



Σχολή Εφαρμοσμένων Σπουδών  
Ακουστικός Σχεδιασμός και Ψηφιακός Ήχος

Διπλωματική Εργασία

Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου, προερχόμενου από την  
οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου, στην σχολική μονάδα του  
1ου Επαγγελματικού Λυκείου Άργους.

Κωνσταντίνος Δέδες

Επιβλέπων καθηγητής: Μάξιμος Καλιακάτσος Παπακώστας

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2020

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου, προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου, στην σχολική μονάδα του 1ου Επαγγελματικού Λυκείου Άργους.

Κωνσταντίνος Δέδες

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Μάξιμος Καλιακάτσος Παπακώστας

Νικόλαος Μπάρκας

Διδάκτωρ Μαθηματικών

Καθηγητής Οικοδομικής Τεχνολογίας -

Αρχιτεκτονικής Ακουστικής

Συνεργαζόμενο Εκπαιδευτικό Προσωπικό

Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Δ.Π.Θ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2020

*Κωνσταντίνος Δέδες, Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου, προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου, στην σχολική μονάδα του Ιου Επαγγελματικού Λυκείου Άργους*

*«Νοιώθω την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα κύριο Μάξιμο Καλιακάτσο Παπακώστα, τόσο για την καθοδήγηση του όσο και για την ενθάρρυνσή του προς το πρόσωπό μου, για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.*

*Επίσης ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου, στους φίλους μου και συναδέλφους Ηλία και Νίκο, που ήταν πάντα εκεί να με στηρίζουν ηθικά και να με διευκολύνουν στην εργασία μου σε καίριες στιγμές, από την πρώτη στιγμή που ξεκίνησα το συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα.»*

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η επίδραση του κυκλοφοριακού θορύβου, ο οποίος προέρχεται από την οδική αρτηρία Άργους – Ναυπλίου προς την σχολική μονάδα του 1<sup>ου</sup> Επαγγελματικού Λυκείου Άργους. Γίνεται επισκόπηση των εννοιών του ήχου, του θορύβου και μέτρων ηχοπροστασίας και ανασκόπηση βιβλιογραφίας σχετικών ερευνών που πραγματεύονται την επίδραση του θορύβου στην μαθησιακή διαδικασία

Όσον αφορά το ερευνητικό μέρος της εργασίας, αυτό έχει δύο σκέλη. Στο πρώτο έγινε χρήση ερωτηματολογίου σε εκπαιδευτικούς και μαθητές του σχολείου, ώστε να αναζητηθεί και η προσωπική τους άποψη και εκτίμηση επί του θέματος (υποκειμενική διερεύνηση).

Στο δεύτερο σκέλος, με χρήση βαθμονομημένου ηχομέτρου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ήχου σε διάφορους χώρους του σχολείου τόσο εσωτερικούς όσο και εξωτερικούς (αντικειμενική διερεύνηση του θέματος). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η πρώτη κατά την αναστολή λειτουργίας των σχολείων και τον περιορισμό στην κυκλοφορία των πολιτών (καραντίνα) λόγω της πανδημίας covid-19. Η δεύτερη όταν επαναλειτούργησαν τα σχολεία και επιτρέπεται στους πολίτες η κυκλοφορία τους, χωρίς περιορισμούς.

Εξήχθησαν συμπεράσματα από τον συνδυασμό και των δύο ερευνητικών διαδικασιών, τα οποία συνδέουν την επίδραση του κυκλοφοριακού θορύβου με προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την διεξαγωγή της μαθησιακής διαδικασίας. Τέλος γίνονται προτάσεις για την βελτίωση του ηχητικού περιβάλλοντος και την ηχοπροστασία του κτιρίου.

### Λέξεις – Κλειδιά

Θόρυβος, σχολείο, μάθημα, οχήματα, δρόμος, ηχοπροστασία,



*Κωνσταντίνος Δέδες, Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου, προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου, στην σχολική μονάδα του Ιου Επαγγελματικού Λυκείου Άργους*

# The impact of urban traffic noise generated from the Argos - Nafplio highway in the school unit of the 1st Vocational High School of Argos

Konstantinos Dedes

## **Abstract**

The present thesis investigates the impact of urban traffic noise generated from the Argos - Nafplio highway in the school unit of the First Vocational High School of Argos. A survey of the concepts of sound, noise and sound protection measures is presented along with a literature review of relevant research studies dealing with the effect of noise on the learning process.

As far as the research element of the dissertation is considered, this has two components. In the first, a questionnaire was used on both teachers and students of the school, in order to seek their personal opinion and assessment of the subject (subjective investigation).

In the second component, using a calibrated sound level meter, sound measurements were performed in various areas of the school, both internal and external (objective investigation of the subject). This process took place in two different time periods. The first during the suspension of schools' operation and the restriction of traffic (quarantine) due to the covid-19 pandemic. The second was when the schools reopened and the citizens were allowed to move around, without restrictions.

Conclusions were drawn from the combination of both research processes, which link the effect of traffic noise with problems that occur during the learning process. Finally, suggestions are made for the improvement of the sound environment and the sound protection of the building.

## **Keywords**

Noise, school, lesson, vehicles, road, soundprotection



*Κωνσταντίνος Δέδες, Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου,  
προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου, στην  
σχολική μονάδα του Ιου Επαγγελματικού Λυκείου Άργους*



## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	v
Abstract .....	vii
Περιεχόμενα.....	ix
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων.....	xi
Κατάλογος Πινάκων.....	xiv
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xv
1 Εισαγωγή.....	1
2 Ήχος και Θόρυβος.....	3
2.1 Ήχος.....	3
2.1.1 Χαρακτηριστικά του ήχου.....	5
2.1.2 Ιδιότητες του ήχου.....	10
2.2 Το αισθητήριο της ακοής.....	13
2.3 Θόρυβος.....	15
2.3.1 Περιβαλλοντικός θόρυβος.....	17
2.3.2 Νομοθεσία.....	18
2.3.3 Προστασία από τον περιβαλλοντικό – κυκλοφοριακό θόρυβο .....	21
2.4 Βιβλιογραφική Επισκόπηση .....	25
3 Μεθοδολογία Έρευνας.....	39
3.1 Κτίριο 1 <sup>ου</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους.....	39
3.2 Ερωτηματολόγιο.....	43
3.3 Μετρήσεις .....	44
3.3.1 Μετρήσεις περιβαλλοντικού θορύβου.....	44

3.3.2	Ηχώμετρα .....	45
3.3.3	Εξοπλισμός και διαδικασία μετρήσεων στην σχολική μονάδα. ....	48
4	Αποτελέσματα .....	53
4.1	Επεξεργασία ερωτηματολογίου .....	53
4.2	Αποτελέσματα Μετρήσεων .....	68
5	Συμπεράσματα.....	72
6	Προτάσεις.....	76
6.1.1	Τοποθέτηση ηχοπετάσματος.....	76
6.1.2	Τοποθέτηση νέων κουφωμάτων και υαλοπινάκων .....	79
6.1.3	Τοποθέτηση κλιματιστικών μηχανημάτων .....	81
6.1.4	Τοποθέτηση συστημάτων ελέγχου της ταχύτητας οχημάτων .....	81
6.1.5	Δημιουργία κόμβου κυκλικής κίνησης.....	82
6.1.6	Αλλαγή Οδοστρώματος - Πορώδης ασφαλτοτάπητας .....	87
7	Επίλογος.....	89
	Βιβλιογραφία.....	91
	Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο.....	95
	Παράρτημα Β: Πίνακες - Αποτελεσμάτων Μετρήσεων.....	106

## **Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων**

Εικόνα 2-1 Μετάδοση ακουστικού κύματος .....	4
Εικόνα 2-2 Κυματομορφές απλού ήχου (Α), σύνθετου ήχου (Β), κρότου (Γ), θορύβου-ησυχίας (Δ).....	5
Εικόνα 2-3 Ημιτονοειδής κυματομορφή Υ.Σ (αριστερά) και Χ.Σ (δεξιά). .....	6
Εικόνα 2-4 Ένταση του ήχου .....	7
Εικόνα 2-5 Στάθμη έντασης του ήχου.....	7
Εικόνα 2-6 Καμπύλες Fletcher & Munson .....	8
Εικόνα 2-7 Όρια ακουστότητας .....	9
Εικόνα 2-8 Ανάκλαση ήχου.....	11
Εικόνα 2-9 Περίθλαση ήχου .....	11
Εικόνα 2-10 Διάθλαση ήχου σε στρώματα αέρα με διαφορετική θερμοκρασία. ....	12
Εικόνα 2-11 Παρεμβολή ήχου .....	12
Εικόνα 2-12 Το αισθητήριο της ακοής.....	13
Εικόνα 2-13 Κλίμακα στάθμης ήχων .....	17
Εικόνα 2-14 Ηχοπέτασμα .....	22
Εικόνα 2-15 Τεχνητό Ηχοπέτασμα .....	23
Εικόνα 2-16 Φυσικό Ηχοπέτασμα.....	24
Εικόνα 2-17 3D σχεδιασμός σχολείων έρευνας.....	27
Εικόνα 2-18 Τύποι παραθύρων προσόψεων τάξεων.....	30
Εικόνα 2-19 Σχολεία έρευνας .....	33
Εικόνα 3-1 Κάτοψη, εξωτερική όψη και προαύλιος χώρος 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους.....	40
Εικόνα 3-2 Ηχομόνωση αίθουσας διδασκαλίας 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους.....	41

Εικόνα 3-3 Αίθουσα διδασκαλίας 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους .....	42
Εικόνα 3-4 Ηχώμετρο μετρήσεων MASTECH MS6700.....	49
Εικόνα 3-5 Οδική αρτηρία Άργους - Ναυπλίου.....	50
Εικόνα 3-6 Θέσεις παρατήρησης .....	52
Εικόνα 4-1 Γρ. καθηγητών Ι , Αιθ. 5, Εργ. Υπολ. (εξωτερική όψη και οπτική προς την αρτηρία) .....	68
Εικόνα 4-2 Αίθουσα 1 – α΄ όροφος (εξωτερική όψη και οπτική προς την αρτηρία) .....	69
Εικόνα 4-3 Αιθ. 8 - α΄ ορ, Αιθ. 4 - β΄ ορ. (εξωτερική όψη και οπτική προς την αρτηρία) .....	69
Εικόνα 4-4 Αίθουσα 3 - α' ορόφου.....	70
Εικόνα 4-5 Μέτρηση σε εξωτερικό χώρο (πρόσοψη κτιρίου).....	70
Εικόνα 4-6 Μέτρηση σε εξωτερικό χώρο (προαύλιος χώρος).....	71
Εικόνα 6-1 Προσομοίωση τοποθέτησης ηχοπετάσματος σε σχολείο .....	77
Εικόνα 6-2 Τοποθέτηση ηχοπετάσματος στο 1ο Γυμνάσιο Αγίων Αναργύρων.....	78
Εικόνα 6-3 Περιμετρική φύτευση 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους .....	79
Εικόνα 6-4 Σύστημα ελέγχου ταχύτητας οχημάτων .....	82
Εικόνα 6-5 Απόσταση πύλης σχολικού συγκροτήματος-ορίων γραμμών ΟΣΕ (32,78μ) ..	84
Σχήμα 2-1 Μοντέλο αξιολόγησης κυκλοφοριακού θορύβου (TNEM).....	28
Σχήμα 3-1 Γράφημα απόκρισης ανοχών για μετρητές στάθμης ήχου class 1 και class 2. 46	
Σχήμα 3-2 Απόκριση φίλτρων A,B,C και D στο εύρος συχνοτήτων λειτουργίας των ηχομέτρων.....	47
Σχήμα 4-1. Φύλο ερωτηθέντων.....	53
Σχήμα 4-2 Ιδιότητα ερωτηθέντων .....	53
Σχήμα 4-3 Ηλικία ερωτηθέντων.....	54

Σχήμα 4-4 Τόπος κατοικίας ερωτηθέντων.....	54
Σχήμα 4-5 Θόρυβοι κατά την καθημερινότητα .....	55
Σχήμα 4-6 Περιβαλλοντικός θόρυβος και αρνητική επίδραση στην καθημερινότητα .....	57
Σχήμα 4-7 Θόρυβος και οργανικές διαταραχές .....	57
Σχήμα 4-8 Κάλυψη θορύβου με άλλον θόρυβο .....	58
Σχήμα 4-9 Ενόχληση κατά τις ώρες κοινής ησυχίας.....	59
Σχήμα 4-10 Ενημέρωση για την ύπαρξη νομοθεσίας σε σχέση με τον θόρυβο .....	59
Σχήμα 4-11. Θόρυβος και σχολείο .....	60
Σχήμα 4-12 Θόρυβος και αίθουσα διδασκαλίας .....	61
Σχήμα 4-13 Πηγές θορύβου κατά την ώρα του μαθήματος.....	62
Σχήμα 4-14 Αρνητική επίδραση θορύβου στην μαθησιακή διαδικασία .....	63
Σχήμα 4-15 Επίδραση θορύβου με ανοιχτά παράθυρα .....	64
Σχήμα 4-16 Επιπτώσεις στην μαθησιακή διαδικασία .....	65
Σχήμα 4-17 Εκτίμηση για παρεμπόδιση του μαθήματος από τον κυκλοφοριακό θόρυβο. 65	
Σχήμα 4-18 Θόρυβος σε άλλες σχολικές μονάδες .....	66
Σχήμα 4-19 Εκτίμηση για λήψη μέτρων ηχοπροστασίας .....	67
Σχήμα 6-1 Σχεδίαση κατασκευής κόμβου .....	83

## **Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 2-1 Τιμές Θορύβου (ΠΟΥ) .....	21
Πίνακας 3-1 Διακριτές τιμές συχνοτήτων-ανοχών σε (dB) των μετρητών στάθμης class 1 και 2. ....	46
Πίνακας 4-1 Συνηθέστερα είδη θορύβων .....	56
Πίνακας 4-2 Σπανιότερα είδη θορύβων.....	56
Πίνακας 4-3 Οργανικές Διαταραχές.....	58
Πίνακας 4-4 Πηγές θορύβου κατά την ώρα του μαθήματος .....	62
Πίνακας 4-5 Επιπτώσεις στην μαθησιακή διαδικασία .....	64
Πίνακας 6-1 Συνιστώμενες ακτίνες σχεδιασμού ανάλογα της κατηγορίας του K3 .....	84
Πίνακας 6-2 Συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού ανάλογα της κατηγορίας του K3 .....	86

## **Συντομογραφίες & Ακρωνύμια**

ΕΠΑ.Λ.	Επαγγελματικό Λύκειο
ΓΕΛ	Γενικό Λύκειο
ΕΛΟΤ	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
ΕΛ.ΙΝ.Α	Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής
ΠΟΥ	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

## 1 Εισαγωγή

Ένας σημαντικότερος παράγοντας στην ανθρώπινη επικοινωνία είναι η χρήση του ήχου. Παρόλα αυτά όμως παράγονται και ήχοι ενοχλητικοί προς τον άνθρωπο (θόρυβος) με αποτέλεσμα να επιφέρονται δυσάρεστες επιπτώσεις τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στη καθημερινή, κοινωνική ζωή του ανθρώπου. Σπουδαία σημασία στην ανάπτυξη του ανθρώπου έχει ο ρόλος της σχολικής ζωής και της μαθησιακής διαδικασίας.

Μετά από είκοσι (20) χρόνια προϋπηρεσίας στην Δευτεροβάθμια Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση από τα οποία τα δεκαέξι (16) τελευταία στο 1<sup>ο</sup> Επαγγελματικό Λύκειο Άργους, θεωρήθηκε απαραίτητη και αναγκαία μία έρευνα – διερεύνηση της επίδρασης του περιβαλλοντικού θορύβου (κατά βάση του κυκλοφοριακού), προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους - Ναυπλίου προς το κτίριο του 1<sup>ου</sup> Επαγγελματικού Λυκείου Άργους. Κυκλοφοριακός θόρυβος που δυστυχώς επηρεάζει πολλά σχολεία ανά την επικράτεια λόγω της θέσεως κατασκευής τους και η επίδραση αυτή έχει να κάνει με την σωστή και ουσιαστική μαθησιακή διαδικασία, η οποία πολλές φορές παρακωλύεται. Το 1<sup>ο</sup> Επαγγελματικό Λύκειο (ΕΠΑ.Λ.) Άργους είναι ένα σχολείο με ιδιαίτερες απαιτήσεις τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τους μαθητές. Ένα επαγγελματικό σχολείο, όπως αυτό, έχει ως σκοπό όχι μόνο την παροχή θεωρητικών γνώσεων προς τους μαθητές αλλά και την βελτίωση των ικανοτήτων και των δεξιοτήτων των μαθητών ανάλογα με τον τομέα σπουδών που έχουν επιλέξει.

