης θορύβου»: ο χάρτης θορύβου που καταρτίζεται για τη σφαιρική αξιολόγηση μιας έκθεσης σε θόρυβο σε μια συγκεκριμένη περιοχή οφειλόμενης σε διάφορες πηγές θορύβου, ή για τη διατύπωση γενικότερων προβλέψεων για την περιοχή αυτή.

«σχέδια δράσης»: σχέδια για τη διαχείριση των προβλημάτων και των επιδράσεων του θορύβου, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης για μείωση του θορύβου.



Χαρτογράφηση αστικού θορύβου του κέντρου της Αθήνας

	ΟΡΙΑ ΔΗΜΟΥ MUNICIPALITY BOUNDARIES
	< 66 dB(A)
	66-68 dB(A)
	69-71 dB(A)
	72-74 dB(A)
	75-77 dB(A)
	≥ 78 dB(A)

Υπόμνημα παραπάνω χάρτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟ ΠΡΟΑΥΛΙΟ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΩΣ ΠΗΓΗ ΘΟΡΥΒΟΥ **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

Το κεφάλαιο αυτό της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει στόχο να παρουσιάσει όσα στοιχεία, δεδομένα και πληροφορίες συλλέξαμε από την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία σε σχέση με το θόρυβο που προκαλείται από τα προαύλια των σχολείων και γενικότερα από τις παιδικές φωνές. Έτσι, στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου αυτού ακολουθεί μια καταγραφή της κατάστασης σε σχέση με αυτό το πρόβλημα όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς, κάτι που θα μας βοηθήσει να αναδείξουμε το ζήτημα του θορύβου από τις παιδικές φωνές καθώς και να αντιληφθούμε τη σημασία του προβλήματος της ηχορρύπανσης στις σύγχρονες πόλεις πιο συνολικά.

Στο δεύτερο μέρος του παρόντος κεφαλαίου ακολουθεί βιβλιογραφική αναδρομή. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζουμε περιληπτικά τρία άρθρα, τα οποία αξιολογούν τη χωροθέτηση σχολείων και αθλητικών εγκαταστάσεων από ακουστική άποψη. Η αναδρομή αυτή είναι σημαντική, καθώς θα χρησιμοποιηθεί στα επόμενα κεφάλαια για σύγκριση των δικών μας μετρήσεων και συμπερασμάτων.

4.1 ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑ ΩΣ ΠΗΓΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

4.1.1 ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Οι παιδικές φωνές είναι πηγή ζωής και χαράς ή ανυπόφορος θόρυβος;



Στη **Γερμανία**, με το νόμο που ίσχυε μέχρι πρότινος, οι θόρυβοι που προέρχονται από τα παιδιά θεωρούνται υπό ορισμένες προϋποθέσεις «επιβλαβείς για το περιβάλλον». Τα προηγούμενα χρόνια αρκετοί Γερμανοί προσέφυγαν στα δικαστήρια για να αποτρέψουν για παράδειγμα τη δημιουργία παιδικών σταθμών, να απαγορεύσουν το

παιχνίδι σε πλατείες ή να ακυρώσουν ενοικιοστάσια σε οικογένειες που έχουν πολλά παιδιά. Μια στις πέντε πόλεις της Γερμανίας εκκρεμούσαν παρόμοιες υποθέσεις στα δικαστήρια. Τελικά, οι Γερμανοί κατάφεραν να κλείσουν αρκετούς σταθμούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το κλείσιμο ενός παιδικού σταθμού στο Βερολίνο μετά από τετραετή διαμάχη. Ακόμα, για παράδειγμα σε ένα προάστιο της Φρανκφούρτης, πολίτες προσέλαβαν έναν άνθρωπο για να ελέγχει το παιχνίδι των παιδιών, ώστε αυτά να μην κάνουν πολύ θόρυβο, ενώ σε μια περιοχή του Αμβούργου οι κάτοικοι μάζευαν υπογραφές προκειμένου το γερμανικό κράτος να προβεί σε ενέργειες μείωσης του θορύβου που προέρχεται από τα παιδιά σε ένα παιδικό σταθμό, και έτσι χτίστηκε τσιμεντένιος τοίχος ύψους 2 μέτρων και μήκους 60 μέτρων. Η γερμανική νομοθεσία προβλέπει ακριβώς τις αποστάσεις ανάμεσα σε κατοικημένες περιοχές και στις πλατείες. Επίσης, ειδικά μηχανήματα μετρούσαν την ένταση των θορύβων που προκαλούσαν τα παιδιά και κατέγραφαν πόσο συχνή ήταν η χρονική απόσταση μεταξύ των διαλειμάτων. Σύμφωνα, όμως, με τις τελευταίες δηλώσεις της γερμανικής κυβέρνησης οι θόρυβοι των παιδιών δεν επιτρέπεται να ταξινομείται στους περιβαλλοντικούς θορύβους, ενώ ταυτόχρονα απαγορεύτηκαν οι μηνύσεις εναντίον βρεφονηπιακών σταθμών και παιδικών χαρών σε κατοικήσιμες ζώνες. Ο θόρυβος των παιδιών είναι η έκφραση της ζωντάνιας τους και όχι πρόβλημα προστασίας των πολιτών.

Στη **Νέα Υόρκη**, τα προαύλια των σχολείων θεωρούνται σημαντική πηγή θορύβου, καθώς πολύ συχνά βρίσκονται κοντά σε τοποθεσίες «ευαίσθητες στο θόρυβο» (κατοικίες, νοσοκομεία). Λόγω της έλλειψης χώρου σε μια αστική περιοχή όπως η Νέα Υόρκη, τα προαύλια σχολείων σε ταρατσα πολυώροφων κτιρίων χρησιμοποιούνται συχνά. Βέβαια, και τέτοιου είδους προαύλια αποτελούν εξίσου πηγή θορύβου, καθώς μπορεί να βρίσκονται απέναντι από κτίρια με ορόφους «ευαίσθητους στο θόρυβο»(π.χ. εργασιακοί χώροι, νοσοκομεία) ή πολύ κοντά σε παράθυρα. («Acoustical analysis methodology for urban rooftop playgrounds in New York», Benjamin H. Sachwald)

Σύμφωνα με ένα δημοσιευμένο άρθρο για την έρευνα του αστικού θορύβου σε πυκνοκατοικημένα περιβάλλοντα και συγκεκριμένα στη **Σιγκαπούρη**(«An investigation of community noise in high-rise residential environments») των S.M. Alam και L.S. Eang διαβάζουμε ότι στη Σιγκαπούρη, το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού κατοικεί σε πυκνοκατοικημένα διαμερίσματα και γι' αυτό είναι έκθετο σε πολλές και διαφορετικές πηγές θορύβου. Έκτος από τους βασικούς θορύβους από το τρένο και τα οχήματα στους δρόμους, ενόχληση μπορεί να προκληθεί και από τον αστικό θόρυβο(παιδικές χαρές, γήπεδα, εστιατόρια, κέντρα αναψυχής). Από ερωτήσεις που έγιναν σε κατοίκους οι παιδικές χαρές αποτέλεσαν τη δεύτερη πιο ενοχλητική πηγή θορύβου- μετά τα εστιατόρια- και τα προαύλια σχολείων την τρίτη. Τέλος, ενδεικτικά, η στάθμη θορύβου σε μία παιδική χαρά προέκυψε από μετρήσεις 90.5 dBA(με δεκάλεπτες μετρήσεις σε 6 σημεία γύρω από την πηγή).



4.1.2 ΟΙ ΦΩΝΕΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ

Ο θόρυβος που προκαλείται από ένα σχολείο σχετίζεται κυρίως με τα **διαλείμματα**. Από πληροφορίες που αντλήσαμε από την βιβλιογραφία μας έδειξαν ότι η ένταση του ήχου από ένα άτομο που φωνάζει δυνατά σε απόσταση ενός μέτρου μπορεί να φτάσει τα 90dB. (βλ. πίνακα 1)(L. H. Schaudinischky, A. Shwartz, «The sports ground as a noise source»). **Σε ένα πλήθος 100 ατόμων, η ένταση του ήχου μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 110dB, ήχος δηλαδή ιδιαίτερα ενοχλητικός.** Όλοι γνωρίζουμε ότι το διάλειμμα στο προαύλιο του σχολείου αποτελεί για τα παιδιά ένα χρονικό διάστημα όπου θα ξεσπάσουν, θα παίξουν, θα φωνάξουν. Οι φωνές των παιδιών τείνουν να έχουν υψηλότερη συχνότητα καθώς και να εναλλάσσονται πιο απότομα- γι'αυτό και μπορούν να προκαλέσουν πιο εύκολα ενοχλήσεις συγκριτικά με τις φωνές των ενηλίκων(«Children and noise», Marie Louise Bistrup). Η θεμελιώδης συχνότητα του ήχου που παράγεται από τον λάρυγγα είναι στους έφηβους και ενήλικους άντρες γύρω στα 120-150 Hz, ενώ στις γυναίκες 210-225 Hz. Αντίθετα, στην παιδική ηλικία είναι 265Hz και ορισμένες φορές πάνω από 300Hz, τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια.

Παράλληλα, τα παιδιά προσπαθούν να προσαρμόσουν την ένταση της φωνής τους με τα επίπεδα του θορύβου του περιβάλλοντος που βρίσκονται(«Children and noise», Marie Louise Bistrup). Αυτή η τάση των παιδιών είναι αρκετά καθοριστική αν αναλογιστούμε τα επίπεδα θορύβου που δέχεται ένα σχολείο από το εξωτερικό περιβάλλον(π.χ. θόρυβος από αυτοκίνητα, ηλεκτρικές εγκαταστάσεις) κατά τη

διάρκεια ενός διαλείμματος. Έτσι, τα παιδιά προκειμένου να «ακουστούν» την ώρα του διαλείμματος φωνάζουν ακόμα περισσότερο απ' ό τι θα φώναζαν σε ένα ήσυχο περιβάλλον. Στο άρθρο «Children and noise» διαβάζουμε ότι από ερωτήσεις που έγιναν σε μαθητές της έκτης τάξης ενός σχολείου στη **Δανία** κάποια παιδιά είπαν ότι δεν μπορούν να ακούσουν το ένα το άλλο στο προαύλιο και γι' αυτό ουρλιάζουν. Παράλληλα, πολλά δήλωσαν ότι δεν ήθελαν να παίξουν την ώρα του διαλείμματος στο σχολικό προαύλιο γιατί τα επίπεδα θορύβου ήταν πολύ υψηλά και κάποια άλλα ανυπομονούσαν να γυρίσουν σπίτι πάλι λόγω αυτού του προβλήματος.

Έτσι, λοιπόν, το σχολείο, ανάλογα και με το πλήθος των παιδιών, μπορεί να παράγει ήχους υψηλής έντασης και να είναι ενοχλητικό όχι μόνο για τις κοντινές κατοικίες του σχολείου, αλλά και για τα ίδια τα παιδιά.

Παράλληλα, όμως, ο θόρυβος από ένα σχολείο δεν σχετίζεται μόνο με το διάλειμμα. Θόρυβο προκαλεί το κουδούνι, η πρωινή προσέλευση των παιδιών στο σχολείο και η μεσημεριανή τους αποχώρηση, τα μαθήματα που γίνονται σε εξωτερικούς χώρους του σχολείου(όπως το μάθημα της φυσικής αγωγής), καθώς και διάφορες δραστηριότητες που γίνονται εκτός του καθιερωμένου σχολικού προγράμματος, όπως αθλητικές δραστηριότητες κατά τις απογευματινές ώρες. Βέβαια, καθοριστική πηγή ενόχλησης για τον περιβάλλοντα χώρο του σχολείου αποτελεί, αδιαμφισβήτητα, το διάλειμμα, και είναι με αυτό που θα ασχοληθεί και η παρούσα διπλωματική. Ένα επιπρόσθετο και σημαντικό σημείο, που θα απασχολήσει και τη δική μας διπλωματική, είναι το κατά πόσο το διάλειμμα μπορεί να ενοχλεί και να καθιστά αδύνατη πολλές φορές τη διαδικασία του μαθήματος. Πολλές φορές, οι δάσκαλοι και οι καθηγητές μπορεί να χρειαστεί να επιμηκύνουν το μάθημά τους την ώρα του διαλείμματος ή για κάποιο λόγο να χρειαστεί να γίνεται μάθημα και διάλειμμα μαζί. Θα διερευνήσουμε, λοιπόν, πόσο εφικτό μπορεί να είναι κάτι τέτοιο.

4.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Τα διεθνή δημοσιευμένα άρθρα και η υπάρχουσα βιβλιογραφία που σχετίζεται με το πρόβλημα θορύβου που μπορεί να δημιουργήσει το σχολείο είναι εξαιρετικά λίγα. Περιορίζονται συνήθως, σε απλές αναφορές ότι τα σχολεία αποτελούν πρόβλημα για τις κοντινές σ' αυτά κατοικίες χωρίς να αναλύεται το ζήτημα περαιτέρω. Παράλληλα, στην Ελλάδα δεν έχουν υπάρξει μέχρι τώρα μετρήσεις για το θόρυβο που παράγεται από τα προαύλια, πόσο μάλλον αναλύσεις και αξιολογήσεις του προβλήματος αυτού ή και σχεδιασμός για την αποφυγή του.

Η υπάρχουσα βιβλιογραφία αφορά αποκλειστικά άρθρα που προέρχονται και αναφέρονται στο εξωτερικό. Εδώ να σημειωθεί ότι στην αναζήτηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, ιδιαίτερα μας βοήθησαν άρθρα που δεν αφορούσαν αποκλειστικά το σχολείο ως πηγή θορύβου, αλλά άρθρα που αφορούσαν την αξιολόγηση γηπέδων, παιδικών σταθμών, και χώρων αναψυχής ως προς το θόρυβο που προκαλούν.(π.χ. «the sports ground as a noise source» των L. H. Schaudinischky, A. Shwartz).

Δύο από τα λιγοστά άρθρα που βρήκαμε σχετικά με τη μέτρηση και αξιολόγηση θορύβου που προέρχεται από το προαύλιο σχολείου, παρατίθενται παρακάτω. Στη συνέχεια, ακολουθεί η περίληψη άρθρου που διερευνά τις αθλητικές εγκαταστάσεις ως προς το θόρυβο που προκαλούν. Το τελευταίο άρθρο επιλέχθηκε γιατί θεωρούμε ότι η φύση του προβλήματος είναι ίδια με αυτή που εξετάζουμε εμείς. Τέλος, η παράθεση των άρθρων αυτών είναι σημαντική, καθώς σε επόμενο κεφάλαιο θα ακολουθήσει ένας συσχετισμός και μία σύγκριση με τα δικά μας συμπεράσματα.

Τα παρακάτω άρθρα παρουσιάζονται περιληπτικά και περιλαμβάνουν τα κυριότερα σημεία που σχετίζονται με την παρούσα διπλωματική.

- **«Carrying out noise assessments for proposed childcare facilities»**
(Australia, November 2006), Ken Scannell και Matthew Harwood

Αφορμή για την έρευνα αυτή αποτέλεσε η ολοένα και αυξανόμενη κατασκευή παιδικών σταθμών στη Νέα Ζηλανδία και η έλλειψη συγκεκριμένου σχεδιασμού για τη **χωροθέτηση αυτών των παιδικών σταθμών**, λόγω του θορύβου και της ενόχλησης που μπορεί να προκληθεί στους γειτονικούς χώρους από τα παιδιά. Πρέπει να καθιερωθεί, λοιπόν, ένα είδος «στατιστικής φόρμας για το ξέσπασμα ενός τυπικού παιδιού για την πρόβλεψη του θορύβου στους παιδικούς σταθμούς». Τα δεδομένα, λοιπόν, που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: «επειδή ο θόρυβος από κάθε παιδί διαφέρει, η ενόχληση των γειτόνων θα προκληθεί όταν ο θόρυβος από τις φωνές των παιδιών αυξηθεί, κάτι που εξαρτάται από το πλήθος των παιδιών, από τον αριθμό των παιδιών που τείνουν να φωνάζουν περισσότερο από τα υπόλοιπα, από το «τύπο της φωνής» τους(συνηθισμένη, δυνατή, κτλ.) και από την απόσταση της πηγής θορύβου και του δέκτη». «Γενικές παραδοχές είναι ότι η απόσταση εξωτερικού προαυλίου χώρου πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 μέτρα από τα όρια

ενός γειτονικού σπιτιού με μέσο όρο τα 5 μέτρα. Ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός παιδιών είναι 20 με 40 αν και κάποιες φορές φτάνει μέχρι και τα 70.»

Type of voice	Sound pressure Level (dBA) at 1 metre	Estimated Time Spent at each time of voice(minutes in 15)	Resultant Sound Level (dBA) 15 minute average
Casual	53	2,8	46
Normal	58	5	53
Raised	65	5	60
Loud	74	2	65
Shout	82	0,2	63
15 minute Average for 1 Child at 1 metre			68
15 minute Average for 12 Children at 1 metre Average distance (from 68 + 10log(12)dBA)			79
15 minute Average for 12 Children at 5 metres (from 79-20log(5/1)dBA)			65

Ο παραπάνω πίνακας βασίζεται στα επίπεδα θορύβου από ένα παιδί σε ένα μέτρο για διάφορους τύπους φωνών, όπως εξετάστηκαν από τον Kryter(1985). Ο κατ' εκτίμηση χρόνος για κάθε τύπο φωνής χρησιμοποιήθηκε για να προβλεφθεί η μέση ηχοστάθμη για 15 min για ένα παιδί. Υπολογίζεται η μείωση για απόσταση 5 μέτρων και θεωρείται ότι το 20% με 35% των παιδιών του παιδικού σταθμού φωνάζουν σε οποιαδήποτε στιγμή. Έτσι, παραπάνω υπολογίζεται η ηχοστάθμη για ένα σταθμό 35 παιδιών στην περίπτωση που το 35% των παιδιών (12 δηλαδή παιδιά) φωνάζουν οποιαδήποτε στιγμή(το χειρότερο σενάριο) σε απόσταση 1 μέτρου και 5 μέτρων από το προαύλιο.

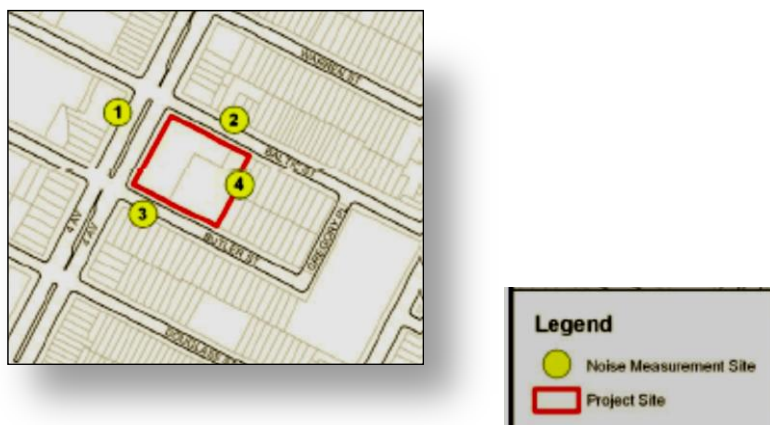
Καταλήγοντας, το άρθρο αναφέρει ότι « θα πρέπει να υπάρχει ακουστικός σχεδιασμός για την κατασκευή παιδικού σταθμού: θα πρέπει να εκτιμηθεί αν ο παιδικός σταθμός θα βρίσκεται σε οικιστική ή εμπορική ζώνη, να εκτιμηθεί η απόσταση της αυλής, του parking, των μηχανολογικών εγκαταστάσεων του παιδικού σταθμού από τον κοντινότερο δέκτη, να ληφθεί υπόψη ο αριθμός των παιδιών, οι ώρες που περνούν στο προαύλιο καθώς και ο θόρυβος που υπάρχει ήδη(κυρίως κυκλοφοριακός), ενώ η τοποθέτηση ηχοπετασμάτων(με κατάλληλα υλικά και κατάλληλο ύψος που θα προκύψει από τους κανονισμούς και θα παίρνει υπόψη τις υψηλές συχνότητες που έχουν οι παιδικές φωνές) προτείνεται για την προστασία της γειτονιάς».

- **Primary school replacement facility at PS 133(William A. Buttler school)**

Το συγκεκριμένο άρθρο αποτελεί μέρος μιας συνολικότερης έρευνας που σχετίζεται με την ανακατασκευή σχολείου, υλοποιείται από το School Construction Authority της Νέας Υόρκης και στόχος της είναι να αξιολογήσει τη χωροθέτησή του με κριτήριο το θόρυβο. Έτσι, επιχειρείται η πρόβλεψη των επιπτώσεων σε σχέση με το θόρυβο και της ενόχλησης που μπορεί να παράξει το συγκεκριμένο σχολείο στον περιβάλλοντα χώρο, αλλά και της ενόχλησης που μπορεί να δημιουργήσει ο περιβάλλοντα χώρος σε αυτό(κίνηση οχημάτων), λαμβάνοντας υπόψη και το υφιστάμενο επίπεδο θορύβου. Γι' αυτό το λόγο, γίνονται μετρήσεις στον περιβάλλοντα χώρο και παράλληλα αξιοποιήθηκαν παλαιότερες μετρήσεις και συμπεράσματα από μετρήσεις θορύβου στα προαύλια σχολείων, όπως θα φανεί και στη συνέχεια.

Στις μετρήσεις και αναλύσεις των επιπέδων του θορύβου χρησιμοποιήθηκε η Α-στάθμη θορύβου(dBA). Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου(L_{eq}) και η στάθμη θορύβου L_{10} είναι οι δείκτες θορύβου που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Ο δείκτης θορύβου L_{10} κρίνεται σημαντικός για την σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα όρια θορύβου της CEQR.

Σύμφωνα και με το παρακάτω σχήμα, υπάρχουν τέσσερα σημεία που θα αποτελέσουν τους «ευαίσθητους παραλήπτες» του θορύβου από το προτεινόμενο σχολείο.



Τα επίπεδα του θορύβου στα τέσσερα αυτά σημεία μετρήθηκαν και συγκεντρώθηκαν. Αφορούν μετρήσεις διάρκειας 20 λεπτών κατά τη σχολική λειτουργία. Οι περίοδοι μετρήσεων θορύβου ορίστηκαν ως εξής: 8:00π.μ. έως 10:00π.μ., 11:30π.μ. έως 1:30μ.μ., 2:00μ.μ. έως 3:30μ.μ. Στο τέλος των προκαθορισμένων χρονικών περιόδων 20 λεπτών, οι L_{10} και L_{eq} στάθμες θορύβου ήταν καταγεγραμμένες στην οθόνη του ηχόμετρου. Τα αποτελέσματα των

μετρήσεων έδειξαν επίπεδα θορύβου $L_{eq}(1hr)$ από 54 έως 70dBA, επίπεδα που θεωρούνται τυπικά για κατοικίες δίπλα σε αυτοκινητόδρομους (τα αποτελέσματα φαίνονται λεπτομερώς στον παρακάτω πίνακα). Μόνο στο σημείο 1 τα αποτελέσματα τις πρωινές ώρες θεωρούνται «οριακά μη ανεκτά», σύμφωνα με τα όρια που θέτει η CEQR(βλέπε κεφ. 3.6.3) όπου σε κατοικίες θεωρείται αποδεκτός θόρυβος στάθμης $L_{10} \leq 65dBA$ για το διάστημα 7π.μ. έως και 10μ.μ.. Σημαντικό είναι να διασφαλιστεί ότι η σχολική δραστηριότητα δεν θα προκαλέσει αύξηση θορύβου πάνω από 5dBA στις κοντινές κατοικίες γιατί τότε τα επίπεδα θα θεωρούνται οριακά μη ανεκτά ($70 \leq L_{10} \leq 80$).

Site Number	Land Use Description	Monitoring Site Location	Hourly Leq (dBA)			Hourly L_{10} (dBA)		
			AM	Midday	PM	AM	Midday	PM
1	Multi-Family Residential	126 Fourth Avenue @ Baltic Street	70	68	68	73	70	71
2	Residential	621 Baltic Street	64	62	60	66	64	63
3	Residential	366 Butler Street	64	56	61	65	59	63
4	Rear yard of Baltic and Butler Street Residences	Eastern edge of site	54	56	59	56	59	62

Note: Baseline noise monitoring was completed on January 21, 2009 (during the time periods 8:00 AM–9:30 AM, 11:30 AM–1:30 PM and 2:00–3:30 PM.)

Από τα τέσσερα σημεία, τα κτίρια που εκτιμάται ότι θα επηρεαστούν περισσότερο λόγω της τοποθεσίας τους σε σχέση με το προαύλιο του σχολείου που πρόκειται να λειτουργήσει είναι τα κτίρια των σημείων 3(κατοικίες της Butler Street) και 4(κατοικίες της Baltic Street) αν παρατηρήσουμε την παραπάνω σχηματική απεικόνιση.

Για μια μεμονωμένη στιγμή τα επίπεδα θορύβου από πολυάριθμες ανθρώπινες φωνές σε εξωτερικούς χώρους μπορεί να φτάσουν ή και να ξεπεράσουν τα 90 dBA. Παράλληλα, μετρήσεις που έγιναν σε 10 σχολικά προαύλια το 1987 κατέληξαν ότι η μέγιστη ισοδύναμη στάθμη θορύβου Leq στα όρια των σχολικών προαυλίων της Νέας Υόρκης ισούται με 75 dBA. **Από αναλυτικές μετρήσεις του 1992 βγήκε το συμπέρασμα ότι η δραστηριότητα στα διαλείμματα μπορεί να φτάσει στα 71,5 dBA για την ισοδύναμη στάθμη θορύβου $Leq(1-hr)$ και τα 74,5 dBA για το δείκτη L_{10} στα όρια των σχολικών κτιρίων.** Συνοψολογίζοντας, λοιπόν, αυτές τις στάθμες θορύβου, η πρόσθετη ενόχληση από τον προαύλιο χώρο δεν θα ξεπερνά το όριο των 5dBA στο σημείο 3. Για το σημείο 4, καθώς τα ήδη υπάρχοντα επίπεδα θορύβου είναι κάτω από 60dBA, και η απόσταση των γειτονικών κατοικιών είναι 25 ft (και λιγότερο) από το σχολικό κτίριο, τα επίπεδα θορύβου(συνοψολογίζοντας το σχολείο ως πηγή θορύβου) θα φτάσουν στα 69dBA. Σημαντική, δηλαδή, επιδείνωση των επιπέδων θορύβου. Αυτό ξεπερνά το όριο των 5dBA που ορίζει η SCA, και οδηγεί σε σημαντικά επίπεδα θορύβου.