Αρχικά πραγματοποιείται βιβλιογραφική αναφορά στο τι είναι ήχος και χαρακτηριστικά-ιδιότητες ήχου, τι είναι θόρυβος, είδη θορύβου και επιπτώσεις του θορύβου στον άνθρωπο καθώς και θέματα που αφορούν την νομοθεσία για τον θόρυβο και την ηχοπροστασία.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρατίθενται βιβλιογραφικές αναφορές σε μελέτες είτε από την Ελλάδα είτε από το εξωτερικό, οι οποίες επισημαίνουν, τονίζουν και αποδεικνύουν την αρνητική επίδραση του θορύβου σε μια σημαντικότερη ανθρώπινη διαδικασία. Αυτή της μάθησης, της εκπαίδευσης και της παιδείας που παράγεται μέσα στις σχολικές μονάδες. Διαδικασία που αφορά τόσο το έργο που πρέπει να παράξουν οι εκπαιδευτικοί όσο και την δεκτικότητα και την κατανόηση των γνώσεων αλλά και την ανακάλυψη και βελτίωση των δεξιοτήτων από πλευράς μαθητών.



Με βάση αυτές τις βιβλιογραφικές αναφορές πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία για να εξακριβώσει το αν και πόσο επιβαρύνει ο κυκλοφοριακός θόρυβος της οδικής αρτηρίας Άργους – Ναυπλίου, την διεξαγωγή της μαθησιακής διαδικασίας στην εν λόγω σχολική μονάδα. Η οδική αρτηρία Άργους – Ναυπλίου, είναι ένας δρόμος με ιδιαίτερο φόρτο κυκλοφορίας. Ειδικότερα τις πρωινές ώρες που λειτουργεί το σχολείο, η κίνηση των οχημάτων είναι αυξημένη. Δημιουργήθηκε λοιπόν ερωτηματολόγιο το οποίο διοχετεύτηκε σε μαθητές και εκπαιδευτικούς του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους, με σκοπό να διερευνηθεί η προσωπική, υποκειμενική εκτίμησή τους σε σχέση γενικότερα με τον θόρυβο και ειδικότερα με τον προερχόμενο από την οδική αρτηρία, κυκλοφοριακό θόρυβο. Επιπλέον διενεργήθηκαν μετρήσεις της στάθμης του θορύβου, κάνοντας χρήση βαθμονομημένου ηχομέτρου, σε διαφορετικές χρονικά περιόδους, υπό διαφορετικές συνθήκες και σε διάφορους χώρους της σχολικής μονάδας. Στην συνέχεια έγινε σύνδεση της υποκειμενικής και της αντικειμενικής διερεύνησης ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα που καταδεικνύουν την αρνητική επίδραση του κυκλοφοριακού θορύβου στην μαθησιακή διαδικασία στην σχολική μονάδα του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους.

Τέλος έγιναν προτάσεις τόσο για την παθητική προστασία και την ενεργητική προστασία του κτιρίου από τον κυκλοφοριακό θόρυβο.

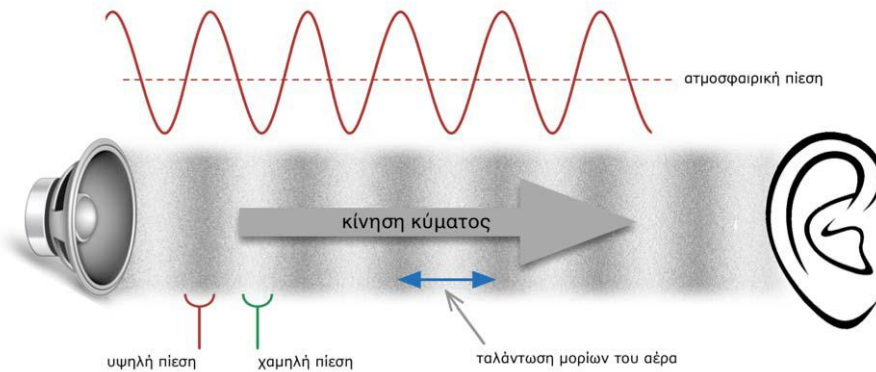
## 2 Ήχος και Θόρυβος

### 2.1 Ήχος

Ως ήχο μπορούμε γενικά να ορίσουμε οτιδήποτε ακούει ο άνθρωπος. Δηλαδή κάθε πληροφορία που μπορεί να λάβει ο άνθρωπος μέσω του αισθητηρίου της ακοής (αυτί), πληροφορία που έχει σχέση με το ανθρώπινο περιβάλλον διότι εν τέλει ο ήχος είναι στοιχείο του περιβάλλοντος. Ο πρώτος άνθρωπος μέσω της λήψης και της αναγνώρισης του ήχου από το περιβάλλον μπορούσε να διακρίνει είτε την αναζήτηση τροφής από τα ζώα είτε τους κινδύνους που ελλόχευαν πάλι από τα ζώα. Στην σημερινή σύγχρονη κοινωνία ο ήχος είναι κύριο και ουσιαστικό τμήμα της καθημερινής ζωής του ανθρώπου και αυτό διότι αποτελεί βασικό μέσο έκφρασης, συναναστροφής, πληροφόρησης, επικοινωνίας, εργασίας και ψυχαγωγίας.

Στην φυσική ως ήχο ορίζουμε την κάθε μεταβολή της πίεσης του αέρα που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αφτί το οποίο αποτελεί τον δέκτη. Για να φτάσει ο ήχος από την πηγή στο δέκτη μεσολαβεί ένα φέρον μέσο. Η διάδοση των ηχητικών κυμάτων επιτυγχάνεται μέσω της ύπαρξης κάποιου υλικού μέσου μεταξύ πομπού και δέκτη (στερεό, υγρό, αέριο) και αυτό διότι ο ήχος δε διαδίδεται στο απόλυτο κενό. Όταν λοιπόν παραχθεί κάποιο ηχητικό ερέθισμα, δημιουργείται μια μορφή διατάραξης στο υλικό μέσο, με συνέπεια τα μετατοπισμένα μόρια ύλης να ασκούν δυνάμεις στα γειτονικά μόρια, αναγκάζοντάς τα να έλθουν εκτός θέσεως ισορροπίας. Έτσι η διατάραξη ταξιδεύει στο μέσο με αποτέλεσμα την εμφάνιση του φαινομένου της διάδοσης των ηχητικών κυμάτων.

Επίσης σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 263.1 (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης) της ορολογίας της ακουστικής ορίζεται ως εξής: «Ως ήχος ορίζεται η μηχανική διαταραχή που διαδίδεται με ορισμένη ταχύτητα μέσα σε ένα μέσο που μπορεί να αναπτύξει εσωτερικές δυνάμεις (π.χ. ελαστικότητας, εσωτερικής τριβής) κι έχει τέτοιο χαρακτήρα, ώστε μπορεί να διεγείρει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλέσει ακουστικό αίσθημα».

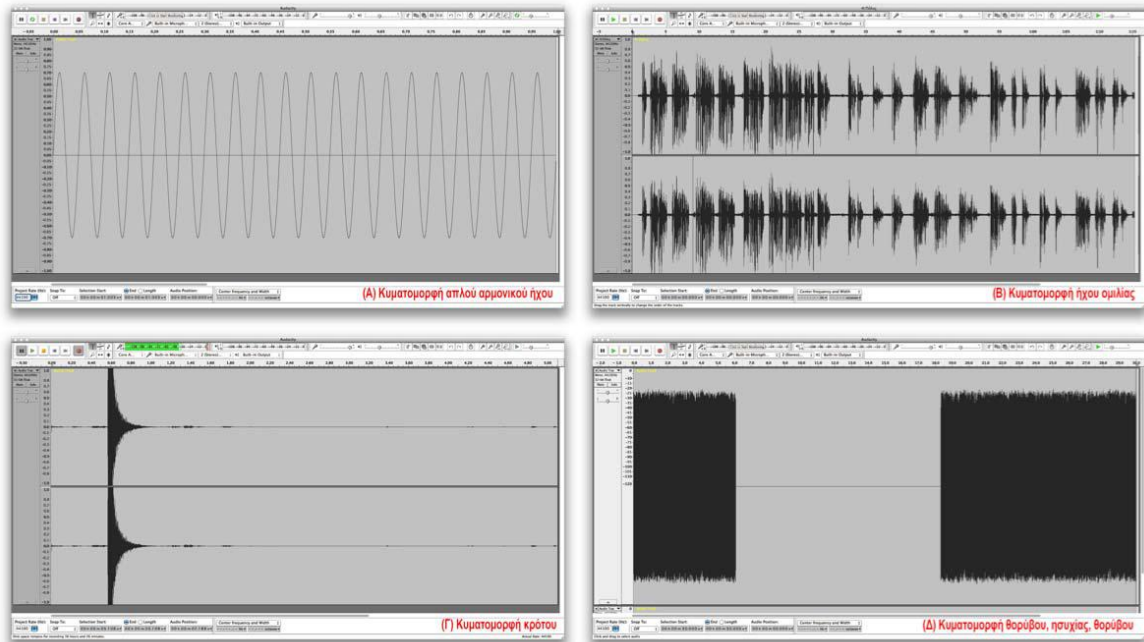


Εικόνα 2-1 Μετάδοση ακουστικού κύματος

(Κολοκυθάς, 2015)

Επιπλέον με βάση τα ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά των ήχων, μπορεί να γίνει κατάταξη σε **απλούς**, σε **σύνθετους** ήχους, σε **θορύβους** και σε **κρότους**. Οι ήχοι που έχουν μόνο μια χαρακτηριστική συχνότητα και η μεταβολή τους (αυξομείωση της έντασής) τους είναι αρμονική σε συνάρτηση με τον χρόνο ονομάζονται απλοί ήχοι. Βέβαια είναι σπάνιοι στο φυσικό μας περιβάλλον και συνήθως η παραγωγή τους οφείλεται σε εργαστηριακά όργανα (μουσικό διαπασών, γεννήτρια ήχων, κλπ). Πολλοί απλοί ήχοι διαφορετικών τόνων (μουσική, ανθρώπινη φωνή, κλπ.), δημιουργούν τους σύνθετους ήχους. Η μεταβολή της έντασης των σύνθετων ήχων είναι περιοδική αλλά όχι όμως αρμονική σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Οι κρότοι είναι ήχοι με υψηλή ένταση η οποία φθίνει σε πολύ μικρό χρόνο (π.χ κεραυνός, σκάσιμο μπαλονιού). Οι θόρυβοι αποτελούνται από πολλούς και διαφορετικούς σύνθετους ήχους, ενώ η μεταβολή της έντασης των θορύβων είναι μη περιοδική και μη αρμονική σε συνάρτηση με τον χρόνο. (π.χ θόρυβος από την κίνηση των οχημάτων).



Εικόνα 2-2 Κυματομορφές απλού ήχου (Α), σύνθετου ήχου (Β), κρότου (Γ), θορύβου-ησυχίας (Δ)

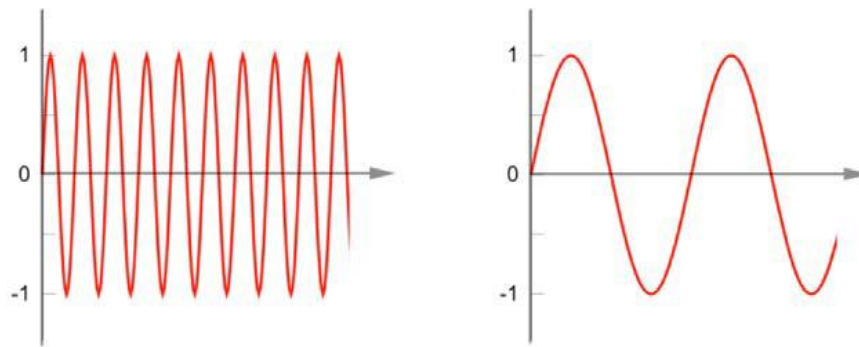
(Κολοκυθάς, 2015)

### 2.1.1 Χαρακτηριστικά του ήχου

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ήχου διακρίνονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν εκείνα τα χαρακτηριστικά τα οποία είναι ανεξάρτητα από την προσωπική αντίληψη του κάθε ακροατή και ονομάζονται *αντικειμενικά* χαρακτηριστικά του ήχου. Αντικειμενικά χαρακτηριστικά, είναι η **συχνότητα** και η **ένταση**. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν εκείνα τα χαρακτηριστικά τα οποία είναι συσχετίζονται άμεσα με τον κάθε ακροατή και ονομάζονται *υποκειμενικά* χαρακτηριστικά του ήχου. Υποκειμενικά χαρακτηριστικά η **ακουστότητα**, το **ύψος** και η **χροιά**.

Η **συχνότητα** εκφράζει την ταχύτητα ταλάντωσης και μετράται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο (Hertz, Hz). Γρηγορότερες ταλαντώσεις επιφέρουν υψηλότερους/οξύτερους ήχους, ενώ βραδύτερες ταλαντώσεις επιφέρουν χαμηλότερους/βαρύτερους ήχους. (Βασιλειάδης, 2012). Ο μουσικά εξειδικευμένος, όρος 'ύψος' δηλώνει πόσο υψηλός ή χαμηλός είναι ένας ήχος, χαρακτηριστικό που εξαρτάται από την έντονη παρουσία περιοδικών ταλαντώσεων. Συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο οξύτερος είναι και ο ήχος (π.χ ήχος από βιολί). Ενώ οι χαμηλές συχνότητες γίνονται

αντιληπτός ως βαθύς ήχος (π.χ μεγάλες μονάδες εξαερισμού ή οι καυστήρες σε λέβητες). Ένα φυσιολογικό ως προς την ακοή άτομο αντιλαμβάνεται συχνότητες από 16 έως 20.000 Hz. (**ακουστικό φάσμα συχνοτήτων**). Δονήσεις συχνότητας μικρότερης των 16 Hz ονομάζονται **υπόηχοι**, ενώ δονήσεις συχνότητας άνω των 20 kHz ονομάζονται **υπέρηχοι**.



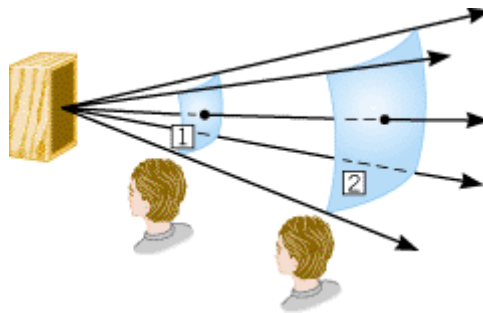
Εικόνα 2-3 Ημιτονοειδής κυματομορφή Υ.Σ (αριστερά) και Χ.Σ (δεξιά).

(Κολοκυθάς, 2015)

Το μέγεθος που συνδέει τη συχνότητα και την περίοδο με τη διάδοση των ηχητικών κυμάτων ονομάζεται μήκος κύματος, ( $\lambda$ ) και είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών της ηχητικής πίεσης. Δηλαδή είναι η απόσταση που διανύει το ηχητικό κύμα μέσα σε χρόνο μιας περιόδου και συνδέεται με την ταχύτητα ( $c$ ) του ηχητικού κύματος με τη σχέση  $c=\lambda/T$ . Είναι ένας πολύ σημαντικός και ουσιαστικός παράγοντας γιατί είναι άμεσα συνδεδεμένο με τα φυσικά φαινόμενα διάδοσης του ήχου, όπως η ανάκλαση η διάθλαση και η περίθλαση.