Βέβαια, τα σπίτια που εξετάζονται δεν έχουν παράθυρα που να αντικρίζουν τη σχολική αυλή. Έτσι, τα υψηλά αυτά επίπεδα θορύβου θα περιοριστούν ευτυχώς στον εξωτερικό χώρο των κατοικιών. Παράλληλα, ο θόρυβος θα περιορίζεται στις ώρες (8:30π.μ. έως και 4:30μ.μ.)και μέρες(καθημερινές από Σεπτέμβρη έως και Ιούνιο) λειτουργίας του σχολείου.

- **“The sports ground as a noise source”**,
(L. H. Schaudinischky, A. Shwartz)

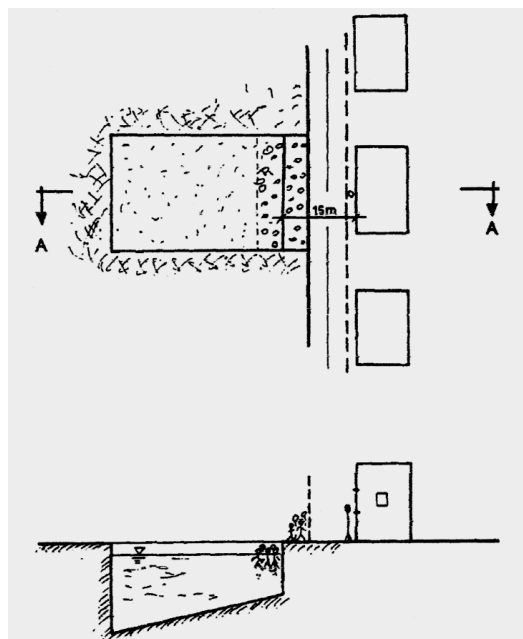
Ακολουθεί μια περίληψη του παραπάνω άρθρου συμπεριλαμβάνοντας τα κυριότερα σημεία του:

«Αναλύοντας τον άμεσο θόρυβο από τις φωνές του κοινού, μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι οι στάθμες θορύβου που παράγονται από τις εκατοντάδες του πλήθους είναι αρκετά υψηλές. Η ένταση του ήχου από ένα άτομο που φωνάζει δυνατά σε απόσταση ενός μέτρου μπορεί να φτάσει τα 90dB(B). Ένα σύνολο από εκατοντάδες άτομα μπορεί να φτάσει και τα 110dB(B), θόρυβος εξαιρετικά υψηλής έντασης.

L	Κλάμα	Δυνατή ομιλία	Φυσιολογ. ομιλία	Σιγανή ομιλία
dB(B)	90	80	65	45

Πίνακας 1: Η ένταση του ήχου L, παραγόμενη από μία μέση ανθρώπινη φωνή(σε απόσταση 1 μέτρου)

Μετρήσεις έλαβαν χώρα έξω από μία μεγάλη πισίνα (παρακάτω φαίνεται μια σχηματική απεικόνιση της πισίνας). Η απόσταση του σημείου μέτρησης και του κέντρου της ηχητικής πηγής ήταν περίπου 15 μέτρα. Το κοινό υπολογίζεται στα 2000 άτομα- κυρίως νέοι. Ο θόρυβος από τις ανθρώπινες φωνές και άλλες πηγές ήταν κατά μέσο όρο 66dB(B), ενώ κάποιες στιγμές έφτασε τα 75dB(B) σε απόσταση 15 μέτρων.



Σχηματική απεικόνιση της πισίνας

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα ανεκτά όρια θορύβου σε κατοικήσιμες περιοχές είναι 45dBA (σε απόσταση 50cm από ένα ανοικτό παράθυρο) υπολογίστηκε ότι -με βάση το επίπεδο των 66dB(B) σε απόσταση 15 μέτρων- θα χρειαστεί απόσταση 400 μέτρων για να μειωθεί ο θόρυβος στο επιτρεπτό όριο των 45dBA.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα γήπεδα θεωρούνται σημαντική πηγή θορύβου. Οι φωνές των παιδιών, ύστερα από έρευνα το 1963, αποδείχθηκε ότι έρχονται δεύτερες μετά την ενόχληση από το θόρυβο των οχημάτων. Αν αναλογιστούμε κιόλας ότι σημαντικοί αγώνες λαμβάνουν χώρα τις Κυριακές και τις διακοπές- όπου ο κόσμος τότε χρειάζεται ξεκούραση- και ότι το μέγιστο επιτρεπτό όριο των 45dBA αναφέρεται στις ώρες 7π.μ. έως 10μ.μ. τότε καταλαβαίνουμε πόσο ενοχλητικό μπορεί να είναι ένα γήπεδο αν δεν ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα. Τέτοια μέτρα μπορεί να είναι: επιλογή κατάλληλης τοποθεσίας του γηπέδου μακριά από κατοικήσιμες περιοχές, τοποθέτηση πράσινης ζώνης πάχους 200 μέτρων μεταξύ γηπέδου και σπιτιών καθώς και διαμόρφωση χώρου πρασίνου γύρω από το γήπεδο, κατάλληλη διαμόρφωση δρόμων και τοποθέτηση πάρκινγκ σε απόσταση από τις κατοικίες».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ- ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στο πρώτο μέρος αυτού του κεφαλαίου θα παρουσιαστεί ο σχεδιασμός του πειράματος μέτρησης του θορύβου στα σχολικά προαύλια. Πιο συγκεκριμένα, θα αναλυθούν όλα εκείνα τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για να οργανωθούν επαρκώς οι μετρήσεις μας.

Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου θα περάσουμε στην ίδια την πειραματική διαδικασία εξηγώντας λεπτομερώς πώς έγιναν οι μετρήσεις, που έγιναν και με ποια όργανα.

5.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

5.1.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΧΟΛΕΙΩΝ- ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Όπως, λοιπόν, έχει προαναφερθεί στην παρούσα διπλωματική, μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε το θόρυβο που προκαλείται από το προαύλιο χώρο σχολείων. Είναι προφανές, όμως, ότι στην περιοχή της Αττικής- απ' όπου θα γίνει η επιλογή των σχολείων- υπάρχει ένα πλήθος σχολείων τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους. Προκειμένου τα αποτελέσματα των μετρήσεων να έχουν μία ορθότητα, συμπεράναμε ότι **θα πρέπει να γίνει μία κατηγοριοποίηση των σχολείων που θα μελετήσουμε**. Η μελέτη των Bridget Shield και Julie E. Dockrell με τίτλο «External and internal noise surveys of London primary schools» παρουσιάζει και αναλύει τη διαδικασία των μετρήσεων, χωρίζοντας τα σχολεία σε ομάδες **με κριτήριο τα δημογραφικά χαρακτηριστικά** (κοινωνικο-οικονομικά) της τοποθεσίας των σχολείων καθώς και την πυκνότητα του πληθυσμού. Παράλληλα, μετά το πέρας των μετρήσεων της Shield και Dockrell παρατηρήθηκαν διαφορές της στάθμης θορύβου που σχετίζονται με τον αριθμό των παιδιών στα σχολεία και τις τάξεις, καθώς και με την ηλικία των παιδιών. Μάλιστα, από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η **στάθμη θορύβου μειώνεται όσο η ηλικία των παιδιών αυξάνεται**. Το ίδιο είχαν επισημάνει και οι Picard και Brandley, αξιολογώντας τις στάθμες θορύβου από σχολεία στις δικές τους μελέτες. Συγκεντρωτικά, λοιπόν, τα κριτήρια με τα οποία θα επιλέξουμε τα σχολεία και θα τα κατηγοριοποιήσουμε και που πιθανόν θα διαφοροποιήσουν τις μετρήσεις μας είναι η ηλικία των παιδιών και η περιοχή του σχολείου και τα χαρακτηριστικά της περιοχής αυτής.

Παράλληλα, για να μπορέσει να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων στις 2 διαφορετικές περιοχές, επιλέξαμε σχολεία τα οποία να έχουν όσο το δυνατόν **παρόμοιο πλήθος μαθητών και μαθητριών**. Η προϋπόθεση για τον ίδιο αριθμό παιδιών είναι σημαντική, αλλιώς η σύγκριση στα σχολεία των 2 διαφορετικών περιοχών θα ήταν προβληματική και χωρίς κανένα νόημα. Το ίδιο ισχύει και για το κριτήριο με την ηλικία. Επιλέξαμε δημοτικά και λύκεια που έχουν πάλι παρόμοιο πλήθος παιδιών για την ορθή σύγκριση του θορύβου που κάνουν τα παιδιά του δημοτικού και του λυκείου. Στόχος μας, λοιπόν, είναι, όχι απλά να μετρήσουμε το θόρυβο, αλλά και να βγάλουμε συμπεράσματα και να επεξηγήσουμε τις πιθανές διαφορές στα αποτελέσματα των μετρήσεων για τις διάφορες κατηγορίες. Παράλληλα, προσπαθήσαμε να επιλέξουμε σχολεία που θα έχουν ένα αντιπροσωπευτικό πλήθος παιδιών, ούτε πολύ μικρό αλλά ούτε πολύ μεγάλο. Έτσι, θα έχουμε μια καλή και πιο αντιπροσωπευτική εικόνα για την ενόχληση που προκαλούν τα παιδιά κατά τη διάρκεια του διαλείμματος.

5.1.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ

Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων και τη μετέπειτα ανάλυση των αποτελεσμάτων το φίλτρο που επιλέχθηκε στο ηχώμετρο είναι το φίλτρο A αφού είναι το πιο αντιπροσωπευτικό για να μας δώσει την τιμή του θορύβου, όπως ακριβώς την αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί. Στη διάθεση μας είχαμε 2 ηχώμετρα. Επιλέξαμε

να χρησιμοποιήσουμε και τα 2 καθώς έτσι μας δόθηκε η δυνατότητα για ταυτόχρονες μετρήσεις. Επιλέξαμε σε κάθε σχολείο να μετράμε σε δύο σταθερά σημεία, τα οποία θα βρίσκονται τουλάχιστον 2 μέτρα μακριά από τοίχους ή άλλα συμπαγή και μεγάλα εμπόδια, προκειμένου να μην έχουμε αλλοίωση των αποτελεσμάτων λόγω ανάκλασης του ήχου.

Δεν επιλέξαμε να κάνουμε φασματική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μας γιατί τα ίδια τα όργανα δεν μας παρείχαν αυτή τη δυνατότητα. Παρόλα αυτά, και χωρίς φασματική ανάλυση, οι μετρήσεις αυτές έχουν μεγάλη σημασία καθώς αποτελούν την πρώτη προσπάθεια καταγραφής των επιπέδων θορύβου στα σχολικά προαύλια. Και όπως θα δούμε στη συνέχεια, παρόλο που οι μετρήσεις μας ήταν ενδεικτικές, τα αποτελέσματα μας οδήγησαν σε καταφανή συμπεράσματα. Ακόμα, αυτές οι μετρήσεις θα αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο τόσο για την κατανόηση του προβλήματος της ηχορρύπανσης με πηγή τα σχολεία, όσο και για την καλύτερη και πιο στοχευόμενη αντιμετώπισή του.

5.1.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ

Κριτήρια επιλογής

Σε αυτό το σημείο είναι σκόπιμο να αναφερθούν κάποια κριτήρια σύμφωνα με τα οποία γίνεται η επιλογή των δεικτών θορύβου (βλ. κεφ. 3) όπως αυτά έχουν προκύψει από τη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς και την πρακτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της προσπάθειας θεσμοθέτησης κανόνων που προσανατολίζονται στην αντιμετώπιση αυτής της νέας μορφής ρύπανσης, του αστικού θορύβου.

Τα κριτήρια για την επιλογή κάποιων συγκεκριμένων δεικτών θορύβου, ανάμεσα στους προτεινόμενους, δε βασίζονται μόνο στην επιστημονική τους αξία και ορθότητα αλλά και στο πως ένα κριτήριο μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη, καθώς και να αποτελέσει χρήσιμο όργανο σε μια οργανωμένη προσπάθεια θεσμοθέτησης.

Αν λοιπόν προχωρούσαμε σε μια συστηματοποιημένη αναφορά των κριτηρίων, βασιζόμενοι κυρίως στις κοινοτικές οδηγίες, θα αναφέραμε τα παρακάτω:

- **Κύρος (validity):** συσχέτιση με τις επιπτώσεις
Ένας μεγάλος αριθμός επιπτώσεων έχουν καταγραφεί από τη διεθνή βιβλιογραφία, για κάποιες μόνο από αυτές όμως έχει πραγματικά πιστοποιηθεί μια σαφής συσχέτιση πχ για τις διαταραχές του ύπνου, τη δυσκολία διαλόγου, τη σύγχυση αλλά και για θέματα που σχετίζονται άμεσα με την υγεία του ατόμου. Είναι λοιπόν σημαντικό ο δείκτης να καταδεικνύει τη σχέση του μεγέθους με τις επιπτώσεις.
- **Πρακτική εφαρμογή (practical applicability):**
Είναι σημαντικό τα μεγέθη να είναι εργαλεία στα χέρια των αρχών για τη λήψη μέτρων.

- **Διαφάνεια (transparency):**

Η ευκολία στην επεξήγηση και η σχέση με απτά φυσικά μεγέθη είναι ένα σημαντικό κριτήριο.

Με τα ηχόμετρα που είχαμε στη διάθεσή μας μπορούν να μετρηθούν τα εξής στοιχεία: **LAF_{MAX}**, **LAF_{MIN}**, **LA_{eq}**, **LZ_{pk}**, **LA_E**, **LEP_d**, **LT_{m3}**, **LT_{m5}**, **LAF₁₀**, **LAF₅₀**, **LAF₉₀**, **LAF₉₅**, **LAF₉₉**. Παρακάτω εξηγούμε πιο συγκεκριμένα τι είναι το κάθε ένα από τα παραπάνω στοιχεία(σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης των ηχομέτρων).

- LAF_{MAX}** Μέγιστο επίπεδο, με τις τρέχουσες σταθμίσεις (Maximum level, with current weightings),
- LAF_{MIN}** Ελάχιστο επίπεδο, με τις τρέχουσες σταθμίσεις (Minimum level, with current weightings),
- LA_{eq}** Ισοδύναμη συνεχής στάθμη, με την τρέχουσα στάθμιση συχνότητας (Equivalent continuous level, with current frequency weighting),
- LZ_{pk}** Γραμμική κορυφή (Linear peak),
- LA_E** Επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο (SEL) (Sound exposure level (SEL)),
- LEP_v** Δόση θορύβου που ρυθμίζεται σύμφωνα με την περίοδο (μεταβλητή) των ωρών και των λεπτών που επιλέγει ο χρήστης. Όταν η περίοδος ορίζεται στις 8 ώρες, αυτό εμφανίζεται ως LEP,d (Noise dose normalised to a user selected (variable) period of hours and minutes. When the period is set to 8 hours, this will be shown as LEP,d),
- LT_{m3}** Αθροιστικός μέσος όρος των «γρήγορα» σταθμισμένων μέγιστων τιμών που λαμβάνονται σε περιόδους των 3s (Cumulative average of fast weighted maximum values taken over 3 s periods) (Taktmaximal 3),
- LT_{m5}** Αθροιστικός μέσος όρος των «γρήγορα» σταθμισμένων μέγιστων τιμών που λαμβάνονται σε περιόδους των 5s (Cumulative average of fast weighted maximum values taken over 5 s periods) (Taktmaximal 5),
- LAF_{NN.N}** Πέντε ποσοστιαίες τιμές χρησιμοποιώντας τις τρέχουσες σταθμίσεις με τιμές μεταξύ 0,0% και 99,9% που μπορεί να ρυθμιστούν από το χρήστη(Five percentile values using current weightings with values between 0.0% and 99.9% that can be set by the user).

Οι δείκτες θορύβου που επιλέξαμε για επεξεργασία των δικών μας μετρήσεων, με βάση και τα παραπάνω κριτήρια επιλογής είναι οι L_{eq} , LAF_{min} , LAF_{max} , $LAF_{90,0}$ και $LAF_{10,0}$. Ο δείκτης L_{eq} -που εκφράζει εκείνη τη στάθμη θορύβου η οποία σε ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου κυμαινόμενης στάθμης- δε μπορεί παρά να είναι το εργαλείο στο οποίο βασίζει κάποιος τα πρώτα του συμπεράσματα. Άλλωστε δεν πρέπει κανείς να ξεχνά ότι οι δείκτες L_{den} και L_{night} που προτείνονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν ως βάση τον συγκεκριμένο δείκτη. Παράλληλα, χρησιμοποιήσαμε τους δείκτες LAF_{max}

και LAF_{min} θέλοντας να δείξουμε τις διακυμάνσεις του θορύβου. Ένας θόρυβος μπορεί να είναι ιδιαίτερα ενοχλητικός αν σε κάποιες μεμονωμένες στιγμές παρουσιάζει πολύ υψηλές στάθμες. Οι φωνές των παιδιών έχουν τέτοιες διακυμάνσεις(ξεφωνητά, γέλια, τσιρίγματα), όπως διαπιστώσαμε τόσο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων όσο και από τα αποτελέσματα που έχουμε από τα ηχόμετρα. Όσον αφορά το δείκτη $LAF_{10,0}$ που είναι η στάθμη της οποίας σημειώνεται υπέρβαση κατά το 10% μιας ορισμένης χρονικής περιόδου υπάρχει ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αντιπροσωπεύει κατά κάποιον τρόπο τα έντονα ηχητικά γεγονότα και εκφράζει τη μέση στάθμη κορυφής των σημείων μέτρησης. Σχετικά με το δείκτη $LAF_{90,0}$, που είναι η στάθμη της οποίας σημειώνεται υπέρβαση κατά το 90% μιας ορισμένης χρονικής περιόδου, ο δείκτης αυτός αντιπροσωπεύει ουσιαστικά το θόρυβο που διαμορφώνει το ηχητικό περιβάλλον στο οποίο καλείται να διαβιώσει κάποιος. Τέλος, τόσο ο $LAF_{10,0}$ όσο και ο $LAF_{90,0}$ χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό ηχομόνωσης με πετάσματα.

Έχοντας, λοιπόν, σχεδιάσει και σκεφτεί όλα εκείνα που προαπαιτούνται για την οργάνωση και την καλύτερη εφαρμογή του πειράματος περνάμε στο επόμενο κεφάλαιο που αποτελεί λεπτομερή ανάλυση της πειραματικής διαδικασίας.

5.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Το πείραμα περιλαμβάνει τη μέτρηση του υφιστάμενου θορύβου σε προαύλια σχολείων της Αττικής. Οι μετρήσεις έγιναν με τη βοήθεια ηχόμετρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων. Τα σχολεία επιλέχθηκαν με βάση τα κριτήρια που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5.1. Πιο συγκεκριμένα, οι μετρήσεις έλαβαν χώρα τόσο σε δημοτικά όσο και σε λύκεια σχολεία με σκοπό **να βγουν συμπεράσματα από τις μετρήσεις σε σχέση με τις διαφορές στο θόρυβο που κάνουν παιδιά μικρότερης και μεγαλύτερης ηλικίας**. Παράλληλα, οι μετρήσεις εκτός από το κριτήριο της ηλικίας αναλύθηκαν και με βάση την περιοχή. Έτσι, **επιλέχθηκαν 2 περιοχές διαφορετικές- με βάση το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο των περιοχών- ο δήμος Αγίων Αναργύρων(δυτικός τομέας Αττικής) και ο δήμος Μεταμόρφωσης(βόρειος τομέας Αττικής)**. Ο δήμος Αγ. Αναργύρων είναι χαμηλότερου βιοτικού επιπέδου σε σχέση με το δήμο της Μεταμόρφωση. Έτσι, παρακάτω ακολουθεί ένας πίνακας με τα σχολεία που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις, καθώς και με το πλήθος παιδιών του κάθε σχολείου.

ΣΧΟΛΕΙΑ	ΠΛΗΘΟΣ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
3 ^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	280
1 ^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	230
7 ^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	300
1 ^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	210
3 ^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	270
6 ^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	320
1 ^ο ΛΥΚΕΙΟ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	250
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	260
3 ^ο ΛΥΚΕΙΟ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	280

Να σημειωθεί ότι ήταν αρκετά δύσκολο να βρεθούν σχολεία με όσο το δυνατό πιο κοινό πλήθος παιδιών, γι' αυτό και παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα κάποιες αποκλίσεις στο πλήθος (οι οποίες, ωστόσο, όπως διαπιστώσαμε και μετά τις μετρήσεις δεν δημιούργησαν κάποιο πρόβλημα).

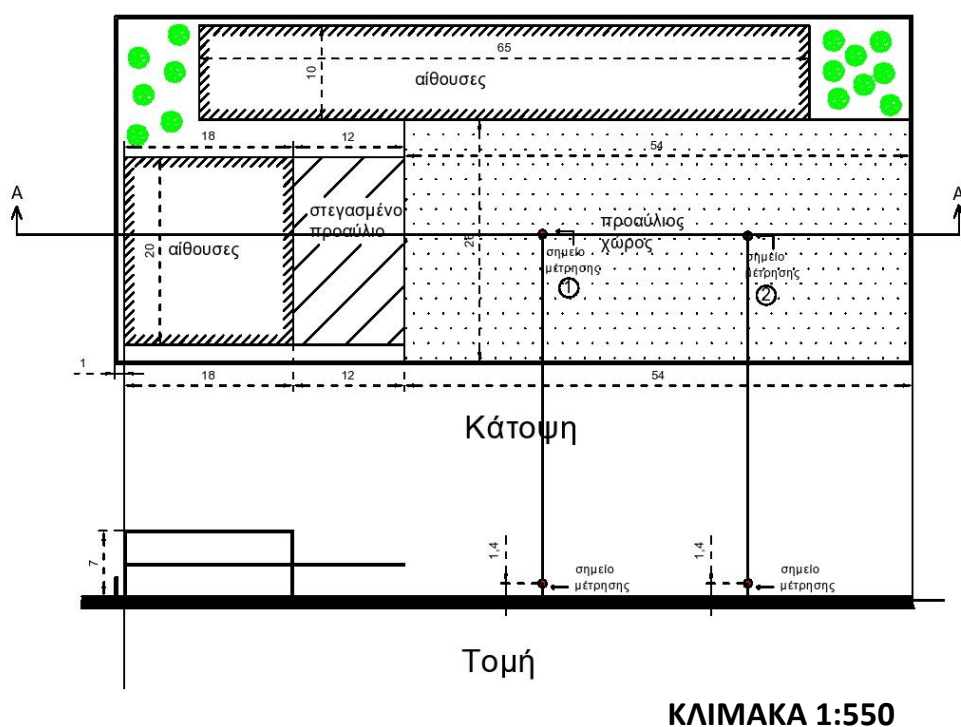
Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι μετά το πέρας των μετρήσεων στα σχολικά προαύλια, μας δημιουργήθηκε η ανάγκη να κάνουμε και κάποιες μετρήσεις ενδεικτικά σε κάποια προαύλια σχολείων που ήδη είχαμε επισκεφθεί, αυτή τη φορά όμως χωρίς παιδιά. Και αυτό για να κατανοήσουμε καλύτερα αν ο θόρυβος που μετρούσαμε στο διάλειμμα οφειλόταν εξ' ολοκλήρου στις φωνές των παιδιών ή ο θόρυβος του περιβάλλοντος ενισχύει και αυτός τα αποτελέσματά μας. Πιο συγκεκριμένα, λοιπόν, μετρήσαμε στο άδειο προαύλιο του 3^{ου} δημοτικού Αγ. Αναργύρων και του 7^{ου} δημοτικού Μεταμόρφωσης. Το 3^ο δημοτικό Αγίων Αναργύρων είναι από τα σχολεία που είχε αποτέλεσμα από τις μετρήσεις μας έναν από τις μεγαλύτερες στάθμες LAeq (όπως θα δούμε και στο παρακάτω κεφάλαιο).

Σχετικά με τις μετρήσεις θορύβου που διεξήχθησαν στο προαύλιο των σχολείων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και των μαθημάτων είναι σημαντικό να αναφέρουμε τα εξής για να γίνει κατανοητή η διαδικασία του πειράματος:

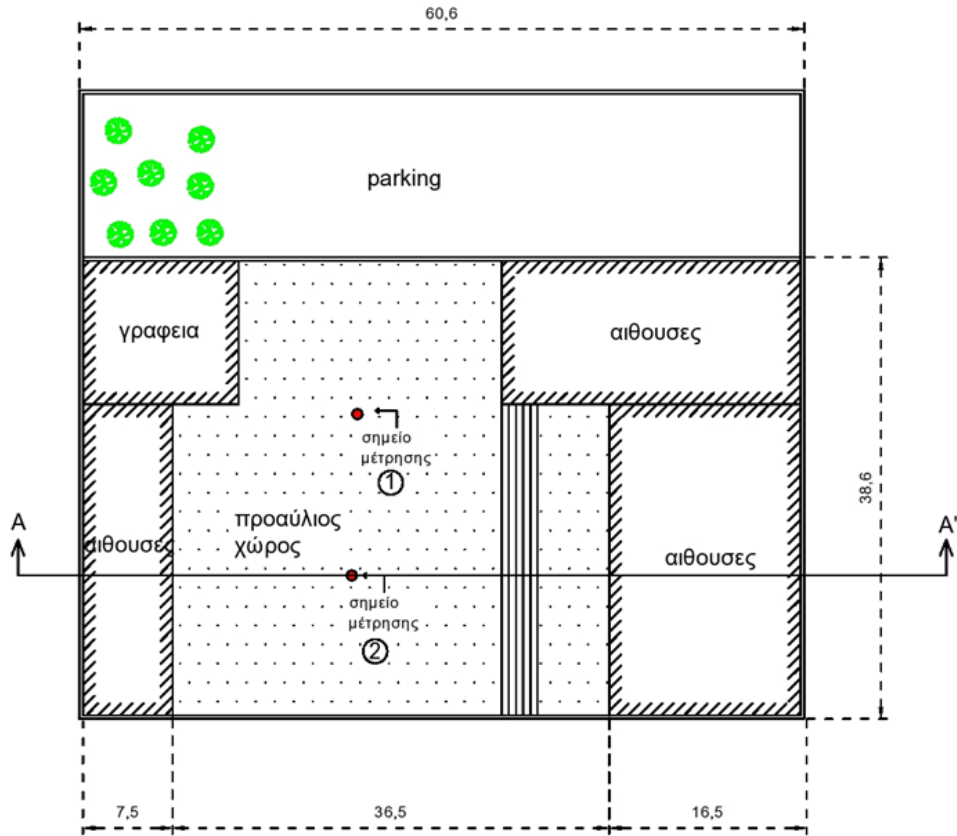
- Σε κάθε σχολείο- είτε δημοτικό είτε λύκειο- διεξήχθησαν 6 διαφορετικές μετρήσεις. Κάποιες από τις έξι μετρήσεις αναπόφευκτα έγιναν σε διαφορετικά διαλείμματα.
- Επειδή είχαμε στη διάθεσή μας 2 ηχόμετρα, παίρναμε σε κάθε διάλλειμα 2 ταυτόχρονες μετρήσεις, όλες σε σταθερά σημεία στο κέντρο του προαυλίου. Έτσι, ουσιαστικά, για κάθε σχολείο **μετρήσαμε σε 2 σημεία και έχουμε 3 μετρήσεις ανά σημείο.**
- Οι διάφορες μετρήσεις είχαν **διάρκεια 5 λεπτών**, καθώς αυτή ήταν και η διάρκεια του μικρότερου διαλείμματος.

Παρακάτω ακολουθεί ενδεικτικά η σχηματική απεικόνιση(κάτοψη-τομή) κάποιων προαυλίων των σχολείων που μετρήσαμε το θόρυβο, όπου διαφαίνονται οι θέσεις μας κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Στο παράρτημα υπάρχει η σχηματική απεικόνιση του συνόλου των προαυλίων που μετρήσαμε.

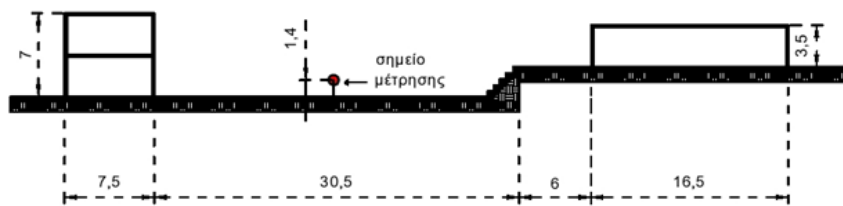
1ο δημοτικό Αγίων Αναργύρων



3ο δημοτικό Μεταμόρφωσης



Κάτοψη



Τομή

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:450

Σχετικά με τις **καιρικές συνθήκες** κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο καιρός ήταν αίθριος(ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στις 24/04/2012 η θερμοκρασία ήταν 18°C ενώ τις υπόλοιπες μέρες η θερμοκρασία ήταν αρκετά υψηλότερη, όπως 27°C στις 03/05/2012), με υψηλές θερμοκρασίες και έντονη ηλιοφάνεια, ενώ στο διάστημα των μετρήσεων δεν υπήρχε καμία αλλαγή των καιρικών συνθηκών. Έτσι, όλες οι μετρήσεις έγιναν στις ίδιες καιρικές συνθήκες. Οι μετρήσεις στα άδεια προαύλια έγιναν στις 1/10/2012 όπου η θερμοκρασία ήταν στους 32°C.

Το διάλειμμα είναι για τους μαθητές/ τριες των σχολείων ένα είδος ξεσπάσματος-ειδικά στις μικρότερες ηλικίες. Παρόλα αυτά, για τις φωνές των παιδιών ο καιρικές συνθήκες είναι καθοριστικές. Όσο πιο καλοκαιρινός ο καιρός τόσο πιο όρεξη και διάθεση για παιχνίδι έχουν τα παιδιά. Έτσι, οι δικές μας οι μετρήσεις που έγιναν σε καλές καιρικές συνθήκες (**μεταξύ τέλη Απριλίου και τέλη Μαΐου**) έχουν ιδιαίτερη σημασία. Και αυτό γιατί τα επίπεδα θορύβου που προκύπτουν από αυτές τις μετρήσεις θα είναι από τα υψηλότερα, σε σχέση με την υπόλοιπη σχολική χρονιά, αφού κατά τους χειμερινούς μήνες το κρύο και η βροχή μπορεί να αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για το παιχνίδι των παιδιών ή ακόμα πολλά παιδιά δεν βγαίνουν στο προαύλιο λόγω των κακών καιρικών συνθηκών. Συγκεκριμένες ημερομηνίες, ώρες διεξαγωγής, συνθήκες θερμοκρασίας των μετρήσεων φαίνονται στον πίνακα αποτελεσμάτων που έχουμε παραθέσει στο παράρτημα στο τέλος της παρούσας διπλωματικής.

Σε αυτό το σημείο, ακολουθούν **κάποιες μικρές παρατηρήσεις πάνω στα σχολεία** που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις(ύπαρξη πρασίνου, πού χωροθετούνται κ.ά.). Σε γενικές γραμμές τα προαύλια των δημοτικών σχολείων της Μεταμόρφωσης ήταν πιο προσεγμένα και καλύτερα σχεδιασμένα συγκριτικά με αυτά των Αγίων Ανάργυρων. Πιο συγκεκριμένα, τα σχολεία της Μεταμόρφωσης είχαν σαφώς περισσότερο πράσινο στο προαύλιο χώρο συγκριτικά με τα σχολεία των Αγίων Αναργύρων. Παράλληλα, οι αυλές των σχολείων της Μεταμόρφωσης ήταν μεγαλύτερες από αυτές των Αγίων Αναργύρων.

Όσον αφορά τα ηχοπετάσματα, από τα σχολεία που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις, μόνο στο 1^ο λύκειο Αγίων Ανάργυρων είχαν τοποθετηθεί ηχοπετάσματα στην πλευρά του προαυλίου που γειτνιάζει με οδό μεγάλης κυκλοφορίας(οδός Αγίων Αναργύρων), για να προστατεύεται το σχολείο από τον κυκλοφοριακό θόρυβο. Τέλος, οι οδοί που περιβάλλουν τα σχολεία στην πλειοψηφία τους ήταν οδοί ήπιας κυκλοφορίας.

Τα **ηχόμετρα** που χρησιμοποιήσαμε για τις μετρήσεις θορύβου στα προαύλια των σχολείων ήταν τα CEL 440 και CEL 450/490 του οίκου CASELLA και βρίσκονταν σε ύψος 1,40 μέτρα από το έδαφος. Το ηχόμετρο ήταν πάντα τοποθετημένο παράλληλα με το έδαφος. Πριν και μετά από κάθε σειρά μετρήσεων στα διάφορα σημεία του προαυλίου γινόταν βαθμονόμηση (callibration) του ηχομέτρου με το βαθμονομητή (callibrator) CEL 100/1 του οίκου CASELLA για το ηχόμετρο CEL 450/490 και με το βαθμονομητή CEL 284/2 του οίκου CASELLA για το ηχόμετρο CEL 440 με 113,6 dB στο 1KHz. Το εύρος των μετρήσεων τους κυμαινόταν από 0-140 dB.



Το ηχόμετρο CEL 440 του οίκου CASELLA



Προαύλιο 3^{ου} δημοτικού Αγίων Ανάργυρων



Προαύλιο 3^{ου} δημοτικού Μεταμόρφωσης



Προαύλιο 1^{ου} δημοτικού Μεταμόρφωσης



Το πειραματικό λύκειο Αγίων Αναργύρων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που εξήχθησαν σε ηλεκτρονική μορφή από το ηχόμετρο επεξεργάζονται και παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο, ώστε να καταστεί δυνατή και εύκολη η αξιολόγηση και η ερμηνεία τους στο επόμενο κεφάλαιο. Η παρουσίαση που ακολουθεί αποτελείται από πίνακες και γραφήματα.

6.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΠΡΟΑΥΛΙΟ ΜΕ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΠΑΙΔΙΑ

Αν κοιτάξουμε το παράρτημα και δούμε το σύνολο των μετρήσεων παρατηρούμε ότι ακόμα και στο ίδιο σχολείο για κάθε ένα δείκτη ξεχωριστά υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στα 6 αποτελέσματα (μερικές φορές φτάνει τη διαφορά της τάξης των 30dB). Κάτι τέτοιο παρατηρείται ιδιαίτερα στα δημοτικά σχολεία. Γι' αυτό το λόγο, στην απεικόνιση των αποτελεσμάτων μας θα χρησιμοποιήσουμε εκτός από τον αριθμητικό μέσο, το εύρος τιμών της ηχοστάθμης για κάθε ένα δείκτη που έχουμε επιλέξει να σχολιάσουμε και να χρησιμοποιήσουμε για τα συμπεράσματά μας, καθώς μόνο έτσι θεωρούμε ότι θα έχουμε την πιο αντιπροσωπευτική και σωστή απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

παραθέτουμε συγκεντρωτικά έναν πίνακα με τους μέσους όρους των τιμών των δεικτών L_{Aeq} , $L_{A_{90,0}}$, $L_{A_{10,0}}$, $L_{A_{max}}$ και $L_{A_{min}}$ για όλα τα προαύλια κατά τη διάρκεια του διαλείμματος και ένα δεύτερο πίνακα για τα προαύλια που ήταν κενά.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α- ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΟΣ (ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ)

	dB	dB	dB	dB	dB
ΣΧΟΛΕΙΑ	L_{Aeq}	$L_{A_{90}}$	$L_{A_{10}}$	$L_{A_{max}}$	$L_{A_{min}}$
3ο Δημοτ. Μετ/φωσης	86,53	72,17	85,33	104,22	66,3
1ο Δημοτ. Μετ/φωσης	89,87	68,58	87,75	110,68	61,52
7ο Δημοτ. Μετ/φωσης	83,75	74,33	92,17	107,08	65,52
3ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	88,28	70,25	89,50	109,25	64,32
1ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	84,58	70,33	83,92	103,08	63
6ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	92,46	68,95	84,00	106,3	62,3
3ο Λύκειο Αγ. Αναργ/ρων	69,43	60,17	72,92	85	55,63
Πειρ. Λυκ. Αγ. Αναργ/ρων	67,62	59,67	71,05	85,35	55,25
1ο Λύκειο Αγ. Αναργ/ρων	72,35	62,58	75,58	89,53	57,35

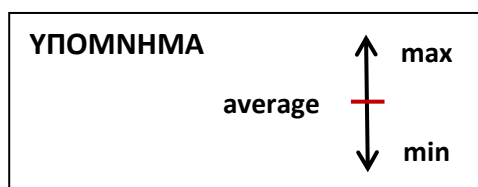
ΠΙΝΑΚΑΣ Β- ΚΕΝΟ ΠΡΟΑΥΛΙΟ (ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ)

ΣΧΟΛΕΙΑ/ ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ(dB)	3ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	7ο Δημοτ. Μετ/φωσης
L_{Aeq}	59,78	56,03
L_{Afmax}	68,07	62,12
L_{Afmin}	50,45	46,87
L_{Af10,0}	60,95	58,45
L_{Af90,0}	53,43	52,20

6.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ- ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

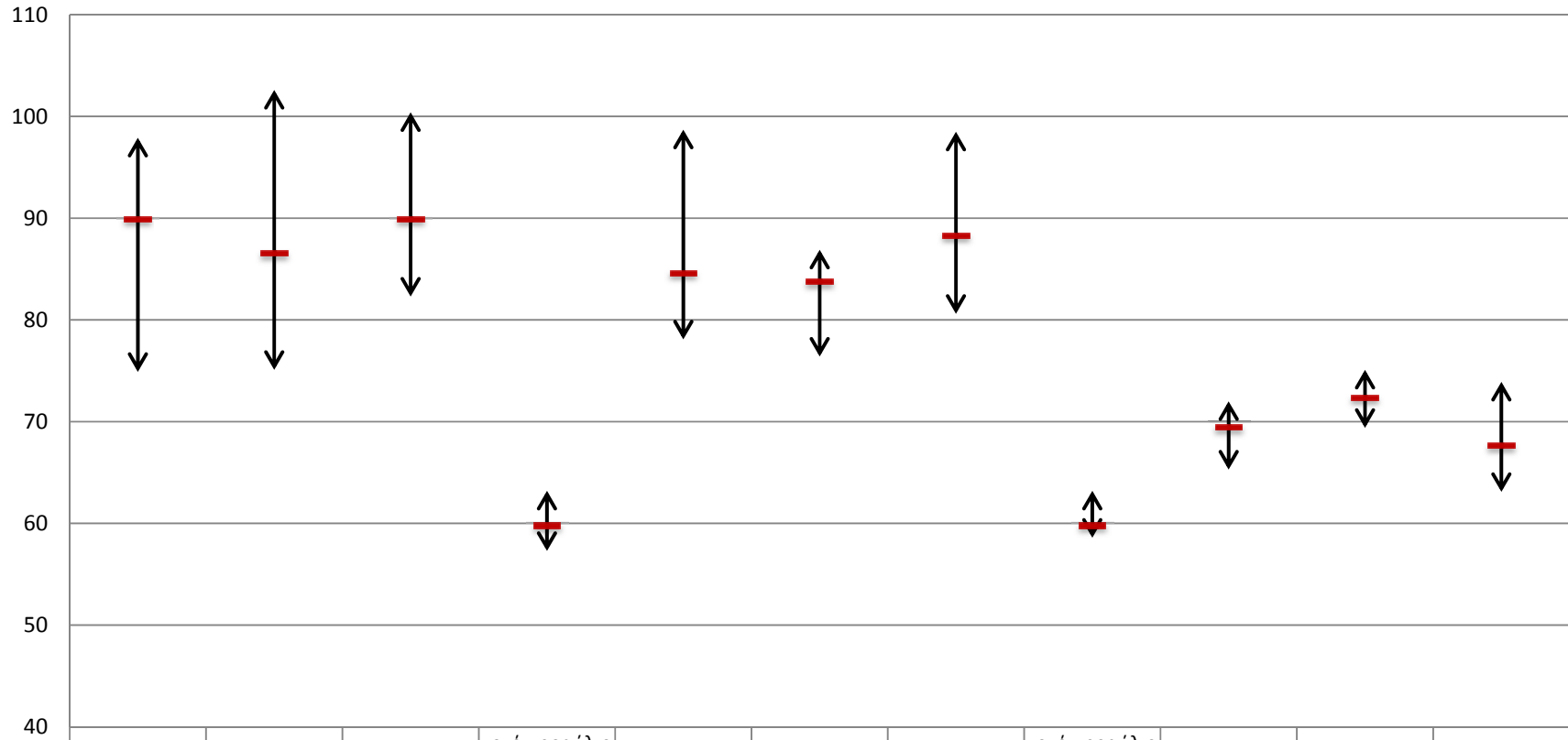
Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων που βρίσκονται στο παράρτημα και τις παραπάνω μέσες τιμές ακολουθούν τα διαγράμματα για κάθε ένα δείκτη ξεχωριστά: τον L_{Aeq} , $L_{Af90,0}$, $L_{Af10,0}$, L_{Afmax} και L_{Afmin} .

Σε αυτό το σημείο παραθέτουμε το υπόμνημα των γραφημάτων που ισχύει και για τα πέντε γραφήματα που ακολουθούν.



LAeq

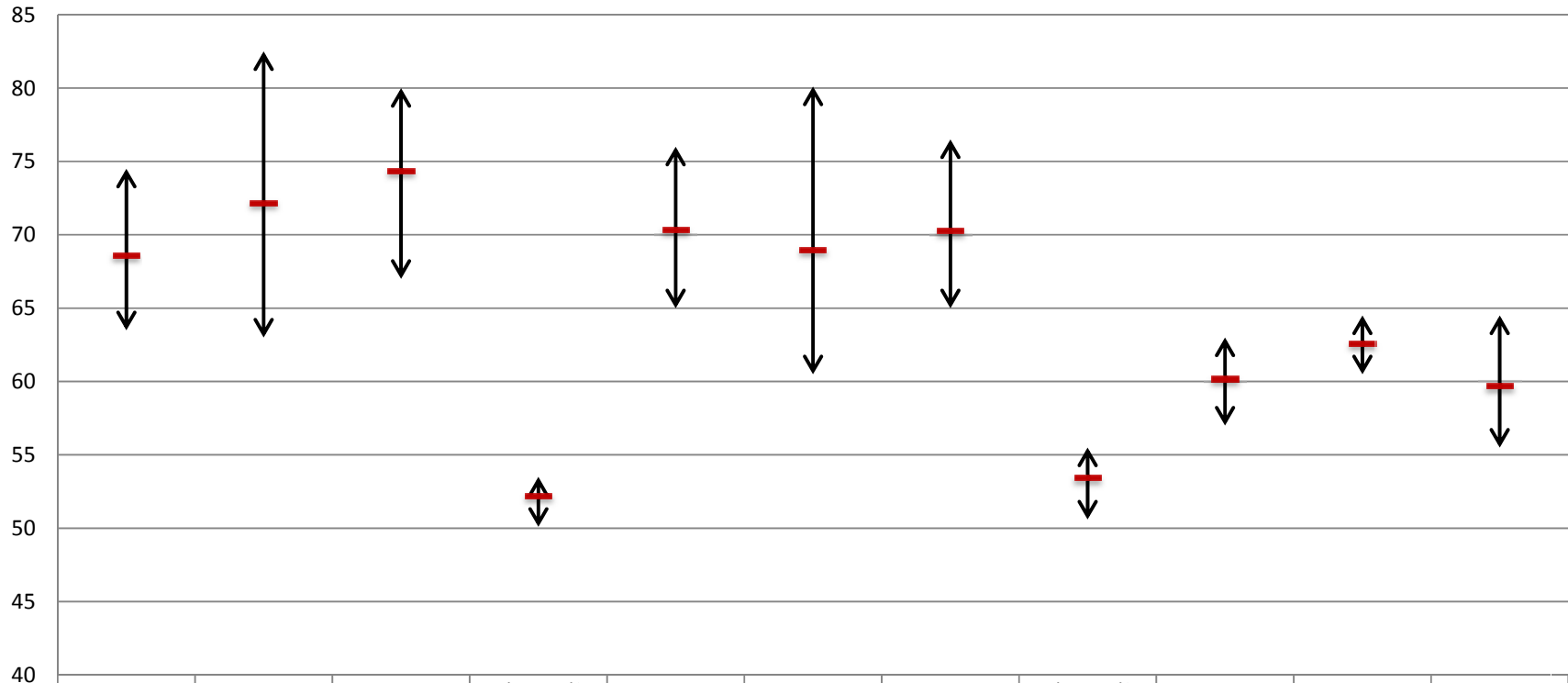
dBa



	1ο δημοτ. Μετ/φωσης	3ο δημοτ. Μετ/φωσης	7ο δημοτ. Μετ/φωσης	κενό προαύλιο 7ο δημ. Μετ/φωσης	1ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	6ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	3ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	κενό προαύλιο 3ο δημ. Αγ.Αναργ.	3ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρων	1ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρων	πειραματ.λυκ. Αγ.Αναργ/ρων
Leq max (dBa)	97,9	102,6	100,4	63,2	98,7	86,9	98,5	63,2	72	75,1	73,9
Leq min(dBa)	74,9	75,1	82,3	57,3	78,1	76,4	80,6	58,6	65,3	69,4	63,1
— Leq aver(dBa)	89,87	86,53	89,88	59,78	84,58	83,75	88,28	59,78	69,43	72,35	67,62

dB(A)

L_{Af} 90,0



	1ο δημοτ. Μετ/φωσης	3ο δημοτ. Μετ/φωσης	7ο δημοτ. Μετ/φωσης	κενό προαύλιο 7ο δημ. Μετ/φωσης	1ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	6ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	3ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	κενό προαύλιο 3ο δημ. Αγ.Αναργ.	3ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρων	1ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρων	πειραματ.λυκ. Αγ.Αναργ/ρων
L90 max (dBA)	74,5	82,5	80	53,5	76	80,1	76,5	55,5	63	64,5	64,5
L90 min(dBA)	63,5	63	67	50,1	65	60,5	65	50,6	57	60,5	55,5
— L90 aver(dBA)	68,58	72,17	74,33	52,2	70,33	68,95	70,25	53,43	60,17	62,58	59,67

dBa

$L_{Af}_{10,0}$

110

100

90

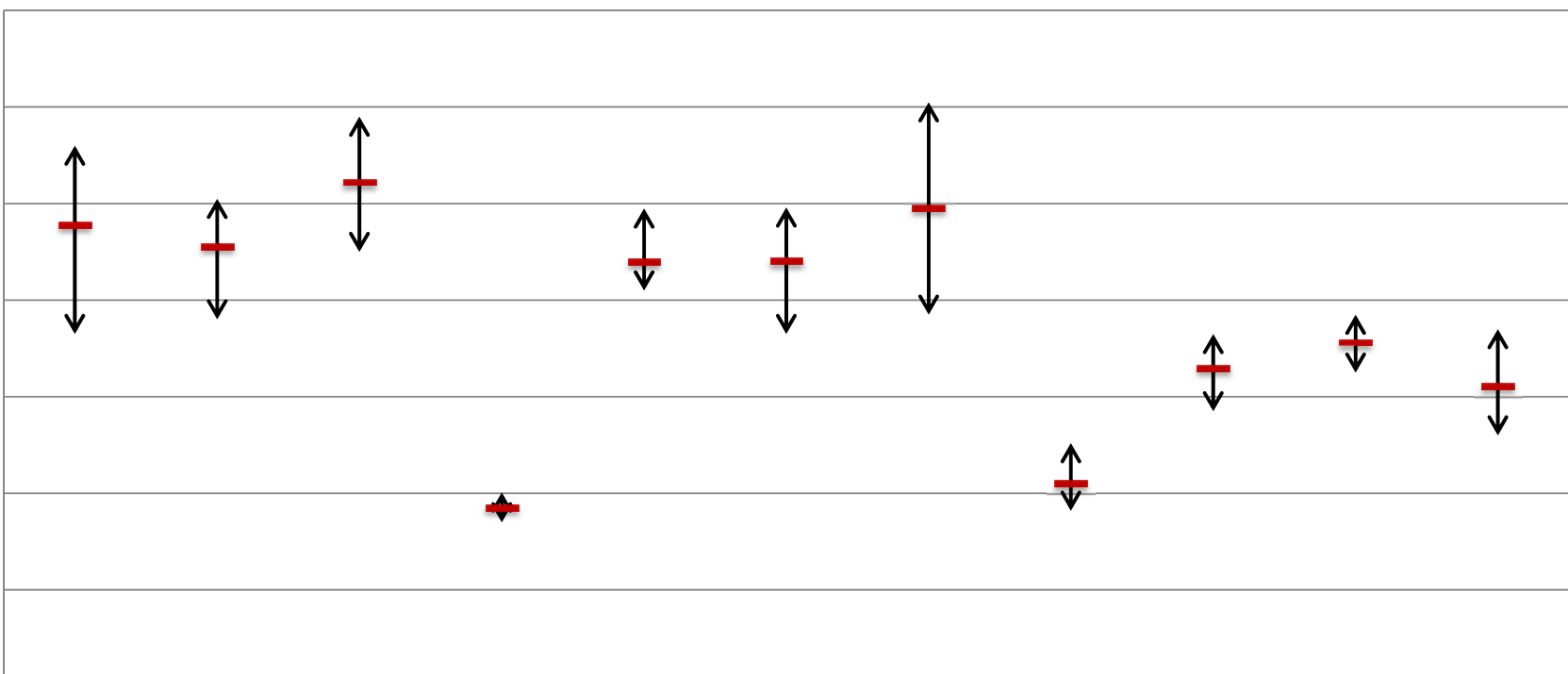
80

70

60

50

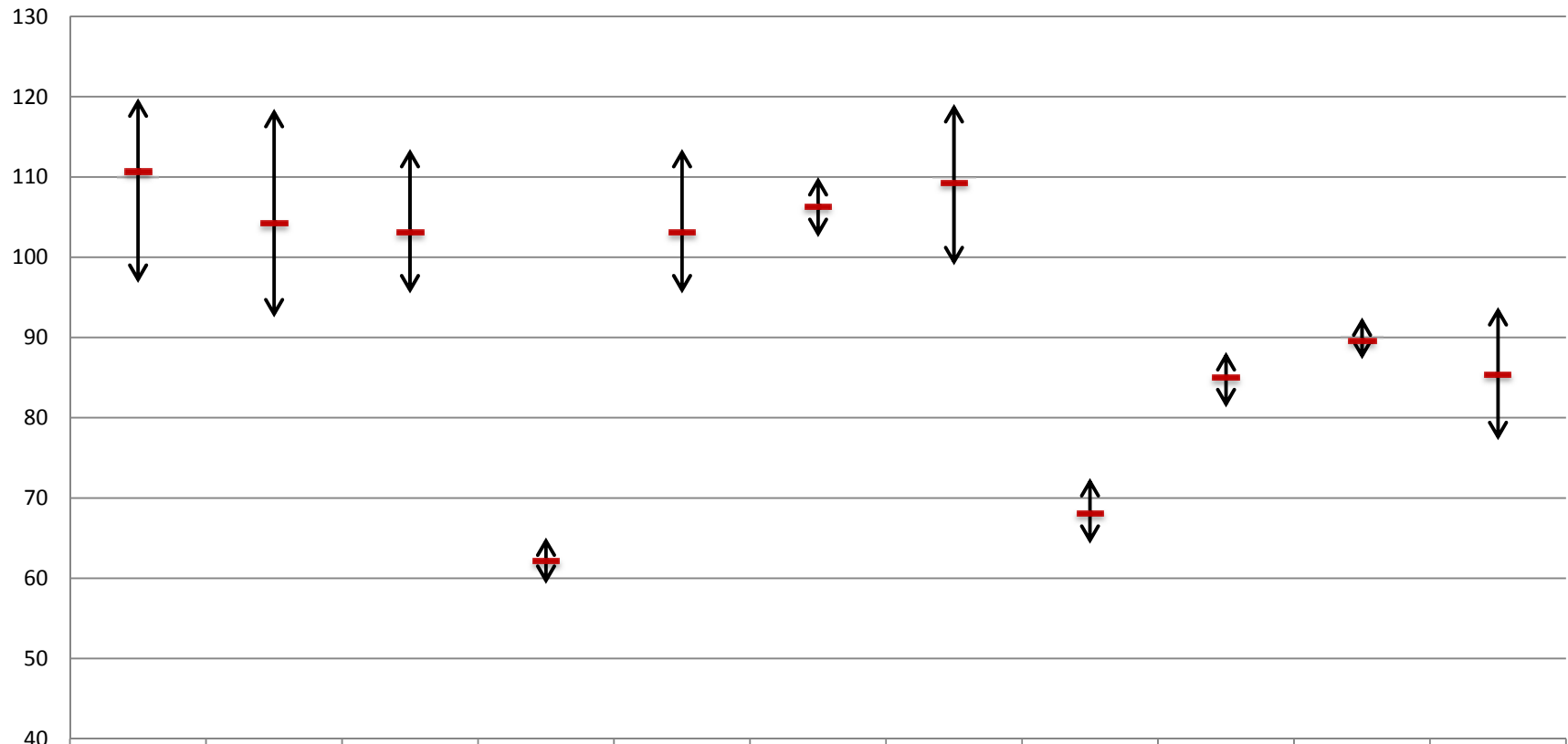
40



	1ο δημοτ. Μετ/φωσης	3ο δημοτ Μετ/φωσης	7ο δημοτ. Μετ/φωσης	κενό προαύλιο 7ο δημ Μετ/φωσης	1ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρω v	6ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρω v	3ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρω v	κενό προαύλιο 3ο δημ Αγ.Αναργ.	3ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρω v	1ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρω v	πειραμ. λυκ. Αγ.Αναργ/ρω v
$L_{Af10,0max}$	96	90,5	99	60,1	89,5	89,6	100,5	65,2	76,5	78,5	77
$L_{Af10,0 min}$	76,5	78	85	57	81	76,5	78,5	58,2	68,5	72,5	66
$L_{Af10,0 aver}$	87,75	85,53	92,17	58,45	83,92	84	89,5	60,95	72,92	75,58	71,05