Η **ένταση** του ήχου εκφράζει το πόσο ισχυρή ή ασθενής είναι η ταλάντωση ενός σώματος. Πλατύτερες ταλαντώσεις επιφέρουν ηχητικά κύματα με μεγαλύτερη ένταση, σε σύγκριση με ταλαντώσεις μικρότερου πλάτους των οποίων το προϊόν είναι ασθενέστεροι ήχοι. (Βασιλειάδης, 2012). Η **ένταση** του ηχητικού κύματος ορίζεται ως η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που μεταδίδεται από το κύμα ανά μονάδα επιφανείας κάθετης στη φορά διάδοσης του κύματος. Μονάδα μέτρησης της έντασης είναι το Watt ανά τετραγωνικό μέτρο. Συνήθως όμως η ένταση του ήχου εκφράζεται ως προς μια τιμή αναφοράς σε λογαριθμική κλίμακα και μετριέται σε decibels (dB), η οποία προσομοιάζει περισσότερο με την

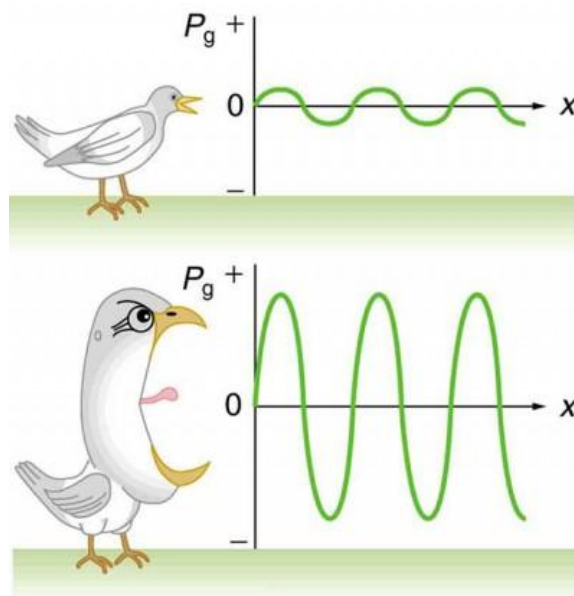
υποκειμενική αντίληψη του ανθρώπου για την ένταση του ήχου και επιπλέον παρέχει σημαντική ευχέρεια σε πρακτικούς υπολογισμούς.



Εικόνα 2-4 Ένταση του ήχου

Ως προς την τιμή αναφοράς, χρησιμοποιείται η ελάχιστη τιμή έντασης που μπορεί να ακούσει ο άνθρωπος, η οποία είναι  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  και αντιστοιχεί σε 0 dB. Το μέγεθος αυτό ονομάζεται **στάθμη έντασης ήχου** και η ακριβής σχέση που το συνδέει, με την ένταση είναι:

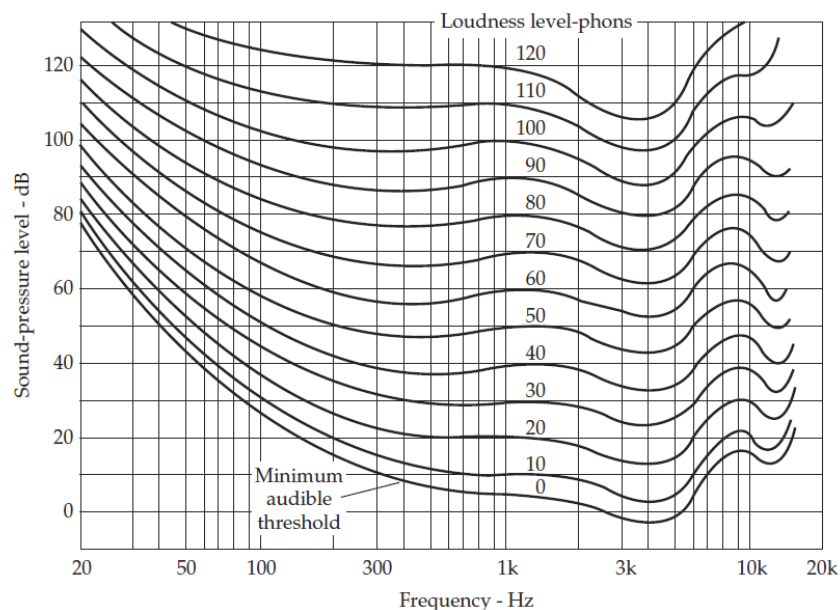
$$L_I = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ dB} \quad (1) \quad (\text{Σκαρλάτος, 2015})$$



Εικόνα 2-5 Στάθμη έντασης του ήχου

Η υποκειμενική αίσθηση της έντασης ενός ήχου ονομάζεται **ακουστότητα**. Ως προς την πραγματική ένταση διαφέρει λόγω του ότι επηρεάζεται άμεσα από τη στάθμη και τη συχνότητά του. Μονάδα μέτρησης της ακουστότητας είναι το *sone*, που ορίζεται ως η ακουστότητα ενός τόνου 1000 Hz στα 40 dB<sub>SPL</sub>. Αύξηση της έντασης κατά 10 dB, οδηγεί σε διπλασιασμό των *sone* και άρα σε διπλασιασμό της ακουστότητας. Η στάθμη ακουστότητας του ήχου μετριέται σε *phon*, που αντιστοιχούν στα dB<sub>SPL</sub> ενός τόνου 1000 Hz που ακούγεται το ίδιο δυνατά με τον υπό εξέταση ήχο. Για παράδειγμα, όλοι οι ήχοι που γίνονται αντιληπτοί ως ίσοι στην ένταση με έναν των 1000 Hz στα 60 dB<sub>SPL</sub>, έχουν στάθμη ακουστότητας 60 *phon*. (Everest, 2003)

Οι καμπύλες **Fletcher** και **Munson** (ονομασία λόγω των δημιουργών τους) είναι μία δέση από καμπύλες ελάχιστης ακουστότητας οι οποίες περιγράφουν την στάθμη ηχητικής πίεσης ενός ήχου ώστε να είναι μόλις ακουστός σε συνάρτηση με την συχνότητά του ενώ επίσης φαίνεται πώς η ευαισθησία της ακοής μεταβάλλεται όχι μόνο με την συχνότητα, αλλά και με την ένταση του ήχου. Όσο μικρότερη είναι η ένταση, τόσο μικρότερη η ευαισθησία της ακοής και τόσο μεγαλύτερη στάθμη απαιτείται για να γίνει ακουστή μία συγκεκριμένη συχνότητα. (Everest, 2003)



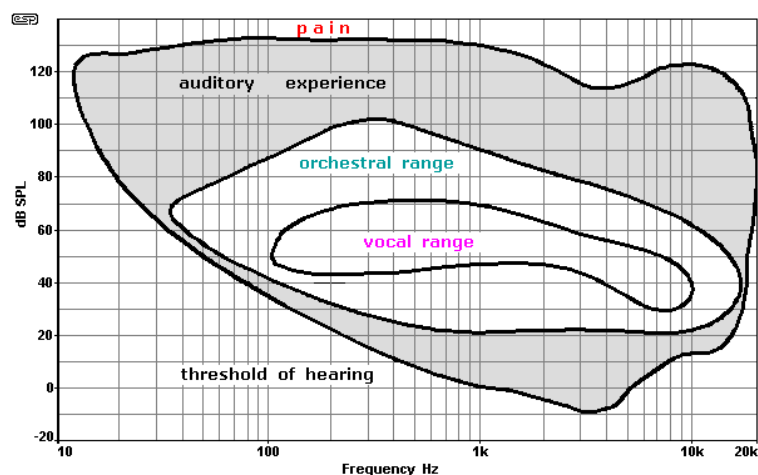
Εικόνα 2-6 Καμπύλες Fletcher & Munson

(Everest, 2003)



Πλησίον του κάτω φράγματος του φάσματος των ακουστικών συχνοτήτων, το αυτί είναι λιγότερο ευαίσθητο σε απαλούς ήχους σε αντίθεση με το κατώτερο όριο πόνου καθώς και την ικανότητα διάκρισης ηχηρών ήχων όπου δεν επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό. Στις υψηλές όμως συχνότητες η αλλαγή στην ευαισθησία είναι περισσότερο απότομη (με όριο τα 20 kHz). Στον άνθρωπο, η ικανότητα διάκρισης της ακουστότητας περιορίζεται για ήχους διάρκειας μικρότερης των 200 msec και άρα μικρότερη διάρκεια να σημαίνει και μικρότερη ακουστότητα. Η διακριτική ικανότητα του ανθρώπου για την ακουστότητα, δεν επηρεάζεται για ηχητικά σήματα διάρκειας μεγαλύτερης των 200 msec ενώ τα ηχητικά σήματα μεγάλης διάρκειας αμετάβλητου τόνου συνήθως αγνοούνται.

Συνεπώς για να γίνει αντιληπτός ένας ήχος από το ανθρώπινο αυτί, θα πρέπει να ξεπερνάει μια ελάχιστη τιμή έντασης η οποία εξαρτάται από τη συχνότητά του. Το ελάχιστο όριο ονομάζεται **κατώφλι ακουστότητας (threshold of hearing)** και χαρακτηρίζει την ευαισθησία του αυτιού στο ακουστικό φάσμα. Όταν η ένταση ενός ήχου προκαλεί πόνο και θεωρείται επιβλαβής, ονομάζεται **κατώφλι του πόνου (threshold of pain)** και διαφοροποιείται ελάχιστα με τη συχνότητα., πράγμα που σημαίνει ότι η ευαισθησία του αυτιού σε πολύ μεγάλες εντάσεις παραμένει σχετικά σταθερή. Το όριο για το κατώφλι του πόνου μπορεί να υπερβεί τα 130 dB SPL, αν και τέτοια ένταση συνήθως προκαλεί ζημιά στο αυτί και οδηγεί σε απώλεια ακοής. Η τιμή για το κατώφλι ακουστότητας εξαρτάται από παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο και η εκπαίδευση ακοής, σε αντίθεση με το κατώφλι του πόνου όπου τέτοιοι παράγοντες δεν το επηρεάζουν ιδιαίτερα. (Σκαρλάτος, 2015)



Εικόνα 2-7 Όρια ακουστότητας



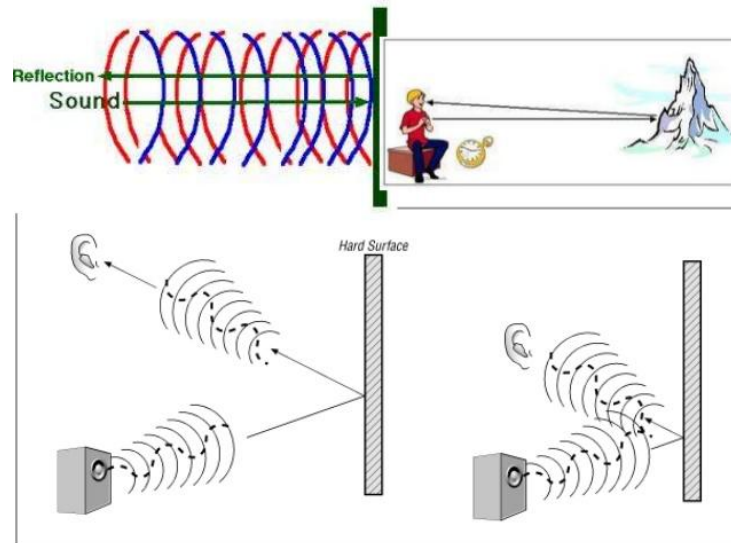
Το **τονικό ύψος** είναι μια υποκειμενική αίσθηση της συχνότητας ενός ηχητικού ερεθίσματος δηλαδή η υποκειμενική απόκριση του αισθητηρίου της ακοής στη συχνότητα με αποτέλεσμα την ταξινόμηση των ήχων σε μια κλίμακα που εκτείνεται από χαμηλά έως ψηλά (Αμερικανικό Ινστιτούτο Προτύπων (ANSI),). Μονάδα μέτρησης του τονικού ύψους είναι η μονάδα *mel*. Ορίζουμε ότι ένας ήχος συχνότητας 1000 Hz και στάθμης 40 dB SPL ισούται με 1000 mel. Αν διπλασιαστεί το τονικό ύψος έχουμε και διπλασιασμό των mel, και βέβαια με μείωσή του στο μισό έχουμε υποδιπλασιασμό των mel. Η ένταση του ήχου έχει βαρύνουσα θέση στην αντίληψη του τονικού ύψους. Και αυτό διότι αύξηση της ηχητικής στάθμης προκαλεί μείωση του υποκειμενικού ύψους για ήχους κάτω του 300 Hz ενώ για ήχους άνω των 3,5 kHz προκαλεί αύξηση, με την ενδιάμεση περιοχή ωστόσο να διατηρείται σχετικά σταθερή. Άλλο ένα χαρακτηριστικό που επηρεάζει την αντίληψη του ύψους είναι η χρονική διάρκεια του ηχητικού σήματος. Όταν ο χρόνος είναι μικρότερος των 50 msec, η αντίληψη είναι αδύνατη ενώ για σήματα χρονικής διάρκειας 50-200 msec η αντίληψη παρουσιάζει πολλές δυσκολίες.

Ως **χροιά** του ήχου ορίζουμε εκείνο το υποκειμενικό χαρακτηριστικό το οποίο προσδιορίζει και διακρίνει την ταυτότητα και το είδος της ηχητικής πηγής. Ο επίσημος ορισμός της χροιάς είναι «*εκείνο το χαρακτηριστικό της ακουστικής αίσθησης που επιτρέπει σε έναν ακροατή να μπορεί να κρίνει εάν δύο ήχοι που παρουσιάζονται με τον ίδιο τρόπο και έχουν την ίδια ακουστότητα και τονικό ύψος, είναι όμοιοι ή διαφορετικοί*». Για παράδειγμα, οι διαφορές στη χροιά μιας νότας είναι αυτές που μας επιτρέπουν να ξεχωρίσουμε το ένα μουσικό όργανο από το άλλο.

### **2.1.2 Ιδιότητες του ήχου**

Τα ηχητικά κύματα υφίστανται **ανάκλαση** όταν ένα ξένο σώμα, διαφορετικής ύλης από αυτή του μέσου διάδοσης, παρεμβάλλεται στην κατεύθυνση τους. Εάν λόγου χάρη, αναπαραχθεί ένας ήχος από μία ηχητική πηγή η οποία είναι τοποθετημένη μπροστά σε ένα τοίχο, τότε τα ηχητικά κύματα μόλις φθάσουν στον τοίχο θα αλλάξουν κατεύθυνση και μάλιστα ανάλογα με την απόσταση της πηγής από τον τοίχο έχουμε την εμφάνιση δύο διαφορετικών φαινομένων. Συγκεκριμένα αν το εμπόδιο (τοίχος) όμως το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από 17 μέτρα, τότε ο ήχος δυναμώνει και έχουμε την

εμφάνιση του φαινομένου της αντήχησης (δηλαδή τα ηχητικά κύματα ανακλώνται και επιστρέφουν ενισχυμένα). Αν όμως το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από 17 μέτρα, τότε ο παραγόμενος ήχος επαναλαμβάνεται και έχουμε την εμφάνιση του φαινομένου της ηχούς.

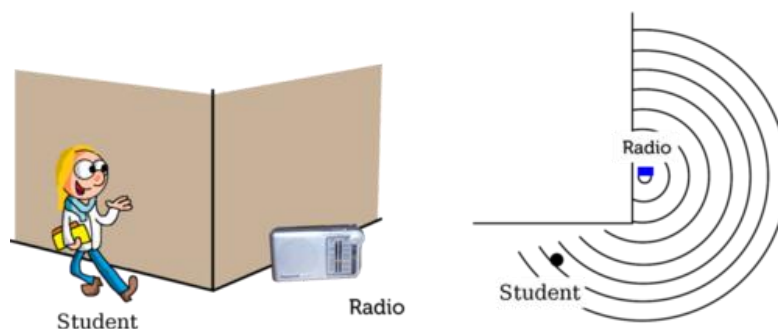


**Εικόνα 2-8 Ανάκλαση ήχου**

(Sound science for schools and colleges, 2020)

Τα ηχητικά κύματα όταν ανακλώνται αλλάζουν γωνία κατεύθυνσης. Επίσης όταν διαχέονται γύρω από ένα εμπόδιο ή όταν το διαπερνούν (αν σε περίπτωση υπάρχει κάποιο άνοιγμα στο σώμα) έχουν τη δυνατότητα να κυρτώνονται (καμπυλώνονται) και να γεμίζουν τον χώρο πέρα του εμποδίου και αυτό συμβαίνει λόγω της ιδιότητας η οποία ονομάζεται **περίθλαση**.

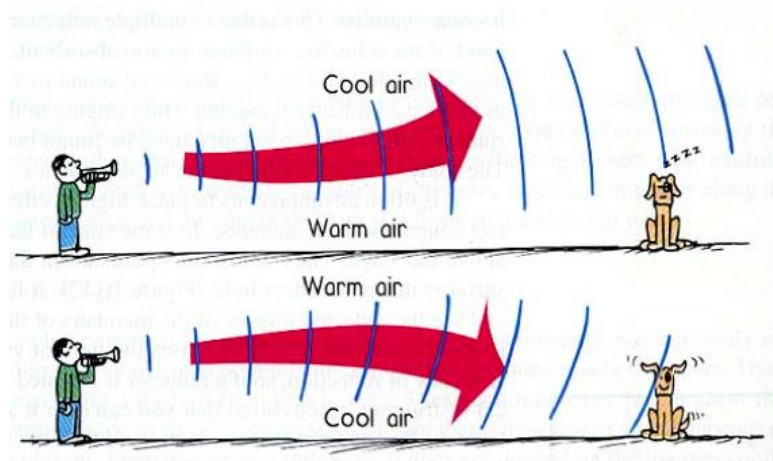
### Diffraction of Sound Waves



**Εικόνα 2-9 Περίθλαση ήχου**

(Sound science for schools and colleges, 2020)

Στην περίπτωση όπου η υπόσταση του υλικού μέσου μετάδοσης του ηχητικού κύματος αλλάζει σταδιακά, τότε τα δύναται τα κύματα να αλλάξουν κατεύθυνση και τότε έχουμε το φαινόμενο της **διάθλασης** (π.χ αν ο ήχος διαχέεται σε στρώματα αέρα με διαφορετική θερμοκρασία).



**Εικόνα 2-10 Διάθλαση ήχου σε στρώματα αέρα με διαφορετική θερμοκρασία.**  
(kullabs.com, 2020)

Το φαινόμενο το οποίο ονομάζεται **παρεμβολή** συμβαίνει στην περίπτωση που ηχητικά κύματα παραγόμενα από δυο διαφορετικές πηγές διαδίδονται στο ίδιο μέσο, οπότε η διατάραξη που επιδέχεται κάθε μάζα προκύπτει από το άθροισμα των μετατοπίσεων που θα επιδεχόταν από κάθε κύμα ξεχωριστά. Η παρεμβολή μπορεί να έχει πολύ άσχημες συνέπειες όταν τα ηχητικά κύματα ακυρώνουν πλήρως τη μετατόπιση που θα σημειωνόταν σε ορισμένο σημείο του μέσου.



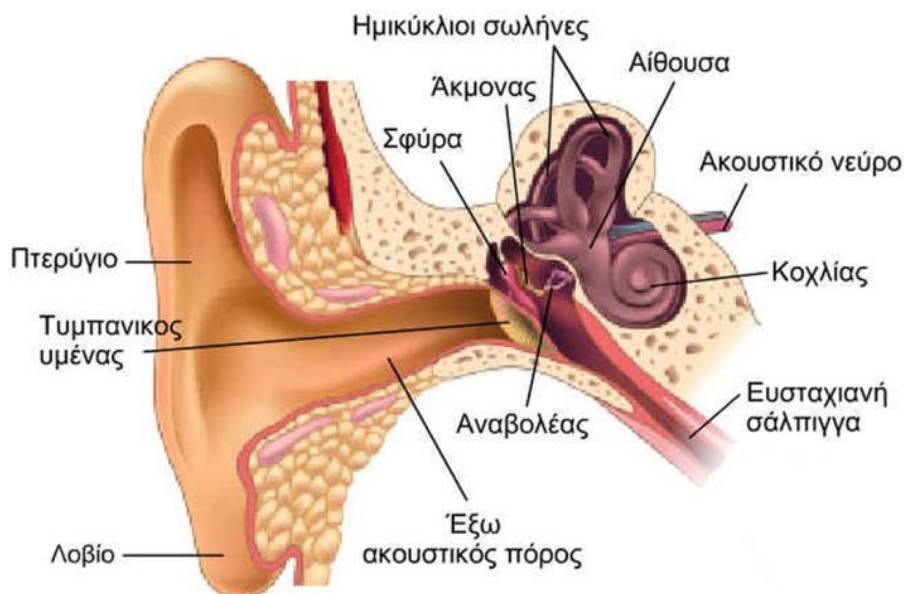
**Εικόνα 2-11 Παρεμβολή ήχου**

(Sound science for schools and colleges, 2020)

## 2.2 Το αισθητήριο της ακοής

Η αντίληψη του ήχου μέσω της ακοής αποτελεί βασική αίσθηση σε πολλούς οργανισμούς. Χρησιμοποιείται για επικοινωνία, ψυχαγωγία, μουσική σύνθεση, προειδοποίηση και αποφυγή κινδύνων. Στον άνθρωπο η ακοή εκτείνεται για ήχους συχνότητας μεταξύ 20 Hz και 20.000 Hz. αν και σε μεγαλύτερες ηλικίες παρατηρείται μείωση της αντίληψης υψηλών συχνοτήτων. Ήχοι με συχνότητα κάτω ή άνω των ορίων αυτών ονομάζονται υπόηχοι ή υπέρηχοι, αντίστοιχα, χωρίς να γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο. Βέβαια το φάσμα αυτό δεν είναι το ίδιο για όλους τους οργανισμούς (π.χ. σκύλος, 40 Hz - 60.000 Hz).

Στο έμβρυο το πρώτο αισθητήριο όργανο που είναι έτοιμο να λειτουργήσει είναι το αυτί. Το αισθητήριο αυτό είναι ικανό να αντέχει ήχους μεγάλης ακουστικής πίεσης και επιπλέον να ενισχύει τις συχνότητες που είναι σημαντικές για την ανθρώπινη επικοινωνία. Μία άλλη επιπλέον δυνατότητα που έχει, είναι να εστιάζει σε μια μόνο φωνή, απορρίπτοντας τις υπόλοιπες γύρω του (cocktail party effect).



Εικόνα 2-12 Το αισθητήριο της ακοής

<https://afotopoulos.gr/wp-content/uploads/2009/01/Ears.jpg>

Το εξωτερικό αυτί είναι το τμήμα εκείνο όπου ο ήχος συλλέγεται και ενισχύεται πριν μεταφερθεί στο μέσο αυτί. Απαρτίζεται από δύο τμήματα, το πτερύγιο και το ακουστικό κανάλι. Στην συνέχεια υπάρχει η τυμπανική μεμβράνη, η οποία δονείται ανάλογα με το ακουστικό ερέθισμα. Το μοναδικό ορατό μέρος του αυτιού είναι το **πτερύγιο** και είναι το πρώτο τμήμα του οργάνου που συναντάει ο ήχος. Κατασκευασμένο από χόνδρο, έχοντας πτυχές, επιτελεί δύο βασικές λειτουργίες. Πρώτον να συγκεντρώνει τους ήχους που φτάνουν σε αυτό και να τους διοχετεύει στο ακουστικό κανάλι και δεύτερον στην βοήθεια για στον εντοπισμό της ηχητικής πηγής. Σε αυτό συμβάλλει η μορφολογία του πτερυγίου, η οποία διαφοροποιεί την όποια ηχητική πληροφορία πάνω από τα 4 kHz, σε σχέση με συνέπεια ο εγκέφαλος να εντοπίζει τη σχετική θέση της πηγής στο χώρο. Ο αγωγός που ενώνει το πτερύγιο με το εξωτερικό στρώμα της τυμπανικής μεμβράνης ονομάζεται **ακουστικό κανάλι** και ενισχύει τις σημαντικές για την ανθρώπινη ομιλία συχνότητες. (Ψηφίδης, 2009).

Το τμήμα του οργάνου που μεταφέρει μηχανικά την ακουστική ενέργεια από το γεμάτο αέρα εξωτερικό αυτί στον γεμάτο υγρό κοχλία είναι το μέσο αυτί. Απαρτίζεται από τα εξής τμήματα: Την **τυμπανική μεμβράνη** (*τύμπανο*), μια κυρτή, σχετικά διαφανής μεμβράνη, η οποία διαχωρίζει το ακουστικό κανάλι από την κοιλότητα του μέσου αυτιού. Η λειτουργία της προσομοιάζει σαν ένας μετατροπέας ακουστικής πίεσης σε μηχανική κίνηση, μεταφέροντας τις δονήσεις των ηχητικών κυμάτων που προσπίπτουν στην επιφάνειά της προς τα οστάρια τα οποία την συνδέουν με τον κοχλία. Η **σφύρα**, ο **άκμονας** και ο **αναβολέας** είναι τρία μικρά οστάρια που βρίσκονται στην ακουστική κοιλότητα του μέσου αυτιού, υπεύθυνα για τη μεταφορά της ηχητικής ενέργειας από το τύμπανο στον κοχλία. Συνέονται μεταξύ τους και λειτουργούν 'όπως ένα σύστημα μοχλών για την μετατροπή των ταλαντώσεων χαμηλής πίεσης σε ταλαντώσεις υψηλής πίεσης. Τέλος η **ευσταχιανή σάλπιγγα**, ένας αγωγός που ενώνει την κοιλότητα του μέσου αυτιού με το ρινοφάρυγγα, για την προστασία της ευαίσθητης τυμπανικής μεμβράνης από τη διαφορά πίεσης στις δύο πλευρές της. Έτσι η μεμβράνη κινείται ελεύθερα και διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία της.

Το εσωτερικό αυτί εντοπίζεται βαθιά στο πλάγιο μέρος του κρανίου και περικλείεται από ένα πυκνό οστό που αποκαλείται *οστέινος λαβύρινθος*, ο οποίος περιέχει το *μεμβρανώδη*



λαβύρινθο , χωρισμένο σε δύο μέρη, τον κοχλία και το αιθουσαίο. Ο **κοχλίας** είναι ένα σύστημα αγωγών που είναι τυλιγμένοι σε σχήμα σαλιγκαριού για να εκτονώνεται η πίεση που προκαλείται στο ασυμπίεστο υγρό που περιέχεται στο εσωτερικό του. Το **αιθουσαίο** συσχετίζεται με την αίσθηση της ισορροπίας του σώματος και του προσανατολισμού στον τρισδιάστατο χώρο. (Ψηφίδης, 2009)

**Η βασική μεμβράνη** της οποίας η σημασία της περιορίζεται στον διαχωρισμό των υγρών που περιέχουν οι των δύο κοιλότητες, στις οποίες βρίσκεται ανάμεσά τους. **Το όργανο του Κόρτι**, είναι το αισθητήριο όργανο που μετατρέπει τις δονήσεις της βασικής μεμβράνης σε νευρωνικά σήματα. Στη συνέχεια η διέγερση μεταφέρεται στο *ακουστικό νεύρο* και από εκεί στον εγκέφαλο.

### 2.3 Θόρυβος

Με τον όρο θόρυβο εννοούμε κάθε ήχο ο οποίος είναι δυσάρεστος και προκαλεί ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως ενόχληση, δυσκολία στην επικοινωνία, δυσκολία στην εργασία, απώλεια ύπνου κτλ. και έχει άμεσες ή έμμεσες συνέπειες στην υγεία του ανθρώπου. Σήμερα ο θόρυβος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα και υποβαθμίζει σημαντικά την ποιότητα ζωής των πολιτών. (Μίντσης, 2014)

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO) έχει δώσει από το 1972 τον παρακάτω σύντομο αλλά ταυτόχρονα περιεκτικότατο ορισμό για τον θόρυβο: "Θόρυβος είναι κάθε είδους ήχος ο οποίος είτε αποτελεί ενόχληση για τον άνθρωπο ή του προκαλεί κάποιο πρόβλημα ή επηρεάζει με οποιονδήποτε τρόπο την υγεία του".

Η ελληνική Πολιτεία (υπουργείο περιβάλλοντος) αναγνωρίζει τον θόρυβο σαν ένα από τους πιο σημαντικούς παράγοντες υποβάθμισης του περιβάλλοντος και άρα της ποιότητας ζωής των πολιτών . Μετά από πολύχρονες έρευνες και μελέτες έχει αποσαφηνιστεί ότι οι επιπτώσεις του θορύβου στον άνθρωπο ταξινομούνται σε φυσιολογικές και ψυχολογικές.

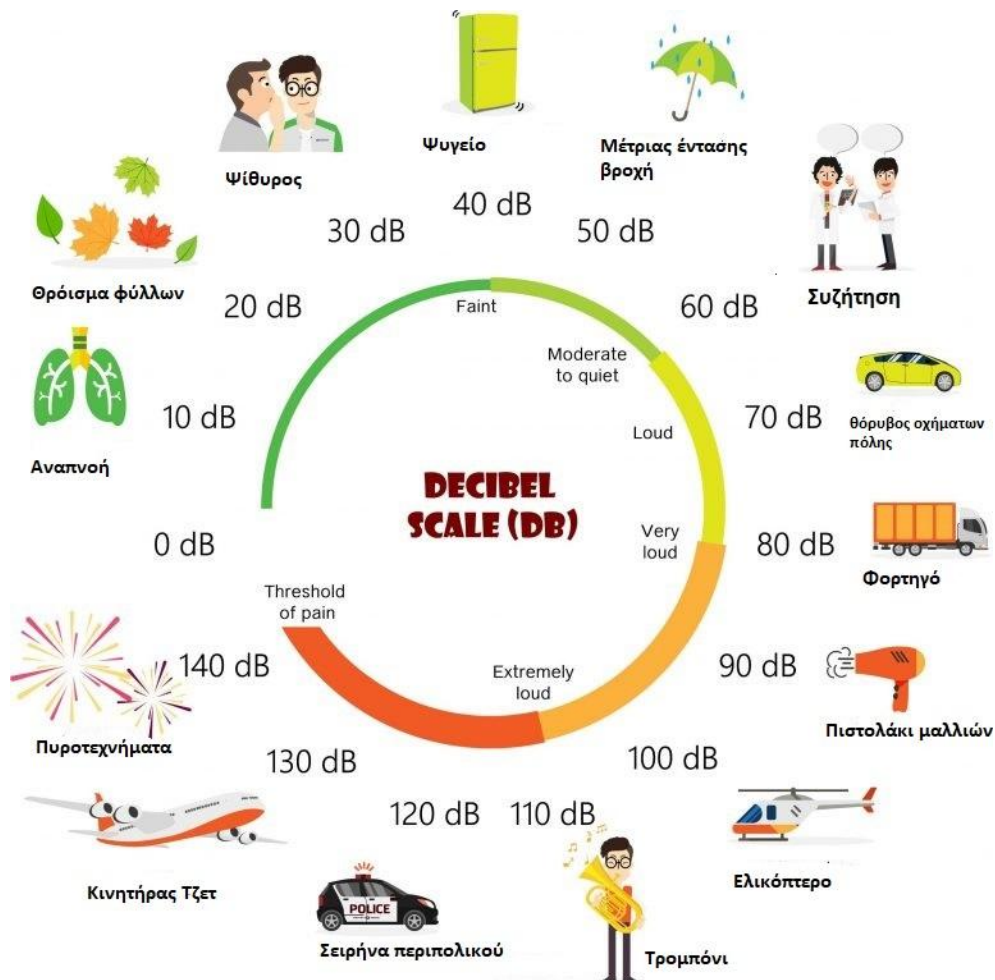
Επίσης πάλι ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (W.H.O.), ορίζει ότι "υγεία" δεν θεωρείται μόνο η απουσία κάποιας ασθένειας αλλά κατ' επέκταση η φυσική και ψυχολογική ευεξία. Η πιο απτή απόδειξη είναι η ύπαρξη βιολογικού μηχανισμού όπου ο

θόρυβος προκαλεί ουσιαστικές δυσμενείς επιπτώσεις στην ακοή με τη μορφή παροδικής ή μόνιμης ακουστικής απώλειας.