dBa

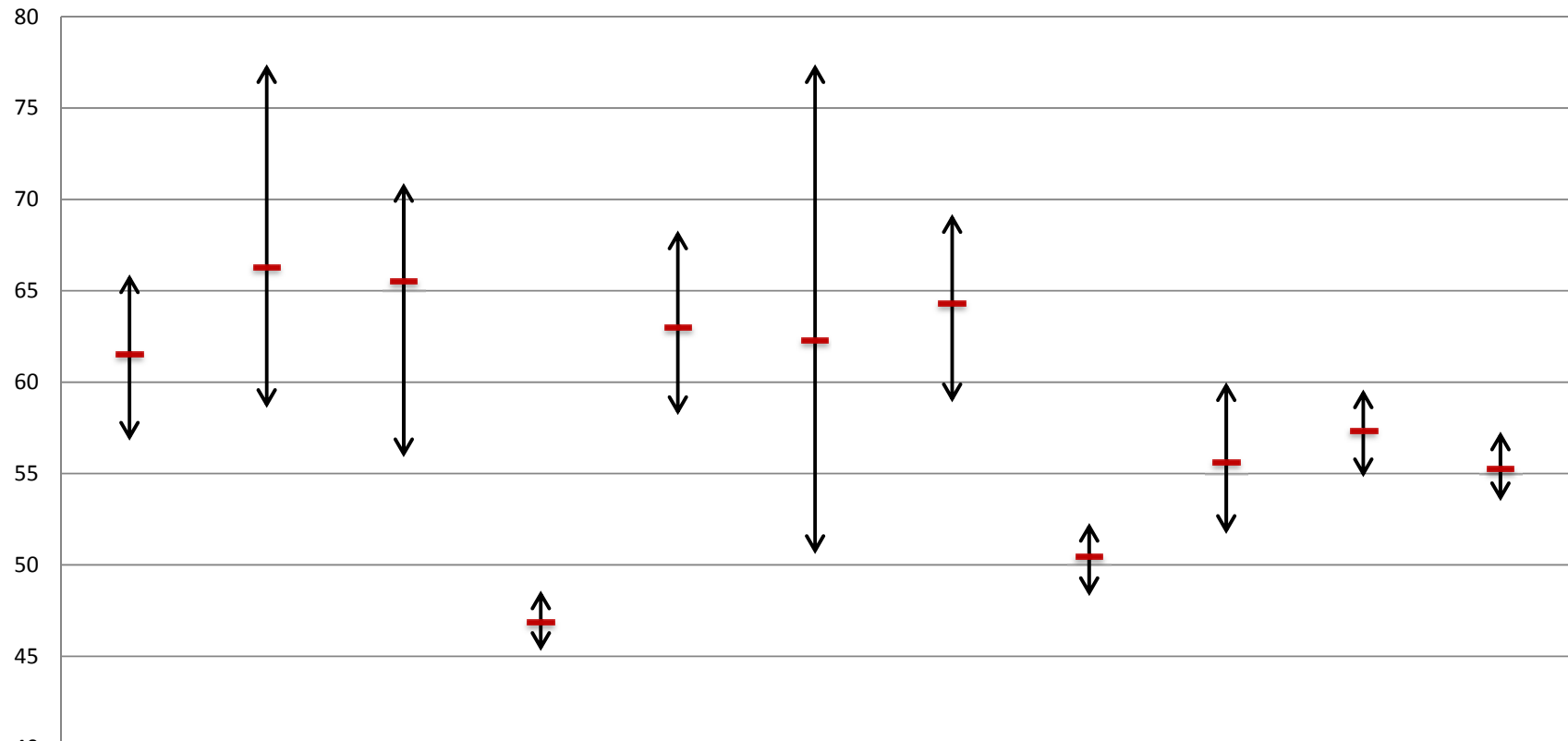
$L_{A_{f_{max}}}$



	1ο δημοτ. Μετ/φωσης	3ο δημοτ. Μετ/φωσης	7ο δημοτ. Μετ/φωσης	κενό προαύλιο 7ο δημ. Μετ/φωσης	1ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	6ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	3ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	κενό προαύλιο 3ο δημ. Αγ.Αναργ.	3ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρων	1ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρων	πειραματ.λυκ. Αγ.Αναργ/ρων
$L_{A_{max}} \max$ (dBA)	119,8	118,5	113,5	65,1	113,5	110	119,1	72,5	88,2	92,5	93,8
$L_{A_{max}} \min$ (dBA)	96,8	92,5	95,5	59,3	95,5	102,5	99	64,3	81,3	87,3	77,2
$L_{A_{max}} \text{aver}$ (dBA)	110,68	104,22	103,08	62,12	103,08	106,3	109,25	68,07	85	89,53	85,35

dBa

$L_{A_{f_{min}}}$



	1ο δημοτ. Μετ/φωσης	3ο δημοτ. Μετ/φωσης	7ο δημοτ. Μετ/φωσης	κενό προαύλιο 7ο δημ. Μετ/φωσης	1ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	6ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	3ο δημοτ. Αγ.Αναργ/ρων	κενό προαύλιο 3ο δημ. Αγ.Αναργ.	3ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρων	1ο λυκ. Αγ.Αναργ/ρων	πειραματ.λυκ. Αγ.Αναργ/ρων
L _{Amin} max (dBa)	65,9	77,4	70,9	48,6	68,3	77,4	69,2	52,3	60	59,6	57,3
L _{Amin} min(dBa)	56,8	58,6	55,9	45,3	58,2	50,6	58,9	48,3	51,7	54,8	53,5
- L _{Amin} aver(dBa)	61,52	66,3	65,52	46,87	63	62,28	64,32	50,45	55,63	57,35	55,25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ** **ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΠΡΟΑΥΛΙΑ**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε μια παράθεση πινάκων και γραφημάτων με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων θορύβου στα σχολικά προαύλια των δημοτικών και λυκείων των δήμων Μεταμόρφωσης και Αγίων Αναργύρων. Σε αυτό το κεφάλαιο-στηριζόμενες στα αποτελέσματα αυτά- θα επιχειρήσουμε το σχολιασμό τους καθώς και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Παράλληλα, θα επεκταθούμε και σε άλλα ζητήματα, δηλαδή θα εξετάσουμε αν η ηχομόνωση των σχολείων θεωρείται επαρκής για τις παρούσες συνθήκες θορύβου, θα υπάρξει σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με αποτελέσματα από τον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο, θα υπολογίσουμε όπου μπορούμε τι στάθμη θορύβου φτάνει στις προσόψεις των κοντινότερων κατοικιών και τέλος, θα επιχειρήσουμε ένα συσχετισμό των συμπερασμάτων μας με την υπάρχουσα βιβλιογραφία που έχουμε παρουσιάσει περιληπτικά στο κεφάλαιο 4.

7.1 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΠΡΟΑΥΛΙΑ

Ένας από τους στόχους της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να δώσει σε πρώτο επίπεδο απαντήσεις στα εξής ερωτήματα:

1. Τα σχολικά προαύλια είναι σημαντικές πηγές θορύβου;
2. Υπάρχουν διαφορές ως προς τη στάθμη θορύβου ανάμεσα στα δημοτικά και τα λύκεια σχολεία;
3. Μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα από τις παρούσες μετρήσεις για το αν ο θόρυβος σχετίζεται με την κοινωνικοοικονομική κατάσταση της περιοχής του σχολείου;

Σε αυτό το κεφάλαιο θα απαντηθούν τα τρία παραπάνω ερωτήματα λαμβάνοντας υπόψη τους πίνακες και τα γραφήματα του προηγούμενου κεφαλαίου.

Εδώ να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις που κάναμε αντιλαμβανόμαστε ότι είναι ενδεικτικές του θορύβου στα προαύλια και ότι για να βγάλουμε καθολικά συμπεράσματα θα πρέπει να γίνουν πολύ πιο εκτενείς μετρήσεις. Παρόλα αυτά, από τα ίδια τα αποτελέσματα, όπως θα παρατηρήσουμε, και θα εξηγήσουμε παρακάτω, μπορούμε να εξάγουμε κάποια καταφανή συμπεράσματα.



1. Τα σχολικά προαύλια είναι σημαντικές πηγές θορύβου;

Όπως ειπώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και φαίνεται από τα γραφήματα και τους πίνακες του παραρτήματος τα αποτελέσματα που εξάγαμε παρουσιάζουν **μεγάλες διακυμάνσεις στα δημοτικά σχολεία**- ακόμα και στο ίδιο σχολείο. Αυτό οφείλεται στη φύση των παιδιών. Σε ένα διάλειμμα, όπως είναι γνωστό τα παιδιά θα φωνάξουν. Και αυτό θα γίνει με τυχαίο και απρόβλεπτο τρόπο, από τη στιγμή που μιλάμε και για ένα πλήθος παιδιών 250 με 300.

Ακόμα, παρατηρούμε από το γενικό πίνακα τιμών του παραρτήματος και από τα γραφήματα του προηγούμενου κεφαλαίου ότι στα δημοτικά σχολεία έχω πολύ υψηλές ηχοστάθμες. Ενδεικτικά, ο μέσος δείκτης L_{eq} κυμαίνεται από 83,75 dBA μέχρι 92,46 dBA, ο $L_{90,0}$ από 68,58 έως και 74,33 dBA και ο $L_{10,0}$ από 83,92 μέχρι και 92,17 dBA. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας στα άδεια προαύλια(πίνακας Β) και τα γραφήματα που απεικονίζουν το εύρος τιμών των δεικτών θορύβου σε προαύλια με και χωρίς παιδιά παρατηρούμε ότι στα 2 σχολεία που μετρήσαμε (3^ο δημοτικό Αγίων Αναργύρων και 7^ο δημοτικό Μεταμόρφωσης) τα επίπεδα του θορύβου στις 2 διαφορετικές αυτές καταστάσεις έχουν **διαφορές της τάξης των 20 και 30 dBA**. Τέτοιου είδους διαφορές αποτελούν ένδειξη ότι ο εξωτερικός θόρυβος του σχολείου δεν προσθέτει ουσιαστικά τίποτα στα δικά μας αποτελέσματα μετρήσεων. Οι φωνές των παιδιών είναι αυτές που κατά τη διάρκεια του διαλείμματος καθορίζουν τη διαμόρφωση των τελικών επιπέδων θορύβου.

Παράλληλα, από τον πίνακα Α με τους μέσους όρους και τα γραφήματα με τους δείκτες θορύβου LA_{fmax} και LA_{fmin} εντοπίζουμε διακυμάνσεις του θορύβου μέχρι και 50 dBA, δηλαδή **έντονη εναλλαγή υψηλής και χαμηλής ηχοστάθμης**. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις παρατηρούνται στα δημοτικά σχολεία. Μάλιστα, ενδεικτικά στο 3^ο δημοτικό Αγ. Ανάργυρων η στάθμη θορύβου του LA_{fmax} έφτασε στα 119,1 dBA μια μεμονωμένη στιγμή! Αυτές οι υψηλές τιμές οφείλονται στο γεγονός ότι τα παιδιά κατά τη διάρκεια του διαλείμματος –όπως παρατηρήσαμε και όπως είναι γνωστό- βγάζουν δυνατές κραυγές ή κλαίνε και μιλάνε δυνατά. **Οι διακυμάνσεις του θορύβου- δηλαδή η έντονη εναλλαγή υψηλής και χαμηλής στάθμης θορύβου - μπορεί να γίνουν ιδιαίτερα ενοχλητικές και να αποτελούν σημαντικό παράγοντα απόσπασης, μη συγκέντρωσης και μειωμένης αντίληψης των δεκτών του θορύβου (Bradley 1994) που βρίσκονται κοντά στο προαύλιο (εργαζόμενοι κοντά στο σχολείο, κάτοικοι που διαβάζουν, κ.ά.)**. ή μέσα στις σχολικές αίθουσες(όταν σε κάποιες περιπτώσεις χρειαστεί να γίνει μάθημα ταυτόχρονα με διάλειμμα). Μπορεί ακόμα να είναι και πιο ενοχλητικός ένας τέτοιος θόρυβος με μεγάλες διακυμάνσεις από έναν συνεχόμενο θόρυβο. Πάντως όλοι οι ψυχολόγοι συμφωνούν ότι ο διακοπτόμενος και απρόβλεπτος ήχος είναι τελικά ο πιο ενοχλητικός και επιβλαβής. Μάλιστα έχει βρεθεί ότι αυτού του είδους ο θόρυβος έχει επίπτωση στην εκτέλεση ενός έργου και μετά από αρκετό διάστημα, όταν δηλαδή το άτομο παύει να έχει την εμπειρία του θορύβου. (Glass Singer & Friedman)

Ένα ακόμα σημείο που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, σε υψηλές και στιγμιαίες στάθμες θορύβου μπορεί να προκληθούν άμεσες ζημιές στην ακουστική ικανότητα των δεκτών του θορύβου (Hanner & Axelsson 1988). Όρια που έχουν τεθεί για την στάθμη θορύβου είναι 140 dBA για τους ενήλικες και για τα παιδιά το όριο δεν πρέπει να ξεπερνά ποτέ τα 120 dBA, σαν πιο ευαίσθητοι δέκτες. Από τις δικές μας μετρήσεις παρατηρούμε ότι ο δείκτης $L_{A_{max}}$ φτάνει πολύ υψηλά επίπεδα, κοντά στο όριο των 120 dBA, κάτι που μπορεί να είναι ιδιαίτερα επιβλαβές για τα παιδιά, αν λάβουμε υπόψη ότι τα παιδιά παρευρίσκονται συχνά στο προαύλιο για διάλειμμα.

2. Υπάρχουν διαφορές ως προς τη στάθμη θορύβου ανάμεσα στα δημοτικά και τα λύκεια σχολεία;

Η μελέτη των Bridget Shield και Julie E. Dockrell με τίτλο «External and internal noise surveys of London primary schools» και «The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children» ύστερα από ένα μεγάλο αριθμό μετρήσεων που έγιναν σε διάφορα σχολεία στο Λονδίνο αναφέρει ότι- σύμφωνα με τα αποτελέσματα- **η στάθμη θορύβου μειώνεται όσο η ηλικία των παιδιών αυξάνεται**. Το ίδιο είχαν επισημάνει και οι Picard και Brandley, αξιολογώντας τις στάθμες θορύβου από σχολεία στις δικές τους μελέτες. Το ίδιο συμπεραίνουμε και από τα δικές μας μετρήσεις. Οι διαφορές στα επίπεδα θορύβου είναι αρκετά μεγάλες. Αρκεί να ρίξουμε μια ματιά στα γραφήματα του προηγούμενου κεφαλαίου και το συμπέρασμα αυτό είναι πασιφανές. Στα δημοτικά σχολεία των Αγίων Αναργύρων οι μέσες τιμές του L_{eq} κυμαίνονται από 88,3 έως 92,5 dBA, στα δημοτικά της Μεταμόρφωσης από 83,75 έως 89,9 dBA και στα λύκεια έχουμε διαφορές σε σχέση με τα δημοτικά της τάξης των 15 ή και 20 dBA (από 67,6 έως 72, 35 dBA). Στο δείκτη $L_{A_{90,0}}$ οι διαφορές στα επίπεδα θορύβου μεταξύ δημοτικών και λυκείων σχολείων είναι της τάξης των 10 dB. Το ίδιο ισχύει και για τον $L_{A_{10,0}}$.

Παράλληλα, σε όλα τα δημοτικά ο δείκτης $L_{A_{max}}$ ξεπέρασε τα 100 dBA- που είναι πολύ υψηλή στάθμη όπως εξηγήθηκε και παραπάνω. Σε αντίθεση με τα λύκεια που ο δείκτης αυτός κυμαίνεται από 85 έως 88 dBA. Τέλος, μια γενική παρατήρηση για τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας είναι ότι οι διακυμάνσεις των αποτελεσμάτων στα λύκεια δεν είναι μεγάλες όσο στα δημοτικά. Και αυτό συμβαίνει γιατί τα παιδιά μικρότερης ηλικίας συνήθως έχουν πιο έντονα ξεσπάσματα. Οι διαφορές των $L_{A_{max}}$ και $L_{A_{min}}$ στα δημοτικά είναι της τάξης των 40 με 50 dBA σε αντίθεση με τα λύκεια σχολεία που είναι της τάξης των 25 dBA.

3. Η περιοχή του σχολείου παίζει ρόλο στο κατά πόσο θορυβώδη είναι τα παιδιά;

Όπως έχει ειπωθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο η μελέτη των Bridget Shield και Julie E. Dockrell με τίτλο «External and internal noise surveys of London primary schools» παρουσιάζει και αναλύει τη διαδικασία των μετρήσεων, χωρίζοντας τα σχολεία σε

ομάδες με κριτήριο τα δημογραφικά χαρακτηριστικά (κοινωνικοοικονομικά) της τοποθεσίας των σχολείων. Από τις δικές μας μετρήσεις, συγκρίνοντας μια περιοχή του δυτικού (Άγιοι Ανάργυροι) και μια περιοχή του βόρειου τομέα (Μεταμόρφωση) και μετρώντας το θόρυβο από παιδιά δημοτικών σχολείων δεν παρατηρήσαμε διαφορές. Αυτό φαίνεται και στους πίνακες και τα γραφήματα του 6^{ου} κεφαλαίου.

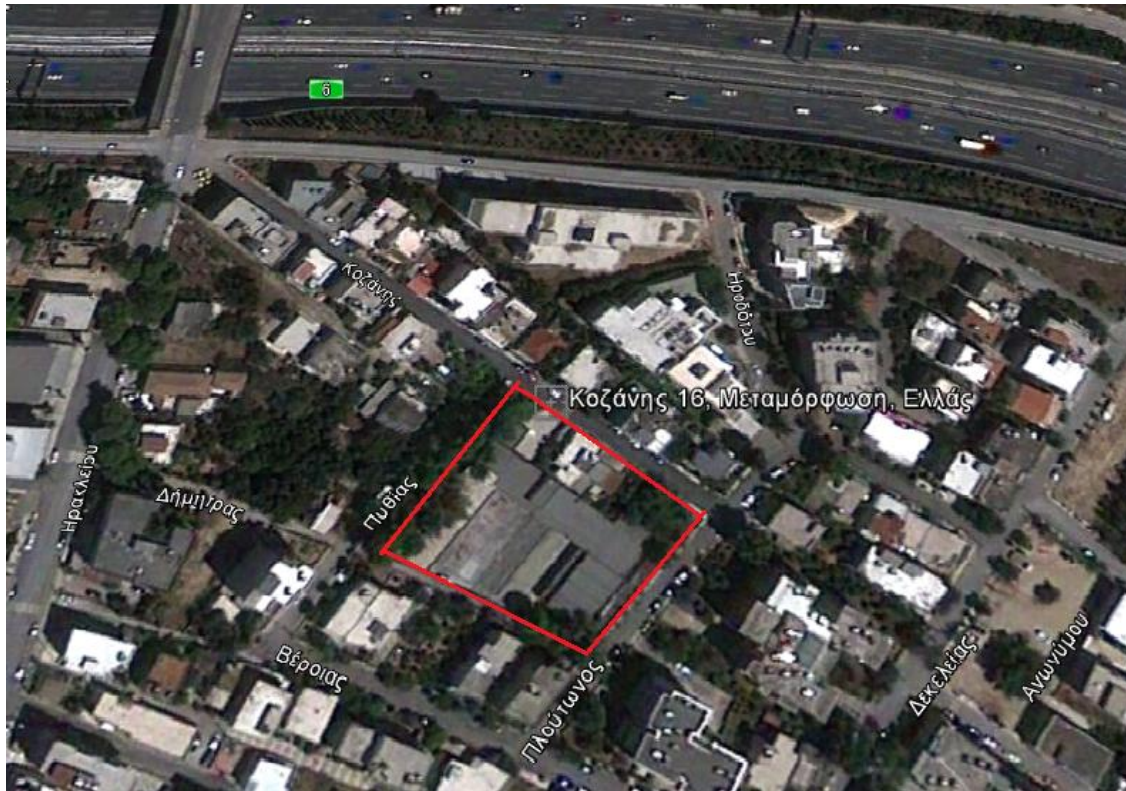
Καταλήγοντας, τα σχολικά προαύλια αποτελούν σημαντική πηγή θορύβου για τα γειτονικά κτίρια. Τόσο τα δημοτικά όσο και τα λύκεια. Φυσικά, με πιο ενοχλητικά τα δημοτικά σχολεία.

7.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΠΟΥ ΦΤΑΝΕΙ ΣΤΙΣ ΚΟΝΤΙΝΕΣ ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΝ ΩΡΑ ΤΟΥ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΟΣ

Το ζήτημα της χωροθέτησης των σχολείων αποτελεί, ίσως, το σημαντικότερο θέμα προς συζήτηση στην παρούσα διπλωματική. Το σχολικό διάλειμμα δεν μπορούμε να το θεωρήσουμε πρόβλημα από μόνο του. Στην περίπτωση, όμως, που προκαλεί ενοχλήσεις στα γειτονικά κτίρια θα πρέπει να διερευνήσουμε λύσεις γι' αυτό το ζήτημα.

Ενδεικτικά, λοιπόν, θα υπολογίσουμε το θόρυβο που φτάνει στα γειτονικά κτίρια-όπου αυτό είναι δυνατό- από τα σχολεία που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις μας. Εδώ να σημειώσουμε ότι τα σχολεία που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις μας βρίσκονται σε περιοχές κυρίως με κατοικίες και όχι σε εμπορικές περιοχές. **Το όριο που τίθεται από τον παγκόσμιο οργανισμό Υγείας(WHO) για το εξωτερικό των κατοικιών και για μέτρια ενόχληση είναι 50dBA** (η ελληνική νομοθεσία δεν προβλέπει κάποιο όριο θορύβου για τις προσόψεις των κατοικιών, γι' αυτό και επιλέξαμε διεθνή κανονισμό).

Θα υπολογίσουμε το θόρυβο που φτάνει στις πιο κοντινές προσόψεις κατοικιών από τα προαύλια των σχολείων που έγιναν οι μετρήσεις. Επιλέξαμε εκείνα τα σχολεία όπου δεν υπήρχαν εμπόδια μεταξύ του προαυλίου και των κατοικιών. Αυτό συμβαίνει στο 3^ο δημοτικό Μεταμόρφωσης και στο πειραματικό λύκειο Αγίων Αναργύρων. Παρακάτω ακολουθούν οι φωτογραφίες των 2 σχολείων (από το google maps), έτσι ώστε να φαίνονται τα όρια του σχολείου(με κόκκινο περίγραμμα), οι οδοί και τα ονόματά τους και η κοντινή περιοχή.



3^ο δημοτικό Μεταμόρφωσης



Πειραματικό λύκειο Αγίων Αναργύρων

Όπως έχουμε εξηγήσει στο κεφάλαιο 2, ο **νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου** ορίζει ότι η ένταση του ήχου σε ελεύθερο πεδίο είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασης από τη πηγή και ότι **η στάθμη πίεσης ήχου ελαττώνεται κατά 3 decibel για κάθε διπλασιασμό της απόστασης στο επίπεδο.** Θα χρησιμοποιήσουμε τις μέσες τιμές του δείκτη LAeq και θα θεωρήσουμε ότι ισχύουν σε απόσταση 1 μέτρου από τα όρια του προαυλίου χώρου των 2 σχολείων(τα οποία δείχνουμε στις παραπάνω φωτογραφίες).

3° ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Στο 3° δημοτικό Μεταμόρφωσης θα εξετάσουμε την πλευρά της οδού Δήμητρας(βλέπε παραπάνω φωτογραφία), όπου εκεί το σχολικό προαύλιο έχει κάγκελα. Η απόσταση του ορίου του προαυλίου στην οδό Δήμητρας και της κοντινότερης πρόσοψης κατοικίας είναι 4 μέτρα, καθώς παρεμβάλλεται οδός μονής κατεύθυνσης, αρκετά στενός. Παίρνοντας ως δεδομένο από τον πίνακα A του 6^{ου} κεφαλαίου ότι η μέση τιμή του LAeq είναι 86,5 dB στο 1 μέτρο από το προαύλιο, θα έχω $86,5-3=83,5$ dBA στα 2 μέτρα και 80,5dBA στα 4 μέτρα. Οι υπόλοιπες πλευρές του δημοτικού σχολείου έχουν σχολικά κτίρια.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ

Στο πειραματικό λύκειο η απόσταση του ορίου του προαυλίου στο σημείο 1 και της κοντινότερης πρόσοψης κατοικίας είναι επίσης 4 μέτρα (βλ. σημείο 1 της παραπάνω εικόνας). Και εδώ παρεμβάλλεται οδός μονής κυκλοφορίας, ο οποίος είναι στενός, με πλάτος 3 μέτρα. Η μέση τιμή του LAeq στο προαύλιο του πειραματικού λυκείου είναι 67,6 dBA. Άρα, στην πρόσοψη της κατοικίας στο σημείο 1 θα φτάνει θόρυβος στάθμης 61 dBA. Στην πλευρά της λεωφόρου Κωνσταντινουπόλεως οι κατοικίες βρίσκονται αρκετά μακριά καθώς παρεμβάλλεται ο υπό κατασκευή σιδηροδρομικός άξονας.

Σύμφωνα με το όριο των 50dBA αντιλαμβανόμαστε ότι η στάθμη θορύβου στις προσόψεις των κατοικιών των παραπάνω σχολείων θα προκαλεί σοβαρή ενόχληση. Θα πρέπει να επιτευχθεί λοιπόν, μια μείωση του θορύβου που φτάνει στις προσόψεις των κατοικιών της τάξης των 30dBA για τα σπίτια απέναντι από το δημοτικό της Μεταμόρφωσης και των 10dBA στα σπίτια απέναντι από το λύκειο των Αγίων Αναργύρων. Αυτό απαιτεί μέτρα ηχοπροστασίας και ηχομόνωσης των ιδίων των κατοικιών(π.χ. διπλά τζάμια, παράθυρα) αλλά και μέτρα στο εσωτερικό του προαυλίου.

7.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΟΧΛΗΣΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΤΟ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑ ΑΝ ΓΙΝΕΤΑΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

Σε αυτή την ενότητα διερευνάται κατά πόσο μπορεί να είναι ενοχλητικό το διάλειμμα όταν σε κάποιες περιπτώσεις χρειαστεί να γίνεται διάλειμμα και μάθημα ταυτόχρονα ή όταν συστεγάζονται γυμνάσια και λύκεια και οι ώρες των διαλειμμάτων διαφέρουν. Γι' αυτό το λόγο, χρειαζόμαστε να έχουμε στοιχεία για την ηχομόνωση των σχολικών αιθουσών. Έτσι, χρησιμοποιήσαμε τον παρακάτω πίνακα από το άρθρο 12 του ελληνικού κτιριοδομικού κανονισμού, θεωρώντας ότι η ηχομόνωση μιας αίθουσας ορίζεται στα $R'w = 50dB$. Αντιλαμβανόμαστε, φυσικά, ότι αυτή η τιμή ηχομόνωσης είναι η ιδανική και ότι, ουσιαστικά, δεν υφίσταται στο μεγαλύτερο ποσοστό- αν όχι στο σύνολο- των σχολείων. Για τους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε το δείκτη $LAf_{10,0}$, καθώς αυτός είναι ο κατάλληλος για εφαρμογές ηχομόνωσης.

Είδος κτιρίου	Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης. Ηχομόνωση από χώρους κοινής χρήσης (παρ. 4.1)		Ηχομόνωση κατοικίας (διαμερίσματος) από άλλο χώρο κύριας χρήσης (παρ. 4.2)		Ηχοπροστασία από		Ηχομόνωση ανάμεσα στους χώρους της ίδιας κατοικίας	Ηχομόνωση κυρίου χώρου από χώρους εγκαταστάσεων	
	1	2	3	4	εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους εγκαταστάσεων		8	9
	$R'w$	$L'_{d,w}$	$R'w$	$L'_{d,w}$	$L_{A,eq,h}$	$L_{p,A}$		$R'w$	$R'w$
	dB	dB	dB	dB	dB (A)	dB (A)	dB	dB	dB
Κατοικία Προσωρινή διαμονή	50	60	-	-	35	30	42	55	50
Γραφεία Εμπόριο	40	65	52	55	40	35	-	53	60
Εκπαίδευση	50	65	55	55	35	30	-	55	50
Υγεία	50	60	55	55	30	30	-	55	50
Συνάθροιση	60	45	60	48	(25)	(25)	-	(62)	(45)
Βιομηχανία									

Κριτήρια ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας: Κατηγορία Β «κανονική ακουστική άνεση»

Έτσι, λοιπόν, αφαιρώντας από τις ηχοστάθμες $LAf_{10,0}$ την τιμή της ηχομόνωσης μπορούμε να δούμε τι τιμές θορύβου φτάνουν στην σχολική αίθουσα για κάθε ένα σχολείο ξεχωριστά. Δηλαδή, κάνουμε την πράξη $LAf_{10,0}(dBA) - R'w(dB)$ (μπορώ να θεωρήσω ότι ο σταθμισμένος δείκτης ηχομόνωσης $R'w$ προσεγγίζει κατά πολύ τα dBA, γι' αυτό και μπορώ να εφαρμόσω αυτή την αφαίρεση). Τα αποτελέσματα αυτά μαζί με τις μέσες τιμές του δείκτη θορύβου $LAf_{10,0}$ έτσι όπως υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις μας στα 9 σχολεία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	dB	dB
ΣΧΟΛΕΙΑ	LAf_{10,0}	(LAf_{10,0}-R'w)
3ο Δημοτ. Μετ/φωσης	85,33	35,33
1ο Δημοτ. Μετ/φωσης	87,75	37,75
7ο Δημοτ. Μετ/φωσης	92,17	42,17
3ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	89,50	39,50
1ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	83,92	33,92
6ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	84,00	34,00
3ο Λύκειο Αγ. Αναργ/ρων	72,92	22,92
Πειρ. Λυκ. Αγ. Αναργ/ρων	71,05	21,05
1ο Λύκειο Αγ. Αναργ/ρων	75,58	25,58

Για να αξιολογήσουμε αν τα αποτελέσματα των σταθμών θορύβου που βρίσκονται στον παραπάνω πίνακα είναι αποδεκτά για να μπορεί να γίνει επαρκώς μάθημα σε μια σχολική τάξη ταυτόχρονα με το διάλειμμα θα χρησιμοποιήσουμε το παρακάτω πίνακα. Παρατηρούμε ότι το **κριτήριο θορύβου για τάξεις μας δίνει αποδεκτή στάθμη θορύβου 30-35dB** (απαιτούμενες καλές συνθήκες ακουστικής- ιδιωτικά γραφεία, τάξεις, βιβλιοθήκες). Εμείς, όμως, επειδή έχουμε τα αποτελέσματα μας σε μονάδες dBA θα προσθέσω στα ανεκτά όρια θορύβου 5dB. Έτσι, **τα ανεκτά όρια γίνονται 35-40 dBA.**

Όπως εύκολα παρατηρούμε από τα εννιά σχολεία που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου σχεδόν σε όλα (εκτός των τριών λυκείων σχολείων) οι τιμές βρίσκονται πολύ κοντά στο να ξεπεράσουν τα ανεκτά όρια των 35 με 40 dBA. Μάλιστα στο 7^ο δημοτικό Μεταμόρφωσης τα ξεπερνούν. Βέβαια, τα αποτελέσματα αυτά βγήκαν με την προϋπόθεση ότι η ηχομόνωση των αιθουσών είναι η μέγιστη-κάτι που όπως αναφέρουμε στην πραγματικότητα δεν ισχύει. Άρα μπορούμε να καταλάβουμε ότι κατά τη διάρκεια του διαλείμματος μάλλον κρίνεται αδύνατο να πραγματοποιείται ταυτόχρονα και μάθημα στα δημοτικά σχολεία. Για να απαντήσουμε για τα λύκεια σχολεία χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση. Πάντως, σε πρώτο στάδιο δε φαίνεται το διάλειμμα στα λύκεια σχολεία να αποτρέπει την ταυτόχρονη ύπαρξη μαθήματος σε τάξη.

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. (Σπίγια, 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

Κριτήρια θορύβου (αποδεκτές τιμές θορύβου ανάλογα με τη λειτουργία του χώρου)

7.4 ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

7.4.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Από την αναφορά που έγινε στο 4^ο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής στην υπάρχουσα βιβλιογραφία μπορούμε να βγάλουμε τα εξής συμπεράσματα: τα επίπεδα θορύβου στα δημοτικά σχολεία που μετρήσαμε είναι υψηλότερα από αυτά που μετρήθηκαν στο άρθρο “Primary School Replacement Facility at PS 133 (William A. Butler School)” (στα δημοτικά σχολεία της Νέας Υόρκης ο LAeq είναι 71,5 dBA). Παρόλα αυτά, σε όλη τη βιβλιογραφία που συναντήσαμε διαφαίνεται ότι- όπως και στη δική μας διπλωματική- υπάρχει ανάγκη για τη λήψη μέτρων που προκαλεί ο θόρυβος από τα προαύλια στις γειτονικές κατοικίες. Στο άρθρο «The sports ground as a noise source», των L. H. Schaudinischky, A. Shwartz καταγράφεται ότι οι φωνές των παιδιών μπορεί να γίνουν ιδιαίτερα ενοχλητικές και να αγγίζουν υψηλά επίπεδα θορύβου. Συμπέρασμα που καταλήγουμε και εμείς. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του παραπάνω άρθρου με τη δική μας διπλωματική είναι λίγο αναντίστοιχη καθώς στην υπό μελέτη πεισίνα το πλήθος- κυρίως νεαρής ηλικίας- έφτανε τα 2000 ενώ στις δικές μας μετρήσεις το πλήθος των παιδιών ήταν 200 με 300. **Η φύση του προβλήματος, όμως, παραμένει η ίδια- το ίδιο και η αντιμετώπισή του.**

Το άρθρο «Carrying out noise assessments for proposed childcare facilities»(Australia, November 2006) των Ken Scannell και Matthew Harwood επικεντρώνει στη χωροθέτηση των παιδικών σταθμών λόγω των ενοχλήσεων που μπορεί αυτοί να προκαλέσουν στη γειτονιά, εφαρμόζοντας ένα μοντέλο υπολογισμού του θορύβου που προκαλείται από τα παιδιά παιδικών σταθμών. Επιχειρήσαμε να χρησιμοποιήσουμε και εμείς αυτό το υπολογιστικό μοντέλο τόσο για τα δημοτικά σχολεία όσο και για τα λύκεια σχολεία (βέβαια, τα παιδιά του λυκείου-όπως παρατηρήσαμε -δεν παρουσιάζουν τόσο έντονη δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του διαλείμματος, όσο τα παιδιά μικρότερης ηλικίας) και τελικά να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα αυτά με τις πραγματικές μας μετρήσεις.

Με δεδομένο ότι οι Ken Scannell και Matthew Harwood χρησιμοποιούν τον μαθηματικό τύπο θεωρώντας ότι το 35% των παιδιών φωνάζουν οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια του διαλείμματος παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα ηχοστάθμης (dBA) για κάθε ένα δημοτικό και λύκειο σχολείο σε απόσταση ενός μέτρου από το προαύλιο.

ΣΧΟΛΕΙΑ	ΠΛΗΘΟΣ ΠΑΙΔΙΩΝ(N)	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ $68+10\log(0,35*N)$ (dBA)	Μέσο LAeq(dBA) (από τις μετρήσεις μας)
3ο Δημοτ. Μετ/φωσης	280	87,91	86,53
1ο Δημοτ. Μετ/φωσης	230	87,06	89,87
7ο Δημοτ. Μετ/φωσης	300	88,21	83,75
3ο Δημ. Αγ. Αναρ/ρων	270	86,66	88,28
1ο Δημ. Αγ. Αναρ/ρων	210	87,75	84,58
6ο Δημ. Αγ. Αναρ/ρων	320	88,49	92,46
1 ^ο Λύκ. Αγ. Αναρ/ρων	250	87,42	72,35
Πειραματικό Λύκ. Αγ. Αναρ/ρων	260	87,6	67,62
3 ^ο Λύκ. Αγ. Αναρ/ρων	280	88,0	69,43

Παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές του δείκτη LAeq που εξάγαμε από τις μετρήσεις με το ηχόμετρο και οι τιμές της τρίτης στήλης του παραπάνω πίνακα έχουν διαφορές της τάξης των 2 με 5 dBA για τα δημοτικά σχολεία. Αντίθετα, όπως ήταν αναμενόμενο, για τα λύκεια σχολεία οι διαφορές είναι της τάξης των 15 με 20 dBA, γεγονός που δεν μπορεί να αγνοηθεί. Επειδή οι τιμές των αποτελεσμάτων στα δημοτικά σχολεία είναι έτσι κι αλλιώς υψηλές και ενδεικτικές του θορύβου κατά τη διάρκεια ενός διαλείμματος και επειδή διαφορές της τάξης των 2 με 5 dBA, ουσιαστικά, δεν αλλάζουν την ποιότητα των μετρήσεών μας συμπεραίνουμε ότι ο υπολογισμός μέσω του τύπου των Ken Scannell και Matthew Harwood αποτελεί έναν καλό τρόπο υπολογισμού της ηχοστάθμης από τις φωνές των παιδιών μικρής ηλικίας (για παιδικούς σταθμούς, νηπιαγωγεία και δημοτικά σχολεία) αλλά όχι για παιδιά λυκείων σχολείων.

7.4.2 Σύγκριση μετρήσεων θορύβου σε σχολικά προαύλια και κυκλοφοριακού θορύβου (με βιβλιογραφική αναφορά στην διπλωματική «Η ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΘ' ΥΨΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ' ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ»)

Η διπλωματική που χρησιμοποιήσαμε για να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας με αυτά του κυκλοφοριακού θορύβου έχει τίτλο «Η απόσβεση του αστικού θορύβου καθ' ύψος κτιρίων» των Παπαθάνου Ανδρέας, Χούσης Θεόδωρος. Φυσική περιγραφή και ψυχολογική σημασία» και είχε ως στόχο να ελέγξει τη σημασία που έχει η απόσβεση του αστικού θορύβου καθ' ύψος κτιρίων στην πόλη. Γι' αυτό το λόγο, περιλαμβάνει μια σειρά φυσικών ακουστικών μετρήσεων σε 2 ανεξάρτητους δρόμους(οδός Στουρνάρη και οδός Μπουμπουλίνα), τόσο στο επίπεδο του δρόμου όσο και στα ανοιχτά παράθυρα υψηλότερων ορόφων μέσα σε κτίρια. Έτσι, παρακάτω παρουσιάζονται οι μετρήσεις θορύβου των δύο οδών-μόνο στο επίπεδο του δρόμου- όπως ακριβώς τις πήραμε από τη διπλωματική στην οποία αναφερθήκαμε.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΑΠΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟ ΘΟΡΥΒΟ

Οι μετρήσεις ήχου, που παραθέτουμε παρακάτω, πραγματοποιήθηκαν κατά τις μεσημβρινές ώρες της ημέρας όταν και οι αστικές λειτουργίες βρίσκονται σε πλήρη δράση και οι στάθμες του θορύβου παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

ΟΔΟΣ ΣΤΟΥΡΝΑΡΗ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕ dBA

Flags	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
OBPZ	LAFmx	LAFmn	LAeq	LZpk	LAE	LEPd	LTm3	LTm5	HML	LAF10.0
-----	84.2	53.7	65.9	103.1	93.7	49.1	69.7	71	9.6	69

Flags	dB	dB	dB	dB
OBPZ	LAF50.0	LAF90.0	LAF95.0	LAF99.0
-----	63	58.5	56.5	55

ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟ ΟΔΟΥ ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΙΝΑΣ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕ dBA

Flags	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	Db
OBPZ	LAFmx	LAFmn	LAeq	LZpk	LAE	LEPd	LTm3	LTm5	HML	LAF10.0
-----	89.1	54.5	71.7	111.9	99.5	54.9	75.9	76.9	10.1	74.5

dB	dB	dB	dB
LAF50.0	LAF90.0	LAF95.0	LAF99.0
67.5	59	57.5	55.5

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας στα προαύλια σχολείων με αυτά του κυκλοφοριακού θορύβου στις οδούς Στουρνάρη και Μπουμπουλίνας παρατηρούμε ότι **οι τιμές των δεικτών θορύβου στα λύκεια σχολεία των Αγίων Ανάργυρων είναι παρόμοιες μ' αυτές του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου.** Αντίθετα, οι τιμές στα δημοτικά σχολεία Αγίων Ανάργυρων και Μεταμόρφωσης ξεπερνούν αυτές του κυκλοφοριακού και στα άδεια σχολικά προαύλια ο θόρυβος είναι μικρότερης στάθμης συγκριτικά με το θόρυβο στις οδούς Μπουμπουλίνας και Στουρνάρη. Δηλαδή, στην οδό Μπουμπουλίνας ή Στουρνάρη έχουμε μικρότερα επίπεδα θορύβου απ' ότι στο διάλειμμα ενός δημοτικού σχολείου! Αυτό ενισχύει ακόμα περισσότερο το συμπέρασμά μας ότι τα προαύλια παράγουν υψηλής έντασης θόρυβο και ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα. Παρακάτω, παρατίθεται και ο συγκεντρωτικός πίνακας με τα παραπάνω αποτελέσματα και με τις μέσες τιμές των δικών μας αποτελεσμάτων για την ευκολότερη σύγκρισή τους.

	dB	dB	dB	dB	dB
ΣΧΟΛΕΙΑ	L_{Aeq}	L_{Af₉₀}	L_{Af₁₀}	L_{Afmax}	L_{Afmin}
3ο Δημοτ. Μετ/φωσης	86,53	72,17	85,33	104,22	66,3
1ο Δημοτ. Μετ/φωσης	89,87	68,58	87,75	110,68	61,52
7ο Δημοτ. Μετ/φωσης	83,75	74,33	92,17	107,08	65,52
3ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	88,28	70,25	89,50	109,25	64,32
1ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	84,58	70,33	83,92	103,08	63
6ο Δημοτ. Αγ. Αναργ/ρων	92,46	68,95	84,00	106,3	62,3
3ο Λύκειο Αγ. Αναργ/ρων	69,43	60,17	72,92	85	55,63
Πειρ. Λυκ. Αγ. Αναργ/ρων	67,62	59,67	71,05	85,35	55,25
1ο Λύκειο Αγ. Αναργ/ρων	72,35	62,58	75,58	89,53	57,35
ΟΔΟΙ					
Οδός Στουρνάρη	65,9	58,5	69	84,2	53,7
Πεζοδρόμιο οδ. Μπουμπουλίνας	71,7	59	74,5	89,1	54,5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήσαμε στις σχολικές αυλές μας έδειξαν ότι ο θόρυβος που προκύπτει από αυτές δεν μπορεί να αγνοηθεί- και πολλές φορές ακόμα φτάνει πολύ υψηλά επίπεδα(κυρίως στα δημοτικά). Σε αυτό το πλαίσιο, λοιπόν, είναι απαραίτητη η πρόληψη μέτρων ηχοπροστασίας για να διασφαλιστεί η ηρεμία των ανθρώπων που κατοικούν ή εργάζονται γύρω από τις σχολικές αυλές. Ένα δεύτερο σημαντικό σημείο-που έχει αναλυθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο- είναι ότι ο θόρυβος των παιδιών στο διάλειμμα έχει επιπτώσεις και στην διαδικασία διδασκαλίας μέσα στις σχολικές αίθουσες όταν για παράδειγμα συμβαίνει ταυτόχρονα διάλειμμα στο προαύλιο και ένα οποιοδήποτε μάθημα σε μια αίθουσα ή συστεγάζονται 2 σχολεία. Οπότε τρόποι αντιμετώπισης πρέπει να διερευνηθούν και για αυτό το σημείο.

Το ζήτημα, θεωρούμε, δεν είναι να «ελέγξουμε» τις φωνές των παιδιών ούτε να τις κατατάξουμε στους επικίνδυνους ρύπους. Οι φωνές και το παιχνίδι των παιδιών αποτελούν ανάγκη των παιδιών και φυσιολογικό χαρακτηριστικό τους και ταυτόχρονα είναι πηγή ζωντάνιας και χαράς. Παρόλα αυτά μερικές φορές αποτελεί μεγάλη ενόχληση για τους δέκτες του θορύβου αυτού. Με αυτό το σκεπτικό, στο παρόν κεφάλαιο ακολουθεί μια σύντομη και γενική παρουσίαση προτάσεων για να αποφευχθεί όσο το δυνατό περισσότερο το πρόβλημα του θορύβου από τα παιδιά. Παράλληλα, παρακάτω υπάρχουν προτάσεις για άλλους ερευνητές του ζητήματος, προκειμένου να καταστεί δυνατό ένα προχώρημα και ένας εμπλουτισμός της δικής μας προσπάθειας.

8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Παίρνοντας υπόψη τις μετρήσεις και την αξιολόγησή τους από τα προηγούμενα κεφάλαια, παρακάτω ακολουθεί μια σειρά προτάσεων που αφορούν τα ίδια τα σχολικά προαύλια και τις αίθουσες, αλλά και γενικότερες προτάσεις για πρόληψη της ηχορρύπανσης και για ηχοπροστασία. Έτσι, λοιπόν, με βάση τα υψηλά επίπεδα θορύβου των σχολικών προαυλίων (κυρίως των δημοτικών) ακολουθούν οι εξής προτάσεις:

- Τοποθέτηση δέντρων ή αναρριχητικών φυτών στις σχολικές αυλές και στους εξωτερικούς τοίχους αντίστοιχα
- Κατάλληλη επιλογή δαπέδου στις σχολικές αυλές
- Τοποθέτηση ηχοπετασμάτων με μεγάλη ηχοαπορροφητικότητα (προστατεύουν το σχολείο από τους εξωτερικούς θορύβους- όπου αυτό είναι αναγκαίο- αλλά και τα γειτονικά κτίρια από το θόρυβο του διαλείμματος)
- Τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών επενδύσεων μέσα στις αίθουσες
- Υιοθέτηση προθάλαμου μεταξύ της σχολικής αυλής και των σχολικών αιθουσών, ώστε οι αίθουσες να μην είναι οι απευθείας αποδέκτες του θορύβου από τα παιδιά
- Τοποθέτηση διπλών τζαμιών και παράθυρων για καλύτερη ηχομόνωση στις σχολικές αίθουσες, αλλά και στις κοντινές κατοικίες.
- Έλεγχος και τήρηση των κανονισμών ηχοπροστασίας στην εκπαίδευση(σύμφωνα με το άρθρο 12 του κτιριοδομικού κανονισμού)
- Καλύτερος σχεδιασμός χωροθέτησης των σχολείων, ώστε να αποφεύγεται τα σχολεία να βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση από κατοικίες.

Στα παρακάτω κεφάλαια ακολουθούν κάποιες περαιτέρω λεπτομέρειες και αναλύσεις που αφορούν τις παραπάνω προτάσεις.

8.2 ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η επαρκής προστασία από το θόρυβο αποτελεί προϋπόθεση υγιών συνθηκών διαβίωσης ενός πληθυσμού. Ο ήχος πρέπει κατά πρώτο λόγο να μειώνεται στη γένεσή του (πρωτογενής ηχοπροστασία, π.χ. κινητήρες οχημάτων). Κάτι τέτοιο συνήθως δεν είναι δυνατό σε επαρκή βαθμό. Οι άλλοι μέθοδοι μείωσης και ελέγχου του θορύβου είναι κατά τη διαδρομή της πηγής προς το δέκτη(απορρόφηση ή παρέκκλιση του ήχου από την πορεία του) καθώς και η προστασία του δέκτη από το θόρυβο.

Ιδιαίτερα θορυβώδεις χρήσεις, όπως αυτοκινητόδρομοι, σιδηροδρομικές γραμμές, αεροπλοΐα αλλά και αθλητικές εγκαταστάσεις(γήπεδα) και σχολικά κτίρια εγείρουν αυξημένες απαιτήσεις ηχοπροστασίας για τα γειτονικά κτίρια όπου στεγάζονται λειτουργίες που απαιτούν ησυχία (κατοικίες, νοσηλευτήρια, χώροι εργασίας κλπ.). Τα μέτρα ηχοπροστασίας στο κέλυφος των κτιρίων αφενός είναι δαπανηρά και αφετέρου συχνά δεν είναι τόσο αποτελεσματικά. Είναι επομένως λογικό να ανακοπεί η διάδοση του ήχου όσο το δυνατό πλησιέστερα στην πηγή του.