Παγιωμένες και αναγνωρισμένες διεθνώς, αρνητικές επιδράσεις του θορύβου στην ανθρώπινη υγεία αφορούν το σύστημα ακοής του ανθρώπου, την ψυχική και σωματική υγεία (λόγω της συμβολής του στη δημιουργία άγχους - stress). Επίσης ο θόρυβος έχει καθοριστική επίπτωση στους ανθρώπους που ήδη πάσχουν από κάποια αρρώστια ή μη ομαλή φυσιολογία. (π.χ. υπέρταση ή που έχουν ψυχικά προβλήματα κλπ) και οι οποίοι είναι περισσότερο ευπαθείς στις ψηλότερες στάθμες θορύβου. Τέλος, πέρα από την υγεία, η όχληση από το θόρυβο έχει επιπτώσεις στην ικανότητα απόδοσης του ατόμου σε επαγγελματικό, εκπαιδευτικό και μαθησιακό επίπεδο. (Δαλαμάγκας, 2015)

Η ηχορύπανση μπορεί να επιταχύνει και να εντείνει την ανάπτυξη λανθάνουσας ψυχικής διαταραχής. Με διάφορες ανεπιθύμητες παρενέργειες όπως άγχος, νευρική ανικανότητα, ναυτία, πονοκέφαλο, συναισθηματική αστάθεια, σεξουαλική ανικανότητα, απότομες αλλαγές στη ψυχική διάθεση, αύξηση κοινωνικών συγκρούσεων, νευρώσεις ακόμα και υστερία. Μελέτες πληθυσμού έχουν δείξει συσχετίσεις μεταξύ θορύβου και χρήσης ψυχοφαρμάκων και υπνωτικών χαπιών. Παιδιά, ηλικιωμένοι, και άτομα με υποκείμενη κατάθλιψη μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε αυτές τις επιπτώσεις επειδή μπορεί να μην έχουν κατάλληλους μηχανισμούς αντιμετώπισης. Παιδιά σε θορυβώδη περιβάλλοντα παρουσιάζονται με μια μειωμένη ποιότητα ζωής. (Goines & Hagler, 2007)

Ο θόρυβος κατά τη διάρκεια του ύπνου προκαλεί αυξημένη αρτηριακή πίεση, αυξημένο καρδιακό ρυθμό, αυξημένο εύρος παλμών, αγγειοσυστολή, αλλαγές στην αναπνοή, καρδιακές αρρυθμίες και αυξημένη κίνηση του σώματος. Επίσης παράγει αρνητικές παρενέργειες στην σχολική επίδοση των παιδιών. Φαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η έκθεση, τόσο πιο αρνητικά είναι τα αποτελέσματα. Παιδιά από θορυβώδεις περιοχές έχει βρεθεί ότι έχουν υπερκινητικότητα από αυξημένα επίπεδα ορμονών που σχετίζονται με το στρες και αυξημένα επίπεδα της αρτηριακής πίεσης. Αυτές ήταν μεγαλύτερες στα παιδιά με χαμηλότερες σχολικές επιδόσεις. Οι άνθρωποι έχουν το δικαίωμα να επιλέξουν το φυσικό τους, αρμονικό, ακουστικό τους περιβάλλον, το οποίο δεν πρέπει να επηρεάζεται αρνητικά από άλλους παράγοντες (Goines & Hagler, 2007).



Εικόνα 2-13 Κλίμακα στάθμης ήχων

### 2.3.1 Περιβαλλοντικός θόρυβος

Ο άνθρωπος στην καθημερινότητά του, μέσω εργασιών και δραστηριοτήτων που πράττει και των μέσων που χρησιμοποιεί (εργαλεία, μηχανήματα κτλ), δημιουργεί αυτό που ονομάζουμε περιβαλλοντικό θόρυβο ή θόρυβο περιβάλλοντος. Δηλαδή εκείνες τις ανεπιθύμητες και βλαπτικές ηχητικές εκπομπές, (θορύβων) από τις οποίες ανθρώπινες δραστηριότητες. Επίσης σύμφωνα με τον **ΕΛΟΤ 263.1 Θόρυβος περιβάλλοντος το συνολικό αποτέλεσμα όλων των αερόφερτων ήχων που παράγονται από κοντινές ή μακρινές πηγές σε δοσμένο περιβάλλον, που δεν παρουσιάζουν κανένα ενδιαφέρον**

Τρεις είναι οι κατηγορίες στις οποίες διακρίνεται ο περιβαλλοντικός θόρυβος: **α)ο μηχανολογικός θόρυβος**, δηλαδή ο θόρυβος που παράγεται μέσω κάθε μορφής μηχανολογικών εγκαταστάσεων (σταθερές πηγές: βιομηχανίες, βιοτεχνίες, επαγγελματικά



εργαστήρια και συνεργεία κτλ) και (κινητές πηγές: κομπρεσέρ, σκαπτικά μηχανήματα κτλ) **β) ο κυκλοφοριακός θόρυβος** που παράγεται από πάσης φύσεως μέσα μεταφοράς (δίτροχα και τετράτροχα οχήματα, τρένα, αεροπλάνα κτλ) και **γ) ο αστικός θόρυβος** που δημιουργείται από κέντρα διασκέδασης, αναψυχής, κοινωνικές εκδηλώσεις κτλ. (Βασιλειάδης, 2012).

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες υποβάθμισης της ποιότητας ζωής του ανθρώπου στην σημερινή εποχή με πολλές επιπτώσεις για την υγεία του όπως εκνευρισμό, δυσκολία στην επικοινωνία, ψυχολογικές διαταραχές, απώλεια ακοής, διαταραχή του ύπνου, καρδιολογικά προβλήματα κ.α.

Η διαρκής έκθεση σε κυκλοφοριακό θόρυβο, όπου η στάθμη θορύβου ξεπερνάει τα 65dB(A), αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο για καρδιακά και κυκλοφορικά νοσήματα. Αλλά και η έκθεση σε χαμηλότερες στάθμες θορύβου 50dB(A) την ημέρα και 40dB(A) την νύχτα προκαλεί σημαντική ενόχληση και προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Σοβαρό πρόβλημα υπάρχει με την διατάραξη του νυχτερινού ύπνου, η οποία έχει σοβαρή αρνητική επίδραση στην υγεία και στην απόδοση του ανθρώπου, κατά την εργασία του, καθώς και σε άλλες καθημερινές δραστηριότητές του. Θόρυβοι κατά την διάρκεια του νυχτερινού ύπνου, αυξημένης στάθμης, όπως είναι οι θόρυβοι από μηχανάκια με χαλασμένες εξατμίσεις, προκαλούν αϋπνίες, νευρικότητα, προβλήματα αυτοσυγκέντρωσης και πονοκεφάλους. (Δαλαμάγκας, 2015)

### **2.3.2 Νομοθεσία**

Όσον αφορά τα θέματα της νομοθεσίας που συσχετίζονται με τον θόρυβο υπάρχει η απόφαση 3046/304 30.1/3.2.1989 για τον Κτιριοδομικός κανονισμό (Φ.Ε.Κ. 59/Δ/1989). Στο Άρθρο 12 περιγράφονται και καθορίζονται ζητήματα για την Ηχομόνωση και την Ηχοπροστασία των κτιρίων με κύριο στόχο του άρθρου όπως ειδικότερα αναφέρεται: «*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. Οι παράμετροι και τα κριτήρια ακουστικής άνεσης, από όπου εξαρτάται η ηχομόνωση - ηχοπροστασία για κάθε είδους κτιρίου ή χώρου αυτού, και οι κατηγορίες ακουστικής άνεσης καθορίζονται στις επόμενες παραγράφους. Σε ειδικά κτίρια είναι δυνατόν να εφαρμόζονται κανονισμοί με αυστηρότερα κριτήρια».

Ο Ελληνικός Κανονισμός Κτιριακής Ηχοπροστασίας στηρίζεται στα Ευρωπαϊκά και Διεθνή Πρότυπα (EN, ISO, DIN, BS, VDI, ΕΛΟΤ και άλλα) που βρίσκονται σε ισχύ και αφορούν σε θέματα ήχου, θορύβου, ακουστικής και περιβαλλοντικού σχεδιασμού.

Επίσης ισχύει και η Κοινοτική Οδηγία 2002/49/ εκ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 25ης Ιουνίου 2002, σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, όπου στο Άρθρο 1 καθορίζονται και οι στόχοι της συγκεκριμένης οδηγίας όπως:

*«1. Η παρούσα οδηγία αποβλέπει στον καθορισμό μιας κοινής προσέγγισης για την αποφυγή, πρόληψη ή περιορισμό, βάσει ιεράρχησης προτεραιοτήτων, των δυσμενών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της ενόχλησης, από έκθεση στον περιβάλλοντα θόρυβο. Για το σκοπό αυτό, εφαρμόζονται προοδευτικά οι ακόλουθες δράσεις:*

*α) προσδιορισμός της έκθεσης στον περιβάλλοντα θόρυβο με χαρτογράφηση θορύβου, σύμφωνα με κοινές στα κράτη μέλη μεθόδους αξιολόγησης·*

*β) μέριμνα ώστε να είναι διαθέσιμες στο κοινό πληροφορίες σχετικά με τον περιβάλλοντα θόρυβο και τις επιδράσεις του·*

*γ) θέσπιση σχεδίων δράσης από τα κράτη μέλη, βασισμένων στα αποτελέσματα της χαρτογράφησης του θορύβου, με στόχο την πρόληψη και τον περιορισμό του περιβάλλοντος θορύβου όπου χρειάζεται, και ιδίως όπου τα επίπεδα έκθεσης μπορούν να έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στην υγεία των ανθρώπων, καθώς και τη διαφύλαξη της ηχητικής ποιότητας του περιβάλλοντος όπου είναι καλή.*

*2. Η παρούσα οδηγία αποβλέπει επίσης στην παροχή βάσης για την ανάπτυξη κοινοτικών μέτρων για τον περιορισμό του θορύβου που εκπέμπουν οι μείζονες πηγές, και ιδίως τα τροχοφόρα οχήματα, ο σιδηρόδρομος και η σχετική υποδομή, τα αεροσκάφη, ο υπαίθριος και ο βιομηχανικός εξοπλισμός και τα κινητά μηχανήματα.»*

Επιπλέον με την Υπουργική απόφαση: Α5/3010/85 (ΦΕΚ 593/Β/2-10-85) Καθορίζονται τα μέτρα προστασίας της Δημόσιας Υγείας από θορύβους μουσικής των Κέντρων διασκέδασης και λοιπών Καταστημάτων «*με σκοπό της παρούσας να είναι ο υγειονομικός έλεγχος και η λήψη μέτρων για προστασία της Δημ. Υγείας από θορύβους που δημιουργούνται στα κέντρα διασκέδασης κ.λ.π καταστήματα, μόνο από τη μουσική*».

Στην Κοινή Υπουργική Απόφαση με υπ' αριθμό 1367/27-04-2012 καθορίζονται οι Δείκτες Αξιολόγησης και Ανωτάτων Επιτρεπτών Ορίων Δεικτών Περιβαλλοντικού Θορύβου που προέρχεται από την λειτουργία συγκοινωνιακών έργων. Επίσης καθορίζονται τεχνικές προδιαγραφές ειδικών ακουστικών μελετών υπολογισμού και εφαρμογής (ΕΑΜΥΕ) αντιθορυβικών πετασμάτων, προδιαγραφές προγραμμάτων παρακολούθησης περιβαλλοντικού θορύβου και άλλες διατάξεις.

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής (ΕΛ.ΙΝ.Α), συμβάλει με την τεχνογνωσία και την επιστημονική επάρκεια των μελών του στην δημιουργία προτάσεων και βελτιώσεων της Ελληνικής Νομοθεσίας:

- Τελική Πρόταση Ομάδας Εργασίας ΕΛ.ΙΝ.Α) με θέμα: Ηχοπετάσματα για κυκλοφοριακό θόρυβο Έκδοση 1.0 - Μάιος 2006
- Πρόταση ΕΛ.ΙΝ.Α για τον Ελληνικό Κανονισμό Κτιριακής Ηχοπροστασίας ΑΘΗΝΑ 2010

Επίσης ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ - WHO) έχει θέσει ως στόχο συγκεκριμένες στάθμες θορύβου για την καταπολέμηση του κυκλοφοριακού θορύβου. Αυτές οι στάθμες αναφέρονται στον εξωτερικό περιβαλλοντικό θόρυβο. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

**α) Ελάχιστες απαιτήσεις:** Κατά τη διάρκεια της ημέρας και για αποφυγή σοβαρών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία η στάθμη περιβαλλοντικού θορύβου δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 65dB(A) και τη νύχτα τα 55dB(A).

**β) Μέσες απαιτήσεις:** Τα όρια θορύβου γίνονται αυστηρότερα ώστε να μην υπάρχει σημαντική ενόχληση στην ανθρώπινη ηρεμία, με την στάθμη του περιβαλλοντικού θορύβου κατά τη διάρκεια της ημέρας να μην υπερβαίνει τα 55dB(A) και τη νύχτα τα 45dB(A).

γ) **Αυστηρές απαιτήσεις για ιδανική προστασία:** Μακροπρόθεσμα, οι επιδιωκόμενες απαιτήσεις ορίζονται για την ημέρα 50dB(A) και για τη νύχτα τα 40dB(A).

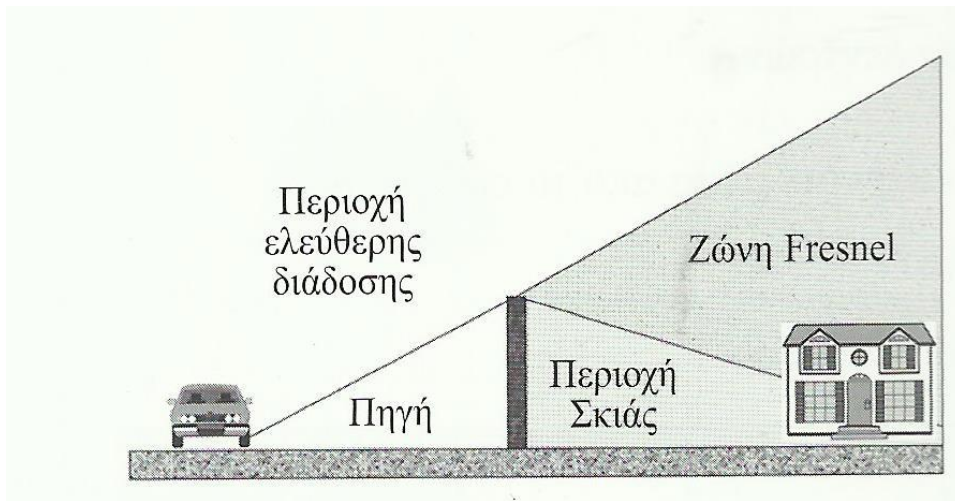
<i>Συγκεκριμένο περιβάλλον</i>	<i>Κρίσιμες επιδράσεις στην υγεία</i>	<i>L<sub>Aeq</sub> (dBA)</i>	<i>Χρονική διάρκεια (h)</i>
Αίθουσα διδασκαλίας	Καταληπτότητα ομιλίας, επικοινωνία μηνυμάτων	35	Ωρα μαθήματος
Προαύλιο σχολείου	Όχληση (εξωτερικές πηγές)	55	Διάλειμμα
Νοσοκομείο, δωμάτια	Διατάραξη ύπνου (νύχτα), Διατάραξη ύπνου (ημέρα),	30	8 16
Νοσοκομείο, χώρος θεραπείας	Παρεμβολές σε ανάπτυξη και αποκατάσταση	Το χαμηλότερο δυνατό	
Κατοικία, υπνοδωμάτιο	Όχληση (ημέρα), Διατάραξη ύπνου (νύχτα)	35/30	16/8

**Πίνακας 2-1 Τιμές Θορύβου (ΠΟΥ)**  
(Κοντομίχος, Ποτηράκης, & Χατζηαντωνίου, 2013)

### 2.3.3 Προστασία από τον περιβαλλοντικό – κυκλοφοριακό θόρυβο

Για την αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού - κυκλοφοριακού θορύβου λαμβάνονται διάφορα μέτρα, τα οποία είναι αντίστοιχα και κατάλληλα με την περίπτωση θορύβου που πρέπει να αντιμετωπίσουν. Ενδεικτικά τέτοια μέτρα για την αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού θορύβου μπορεί να είναι κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, χωροταξικός σχεδιασμός, πεζόδρομοι, ποδηλατόδρομοι, μέσα μαζικής μεταφοράς, περιορισμός κυκλοφορίας φορτηγών στα αστικά κέντρα, ειδικές κατασκευές (π.χ. ηχοπετάσματα).

Η χρήση των ηχοπετασμάτων είναι η πιο σύνηθης λύση για την αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού θορύβου. Η διάθλαση, η ανάκλαση και η μετάδοση του κύματος είναι τρεις βασικές παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την απόδοση ενός ηχοπετάσματος.



**Εικόνα 2-14 Ηχοπέτασμα**

(Σκαρλάτος, 2015)

Ο σωστός σχεδιασμός ενός ηχοπετάσματος έχει ως σκοπό την μείωση του θορύβου, μεταξύ της πηγής και του δέκτη (διάθλαση ήχου). Η αποτελεσματικότητα του ηχοπετάσματος αναδεικνύεται όταν η ενέργεια του μεταδιδόμενου κύματος που διέρχεται μέσα από το ηχοπέτασμα, να είναι αρκούντως μικρότερη από την ενέργεια που διαθλάται περιμετρικά από αυτό.

Θεωρητικά όσο μεγαλύτερο το ύψος ενός ηχοπετάσματος τόσο και πιο αποτελεσματικό απέναντι στην αντιμετώπιση του θορύβου. Όμως το ύψος του ηχοπετάσματος επιδέχεται κάποιους περιορισμούς όπως η αλλοίωση του τοπίου και του φυσικού περιβάλλοντος, η ροή του αέρα, η δημιουργία σκιάσης και γενικότερα ο επηρεασμός του μικροκλίματος της περιοχής όπου θα τοποθετηθεί. Επιπλέον για την τοποθέτηση ενός ηχοπετάσματος στον αστικό ιστό, πρέπει να ληφθεί υπόψιν η πρόσβαση των πολιτών σε υπηρεσίες και καταστήματα επί των οδικών αρτηριών, η κατασκευή και η στήριξή τους, το οπτικό αποτέλεσμα κ.α.

Όμως η μείωση του θορύβου όπισθεν του ηχοπετάσματος δεν είναι η ίδια για όλο το φάσμα των συχνοτήτων. Στις υψηλές συχνότητες έχουμε μεγαλύτερη μείωση και στις χαμηλές συχνότητες έχουμε μικρότερη μείωση. Επίσης σε όσο το δυνατόν μικρότερη απόσταση από την οδική αρτηρία τοποθετηθεί ένα ηχοπέτασμα τόσο καλύτερη θα είναι και η αποτελεσματικότητά του.

Σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα του ηχοπετάσματος παίζει και το μήκος του, όπου είναι πρέπει να είναι 2-3 φορές μεγαλύτερο από την απόστασης μεταξύ της κατασκευής του ηχοπετάσματος και του δέκτη. Επίσης είναι απαραίτητο να μην υπάρχουν

κενά στην κατασκευή και την τοποθέτηση του ηχοπετάσματος (μεγάλη μείωση της αποτελεσματικότητας). Πέρα όμως από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ηχοπετάσματος ρόλο στην ηχομείωση παίζει και η μάζα του ηχοπετάσματος, όπου όσο μεγαλύτερη μάζα τόσο μεγαλύτερη ηχομείωση επιτυγχάνεται.

Τα ηχοπετάσματα διακρίνονται σε τεχνητά και φυσικά. Τα ηχοπετάσματα μπορούν να κατασκευάζονται από σχεδόν όλα τα δομικά υλικά:

- **Σκυρόδεμα (μπετόν)**, συνήθως προκατασκευασμένα με χρήση οπλισμένου και πορώδους σκυροδέματος.
- **Ξύλο**: ανακλαστικά ή απορροφητικά χωρίς όμως μεγάλη αντοχή στο χρόνο.
- **Μέταλλο**: αλουμίνιο ή χάλυβας με το ηχοαπορροφητικό υλικό τοποθετημένο εμπροσθεν της μεταλλικής επιφάνειας.
- **Γυαλί ή άλλα διαφανή υλικά**: γυαλί, ακρυλικό, πλεξιγκλάς, κ.α. ώστε το διαφανές υλικό να επιτρέπει την οπτική επαφή μεταξύ οδικής αρτηρίας και παράπλευρων περιοχών, χωρίς την δημιουργία ανεπιθύμητης σκίασης.
- **Πλαστικό ή ανακυκλώσιμα συνθετικά υλικά**: με χρήση απορροφητική ή ανακλαστική. Τοποθετούνται ή αντικαθίστανται εύκολα έχοντας ποικιλία σχεθίων και χρωμάτων.



**Εικόνα 2-15 Τεχνητό Ηχοπέτασμα**

[https://cms.esi.info/Media/productImages/crop/25113\\_1556283485117\\_PF.jpg](https://cms.esi.info/Media/productImages/crop/25113_1556283485117_PF.jpg)



Τα Φυσικά ηχοπετάσματα μπορεί να είναι με την μορφή αναχωμάτων κατά μήκος του δρόμου, τα οποία αποτελούνται από υλικά του εδάφους (χώμα) και διαμορφώνονται έτσι, ώστε να αποτελούν ένα φυσικό ηχοπέτασμα. Συνήθως δημιουργείται φύτευση ώστε να εναρμονιστούν το φυσικό περιβάλλον. Επίσης μπορεί να έχουν την μορφή πυκνής θαμνώδους φύτευσης ή πυκνής φύτευσης από κατάλληλα δέντρα.



**Εικόνα 2-16 Φυσικό Ηχοπέτασμα**

<https://www.urbangreenup.eu/imgpub/1883285/400/0/green-noise.jpg>

Καλή ηχομείωση επιτυγχάνεται όταν ο κυκλοφοριακός σχεδιασμός προβλέπει τη χάραξη του δρόμου στο χαμηλότερο δυνατό σημείο, οπότε ταυτόχρονα με την κατασκευή του δρόμου, δημιουργούνται και τα φυσικά ηχοπετάσματα. Η εκ των υστέρων βύθιση ενός δρόμου αυξάνει σημαντικά το κόστος μετατροπής

Τέλος η παρέμβαση στο δέκτη (κτίριο) και συγκεκριμένα στα εξωτερικά δομικά στοιχεία (παθητική ηχομόνωση). Η εξωτερική τοιχοποιία, τα παράθυρα, οι πόρτες, οι σκεπές, τα συστήματα εξαερισμού, θωρακίζονται έναντι του θορύβου άλλοτε με χαμηλό και άλλοτε με υψηλό κόστος. Το παράθυρο, χαρακτηρίζεται ως το ασθενέστερο στοιχείο από πλευράς ηχομόνωσης ενός κτιρίου και συνεπώς καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τον δείκτη ηχομόνωσης του κτιρίου.

## 2.4 Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Πλήθος μελετών και αναφορών προσπάθησαν να επισημάνουν, να αναδείξουν και να αποδείξουν ότι η αρνητική συμβολή του θορύβου στην καθημερινότητα του ανθρώπου έχει και δυσάρεστες επιπτώσεις και στην σχολική ζωή μαθητών και εκπαιδευτικών. Η εξέλιξη της μαθησιακής διαδικασίας, η σχολική επίδοση των μαθητών, η ηχοπροστασία των σχολικών κτιρίων έναντι του περιβαλλοντικού θορύβου, η ακουστική συμπεριφορά των αιθουσών διδασκαλίας, οι πηγές του περιβαλλοντικού θορύβου είναι κάποιοι από τους υπό εξέταση παράγοντες που επηρεάζουν την μαθησιακή διαδικασία. Παράγοντες οι οποίοι όταν χαρακτηρίζονται από αρνητικά γνωρίσματα (π.χ ελλιπής ηχοπροστασία σχολικών κτιρίων) συμβάλλουν αρνητικά στην σχολική καθημερινότητα μαθητών και καθηγητών.

Σε έρευνα όπου περιγράφεται η διερεύνηση της διαταραχής που προκαλείται στους καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από τον θόρυβο (Sargent, Gidman, Humphreys, & Utley, 1980) Το δείγμα της έρευνας επιλέχθηκε με βάση την έκθεση στο θόρυβο της οδικής κυκλοφορίας. Οι ποσοτικές σχέσεις είχαν καθοριστεί μεταξύ των ποσοστών των εκπαιδευτικών που ενοχλούνται από το θόρυβο σε συσχέτιση με το επίπεδο θορύβου στο οποίο εκτίθενται. Επιπλέον δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ της επίδρασης ανδρών και γυναικών δασκάλων από τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας.

Τα υψηλά επίπεδα θορύβου οδικής κυκλοφορίας φαίνεται να διαταράσσουν σε υψηλότερα ποσοστά τους δασκάλους του σχολείου από ότι τους κατοίκους κατοικιών. Για τιμές κυκλοφοριακού θορύβου της τάξης των  $Leq = 60 \text{ dB(A)}$  υπάρχει αντίστοιχα αυξημένη ενόχληση προς τους εκπαιδευτικούς με αποτέλεσμα να θεωρούν την τάξη ως ένα μη ικανοποιητικό εργασιακό περιβάλλον. Επίσης στο σύνολό του δείγματος της έρευνας (εκπαιδευτικοί) ενοχλήθηκαν από τον κυκλοφοριακό θόρυβο σε σχέση από οποιονδήποτε εσωτερικό (Sargent, Gidman, Humphreys, & Utley, 1980).

Στην έρευνα (Wen, και συν., 2019) για τις επιπτώσεις του θορύβου της κυκλοφορίας σε σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης παραπλεύρως οδικών αρτηριών σε μεγάλη κινεζική πόλη, οι μετρήσεις μέσα στις τάξεις έδειξαν ότι τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ υψηλά, ακόμα και όταν δεν υπάρχουν δραστηριότητες μαθητών. Όλα τα επίπεδα θορύβου



στο ηχητικό υπόβαθρο μέσα στις τάξεις ξεπέρασαν το όριο των 35 dB (A) το οποίο συνιστάται από τον ΠΟΥ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ακουστικό περιβάλλον μέσα στις τάξεις επηρεάστηκε έντονα από την εξωτερική πηγή θορύβου (θόρυβος κυκλοφορίας), ειδικά όταν οι μαθητές παρακολουθούσαν την μαθησιακή διαδικασία.

Η πλειοψηφία των μαθητών (64,5%) θεώρησε ότι «θόρυβος από την κυκλοφορία» και «κόρνες, σειρήνες και συναγερμοί» επηρέασαν σοβαρά τη μάθησή τους. Οι μαθητές θεώρησαν ότι ο πιο δυσάρεστος και μη ανεκτός θόρυβος για αυτούς, ήταν ο κυκλοφοριακός θόρυβος, ενώ ο θόρυβος από γειτονικές αίθουσες διδασκαλίας και από το προαύλιο του σχολείου θεωρήθηκε αποδεκτός. (Wen, και συν., 2019)

Ευρήματα από αυτήν την συγκεκριμένη μελέτη αλλά και από άλλες αντίστοιχες είναι δυνατόν να βελτιώσουν τον μελλοντικό σχεδιασμό των πανεπιστημίων και σχολικών συγκροτημάτων προς έναν φιλικό ακουστικό τοπίο για μαθητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς. Συνιστάται να χτίζονται εκπαιδευτικά ιδρύματα μακριά από δρόμους με σημαντική κυκλοφορία οχημάτων και στο μέτρο του δυνατού, θα πρέπει να κατασκευάζονται σε αστικούς χώρους πρασίνου, ή κοντά σε αστικά πάρκα, επειδή τέτοιοι χώροι πρασίνου όχι μόνο παρέχουν ένα ευχάριστο περιβάλλον, αλλά και διευκολύνουν μια υγιή ακουστική κατάσταση στην σε σχολικά συγκροτήματα και πανεπιστημιούπολεις. Σε τέτοια περιβάλλοντα οι συνθήκες είναι σημαντικές και αποτελεσματικές τόσο για τη μάθηση των μαθητών όσο και για ψυχολογική ευημερία των εφήβων σε μια εποχή ταχείας αστικής ανάπτυξης με συνεχώς αυξανόμενη ηχορύπανση. (Wen, και συν., 2019)



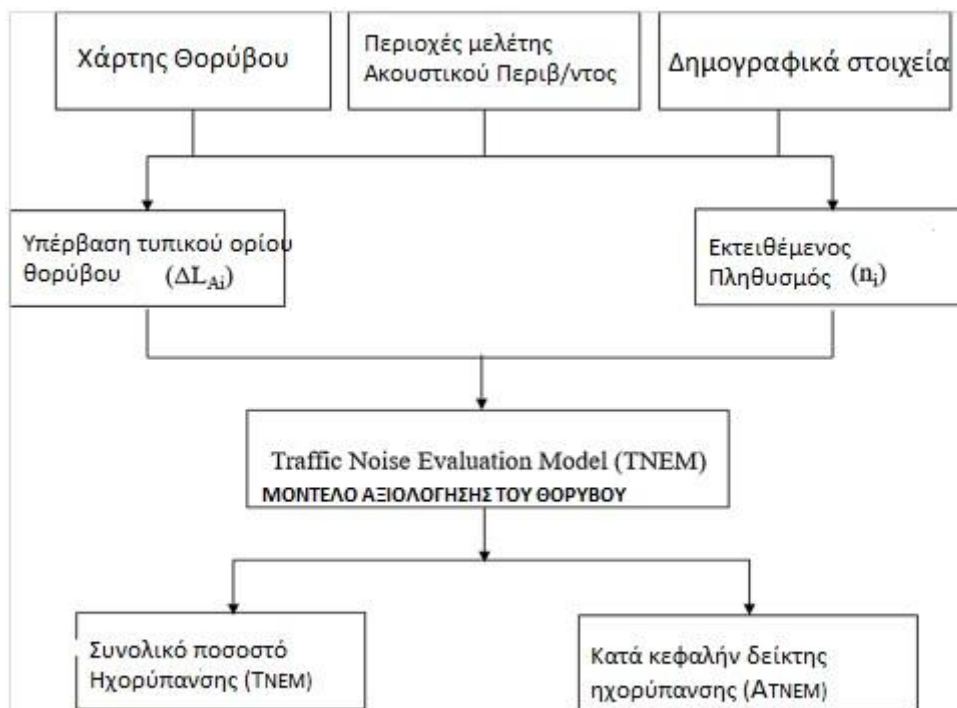
**Εικόνα 2-17 3D σχεδιασμός σχολείων έρευνας.**

(Wen, και συν., 2019)

Συνήθως μελέτες σχετικά με τις βλαπτικές συνέπειες του χρόνιου εξωτερικού θορύβου στην σχολική επίδοση των μαθητών ενός σχολείου, βασίζονταν σε δείγματα από σχολικά συγκροτήματα συγκεκριμένων περιοχών. Με την μελέτη για τις επιπτώσεις του περιβαλλοντικού θορύβου στην σχολική επίδοση των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο ευρύτερο Λονδίνο, (Xie, Kang, & Tompsett, 2011) διερευνήθηκαν οι σχέσεις μεταξύ του περιβαλλοντικού θορύβου των σχολείων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε εκτενέστερα μεγαλύτερη περιοχή. Εξετάστηκαν δείκτες σχολικών επιδόσεων και δείκτες θορύβου, οι οποίοι λήφθηκαν μετά την επεξεργασία δεδομένων από χάρτη θορύβου. Η μελέτη ανέδειξε ότι τα σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο κεντρικό Λονδίνο είναι πιο εκτεθειμένα στον εξωτερικό θόρυβο από εκείνα στα προάστια του Λονδίνου με την μέση διαφορά να υπολογίζεται 2-3 dBA. Παρόλα αυτά όμως οι σχολικές επιδόσεις των μαθητών από τις διαφορετικές περιοχές μέτρησης- μελέτης, δεν έδειξαν να έχουν σημαντικές διαφορές οι οποίες να συσχετίζονται με την επίδραση του εξωτερικού θορύβου. (Xie, Kang, & Tompsett, 2011)

Η εκτίμηση της ποιότητας ενός αστικού ακουστικού περιβάλλοντος βάσει των μοντέλων αξιολόγησης κυκλοφοριακού θορύβου (Di, και συν., 2018) κατέδειξε ότι η ηχορύπανση από τον κυκλοφοριακό θόρυβο είναι ένα συχνό πρόβλημα δημόσιας υγείας τόσο στις αναπτυσσόμενες όσο και στις ανεπτυγμένες χώρες. Η γρήγορη και αποτελεσματική αξιολόγηση της ποιότητας ενός αστικού ακουστικού περιβάλλοντος αποτελεί σημαντική

πρόκληση για τον πολεοδομικό σχεδιασμό. Περιοχή μελέτης ήταν η περιφέρεια Τσανγκτσούν, όπου μετρήθηκαν επίπεδα θορύβου (Leq) σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους δρόμων (αυτοκινητόδρομοι, κεντρικές οδικές αρτηρίες, δευτερεύοντες δρόμοι, αυτοκινητόδρομοι και αγροτικοί δρόμοι), σε διαφορετικές αστικές περιοχές της πόλης και σχεδιάστηκε ένας χάρτης αστικού θορύβου που αντικατοπτρίζει τον βαθμό κυκλοφοριακού θορύβου. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης δείχνουν ότι η ποιότητα του ακουστικού περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης ήταν σε μεσαίο επίπεδο, με συνέπεια η μακροπρόθεσμη έκθεση σε αυτό, να μπορεί να επηρεάσει τη φυσιολογική εργασία και τη ζωή των ανθρώπων. Αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης για τον χαρακτηρισμό της βιωσιμότητας μιας πόλης ή περιοχής σε σχέση με τον κυκλοφοριακό θόρυβο και στη συνέχεια να παράσχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικές βελτιώσεις.