8.2.1 ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ

Ο έλεγχος του ήχου είναι ένα ζωτικό ζήτημα σε πολλές οικοδομικές εφαρμογές και άλλες κατασκευές. Συχνά χρειάζεται να περιορίσουμε την μετάδοση του ήχου από ένα χώρο σε έναν άλλο, ή να περιορίσουμε τις ανακλάσεις επάνω στις επιφάνειες ενός χώρου. **Ο περιορισμός της έντασης του ήχου που μεταδίδεται από ένα χώρο σε έναν άλλο μέσα από ένα χώρισμα λέγεται ηχομόνωση και μετριέται σε dB.**

Οι διάφορες κατασκευές που εμποδίζουν την μετάδοση του ήχου από χώρο σε χώρο (τοιχοποιία, κινητοί τοίχοι, υαλοστάσια κλπ.) προσφέρουν διαφορετικούς βαθμούς ηχομόνωσης, αναλόγως των υλικών κατασκευής και της γεωμετρίας των και είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων ακόμη, που σχετίζονται με την εφαρμογή των διαχωριστικών υλικών επάνω στα άλλα στοιχεία της οικοδομής.

Η μείωση της έντασης του ήχου λόγω της παρεμβολής ηχομονωτικών υλικών μετριέται επίσης σε dB και λειτουργεί αφαιρετικά. Δηλαδή, εάν έχουμε στην μία πλευρά ήχο έντασης π.χ. 90 dBA και το παρεμβαλλόμενο χώρισμα έχει ηχομόνωση 40 dB, η ένταση του ήχου στη άλλη πλευρά θα είναι 50 dBA. Βέβαια, οι τιμές έντασης του ήχου και ηχομόνωσης είναι διαφορετικές σε κάθε συχνότητα του φάσματος γι' αυτό και οι τιμές αυτές εκφράζονται με τον "μέσο όρο" των τιμών στις διαφορετικές συχνότητες.

Στην ηχομόνωση χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο οι ορυκτοβάμβακες, δηλαδή ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας (αν μιλάμε για τοιχοποιία) και η εξηλασμένη πολυστερίνη (αν μιλάμε για δάπεδο και τοποθετείται ανάμεσα από την πλάκα και το γέμισμα). Ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας δεν έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους -αν εξαιρέσουμε το γεγονός ότι ο πετροβάμβακας είναι πιο ανθεκτικός στη φωτιά-αν πέσει νερό πάνω τους καταστρέφονται και χρησιμοποιούνται κυρίως στην εσωτερική τοιχοποιία. Τα παράθυρα (και οι μπαλκονόπορτες αντίστοιχα) αποτελούν τα πλέον ευαίσθητα δομικά στοιχεία των προσόψεων των κτιρίων, τα οποία εντέλει καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό και την ηχοπροστασία που παρέχουν οι προσόψεις. Με την χρήση ελασματοποιημένων υαλώσεων (περισσότερα του ενός φύλλα λεπτής υάλου σε επαφή, με ενδιάμεσες μεμβράνες), γίνεται δυνατή η αύξηση της ηχομόνωσης (λόγω αύξησης της επιφανειακής μάζας).

8.2.2 ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

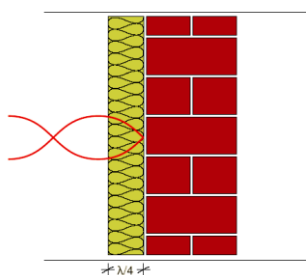
Ως ηχοαπορρόφηση- όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής- ορίζεται το ποσό του ήχου του προσπίπτοντος επί πετάσματος ενός χώρου, που δεν ανακλάται και εξ ορισμού απορροφάται. Η ηχοαπορρόφηση είναι διαφορετική από την ηχομόνωση. Η ηχοαπορρόφηση αφορά την ακουστική βελτίωση ενός χώρου, στον οποίο βρίσκεται μια ηχητική πηγή. Ο χώρος μπορεί να είναι ένα studio, μια Αίθουσα Συναυλιών, ένα club, κλπ. Η πηγή μπορεί να είναι οτιδήποτε παράγει ήχο όπως, ένα μουσικό όργανο, μια

Τα ηχοαπορροφητικά υλικά είναι ο πετροβάμβακας, ο υαλοβάμβακας, οι ινώδεις ψευδοροφών, οι μοκέτες, τα χαλιά, οι ηχοαπορροφητικές κουρτίνες, οι διάτρητες πλάκες γυψοσανίδας, κλπ. Τα ηχοαπορροφητικά υλικά και διατάξεις διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Πορώδη ή ινώδη ηχοαπορροφητικά
- Συνηχητές μεμβράνης
- Συνηχητές κοιλότητας

Πορώδη ηχοαπορροφητικά

Τα πορώδη υλικά είναι υλικά με ανοικτούς πόρους. Το πλέον ευρέως διαδεδομένο σε ευρωπαϊκό επίπεδο πορώδες ηχοαπορροφητικό υλικό που χρησιμοποιείται στις κατασκευές είναι ο **πετροβάμβακας**. Η βασική ακουστική λειτουργία του πετροβάμβακα είναι η απορρόφηση του ήχου μέσα από την μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα μέσα στους πόρους. Ο **πετροβάμβακας παρουσιάζει μεγάλη ηχοαπορρόφηση στις υψηλές συχνότητες** δηλαδή σε ήχους με μικρό μήκος κύματος. Σε ένα ηχητικό κύμα που προσπίπτει σε μια επιφάνεια το μέγιστο πλάτος εμφανίζεται στο $1/4$ ή τα $3/4$ του μήκους κύματος. Επομένως, για αποτελεσματική ηχοαπορρόφηση σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, θα πρέπει το πάχος του ηχοαπορροφητικού υλικού να είναι συγκρίσιμο με το $1/4$ του μήκους κύματος στη συχνότητα αυτή. Σε αντίθετη περίπτωση η ηχοαπορρόφηση είναι χαμηλή. Για την αύξηση της ηχοαπορρόφησης σε χαμηλότερες συχνότητες απαιτείται είτε αύξηση του πάχους του υλικού, είτε αύξηση της απόστασης του πορώδους υλικού από την σταθερή επιφάνεια τοποθέτησης.

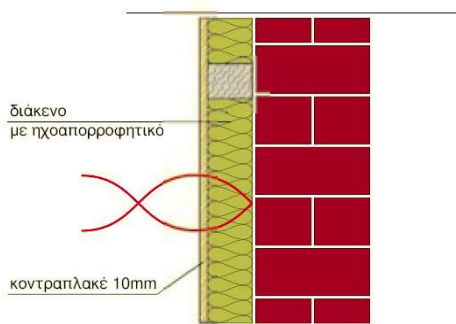


Σχέση μήκους κύματος και πάχους πετροβάμβακα

Συνηχητές μεμβράνης

Οι διατάξεις αυτές αποτελούνται από λεπτά, εύκαμπτα φύλλα (π.χ. γυψοσανίδα, κόντρα πλακέ, κτλ.) που τοποθετούνται σε απόσταση από μια σταθερή άκαμπτη επιφάνεια, έτσι ώστε να σχηματίζεται μεταξύ τους ένα διάκενο αέρα. Στις διατάξεις αυτές η μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε θερμότητα προκαλείται από την αντίσταση του φύλλου σε απότομη κάμψη και την αντίσταση του εγκλωβισμένου

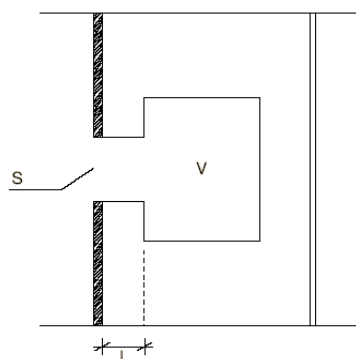
αέρα στο διάκενο να συμπιεστεί. Σε αντίθεση με τον πετροβάμβακα, οι συνηχητές μεμβράνης εμφανίζουν σημαντική ηχοαπορρόφηση στις χαμηλές συχνότητες. Για να διερευνηθεί η περιοχή συχνοτήτων όπου η ηχοαπορρόφηση είναι ικανοποιητική, προστίθεται πετροβάμβακας στο διάκενο μεταξύ μεμβράνης και τοίχου.



Διάταξη συνηχητή μεμβράνης και πετροβάμβακα

Συνηχητές κοιλότητας

Στην τρίτη κατηγορία των ηχοαπορροφητικών διατάξεων ανήκουν οι συνηχητές κοιλότητας. Οι συνηχητές αυτοί αποτελούνται βασικά από μια κοιλότητα όγκου V, όπου εγκλωβίζεται αέρας ο οποίος επικοινωνεί με τον ελεύθερο χώρο που διαθέτει στενό άνοιγμα (λαιμό). Οι συνηχητές κοιλότητας χρησιμοποιούνται για επιλεκτική ηχοαπορρόφηση συγκεκριμένων συχνοτήτων καθώς η ηχοαπορροφητική τους ικανότητα περιορίζεται σε μια πολύ στενή περιοχή συχνοτήτων.



Συνηχητής κοιλότητας

Διάτρητα απορροφητικά

Οι διατάξεις αυτές που αποτελούνται συνήθως από διάτρητα πάνελ είναι συνδυασμός των προηγούμενων τύπων ηχοαπορροφητικών. Το πάνελ μπορεί να αποτελείται από γυψοσανίδα, ορυκτή ίνα, κόντρα πλακέ, μεταλλικό ή πλαστικό φύλλο και λειτουργεί ως συνηχητής μεμβράνης. Οι οπές ή σχισμές και το στρώμα του αέρα λειτουργούν ως συνηχητές κοιλότητας. Ο πετροβάμβακας ως ηχοαπορροφητικό υλικό τέλος, βοηθά στην διεύρυνση της περιοχής ηχοαπορρόφησης. Η

ηχοαπορροφητική ικανότητα των διάτρητων ηχοαπορροφητικών εξαρτάται από το ποσοστό διάτρησης της επιφάνειας.

Τέλος, η πρόληψη και μείωση του θορύβου πρέπει να πραγματοποιείται και με πολεοδομικά μέτρα. Προϋπόθεση για το στόχο αυτό είναι η τήρηση γενικών ηχοτεχνικών κανόνων κατά το σχεδιασμό και η έγκαιρη εφαρμογή τους κατά τις διαδικασίες εκπόνησης των πολεοδομικών σχεδίων(χαρτών χρήσης εδάφους και δόμησης) καθώς και σε άλλες μελέτες που έχουν σχέση με τη χρήση του χώρου.

8.3 ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ

Ηχοπέτασμα είναι οποιοδήποτε είτε τεχνητό είτε φυσικό εμπόδιο στην ευθεία μεταξύ σημείων εκπομπής και σημείου λήψης.

Τα ηχοπετάσματα μπορούν να μειώσουν, για παράδειγμα, την ηχοστάθμη του κυκλοφοριακού θορύβου περίπου κατά το ήμισυ. Είναι αποτελεσματικά ανεξάρτητα από το δομικό τους υλικό. Ισχύει γενικά ότι:

- Το ηχοπέτασμα πρέπει να έχει επαρκές ύψος και μήκος και να μην έχει ανοίγματα.
- Είναι αποτελεσματικό σε απόσταση μέχρι 60 μέτρα από την πηγή του θορύβου.
- Πρέπει η αισθητική του να είναι αποδεκτή και να σέβεται το τοπίο και τη θέα.
- Δεν πρέπει να αυξάνει την ηχοστάθμη στην απέναντι πλευρά του δρόμου.

Τα ηχοπετάσματα αποτελούν συμπαγή εμπόδια μεταξύ της πηγής θορύβου και της προστατευόμενης εγκαταστάσεις. Δεν είναι σε θέση να απαλείψουν τελείως το θόρυβο, κυρίως λόγω της περίθλασης του ήχου γύρω από την επάνω ακμή τους, είναι όμως σε θέση να μειώσουν την ηχοστάθμη όχλησης κατά 5 έως 10 dB ουσιαστικά μειώνοντας την ισχύ του ήχου περίπου κατά το ήμισυ. Τα ηχοπετάσματα μπορεί να σχηματιστούν από βυθίσεις του εδάφους (τάφρους), από υψηλούς κατακόρυφους τοίχους ή συνδυασμό τάφρων και τοίχων.

8.3.1 ΕΙΔΗ ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ως προς τον τρόπο μείωσης του θορύβου, τα ηχοπετάσματα διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Ηχοπετάσματα ανάκλασης: Τα ηχοπετάσματα αυτά μειώνουν το επίπεδο του θορύβου, ανακλώντας τον ήχο που παράγεται από την πλευρά της πηγής.

Ηχοπετάσματα απορρόφησης: Ο ήχος που φτάνει στο ηχοπέτασμα απορροφάται από τα κατάλληλης μορφής υλικά κατασκευής του.

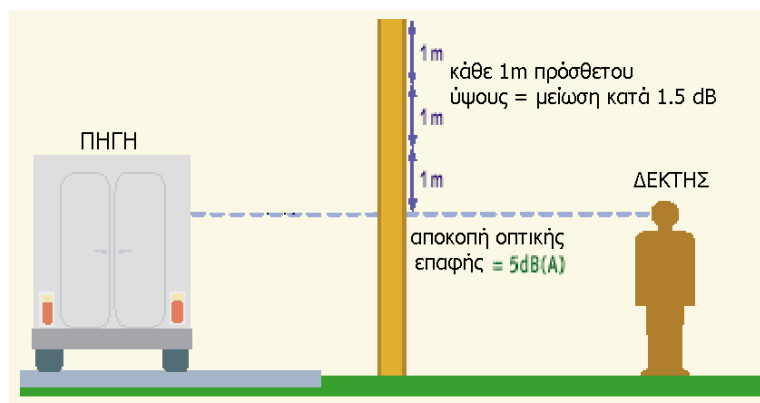
Ηχοπετάσματα διασποράς ήχου: Διατάξεις, οι οποίες μέσω της γωνιώδους μορφής τους διασπείρουν τον ήχο σε διάφορες κατευθύνσεις. Πιο συνήθη ηχοπετάσματα αυτού του τύπου είναι τα κεκλιμένα προς τα έξω, τα οποία στέλνουν τον ήχο προς τα πάνω.

Ηχοπετάσματα ειδικής διαμόρφωσης κορυφής: Είναι ηχοπετάσματα με ειδική διαμόρφωση στην κορυφή τους, όπως οριζόντια στοιχεία ή πρόσθετες όψεις.

Για πολλά χρόνια ο μοναδικός τύπος ηχοπετασμάτων που εφαρμόστηκε ήταν ο ανακλαστικός. Με την πάροδο του χρόνου, όμως, η ανάγκη για πιο αποτελεσματικές λύσεις οδήγησε στην ανάπτυξη και των λοιπών τύπων

8.3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ

Τα ηχοπετάσματα μειώνουν την ηχοστάθμη που παράγεται από μια πηγή θορύβου είτε μέσω ηχοαπορρόφησης είτε μέσω ανάκλασης είτε αναγκάζοντας το ηχητικό κύμα να διανύσει μεγαλύτερη διαδρομή πάνω και γύρω από το εμπόδιο. Το ηχοπέτασμα πρέπει να είναι αρκετά ψηλό και μακρύ ώστε να κρύβει ουσιαστικά την οπτική επαφή της προστατευόμενης περιοχής/ χρήσης (δέκτη) με την πηγή όχλησης. Άρα, **κτίρια μεγάλου ύψους ή ευρισκόμενα σε υψώματα που δεσπόζουν πάνω από την πηγή δεν προστατεύονται**. Αποκόπτοντας την οπτική επαφή πηγής και δέκτη το ηχοπέτασμα μειώνει την ηχοστάθμη κατά 3dB και η μείωση αυξάνεται κατά 1.5dB για κάθε προστιθέμενο μέτρο ύψους.



Ύψος ηχοπετάσματος

Προκειμένου να μειωθεί αποτελεσματικά η στάθμη του ήχου που περιθλάται γύρω από τις ακμές του εμποδίου, το ηχοπέτασμα πρέπει να έχει τουλάχιστον οκτώ φορές το μήκος της απόστασης του δέκτη από το φράγμα.

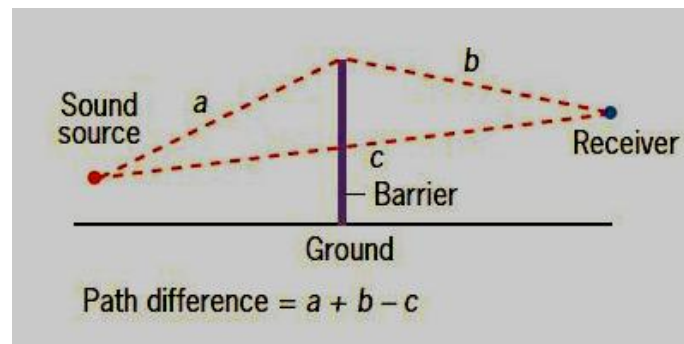
Όπως αναφέρθηκε, στην πραγματικότητα ένα πέτασμα δεν αποτρέπει εντελώς τον ήχο από το να φτάσει στον δέκτη, αφού ένα μέρος του αλλάζει πορεία όταν βρίσκει το άκρο του και έτσι καταλήγει σε αυτόν. Αυτή η αλλαγή της πορείας οφείλεται στο φαινόμενο της περίθλασης. Μείωση της ικανότητας του ηχοπετάσματος για εξασθένιση του θορύβου προκαλεί η απευθείας διάδοση ενός μέρους του θορύβου

μέσα από το υλικό του ηχοπετάσματος, δεδομένου ότι κανένα υλικό δεν είναι απόλυτα ηχομονωτικό.

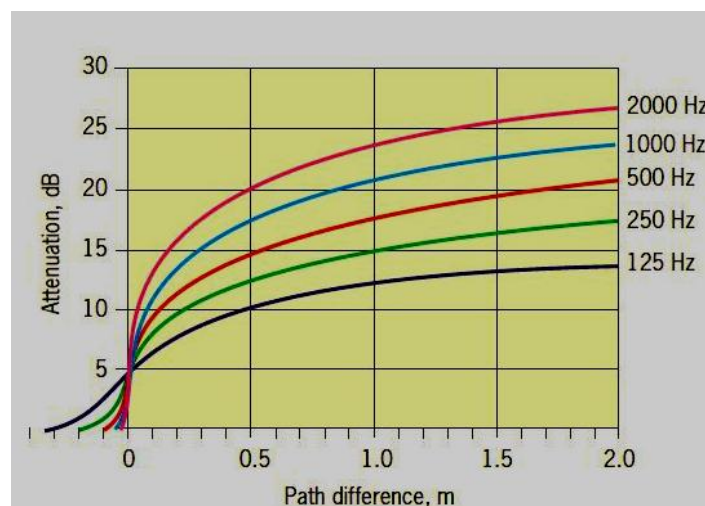
Έτσι η απόδοση του ηχοπετάσματος μειώνεται κατά κύριο λόγο εξαιτίας:

- της περίθλασης στα άκρα του,
- της διάδοσης μέσα από αυτό

Επιπρόσθετα, η ιδιότητα στην οποία στηρίζονται τα ηχοπετάσματα έγκειται στο ότι ο θόρυβος δεν μπορεί να περάσει απευθείας από την πηγή προς τον παραλήπτη, αλλά περνάει πάνω από το φράκτη, διανύοντας μια σημαντικά μεγαλύτερη απόσταση από την αρχική, με αποτέλεσμα η ηχητική ενέργεια να εξασθενίζει.



Ένας ιδανικός φράκτης θα έπρεπε να πετυχαίνει απόλυτη μόνωση και ο θόρυβος διαμέσου της διαδρομής (c) (βλέπε σχήμα) να είναι μηδενικός. Για παράδειγμα σημαντική ηχομόνωση προσφέρει ένας ξύλινος φράκτης με πυκνότητα $12\text{kg} / \text{m}^2$. Η ικανότητα μείωσης του θορύβου σε σχέση με τη συχνότητα και τη διαφορά διαδρομής (path difference) φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



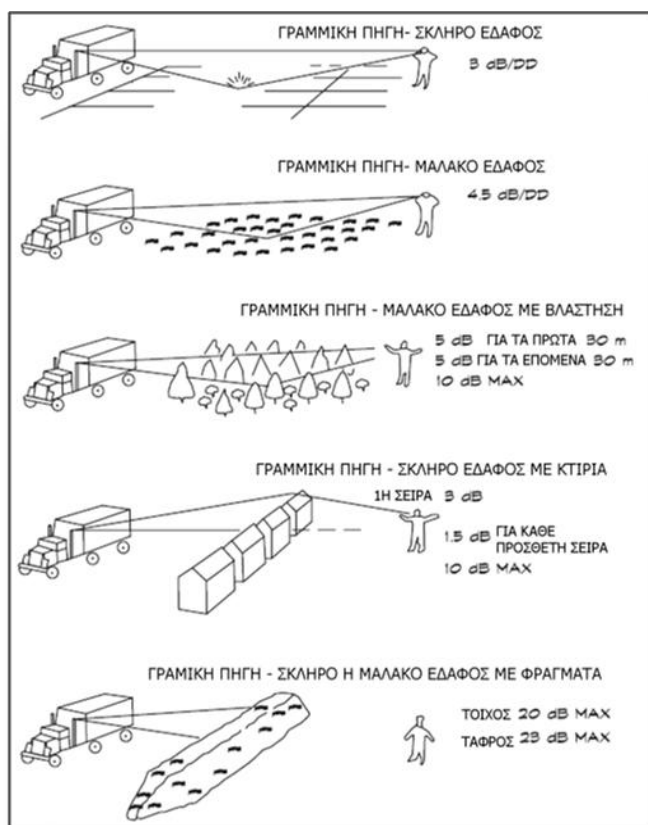
Η ικανότητα μείωσης του θορύβου σε σχέση με τη συχνότητα και τη διαφορά διαδρομής (path difference)

8.3.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Τα υλικά κατασκευής που χρησιμοποιούνται, άλλοτε με ικανοποιητική και άλλοτε με περιορισμένη αποδοτικότητα, είναι:

- ♦ το ξύλο,
- ♦ το αλουμίνιο,
- ♦ ο χάλυβας,
- ♦ πλαστικά ή ακριλικά φύλλα,
- ♦ σκυροδετημένες κατασκευές,
- ♦ ελαφροκονιάματα, χωμάτινα αναχώματα
- ♦ οπτοπλινθοδομή

Σε κάθε περίπτωση, το υλικό πρέπει να είναι άκαμπτο και να έχει επιφανειακή πυκνότητα τουλάχιστον 20kg/m^2 . Η βλάστηση είναι σε θέση- εφόσον έχει αρκετό ύψος, μήκος και πυκνότητα ώστε να αποκρύπτει πλήρως την πηγή του θορύβου από το δέκτη- να μειώσει τη στάθμη του ήχου αισθητά. 30 μέτρα πάχους πυκνής βλάστησης μπορεί να επιφέρει μείωση της ηχοστάθμης κατά 5dB. Το επόμενο σχήμα δείχνει την αναμενόμενη μείωση της ηχοστάθμης από μια γραμμική πηγή ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα εμπόδια κατά τη διαδρομή του ήχου.





Μεταλλικά ηχοπετάσματα σε θερινό κινηματογράφο(αριστερά) και σε κλιματιστική εγκατάσταση

Στον καθορισμό της μορφής και των υλικών κατασκευής ενός ηχοπετάσματος, μαζί με τη λειτουργική υπεισέρχεται πλέον και η αρχιτεκτονική διάσταση. Έτσι, λοιπόν, τα ηχοπετάσματα πρέπει να είναι όχι μόνο αισθητικά αποδεκτά, αλλά και να συμβαδίζουν με το χαρακτήρα του περιβάλλοντος χώρου.



Ηχοπέτασμα δίπλα από παιδότοπο(αριστερά) και διαφανές ηχοπέτασμα με ξύλινα στοιχεία για περιορισμό της αλλοίωσης της άποψης του περιβάλλοντος(δεξιά)

8.4 Η ΕΝΤΑΞΗ ΤΟΥ «ΠΡΑΣΙΝΟΥ» ΣΤΙΣ ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΥΛΕΣ

Σύμφωνα με πληροφορίες που αντλήσαμε από τον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων στα ελληνικά σχολεία επικρατεί η καθαρά αστική συμβατική σχολική αυλή, με εναλλαγές, δηλαδή, ασφάλτου-τσιμέντου και ταυτόχρονα χωρίς γειτονία με κάποιο φυσικό περιβάλλον. Από το 2006 ο οργανισμός σχολικών κτιρίων έχει συντάξει ένα οδηγό μελετών για όλες τις σχολικές βαθμίδες που- εκτός των άλλων- περιέχει **προδιαγραφές και για τους προαύλιους χώρους βάζοντας το χώρο πρασίνου ως απαραίτητο σε μία σχολική αυλή**. Παράλληλα, σε εγχειρίδια σχεδιασμού χώρων παιχνιδιού για τα παιδιά (παιδικές χαρές) αναφέρεται ότι σε περίπτωση που μια παιδική χαρά πρέπει να τοποθετηθεί σε γειτονία με κατοικημένες περιοχές τότε το πράσινο είναι αυτό που θα περιορίσει τις επιπτώσεις του θορύβου στους

γείτονες. (“ A guide to playground planning”, Illinois, Department of natural resources). Προφανώς, και αυτή την οδηγία μπορούμε και πρέπει να την ακολουθήσουμε και για τον αντιθρομβικό σχεδιασμό των σχολικών προαυλίων.