Σχήμα 2-1 Μοντέλο αξιολόγησης κυκλοφοριακού θορύβου (TNEM)

(Di, και συν., 2018)

Στα σχολεία, κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν την μαθησιακή διαδικασία είναι η παρεμβολή ομιλίας, η διαταραχή της επεξεργασίας πληροφοριών (π.χ. κατανόηση λόγου και απόκτηση γνώσεων), επικοινωνία μηνυμάτων και ενόχληση. Για να είναι ακουστός

και κατανοητός ο προφορικός λόγος μέσα στις σχολικές σε αίθουσες, το επίπεδο θορύβου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 35 dB LAeq κατά τη διάρκεια των μαθημάτων. Για παιδιά με προβλήματα ακοής το όριο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο. Ο χρόνος αντήχησης στην τάξη πρέπει να είναι περίπου 0,6 sec, και κατά προτίμηση χαμηλότερος για άτομα με προβλήματα ακοής παιδιά. Για αίθουσες εργαστηρίου σε σχολικά κτίρια, ο χρόνος αντήχησης πρέπει να είναι μικρότερος από 1 sec. Για τον προαύλιο χώρο του σχολείου, το επίπεδο θορύβου από εξωτερικές πηγές δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 55 dB LAeq. (Berglund & Lindvall, 1995).

Σε έρευνα για την ακουστική βελτίωση της αίθουσας για μαθητές σε μια τάξη δημοτικού σχολείου (Peng, Wang, Lau, Yan, Jiang, & Wu, 2015) συγκρίθηκαν οι αντικειμενικές ακουστικές παράμετροι και οι υποκειμενικές απαντήσεις των μαθητών και μετά από μια ακουστική βελτίωση σε μια τάξη δημοτικού σχολείου. Η ακουστική βελτίωση έγινε με εγκατάσταση ηχοαπορροφητικών υλικών στην οροφή της τάξης για έλεγχο της αντήχησης του ήχου. Έχουν επίσης διερευνηθεί οι επιπτώσεις του χρόνου αντήχησης στην αναγνώριση ομιλίας των παιδιών. Αποτελέσματα δείχνουν ότι (1) οι αντικειμενικές ακουστικές παράμετροι στην τάξη βελτιώθηκαν προφανώς. (2) η υποκειμενική ένταση των διαφορετικών τύπων πηγών θορύβου, που βίωσαν οι μαθητές στην τάξη κατέστη μειωμένος και (3) η κατανόηση της ομιλίας βελτιώθηκε σημαντικά στην τάξη μετά την ακουστική θεραπευτική αγωγή. Με την ακουστική βελτίωση στην οροφή, επιβεβαιώνεται ότι το ακουστικό περιβάλλον στην τάξη βελτιώθηκε σημαντικά, με άμεση θετικό αποτέλεσμα την διευκόλυνση της μαθησιακής διαδικασίας των παιδιών στην τάξη. Επίσης η υποκειμενική έρευνα μέσω ερωτηματολογίου δείχνει ότι η αντίληψη διαφορετικών τύπων θορύβου που βίωσε ο μαθητής στην τάξη, μειώθηκαν. Συνέπεια αυτού ήταν οι μαθητές στην τάξη επικεντρωθούν ευκολότερα στα μαθήματα και να αντιλαμβάνονται ευκρινέστερα τον προφορικό λόγο του δασκάλου μέσα στην σχολική αίθουσα. (Peng, Wang, Lau, Yan, Jiang, & Wu, 2015)

Στην Πορτογαλία αναδείχθηκαν απόψεις και συμπεράσματα σχετικά με την ακουστική απόδοση των σχολικών κτιρίων (Pinho, Pinto, Almeida, Lopes, & Lemos, 2016). Ακουστικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε οκτώ σχολεία διαφορετικών επιπέδων εκπαίδευσης εκπαίδευσης (από το νηπιαγωγείο μέχρι το κολέγιο) που βρίσκεται στην

πόλη Viseu (Πορτογαλία). Η ακουστική αξιολόγηση έγινε με ανάλυση των πιο συνηθισμένων προβλημάτων που μπορεί να επηρεάσουν το ακουστικό περιβάλλον μέσα στο σχολικό κτίριο. Η ακουστική αξιολόγηση των σχολικών κτιρίων έγινε με τη μέτρηση του χρόνου αντήχησης μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας, την ηχομόνωση μεταξύ τάξεων και μεταξύ τάξεων και διαδρόμων, τον κρουστικό ήχο κρούσης στα δάπεδα και την μόνωση των δαπέδων και την ηχομόνωση της πρόσοψης από αερομεταφερόμενο θόρυβο. Διαπιστώθηκε ότι οι περισσότερες από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν αποκάλυψαν δυσάρεστα αποτελέσματα σε σχέση με τις ακουστικές απαιτήσεις των σχολικών κτιρίων, αποτελέσματα που θέτουν σε επισφάλεια την ποιότητα της εκπαίδευσης.



**Εικόνα 2-18 Τύποι παραθύρων προσόψεων τάξεων**  
(Pinho, Pinto, Almeida, Lopes, & Lemos, 2016)

Τα προβλήματα του θορύβου μπορεί να είναι εντονότερα για μαθητές που παρουσιάζουν προβλήματα ακοής. Σε έρευνα λοιπόν για την ακουστική στην τάξη για παιδιά με κανονική ακοή και με προβλήματα ακοής (Crandell & Smaldino, 2000) Το ακουστικό περιβάλλον μιας σχολικής αίθουσας είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στην ακαδημαϊκή,

ψυχοπαιδαγωγική και ψυχοκοινωνική επίτευξη παιδιών με φυσιολογική ακοή αλλά και αυτών με πρόβλημα ακοής.

Η εξέταση διαφόρων ακουστικών μεταβλητών, όπως ο θόρυβος, ο χρόνος αντήχησης και η απόσταση ομιλητή-ακροατή, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την αντίληψη του λόγου μέσα στις τάξεις. Επιπλέον εξετάζονται οι επιπτώσεις αυτών των μεταβλητών στο ικανότητες αντίληψης ομιλίας παιδιών με φυσιολογική ακοή και παιδιών με απώλεια ακοής. Η ακατάλληλη τάξη όσον αφορά την ακουστική μπορεί να επηρεάσει αρνητικά όχι μόνο την αντίληψη του λόγου, αλλά και ψυχοεκπαιδευτικές και ψυχοκοινωνικές επιδόσεις και συμπεριφορές. Η μειωμένη αντίληψη του λόγου που βιώνουν αυτά τα παιδιά, υπογραμμίζει την ανάγκη να ληφθούν σοβαρά υπόψη οι ακουστικές συνθήκες στις αίθουσες διδασκαλίας. Ο λόγος σήματος προς θόρυβο SNR πρέπει να υπερβαίνουν τα +15 dB, τα επίπεδα θορύβου δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 30-35 dBA και τα επίπεδα αντήχησης δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 0,4-0,6 δευτερόλεπτα. (Crandell & Smaldino, 2000).

Σε άλλη έρευνα για την ενόχληση που προκαλείται από την έκθεση στον κυκλοφοριακό θόρυβο, οι αρνητικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την έκθεση σε θόρυβο οδικής κυκλοφορίας μειώνουν τους δείκτες ευημερίας της καθημερινότητας των ανθρώπων. Η συνεχής έκθεση σε θόρυβο προκαλεί αρνητικές επιδράσεις όπως στρες, δυσφορία, άγχος κ.α. Τα αποτελέσματα πολλών δεκαετιών έρευνας σχετικά με αυτό το θέμα επέτρεψαν την καθιέρωση ποσοτικής σχέσης μεταξύ των αντικειμενικών επίπεδων μετρήσεων θορύβου ημέρας έως νύχτας και των υποκειμενικών αντιδράσεων, των ενοχλούντων από τον θόρυβο ανθρώπων. Αυτά τα ευρήματα είναι σημαντικά τόσο για το κοινωνικό σύνολο όσο και σε ατομικό επίπεδο και αυτό διότι μπορούν να βοηθήσουν με πιο αποτελεσματικό τρόπο στον σχεδιασμό της οδικής κυκλοφοριακής δραστηριότητας προκειμένου να εξασφαλιστεί η ελάχιστη ακουστική άνεση στους κατοίκους μιας περιοχής (Ouis, 2002) .

Μελέτες σχετικά με την επίδραση του θορύβου και της ακουστικής στην τάξη σχετικά με τα προβλήματα φωνής μεταξύ των εκπαιδευτικών βασιζόταν αποκλειστικά σε αυτοαναφορές. Δεδομένου ότι αυτές οι περιπτώσεις μπορεί να είναι υποκειμενικές, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί ο ρόλος των αντικειμενικών μετρήσεων θορύβου και ακουστικής ύπαρξης φωνητικών συμπτωμάτων. Για να αξιολογηθεί η συσχέτιση μεταξύ



των αντικειμενικών μετρήσεων και προσωπικών απαντήσεων των εκπαιδευτικών στα σχολεία, οι οποίοι παρουσίασαν φωνητικά προβλήματα, πραγματοποιήθηκε μελέτη σε 12 δημόσια σχολεία στην Μπογκοτά. (Lady Cantor Cutiva & Burdorf, 2015) Βραχυπρόθεσμες μετρήσεις των επιπέδων ήχου, της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του χρόνου αντήχησης σε αίθουσες διδασκαλίας και γραφεία καθηγητών. Η μελέτη κατέδειξε, βάση των απαντήσεων των εκπαιδευτικών ότι ο θόρυβος και η ακουστική συμπεριφορά των αιθουσών και των γραφείων, μπορούν να διαδραματίσουν ρόλο στην εμφάνιση των προβλημάτων φωνής στους εκπαιδευτικούς. Επίσης η συγκεκριμένη μελέτη παρουσίασε μερικές ενδείξεις ότι η κακή ακουστική και τα υψηλά επίπεδα θορύβου στο χώρο εργασίας μπορεί να συμβάλουν στο εμφάνιση συμπτωμάτων φωνής μεταξύ των εκπαιδευτικών. (Lady Cantor Cutiva & Burdorf, 2015)

Πεδίο έρευνας ήταν και αντίκτυπος του αστικού θορύβου στα δημοτικά σχολεία. (Silva, Oliveira, & Silva, 2019) Αντιληπτική αξιολόγηση και αντικειμενική αξιολόγηση είναι μία εργασία αποσκοπεί στην αξιολόγηση της επίδρασης του περιβαλλοντικού θορύβου κοντά στα δημοτικά σχολεία και στην ανάλυση η επιρροή του στο χώρο εργασίας και στην απόδοση των μαθητών μέσω αντιλήψεων και αντικειμενικής αξιολόγησης. Η υποκειμενική αξιολόγηση συνίστατο στην εφαρμογή ερωτηματολογίων σε μαθητές και καθηγητές, και η αντικειμενική αξιολόγηση συνίστατο στην επιτόπια (in situ) μέτρηση των επιπέδων θορύβου. Η έρευνα κάλυψε εννέα τάξεις που βρίσκονται σε τρία δημοτικά σχολεία. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα επίπεδα θορύβου μπροστά από το σχολείο, στον προαύλιο χώρο του σχολείου καθώς και στις αίθουσες που ήταν πιο εκτεθειμένες στον εξωτερικό θόρυβο (είτε με μαθητές είτε άδειες). Τα επίπεδα θορύβου εσωτερικού χώρου ήταν πολύ υψηλότερα από αυτές που ορίζει ο ΠΟΥ. Οι μετρήσεις εσωτερικού και εξωτερικού θορύβου υποδηλώνουν ότι ο εξωτερικός θόρυβος (δρόμος, σχολική αυλή) επηρεάζει το επίπεδο θορύβου στο ακουστικό υπόβαθρο των τάξεων, όχι όμως στην ίδια κλίμακα. Εξήχθη το συμπέρασμα ότι οι προσόψεις του σχολείου που εκτίθενται περισσότερο σε κυκλοφοριακό θόρυβο ή στον θόρυβο από το προαύλιο υπόκεινται σε τιμές θορύβου μέσα στην αίθουσα υψηλότερες από 55,0 dB (A), με δυσάρεστη συνέπεια την παρακώλυση της μαθησιακής διαδικασίας.



**Εικόνα 2-19 Σχολεία έρευνας**

(Silva, Oliveira, & Silva, 2019)

Σε μελέτη που αφορά το θόρυβο που επιδρά σε σχολείο στο Assiut της Αιγύπτου (Αί Αλί, 2013) η στοχοθεσία ήταν η διερεύνηση πηγών θορύβου στο σχολείο, οι επιπτώσεις του θορύβου στη μαθησιακή επίδοση των μαθητών και την απόδοσή τους, η διερεύνηση της στάσης των μαθητών απέναντι στον θόρυβο, ο προσδιορισμός της σχέσης μεταξύ των επιπέδων θορύβου και του βαθμού ενοχλησης και οι προτάσεις για τη μείωση των επιπέδων θορύβου στο σχολείο. Συμμετείχαν 300 μαθητές, ηλικίας 13-15 ετών, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου, χρήση ερωτηματολογίου και πειράματα για περιορισμούς των επιπέδων θορύβου έξω. Τα επίπεδα θορύβου LAeq κυμαίνονταν μεταξύ 61,3 και 73,2 dB. Υπήρχε ισχυρή σχέση μεταξύ των επιπέδων θορύβου και του ποσοστού των πολύ ενοχλημένων ερωτηθέντων. Το 57% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι ο θόρυβος εμπόδιζε την μαθησιακή τους επίδοση. Οι ερωτηθέντες απάντησαν ότι ο κυκλοφοριακός θόρυβος, οι συνομιλίες στην τάξη και οι ήχοι από την μετακίνηση θρανίων και καρεκλών ήταν οι πιο ενοχλητικές πηγές. Διαπιστώθηκε ότι αν ληφθούν πολεοδομικές και αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις τότε η μείωση του περιβαλλοντικού θορύβου θα επιτύχει πιο ήσυχο περιβάλλον στα σχολεία και επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων της μαθησιακής διαδικασίας. (Αί Αλί, 2013).



Σε μετρήσεις και ανάλυση της στάθμης θορύβου στις αίθουσες διδασκαλίας κινεζικών δημοτικών σχολείων. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του επιπέδου θορύβου σε δημοτικά σχολεία στην πόλη Γκουανγκζού της Κίνας, και συσχετίστηκαν με τα αποτελέσματα της μαθησιακής διαδικασίας (βαθμολογίες μαθητών στα μαθήματα) . Η μελέτη και η ανάλυση αυτών των παραγόντων, κατέδειξε τα επίπεδα θορύβου συσχετίζονται με τα επίπεδα του μέσου όρου της βαθμολογίας των μαθητών και ειδικότερα υψηλότερο επίπεδο θορύβου σημαίνει και χαμηλότερες επιδόσεις και βαθμολογίες των μαθητών. (Peng, Zhang, & Wang, 2018)

Επίσης σε άλλη έρευνα διερευνήθηκαν και συγκρίθηκαν αντικειμενικοί ακουστικοί δείκτες καθώς και η υποκειμενική αντίληψη ομιλίας των μαθητών σε δύο διαφορετικές τάξεις πριν και μετά από ακουστική βελτίωση. (Peng, Lau, & Zhao, 2020) Η μελέτη αναφέρεται στην εγκατάσταση υλικών απορρόφησης ήχου στην οροφή δύο αιθουσών δημοτικού σχολείου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο χρόνος αντήχησης μετά την ακουστική επεξεργασία και βελτίωση μειώθηκε, ενώ ο βελτιώθηκε ο λόγος σήματος προς θόρυβο και ο δείκτης μετάδοσης ομιλίας. Η υποκειμενική έρευνα έδειξε ότι οι περισσότεροι μαθητές ήταν περισσότερο πρόθυμοι για την μαθησιακή διαδικασία μετά από την ακουστική βελτίωση των αιθουσών .