Από άρθρο δημοσιευμένο στο περιοδικό ΤΕΕ που κάνει μια έρευνα για τις σχολικές αυλές της συμπρωτεύουσας Θεσσαλονίκης, μπορούμε να αντλήσουμε αρκετές πληροφορίες σχετικά με την έλλειψη πρασίνου στις σχολικές αυλές. Κατ’ αρχάς, τα προαύλια, εγκλωβισμένα ανάμεσα σε πολυώροφα κτίρια, χαρακτηρίζονται από απόλυτη κυριαρχία τσιμέντου(κάτι που οδηγεί και σε υψηλά ποσοστά τραυματισμών των παιδιών από πτώσεις) ενώ μόνο το 10% της αυλής είναι «πράσινο»(την ίδια στιγμή που η πολεοδομική νομοθεσία επιβάλλει τη φύτευση του 66% κατ’ ελάχιστο του περιβάλλοντος χώρου κάθε οικοδομήματος). Επίσης, αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι «Η συνεχώς αυξανόμενη κατασκευή προσθηκών κτιρίων στις αυλές μειώνει το ζωτικό χώρο του διαλείμματος και δημιουργεί αυλές με ακανόνιστα σχήματα. Στην ουσία τα κενά ανάμεσα στα κτίρια βαφτίζονται αυλές.» Η ίδια κατάσταση ισχύει και για την πρωτεύουσα. Η έλλειψη πρασίνου και χώρου για τις σχολικές αυλές είναι παραπάνω από εμφανής. Στα προάστια, βέβαια, υπάρχουν διαφοροποιήσεις. Υπάρχουν περιοχές με πυκνή δόμηση και περιοχές με πιο αραιή- όπως για παράδειγμα ο δήμος Μεταμόρφωσης και Ηρακλείου, όπου τα προαύλια καταλάμβαναν μεγάλο ποσοστό του οικοδομήματος, το ίδιο και το πράσινο. Αντίθετα, στους Αγίους Αναργύρους-όπως παρατηρήσαμε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων- τα προαύλια ήταν μικρά και το πράσινο λίγο.



Η απόλυτη κυριαρχία του τσιμέντου



Μία άποψη από σχολική αυλή του 3^{ου} δημοτικού του δήμου Μεταμόρφωσης.

8.4.1 ΦΥΤΙΚΑ ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ

Τα φυτικά ηχοπετάσματα, η φύτευση δηλαδή δέντρων, θάμνων, αναρριχητικών φυτών κοντά στην πηγή του θορύβου, είναι ένας από τους πιο οικολογικούς τρόπους ηχομόνωσης που υπάρχουν. Σύμφωνα με πανεπιστημιακές έρευνες, η βλάστηση κοντά σε πολυσύχναστους δρόμους μπορεί να μειώσει την ένταση του θορύβου από τα αυτοκίνητα έως και 10 dB.

Οι βασικές αρχές σύμφωνα με τις οποίες λειτουργούν τα φυτά ως ηχοπετάσματα είναι:

- Οι ήχοι απορροφώνται από τα φύλλα, τους μίσχους και τα κλαδιά των φυτών.
- Πιο αποτελεσματικά είναι τα δέντρα και οι θάμνοι με σαρκώδη φύλλα και μίσχους.
- Όσο πιο κοντά στην πηγή του θορύβου βρίσκεται ο φράχτης, τόσο καλύτερη ηχομόνωση επιτυγχάνεται.
- Όσο πιο ψηλός και πυκνός είναι ο φράχτης τόσο περισσότερο θόρυβο απορροφά ή αντανακλά.
- Προτιμώνται αειθαλή φυτά που δεν ρίχνουν τα φύλλα τους τον χειμώνα, συνεπώς λειτουργούν «ηχομονωτικά» καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.
- Ένας φράχτης για να είναι αποτελεσματικός πρέπει να περιλαμβάνει φυτά με πλούσιο φύλλωμα ή πολλά είδη θάμνων σε διαφορετικά μεγέθη και σχήματα.
- Και φυσικά η βλάστηση δεν καταπολεμά μόνο τον θόρυβο. Καθαρίζει την ατμόσφαιρα, προστατεύει από τον άνεμο, δροσίζει, περιορίζει την ανάγκη για κλιματιστικά, προσφέρει καταφύγιο σε πουλιά και ομορφαίνει το περιβάλλον.

Συνήθως συνιστάται μια γραμμή φύτευσης από ψηλά αειθαλή δέντρα και στη συνέχεια μια σειρά μικρότερων αειθαλών θάμνων και φυτών. Όσο πιο ψηλό είναι ένα δέντρο τόσο περισσότερο μειώνονται τα επίπεδα του θορύβου. Κάθε επιπλέον 1μ ύψους μειώνει το επίπεδο θορύβου κατά 1,5 dB (σύμφωνα με τον Leonard Horper πρώην πρόεδρο τις αμερικανικής εταιρίας αρχιτεκτόνων τοπίου στο βιβλίο του Landscape architectural graphic standards.) Τα φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παγιδεύσουν ή να απορροφήσουν τις δονήσεις των ήχων. Όσο τραχύς είναι ο κορμός του φλοιού τόσο καλύτερα απορρόφα τον ήχο. Τα παχιά και σαρκώδη φύλλα είναι επίσης ηχοαπορροφητικά. Βέβαια, αυτά τα ειδή πλατύφυλλων χάνουν την αποτελεσματικότητά τους το χειμώνα όταν είναι φυλλοβόλα, όμως έχουν φύλλα τους μήνες που τα παράθυρα είναι ανοιχτά και ο θόρυβος είναι περισσότερο ενοχλητικός.

Για το ζήτημα που εξετάζουμε, τη μείωση, δηλαδή, του θορύβου που προέρχεται από τα σχολικά προαύλια θα ήταν καλό να προβλεφθεί η τοποθέτηση αναρριχητικών φυτών (κατά προτίμηση αειθαλών) στους τοίχους του προαυλίου. Ένας μακροπρόθεσμος στόχος θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι και η φύτευση

αιθαλών δέντρων σε πυκνή διάταξη, όπου, βέβαια, υπάρχει χώρος για κάτι τέτοιο, είτε στο προαύλιο του σχολείου, είτε μεταξύ προαυλίου και κατοικιών.

8.5 ΥΛΙΚΑ ΔΑΠΕΔΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΠΡΟΑΥΛΙΩΝ

8.5.1 ΠΛΑΚΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Αποτελούνται από μίγμα πολυουρεθάνης με έγχρωμο ανακυκλωμένο καουτσούκ(βλ. εικόνα) και τοποθετούνται σε διαστάσεις 100x100x2,5cm και 100x100x4cm. Έχουν ενισχυμένη σύσταση που παρέχει εξέχουσα αντοχή στην τριβή. Στο κάτω μέρος υπάρχουν αυλακώσεις για τη δίοδο των υδάτων. Τα χαρακτηριστικά τους είναι πολύ καλά σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά που χρησιμοποιούνται για δάπεδο σε παιδικές χαρές, παιδικούς σταθμούς και παιδότοπους. Τοποθετούνται εύκολα πάνω σε σταθερή υπόβαση ασφάλτου ή λείας τσιμεντοεπιφάνειας με την παράλληλη χρήση ειδικής πολυουρεθανικής κόλλας και ειδικών πύρων. **Απορροφούν κάθε είδους κραδασμό** (σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές για δάπεδα παιχνιδότοπων κατά EN 1177), **καθώς η ελαστική τους απόδοση είναι η μέγιστη δυνατή**, και έτσι συμβάλλουν στην αποφυγή τραυματισμών από πτώση ή έντονη καταπόνηση.



ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΛΑΚΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

- ανθεκτικά σε κάθε θερμοκρασία(πάγος, καύσωνας) και
- στην UV ακτινοβολία
- αντιολισθητικό
- αντικραδασμικό
- **μείωσης της ηχορρύπανσης**
- διαπερατό από το νερό
- διατηρεί τη θερμότητα
- πολύ εύκολη συναρμολόγηση
- φιλικό προς το περιβάλλον
- υποαλλεργικό
- φιλικό προς τα παιδιά

8.5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΚΡΥΛΙΚΩΝ ΡΗΤΙΝΩΝ

Η χρήση τους είναι η εξής: υπαίθριοι αθλητικοί χώροι τένις, μπάσκετ, βόλεϊ, χάντμπολ και προαύλια σχολείων.

Είναι συστήματα δαπέδου μη υδατοπερατά, συνολικού πάχους από 1,6 έως 3,0 χιλ., ακρυλικής βάσης. Οι ενδιάμεσες στρώσεις εφαρμόζονται με υλικά εμπλουτισμένα με λεπτούς κόκκους καουτσούκ ή με λεπτόκοκκα σκληρά αδρανή(π.χ. χαλαζιακή άμμος). Η τελική στρώση μπορεί να εφαρμοσθεί με ρητίνες υψηλής ελαστικότητας και αντοχής για την αποφυγή τριχοειδών ρωγμών και άλλων αστοχιών. Τοποθετούνται σε σταθερή υπόβαση από ασφαλτοτάπητα της Π.Τ.Π. Α265 του Υ.Δ.Ε. τύπου Β ή Γ, επίπεδης επιφάνειας (χωρίς λακκούβες), με επίκλιση 0,8 - 1 % για την επιφανειακή απορροή των όμβριων. Η επιφάνεια της ασφάλτου πρέπει να είναι καθαρή και απαλλαγμένη από λάδια ή άλλους ρύπους.

Τέτοια συστήματα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στις υπεριώδεις ακτίνες και στην εντατική χρήση και προσφέρουν υψηλή ελαστικότητα(κυρίως αυτά με τον εμπλουτισμό με καουτσούκ και την τελική στρώση με ρητίνες). Η τελική επιφάνεια είναι ενιαία(χωρίς αρμούς), αδρή και αντιολισθηρή.

8.6 ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ

Τα παράθυρα (και οι μπαλκονόπορτες αντίστοιχα) αποτελούν τα πλέον ευαίσθητα δομικά στοιχεία των προσόψεων των κτιρίων, τα οποία εντέλει καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό και την ηχοπροστασία που παρέχουν οι προσόψεις.

Το μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας των παραθύρων αποτελεί η υάλωση η οποία είναι το πιο ευαίσθητο στοιχείο του παραθύρου. Το γυαλί είναι ένα δομικό υλικό που λειτουργεί από άποψη ηχομόνωσης μέσα στα πλαίσια του νόμου της μάζας και της κυματοσύμπτωσης με αποτέλεσμα **η μονή υάλωση να παρουσιάζει μικρή αύξηση της ηχομόνωσής της με την αύξηση του πάχους**. Με την χρήση ελασματοποιημένων υαλώσεων (περισσότερα του ενός φύλλα λεπτής υάλου σε επαφή, με ενδιάμεσες μεμβράνες), γίνεται δυνατή η αύξηση της ηχομόνωσης (λόγω αύξησης της επιφανειακής μάζας) χωρίς το μειονέκτημα της κρίσιμης συχνότητας (η οποία εξαρτάται από το πάχος των φύλλων που παραμένει λεπτό).

Μεταξύ της υάλωσης και των δομικών στοιχείων της πρόσοψης (εξωτερικός τοίχος) υπάρχουν συνήθως 3 αρμοί:

- ένας μεταξύ της υάλωσης και του κινητού πλαισίου του φύλλου
- ένας μεταξύ του πλαισίου του φύλλου και του πλαισίου της κάσας
- ένας μεταξύ του πλαισίου της κάσας και του δομικού στοιχείου (τοίχου)

Από αυτούς οι δύο είναι σταθεροί και ο ένας (μεταξύ του πλαισίου του φύλλου και του πλαισίου της κάσας) λειτουργικός αρμός. Η κατασκευή όλων των αρμών πρέπει να είναι απολύτως αεροστεγής, ο δε λειτουργικός αρμός πρέπει να διαθέτει σφραγίσματα υψηλής ποιότητας, συνήθως διπλά, με εξασφαλισμένη περιμετρική επαφή και μεγάλες αντοχές σε μακροχρόνια χρήση υπό πίεση. Από τους τρεις

αυτούς αρμούς, ο ένας (μεταξύ της κάσας και τοίχου) κατασκευάζεται επί τόπου του έργου με αποτέλεσμα να παρέχει συνήθως περιορισμένη ηχομόνωση, καθόσον η εύκολη λύση που συνήθως ακολουθείται (με πολυουρεθάνη) δεν έχει τα ίδια αποτελέσματα με την σωστή λύση (πορώδες ηχοαπορροφητικό σε όλο το πλάτος του αρμού, κορδόνι και σφράγισμα με σιλικόνη και στις δύο πλευρές). Τα πλαίσια (του φύλλου και της κάσας) πρέπει να είναι άκαμπτα, ώστε να γίνεται δυνατό το περιμετρικό σφράγισμα με πίεση (με τα κατάλληλα εξαρτήματα) χωρίς παραμόρφωση η οποία θα οδηγούσε σε άρση της στεγανότητας και μείωση της ηχομόνωσης. Αν και τα πλαίσια αποτελούν μικρό ποσοστό της επιφάνειας των παραθύρων (περίπου 20%) εν τούτοις θα πρέπει να παρέχουν ως δομικά στοιχεία ηχομόνωση τουλάχιστον ίση προς την ηχομόνωση της υάλωσης.

Παράθυρα με ηχομόνωση έως 27dB θεωρούνται κοινά παράθυρα. Παράθυρα με ηχομόνωση από 27dB και πάνω θεωρούνται ηχομονωτικά παράθυρα. Η ηχομόνωσή τους φτάνει συνήθως μέχρι 42dB. Παράθυρα με ηχομόνωση πάνω από 42dB θεωρούνται ειδικά ηχομονωτικά παράθυρα.

8.7 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Προτάσεις βελτίωσης και συνέχισης της δικής μας δουλειάς πάνω στο ζήτημα του θορύβου από τις σχολικές αυλές είναι απαραίτητες. Εκτός από τις περαιτέρω μετρήσεις σε σχολεία άλλων περιοχών προτείνουμε στους επόμενους ερευνητές να εντάξουν τη φασματική ανάλυση των μετρήσεων στην έρευνά τους- καθώς δίνει πιο αναλυτική και συνολική εικόνα του θορύβου- και το χρόνο αντήχησης σαν παράμετρο ανάλυσης. Ακόμα, όπως μελετήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, με τις υπάρχουσες συνθήκες θορύβου στα προαύλια τα σχολεία έχουν ελλιπή ηχομόνωση- ακόμα και στην περίπτωση που τηρείται ο κανονισμός. Άρα, μια σωστή κατεύθυνση θα ήταν η αναθεώρηση του κανονισμού και η θέσπιση ίσως μεγαλύτερων απαιτούμενων τιμών ηχομόνωσης για να διασφαλίζονται ανεκτά επίπεδα θορύβου. Επίσης, θα μπορούσαν να γίνουν μετρήσεις την ώρα του μαθήματος της γυμναστικής για να υπολογίσουμε τι θόρυβος «φτάνει» στην αίθουσα διδασκαλίας και αν επαρκεί η ηχομόνωση για τις συνθήκες αυτές. Τέλος, σημαντικό θα ήταν να γίνουν μετρήσεις και στις προσόψεις των κατοικιών ή και γενικά των κτιρίων που είναι οι πιθανότεροι αποδέκτες του θορύβου γύρω από ένα σχολείο(όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.2 της βιβλιογραφικής αναδρομής «Primary school replacement facility at PS 133(William A. Buttler school)»).

Η συγκεκριμένη διπλωματική αποτελεί από τις πρώτες καταγραφές και μετρήσεις θορύβου πάνω στο ζήτημα των προαυλίων σχολείων και το θόρυβο που εκπέμπουν στο διάλειμμα, τουλάχιστον στην Ελλάδα. Οι μετρήσεις μας ήταν ενδεικτικές και έτσι θα πρέπει να γίνουν ακόμα κι άλλες μετρήσεις για να ενισχύσουν ή να «διαψεύσουν» τα συμπεράσματά μας. Έτσι μόνο θα υπάρχει μια πιο σαφής και συνολική εικόνα για τα επίπεδα του θορύβου στα σχολικά προαύλια και του αστικού θορύβου γενικότερα και θα καταστεί δυνατό να προχωρήσουμε στις σωστές και συνολικότερες λύσεις του ζητήματος του θορύβου. Γιατί, από τη μία οι φωνές των παιδιών αποτελούν πηγή ζωντάνιας και χαράς και από την άλλη είναι σημαντική η όσο το δυνατόν καλύτερη διασφάλιση της ηρεμίας των ανθρώπων που κατοικούν ή εργάζονται γύρω από ένα σχολείο ή μέσα στο ίδιο το σχολείο.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ken Scannell and Matthew Harwood, "Carrying out noise assessments for proposed childcare facilities", Noise and Sound Services (St Ives, NSW 2075, Australia), November 2006.
2. New York School Construction Authority, "Primary School Replacement Facility at PS 133 (William A. Butler School)- NOISE".
3. L. H. Schaudinischky and A. Shwartz, "The sports ground as a noise source", Department of Applied Acoustics (Haifa, Israel), May 1971.
4. Bridget Shield and Julie E. Dockrell, "The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children", Acoustical Society of America, January 2008.
5. Bridget Shield and Julie E. Dockrell, "External and internal noise surveys of London primary schools", Acoustical Society of America, February 2004
6. S.M. Alam and L.S. Eang, "An investigation of community noise in high-rise residential environments", Acoustical Society of America, June 2010.
7. Σκαρλάτος Δημήτριος, «Εφαρμοσμένη Ακουστική», 1998.
8. Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα, «Εμβάθυνση στο σχεδιασμό χώρων ακρόασης», 1996.
9. Egan M., Architectural acoustics, McGraw-Hill. Inc 1998.
10. SRL (Sound Research Laboratories Ltd), Practical Building Acoustics (London 1976).
11. Τσανακτσίδης Δ., Τσίτσουλας Δ., «Σύγχρονα συστήματα εξοπλισμού των οδών», διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, (2003)
12. Παπαθάνου Ανδρέας, Χούσης Θεόδωρος, διπλωματική εργασία, «Η απόσβεση του αστικού θορύβου καθ' ύψος κτιρίων. Φυσική περιγραφή και ψυχολογική σημασία» , Αθήνα 2010.

13. Department of natural resources, Illinois, "A guide to playground planning", 2004.
14. DfES Project Team: Building Bulletin 93, Acoustic Design of Schools
15. Bruel & Kjaer : Measuring Sound
16. Κτιριοδομικός Κανονισμός, άρθρο 12 απόφ. 3046/304/301/3.2.1989
17. Κωνσταντίνος Η. Μπακογιάννης, διπλωματική εργασία, «Ακουστική Μελέτη Σχολικών Αιθουσών Μέσης Εκπαίδευσης», Μάρτιος 2010.
18. Marie Louise Bistrup, "Children and noise- prevention of adverse effects", National Institute of Public Health, Denmark, 2002
19. Δαμασιώτης Χριστόδουλος, διπλωματική εργασία «Ηχορρύπανση και τρόποι αντιμετώπισης σε υπό κατασκευή σχολείο», Ρέθυμνο 2011.
20. Καραντωνάκη Αφροδίτη, διπλωματική εργασία «Η ηχορρύπανση και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ειδικότερα στην ακοή», Ρέθυμνο 2009.
21. Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης(ΕΚΠΑΑ), «Η κατάσταση του περιβάλλοντος 2008», κεφάλαιο 7.4 Θόρυβος
22. Benjamin H. Sachwald, «Acoustical analysis methodology for urban rooftop playgrounds in New York City», Canada, August 2009.
23. Καλλιάνης Γεώργιος, «Θόρυβος από την οδική κυκλοφορία-Μέτρα αντιμετώπισης σε υπεραστική οδό-Εκτίμηση ορίου νέου ευρωπαϊκού δείκτη L_{den} », διπλωματική εργασία, Χανιά 2005.
24. Κανελλαΐδης Γ., Μπαλλής Α. «Ειδικά Κεφάλαια Οδοποιίας»
25. Alton Everest, « Εγχειρίδιο Ακουστικής» (2003)

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ



- Δ1. <http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-4.pdf>
- Δ2. <http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoisefor.htm>
- Δ3. http://esd.ny.gov/subsidiaries_projects/AYP/AtlanticYards/AdditionalResources/AYDEIS/15Noise/15Noise.pdf
- Δ4. <http://www.diasnews.com/syntag/fita1.htm> (φυτικά ηχοπετάσματα)
- Δ5. <http://www.tsanak.gr/documents/civil/noisebarriers.pdf> (εικόνες ηχοπετ.)
- Δ6. <http://www.arch.auth.gr/uploads/media/sound-prot.pdf>
- Δ7. http://library.tee.gr/digital/m2316/m2316_hatziastrou.pdf
- Δ8. <http://www.alphacoustic.com/Product.asp?ID=21>
- Δ9. <http://www.noisemeters.com/http://www.casellameasurement.com/>
- Δ10. <http://www.casellameasurement.com/>
- Δ11. <http://www.pulsarinstruments.com/>
- Δ12. http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/GRAFEIO_TYPOY/TEXNOGR_AFHMA_2009/%D4%C5%D7%CD%CF%C3%D1%C1%D6%C7%CC%C1%20377
- Δ13. <http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/285/main.pdf?sequence=4>
- Δ14. <http://www.polat.gr/userfiles/file/PLAYGROUNDS.pdf>
- Δ15. <http://www.ergosport.gr/ergosport-greek.asp>
- Δ16. <http://www.technologia.com.gr>
- Δ17. <http://www.pdfio.com/k-1904217.html#>
- Δ18. <http://ixoripansi.gr/?p=359>
- Δ19. http://www.iema.gr/data/lectures/KDA2_Prosopseis_Barkas.pdf
- Δ20. <http://library.tee.gr>
- Δ21. <http://yourhomegov.au/technical/fs27.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΑ ΠΡΟΑΥΛΙΑ ΤΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΜΕ ΠΑΙΔΙΑ

	ΣΧΟΛΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΩΡΑ	ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ(σε dB)												
				L _{Afmax}	L _{Afmin}	L _{Aeq}	L _{Zpk}	L _{AE}	L _{EP,d}	L _{Tm3}	L _{Tm5}	L _{AF10,0}	L _{AF50,0}	L _{AF90,0}	L _{AF95,0}	L _{AF99,0}
1.	3ο Δημοτ. Μετ/φωσης (280 παιδιά) 24/04/2012	18°C	9:44:23	118,5	70,3	94,8	118,9	120	78,3	102,2	103,9	90,5	83,5	77	76	73,5
			9:52:37	100	77,4	87,4	109,5	114,1	69,5	92	92,8	90	86	82,5	81,5	80
			10:49:05	117,2	63,5	102,6	119,8	120	82,3	110,6	111,6	88	75	69	67,5	66
			9:44:28	96,1	60,7	78,1	112,1	102,9	58,3	86,2	87,3	81	73,5	68,5	67	64,5
			9:52:34	98	58,6	75,1	110,2	100,1	55,5	83,3	84,9	78	69	63	62	60
			10:49:02	95,5	67,3	81,2	105,2	106	61,5	88	89,1	84,5	78	73	71,5	69,5
2.	1ο Δημοτ. Μετ/φωσης (230 παιδιά) 25/04/2012	20°C	9:45:22	102,8	57,6	81,5	115,1	107,2	62,6	89,9	90,8	79	69	64	63	61
			9:51:14	96,8	56,8	74,9	107,8	100,5	55,9	81,7	83,4	76,5	68,5	63,5	62,5	60,5
			12:27:19	109,3	63,3	91	119,8	115,8	71,2	98	59,8	93,5	81,5	72,5	70	67
			9:45:18	119,8	61	97,9	125,2	124	79,4	105,4	106,5	88	75	68	66,5	64,5
			9:51:16	117,2	64,5	97,3	121,3	120	77,7	107,3	110	93,5	79,5	69	67,5	66
			12:27:14	118,2	65,9	96,6	119	119,9	76,5	106,4	107,8	96	84	74,5	72,5	69,5
3.	7ο Δημοτ. Μετ/φωσης (300 παιδιά) 26/04/2012	22°C	9:53:35	99,2	55,9	82,3	109,4	107,3	62,7	89,6	90,7	85	77,5	67	63,5	60
			10:47:14	105,7	68	86,6	114,5	111,5	66,9	93,2	94,7	89,5	81,5	75,5	74	71
			13:16:11	97	67	82,4	108,3	107,9	62,7	89	90,3	86	79	73,5	72	70,5
			9:53:37	115,2	64	100,4	118,7	120	81,6	108,6	110,7	99	85	73	70	67
			10:47:15	112,6	70,9	96,2	117	120	76,7	104,9	106	99	89	80	77,5	74,5
			13:16:09	112,8	67,3	91,4	115,8	119,8	72	98,8	100,2	94,5	84	77	74,5	71
4.	1ο Δημοτ. Αγ. Ανάργυρων (210 παιδιά) 30/04/2012	25°C	10:51:12	108,7	58,2	84,3	116,7	109,6	65	93,6	95,1	83,5	71,5	65	63,5	61,5
			10:57:08	97,6	60,8	78,1	118,5	104	59,4	85,1	86,6	81	74,5	69	67,5	65,5
			12:26:10	113,5	64,8	98,7	119	120	81,7	105,9	107,9	84	76,5	71,5	70	68
			10:51:10	97,1	60,4	78,7	108,4	103,5	58,9	86,4	87,5	81,5	74,5	68,5	66,5	64
			10:57:05	95,5	65,5	81	107,7	105,8	61,2	87,4	88,8	84	77,5	72	71	68,5
			12:26:08	106,1	68,3	86,7	116,2	111,5	66,9	92,8	94,1	89,5	81,5	76	74,5	72

	ΣΧΟΛΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΩΡΑ	L _{af} max	L _{af} min	L _{Aeq}	L _{Zpk}	L _{AE}	L _{EP,d}	L _{Tm3}	L _{Tm5}	L _{AF10,0}	L _{AF50,0}	L _{AF90,0}	L _{AF95,0}	L _{AF99,0}
5.	3ο Δημοτ. Αγ. Ανάργυρων (270 παιδιά) 2/05/2012	26°C	9:43:41	110	61,3	87	114,9	111,9	67,3	93,4	95,3	84	72,5	66,5	65,5	64
			9:50:54	108,5	66,5	90,6	121,4	115,7	71,1	97,9	98,8	93,5	78,5	71,5	70	68
			10:57:01	118,3	67,5	98,5	120,3	123,3	78,7	106,7	108,5	100,5	83	73,5	72	70
			9:43:44	100,6	62,5	80,6	111,6	105,5	60,9	88,9	90,2	83,5	74,5	68,5	67	65
			9:50:52	119,1	69,2	96,9	124,8	122,1	77,5	106,1	107,9	97	86	76,5	75	72
			10:56:58	99	58,9	76,1	108,8	100,9	56,3	83,4	84,9	78,5	71,5	65	64	61,5
6.	6ο Δημοτ. Αγ. Ανάργυρων (320 παιδιά) 2-3/05/2012	27°C	12:25:12	103,4	60,8	76,4	111,7	101,2	56,7	85,4	87,3	76,5	70	65	63,5	62
			13:16:47	110	50,6	84,9	116,1	111,7	67,1	92,1	93,8	80,6	69	60,5	59	55,5
			9:51:52	108,7	58,2	84,3	116,7	109,6	65	93,6	95,1	83,5	71,5	65	63,5	61,5
			12:25:10	105,2	68,5	86,2	116,4	110,5	66,2	92,8	93,5	89,6	80,8	74,6	72,1	69,6
			13:16:50	108	58,2	83,9	115,9	109	64,2	91,8	93,9	85,1	73,2	68,5	67,9	64,3
			9:51:56	102,5	77,4	86,8	109,5	112,1	68,7	92	92,8	88,7	84,8	80,1	77,5	75,6
7.	Πειραματικό Λύκειο Αγ. Ανάργυρων (260 παιδιά) 04/05/2012	26°C	9:51:10	77,2	53,5	63,1	91,5	88	43,4	68,6	70	66	60	55,5	55	54,5
			9:56:15	79,6	54,2	63,8	96,4	88,6	44	70,1	71,3	66,5	61	58	57	55,5
			10:46:45	83,2	56,5	65,7	97,4	90,5	45,9	71,5	72,9	68	62,5	59,5	59	58
			9:51:11	90	55,4	73,9	103,5	99,6	55	80,2	81,4	77	68	60,5	58,5	57
			9:56:17	93,8	54,6	70,8	105,9	95,5	50,9	78,5	80	73,5	66	60	58,5	57
			10:46:43	88,3	57,3	68,4	107,9	97,3	52	76,5	81,9	75,3	69,5	64,5	63,5	60,8
8.	3ο Λύκειο Αγ. Ανάργυρων (280 παιδιά) 04-07/05/2012	27°C	11:35:56	81,8	56,5	67,3	101,7	92,2	47,6	73,5	74,5	70,5	64,5	61	60	58,5
			12:32:14	81,3	54,3	65,3	95,4	90,1	45,5	71	72,1	68,5	62,5	59	58	56,5
			9:52:24	85,4	55	69	100,9	93,8	49,2	75,6	76,8	72,5	64,5	59	58	56,5
			11:35:58	88,2	60	71,5	101,1	97,1	52,5	78,2	79,5	74,5	67,5	62	61	59,5
			12:32:12	86,9	56,3	71,5	102,5	90,3	45,7	78,2	79,3	75	68	63	61,5	59,5
			9:52:23	86,4	51,7	72	94,4	93,3	48,7	78,5	79,8	76,5	66,5	57	55,5	53
9.	1ο Λύκειο Αγ. Ανάργυρων (250 παιδιά)	27°C	10:45:57	91,1	55,4	71,5	102,6	96,4	51,8	77,6	79	73,5	67	61,5	60	58
			11:36:02	87,5	54,8	70,6	102,3	95,4	50,8	77,2	78,1	74	67,5	60,5	59,5	57,5
			12:31:11	87,3	56,6	69,4	105,1	94,2	49,6	76,3	77,7	72,5	65,5	61	60	58,5
			10:45:56	89,8	58,4	74	104,2	99,5	54,9	80,9	81,9	78	69,5	63,5	62	60,5

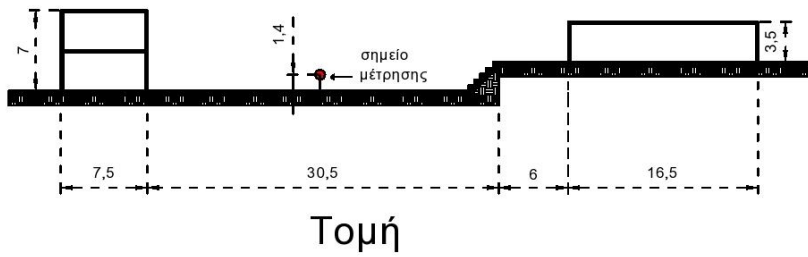
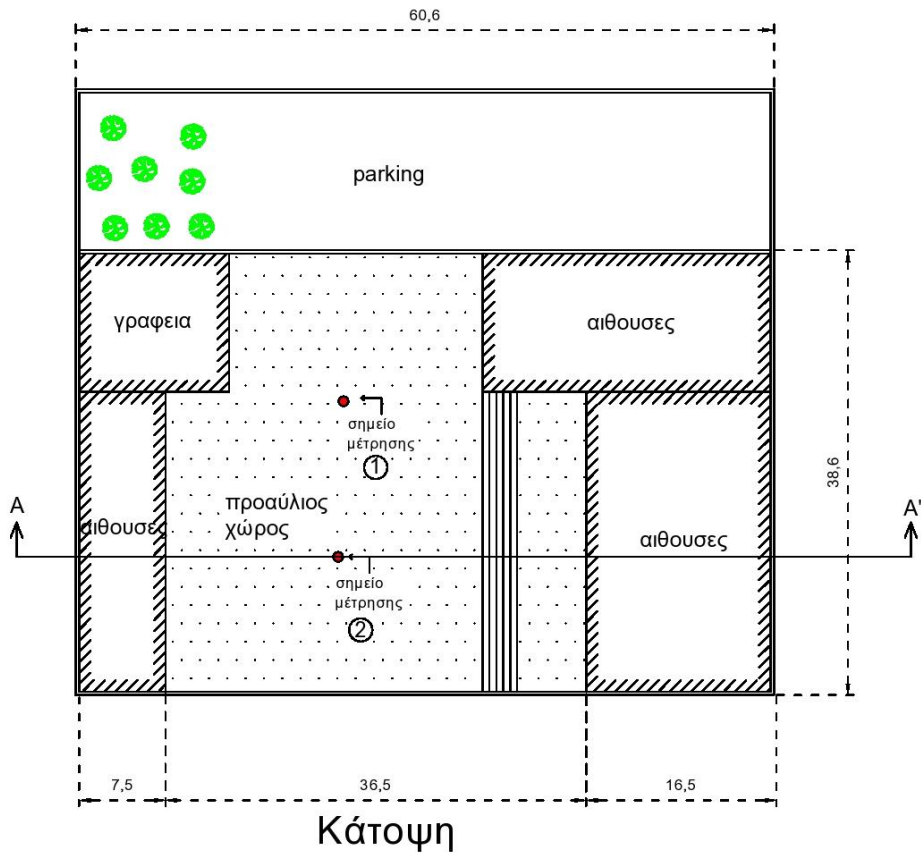
08/05/2012	11:36:03	92,5	59,6	75,1	105,9	100,3	55,8	81,8	83,2	78,5	71	64,5	63,5	61,5
	12:31:12	89	59,3	73,5	107,9	98,6	54	80,4	81,9	77	69,5	64,5	63,5	62

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΑ ΠΡΟΑΥΛΙΑ ΤΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΧΩΡΙΣ ΠΑΙΔΙΑ

	ΣΧΟΛΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΩΡΑ	ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ(σε dB)												
				LAfmax	LAfmin	LAeq	LZpk	LAΕ	LEP,d	LTm3	LTm5	LAf10,0	LAf50,0	LAf90,0	LAf95,0	LAf99,0
1.	7ο Δημοτ. Μετ/φωσης (300 παιδιά) 01/10/2012	31°C	9:10:35	64,3	45,6	59,8	75,5	66,7	44,2	63,4	64,2	60,1	55,3	53,5	51,9	50,1
			9:17:14	59,3	47,3	56,4	65,2	61,9	43,1	57,6	58,3	57	53,3	52,4	51,4	49,9
			9:25:11	65,1	48,6	52,6	70,5	68,6	47,2	59,5	60,2	57,3	54,5	51,7	50,1	48,7
			9:10:39	62,2	46,3	54,2	68,2	66,7	45,1	61,1	62,3	58,2	53,7	52,5	50,7	49,2
			9:17:18	60	48,1	57,7	67,1	68	47,5	63,7	64,9	59,5	54,1	53	51,3	49,7
			9:25:09	61,8	45,3	55,5	70,8	68,8	43,7	64,4	65,3	58,6	52,2	50,1	48,9	47,8
2.	3ο Δημοτ. Αγ. Ανάργυρων (270 παιδιά) 01/10/2012	32°C	10:15:21	70,1	50,1	58,6	78,3	72,6	48,1	60,7	61,2	59,9	56,8	55,5	53,4	51,9
			10:21:57	65,3	52,2	57,3	70,5	69,4	50,6	59,6	60,7	58,2	55,7	54	51,6	50,1
			10:27:30	67,9	51,3	63,2	73,1	69,3	49,2	64,2	65,4	65,2	59,3	55,3	52,6	50,3
			10:15:18	64,3	48,3	59,9	71,8	68,2	46,6	62,8	63,1	60,1	57,2	50,6	48,8	47,4
			10:21:55	68,3	48,5	59,8	72,5	70,2	45,7	64,7	65,8	61,2	55,5	51,1	50	48,6
			10:27:33	72,5	52,3	59,9	76,9	74,1	49,6	63,4	64,1	61,1	55,3	54,1	51,4	49,5

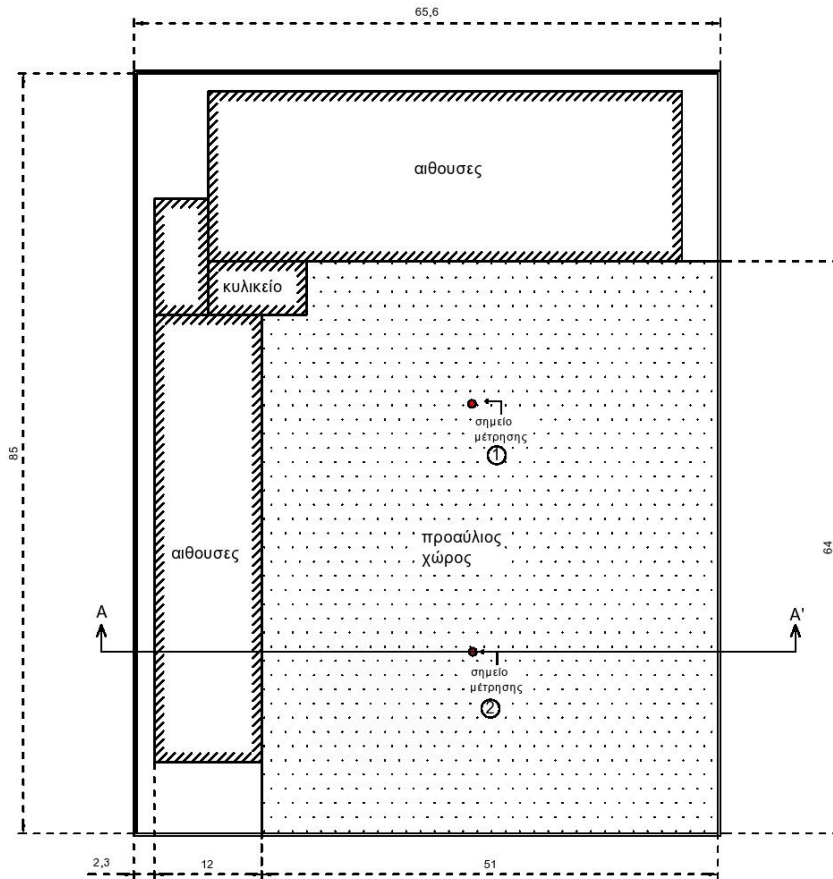
Σημείωση: Σε κάθε σχολείο έγιναν 6 μετρήσεις συνολικά, σε 2 σημεία. Έτσι, έχουμε 3 μετρήσεις ανά σημείο. Στον παραπάνω και τον παρακάτω πίνακα για κάθε ένα σχολείο οι 3 πρώτες μετρήσεις αντιστοιχούν στο σημείο 1 και οι 3 επόμενες στο σημείο 2. (Τα σημεία 1 και 2 φαίνονται στη συνέχεια του παραρτήματος).

3ο δημοτικό Μεταμόρφωσης



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:450

1ο δημοτικό Μεταμόρφωσης



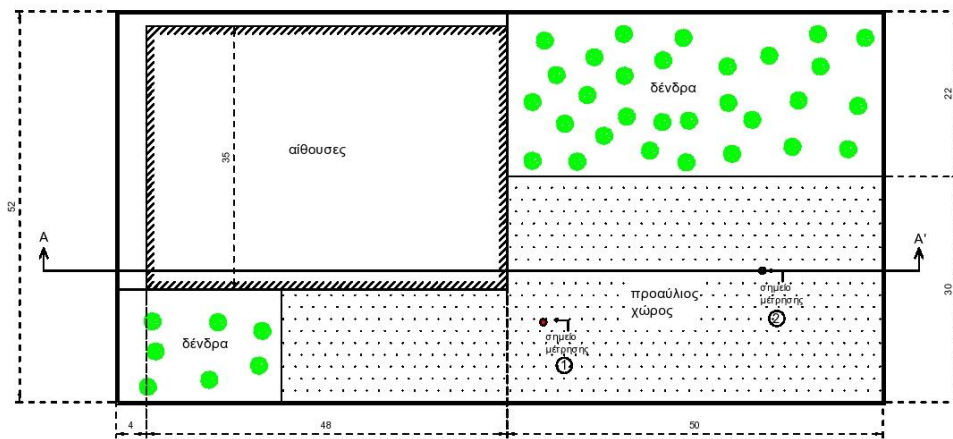
Κάτοψη



Τομή

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:550

7ο δημοτικό Μεταμόρφωσης



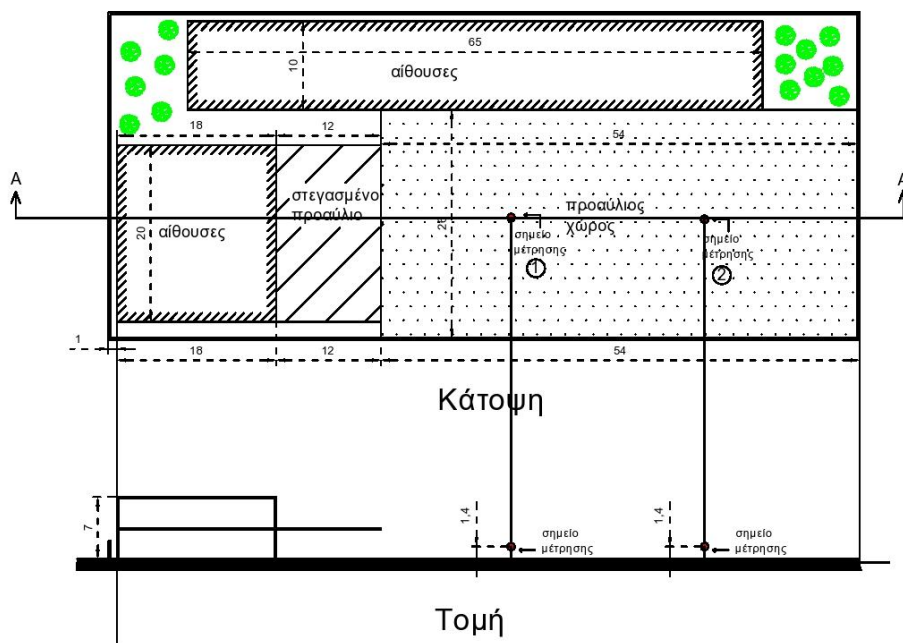
Κάτοψη



Τομή

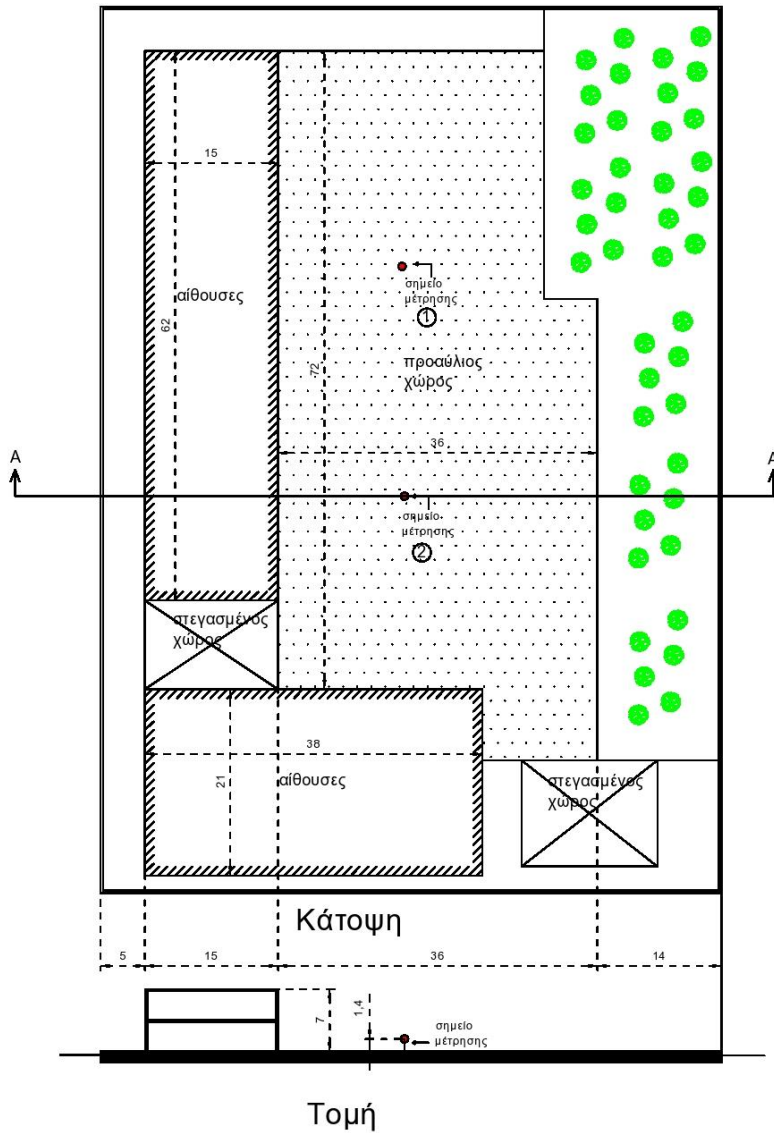
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:600

1ο δημοτικό Αγίων Αναργύρων



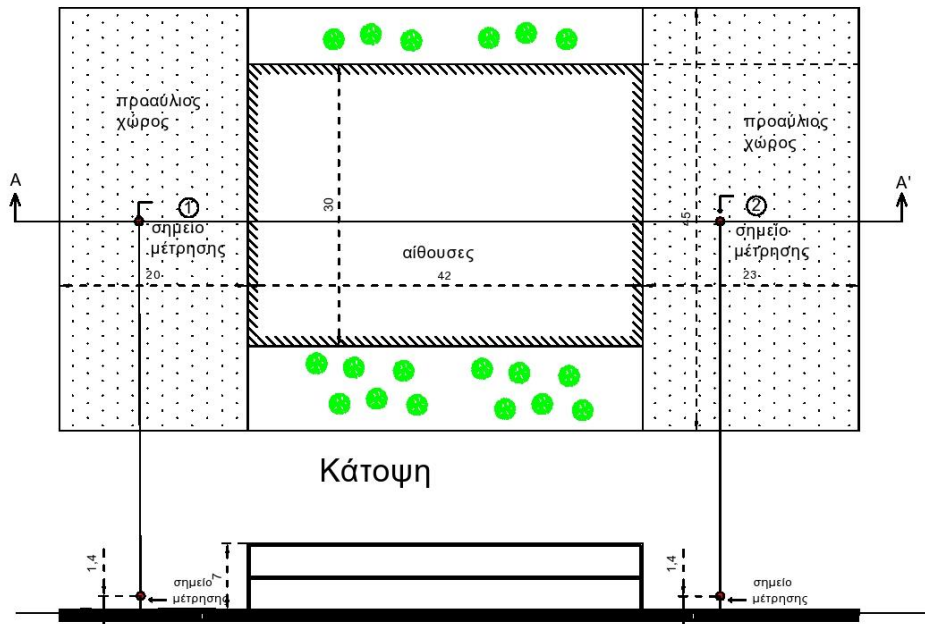
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:550

3ο δημοτικό Αγίων Αναργύρων



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:550

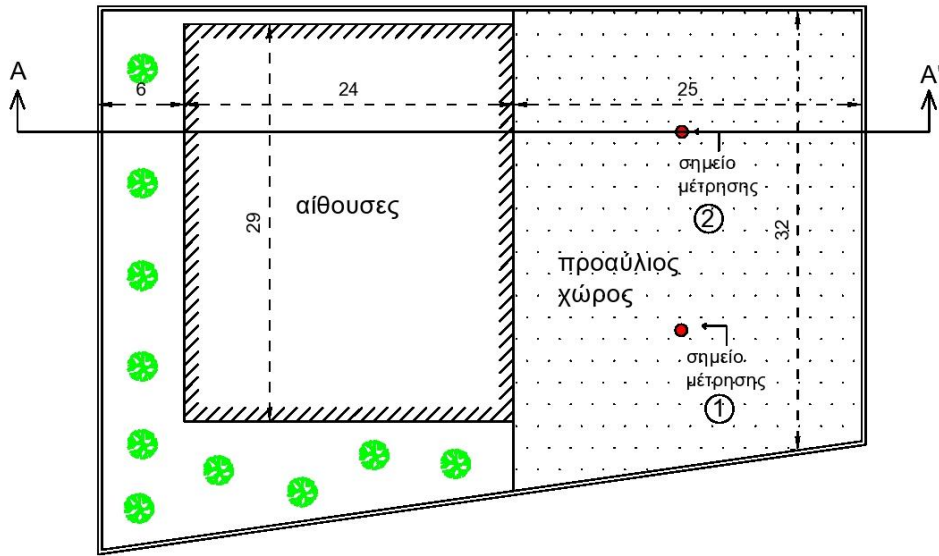
6ο δημοτικό Αγίων Αναργύρων



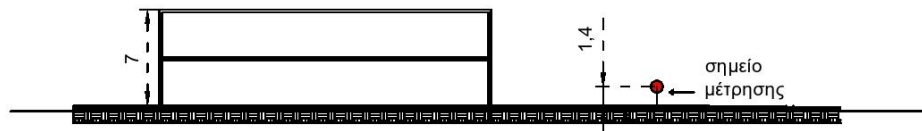
Τομή

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:500

πειραματικό λυκείο Αγίων Αναργύρων



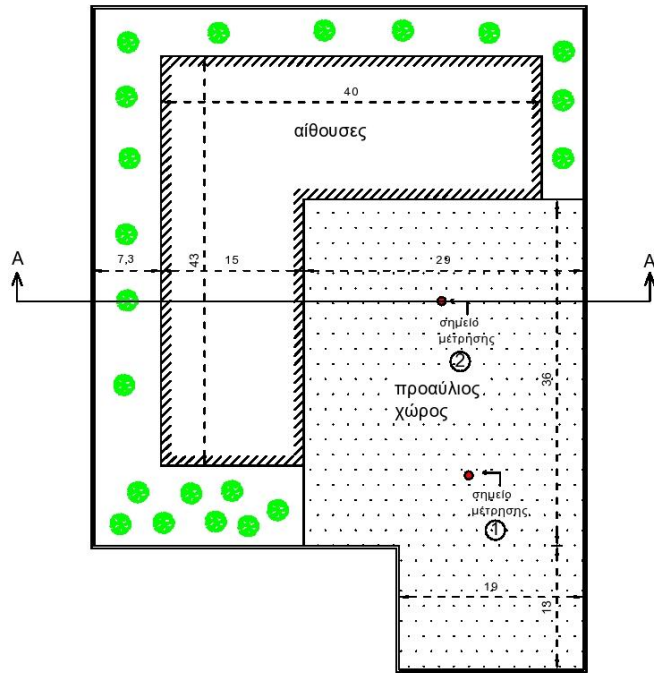
Κάτοψη



Τομή

ΚΛΙΜΑΚΑ 1: 350

3ο λυκείο Αγίων Αναργύρων



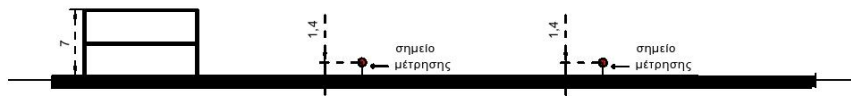
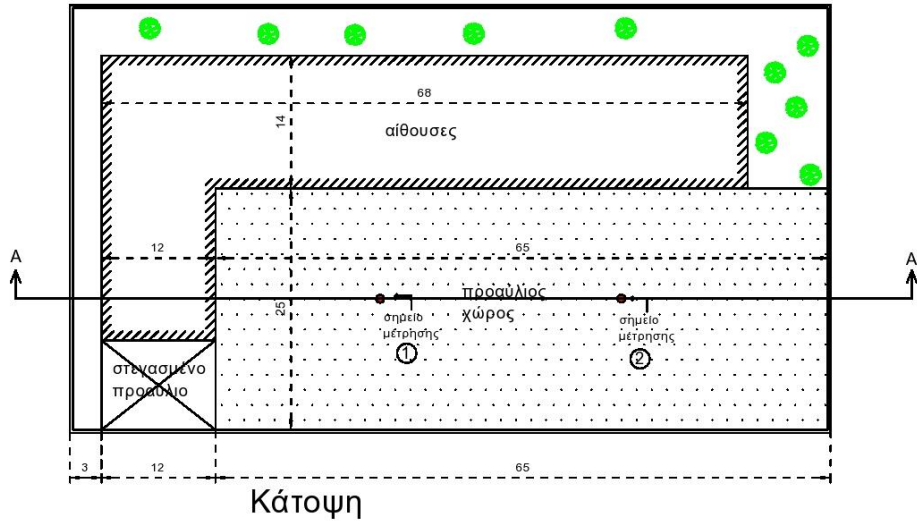
Κάτοψη



Τομή

ΚΛΙΜΑΚΑ 1: 500

1ο λυκείο Αγίων Αναργύρων



ΚΛΙΜΑΚΑ 1:500