Στις ΗΠΑ (1998) με την υποστήριξη της Ακουστικής Εταιρείας της Αμερικής, υπήρξε μεγάλος αριθμός βιβλιογραφίας για τη βελτίωση ενός μεγάλου αριθμού σχολείων τα οποία ήταν ευάλωτα σε εξωτερικούς θορύβους ενώ επιπλέον μεγάλος αριθμός αιθουσών διδασκαλίας είχαν ανεπαρκή ακουστική (Gold, Lee, Siebein, Asby, Hasell, & Abott, 1998) .

Στη Γαλλία, σε μελέτη υπάρχουν μετρήσεις σχολεία, που φτάνουν σε τιμές της τάξης των 70 dB (A), ενώ σε εργαστηριακούς χώρους σχολών επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης, οι μετρήσεις μεταξύ των τιμών 90-100 dB (A) ήταν συχνό φαινόμενο (Josserand & Occelli, 1989).

Κατά τη διάρκεια μιας έρευνας στη Νέα Ζηλανδία (Blake & Busby, 1994) σε 106 αίθουσες και 149 καθηγητές τα ευρήματα έπεισαν τους ερευνητές ότι «η ακουστική κατάσταση στις περισσότερες από τις αίθουσες που εξετάστηκαν ήταν πολύ δυσάρεστη, συνέπεια μάλιστα του ότι ο μέσος λόγος σήματος προς θόρυβο ήταν 6 dB (A).

Στην Αγγλία (Airey, MacKenzie, & Craik, 1998) βρέθηκαν μετρήσεις έως και 100 dB (A), ενώ σε 60 δημοτικά σχολεία που πραγματοποιήθηκαν ακουστικές βελτιώσεις στις αίθουσες διδασκαλίας, διαπιστώθηκε ότι οι μαθησιακές δεξιότητες βελτιώθηκαν.

Στην Τσεχοσλοβακία (Benesova, Brunclikova, Dohnal, & Synkova, 1988) τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν ότι οι μαθητές που ζούσαν σε ήσυχες περιοχές μπορούσαν να αντέξουν θόρυβο περισσότερο από τους μαθητές από θορυβώδεις. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές με υψηλότερα και μεγαλύτερα επίπεδα έκθεσης σε θόρυβο έχουν προβλήματα με τις μαθησιακές τους δεξιότητες.

Στην Κίνα σε μια έρευνα που περιελάμβανε τις μαθησιακές ικανότητες των μαθητών δημοτικών σχολείων έδειξε ότι οι μαθητές σε πιο ήσυχες τάξεις είχαν καλύτερους βαθμούς από εκείνους σε δωμάτια με ρύπανση από θόρυβο. Οι τιμές που βρέθηκαν ήταν μεταξύ 42 dB (A) και 55 dB (A), κάτι που είναι πολύ χαμηλό σε σύγκριση με άλλες χώρες. (Niu, 1990) Αυτά τα αποτελέσματα οδήγησαν σε βελτίωση πολλών αιθουσών.

Γενικότερα λοιπόν με την διεθνή βιβλιογραφία αποδεικνύεται ότι σε πολλές περιπτώσεις ο θόρυβος επηρεάζει αρνητικά τη μαθησιακή διαδικασία και την ανάπτυξη μαθησιακών δεξιοτήτων και κυρίως επηρεάζει αρνητικά τις λειτουργίες του λόγου.

Η ακουστική των μαθησιακών περιβαλλόντων και των επιπτώσεων στην επικοινωνία και τη μάθηση αφορά το ακουστικό περιβάλλον των σχολικών κτιρίων σχετίζεται με μαθησιακές δυσκολίες και αυτό ισχύει για όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης, ειδικά για τα νηπιαγωγεία και τα στάδια της πρώιμης μάθησης. Αν και η νομοθεσία για τα επίπεδα θορύβου σε διάφορα περιβάλλοντα εργασίας ενηλίκων αναθεωρείται διαρκώς, υπάρχουν λίγες αναφορές για σχολικά περιβάλλοντα σε σχέση με τα επίπεδα θορύβου, την κατασκευή και την ακουστική των αιθουσών. Μελετούνται οι πτυχές της μαθησιακής δυσκολίας σε σχέση με τα επίπεδα θορύβου και τον χρόνο αντήχησης διαφορετικών μαθησιακών περιβαλλόντων (νηπιαγωγεία, αιθουσών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αιθουσών διαλέξεων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης). Αναλύεται η ιδιαιτερότητα κάθε περιβάλλοντος και αφορούν τις επιπτώσεις της ακουστικής της αίθουσας και του επιπέδου θορύβου. Αυτά τα στοιχεία έχουν επιπτώσεις στη μαθησιακή διαδικασία των μαθητών, καθώς και στην ποιότητα του εργασιακού περιβάλλοντος των εκπαιδευτικών. (Dalianis & Campourakis, 2005).

Στην ελληνική επικράτεια η ομάδα Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Συνδέσμου Αποφοίτων Βρετανικών Πανεπιστημίων (BGS), σε εκπόνηση μιας σφαιρικής μελέτης για την επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου στην φυσιολογική και ψυχολογική υγεία των παιδιών επισημαίνουν ότι η έννοια και ο χαρακτηρισμός του περιβαλλοντικού θορύβου, είναι το σύνολο μας ηχητικής όχλησης που προέρχεται από τις μεταφορές, τη βιομηχανία, τις δραστηριότητες αναψυχής και εστίασης, καθώς και από οικιακές δραστηριότητες. Επίσης διαπιστώνουν ότι ο περιβαλλοντικός θόρυβος είναι μία τεράστια απειλή για την υγεία μας και αυτή των παιδιών μας, όπως αποκαλύπτουν οι ψυχολογικές και κοινωνιολογικές έρευνες. Συγκεκριμένα, εκνευρισμός, δυσφορία, απώλεια ακοής, έλλειψη αυτοσυγκέντρωσης, ψυχολογικές διαταραχές, ακροαστική κόπωση, επιθετική συμπεριφορά, διαταραχές ύπνου, δυσάρεστες ορμονικές αντιδράσεις, μειωμένη απόδοση στη δουλειά και στο σχολείο, αλλά και προβλήματα επικοινωνίας είναι μόνο μερικά από τα συμπτώματα. Τέλος προτείνουν λύσεις όπως η πολεοδομική οργάνωση και ο πολεοδομικός σχεδιασμός που συμπεριλαμβάνει και κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, η αρχιτεκτονική οργάνωση των λειτουργιών ενός κτιρίου μέσα στον χώρο και ο κτιριακός σχεδιασμός και τέλος οι τεχνικές λύσεις για ηχοπροστασία με ηχοαπορροφητικά υλικά και με ηχοπετάσματα. (Ζώτος, 2012).

Σε άλλη έρευνα στον ελληνικό χώρο έγινε προσπάθεια προσδιορισμού του επιπέδου του ήχου που παρατηρείται στα σχολικά προαύλια, ειδικότερα την ώρα των διαλειμμάτων, καθώς επίσης και των παραγόντων που τον επηρεάζουν. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε επιλεγμένα σχολεία ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα και αξιόπιστα. Τα επίπεδα θορύβου που προέκυψαν ήταν ιδιαίτερα υψηλά, ιδίως στα δημοτικά σχολεία, όπου ο μέσος δείκτης  $L_{eq}$  κυμάνθηκε από 84 dBA μέχρι 92 dBA. Στα λύκεια ο δείκτης αυτός κυμάνθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα. (Κουτελιά & Καλδάνη, 2012).

Σε μελέτη με στόχο την διερεύνηση της επίδρασης του περιβαλλοντικού θορύβου στην επίδοση των μαθητών, προσδιορίστηκαν οι συχνότεροι τύποι εξωτερικού και εσωτερικού θορύβου σε σχολεία τριών διαφορετικών σε μέγεθος πόλεων με διερεύνηση του βαθμού αντίληψης από τα παιδιά του θορύβου ως ενόχληση στη διάρκεια του μαθήματος. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τη σημασία των θορύβων και ιδιαίτερα των εξωτερικών στην επίδοση των παιδιών στο δημοτικό σχολείο, σε δοκιμασίες ανάγνωσης. Οι

επιπτώσεις του θορύβου είχαν διαφορετική βαρύτητα σε αγόρια και κορίτσια και επηρέασαν σε διαφορετικό βαθμό διαφορετικές γνωστικές διεργασίες. Στη συνολική βαθμολογία των μαθητών διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα σχολεία υψηλού θορύβου έναντι των υπολοίπων, τόσο όσον αφορά τη γλώσσα, όσο και τη συνολική βαθμολογία. Στα μαθηματικά δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά. (Παπανικολάου, 2015).

Η στρατηγική αντιμετώπισης του θορύβου βασίζεται σε ένα συνολικό σύστημα αποφάσεων, το οποίο σχετίζεται με εφικτές και εφαρμόσιμες δράσεις σε μια περιοχή. Η χάραξη της κατάλληλης στρατηγικής ορίζεται από την χαρτογράφηση του προβλήματος, την εκτίμηση της υποκειμενικής ενόχλησης και βέβαια το κόστος της μεθόδου αντιμετώπισης. Κατόπιν πρέπει τα στοιχεία αυτά να συγκεντρώνονται σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών και να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά από την τοπική αυτοδιοίκηση. (Δαλιάνης, Καμπουράκης, & Καγιάφας, 2006)

Η δυσκολία στον έλεγχο της δημιουργίας θορύβου από τη χρήση οχημάτων, εξοπλισμού και εγκαταστάσεων στο αστικό περιβάλλον είναι μια αντικειμενική πραγματικότητα στη χώρα μας. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται συνήθως αφορούν αποκλειστικά τις σταθερές ή μόνιμες ηχητικές πηγές, οι οποίες όμως εντοπίζονται μόνο σε βιομηχανικό, βιοτεχνικό ή επαγγελματικό περιβάλλον. (Χατζηλυμπέρης, 2008)

Με βάση τις παραπάνω έρευνες και την αντίστοιχη βιβλιογραφία, έγινε προσπάθεια ανάδειξης του προβλήματος της επίδρασης του κυκλοφοριακού θορύβου στην σχολική μονάδα του 1<sup>ου</sup> Επαγγελματικού Λυκείου Άργους. Κυκλοφοριακός θόρυβος που προέρχεται από την οδική αρτηρία Άργους – Ναυπλίου, η οποία αρτηρία κάποιες ώρες της ημέρας (μέσα σε αυτές και οι ώρες λειτουργίας του σχολείου) δέχεται υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο με διέλευση μεγάλου αριθμού Ι.Χ αυτοκινήτων, λεωφορείων, μοτοσυκλετών, φορτηγών κ.α. Η ύπαρξη δημοσιευμένων μελετών σε σχέση με τον κυκλοφοριακό φόρτο της συγκεκριμένης οδικής αρτηρίας π.χ. μετρήσεις με χρήση αεροθαλάμων και αισθητήρων αντιστοίχων μονάδων καταμέτρησης (τα γνωστά μαύρα καλώδια), θα βοηθούσε στην εξαγωγή καλύτερων συμπερασμάτων. Παρόλα αυτά η επικρατούσα εκτίμηση είναι ότι η στάθμη του θορύβου είναι υψηλή και επηρεάζει σε κάποιο βαθμό την μαθησιακή διαδικασία στην σχολική μονάδα. Η χρήση ερωτηματολογίου

προς μαθητές και εκπαιδευτικούς του σχολείου και η πραγματοποίηση μερήσεων ηχητικής στάθμης εντός και εκτός κτιρίου, θα είναι οι κύριοι παράγοντες για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

### **3 Μεθοδολογία Έρευνας**

#### **3.1 Κτίριο 1<sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους**

Το κτίριο όπου στεγάζεται 1<sup>ο</sup> Επαγγελματικό Λύκειο Άργους κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και λειτουργεί συνεχώς από την 1-1-1984 (ημέρα εγκαινίων υπό τον τότε Υπουργό Παιδείας Απόστολο Κακλαμάνη). Το σχολείο τότε ονομάζονταν 1<sup>ο</sup> Τεχνικό Επαγγελματικό Λύκειο Άργους. Το κτίριο βρίσκεται στο σχολικό συγκρότημα της Δαλαμανάρας Άργους (2<sup>ο</sup> χλμ. Άργους – Ναυπλίου), όπου στο ίδιο σχολικό συγκρότημα και σε άλλα δύο διαφορετικά κτίρια στεγάζονται το 1<sup>ο</sup> Εργαστηριακό Κέντρο Άργους και το 3<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Άργους. Φορέας κατασκευής του τότε, ήταν ο Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων (Ο.Σ.Κ), ο οποίος πλέον έχει μετονομαστεί σε Κτιριακές Υποδομές ΚτΥπ ΑΕ. και είναι ο ενιαίος κατασκευαστικός φορέας του ελληνικού κράτους, για όλες τις δημόσιες κτιριακές υποδομές (νοσοκομεία, σχολεία, δικαστήρια, σωφρονιστικά καταστήματα κ.α. ).

Τα σύγχρονα σχολικά κτίρια κατασκευάζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρείας ΚτΥπ ΑΕ όπως αυτές αναφέρονται στην Τεχνική Περιγραφή και τις Προδιαγραφές των Οικοδομικών Εργασιών και επιπροσθέτως στο παράρτημα Α (Ειδική Τεχνική Συγγραφή Υποχρεώσεων) των έργων. Οι προδιαγραφές αφορούν την ηχομόνωση των κτιρίων γενικότερα (εσωτερικοί τοίχοι, οροφές, δάπεδα, ηχοπετάσματα) αλλά και τις προδιαγραφές επί μέρους υλικών όπως: ηχοαπορροφητικά πάνελ, ηχοαπορροφητικές και ηχοανακλαστικές ψευδοροφές, κουφώματα, υαλοπίνακες, ηχομονωτικές θύρες κτλ.

Το σκυρόδεμα είναι το βασικό και κύριο στοιχείο κατασκευής του κελύφους του κτιρίου. Σε κάθε αίθουσα υπάρχουν παράθυρα αλουμινίου (παλαιού τύπου), όμως οι υαλοπίνακες είναι μονοί (με ότι σημαίνει αυτό τόσο για την θερμομόνωση όσο και για την ηχομόνωση). Η τοιχοποιία είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, τούβλα και επιφανειακή επίστρωση από επίχρισμα. Την ευθύνη για την συντήρηση του κτιρίου την έχει ο Δήμος Άργους- Μυκηνών, μέσω της Σχολικής Επιτροπής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης του δήμου





Εικόνα 3-1 Κάτοψη, εξωτερική όψη και προαύλιος χώρος 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους

Κάποιες επεμβάσεις που έχουν γίνει στο κτίριο αφορούν την εσωτερική και εξωτερική βαφή του, την θωράκιση και στεγανοποίηση μέρους μόνο της ταράτσας και άλλες εργασίες μικρής εμβέλειας. Όσον αφορά την θωράκιση του κτιρίου από εξωτερικούς θορύβους δεν έχει υπάρξει κατά το παρελθόν καμία μελέτη και φυσικά δεν έχει παρθεί κάποιο μέτρο προς αυτήν την κατεύθυνση. Μία αξιοσημείωτη παρέμβαση όσον αφορά την ηχοπροστασία στον χώρο του σχολείου, ήταν η θωράκιση τριών μικρών αιθουσών σε σχέση με τον θόρυβο που παραγόταν εντός του σχολείου. Η επιφάνεια των αιθουσών αυτών ως προς τους διαδρόμους ήταν από κάποιου είδους ξύλινη επιφάνεια με συνέπεια να υπήρχε σημαντική επίδραση διαφόρων θορύβων προς αυτές τις αίθουσες. Τοποθετήθηκε λοιπόν πετροβάμβακας και διπλή γυψοσανίδα πάνω στην επιφάνεια του ξύλου, εσωτερικά της αίθουσας. Τα αποτελέσματα αυτής της παρέμβασης ήταν κάτι παραπάνω από ικανοποιητικά κάτι που ήταν κοινώς αποδεκτό από μαθητές και εκπαιδευτικούς.



**Εικόνα 3-2 Ηχομόνωση αίθουσας διδασκαλίας 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους**

Οι διαστάσεις των αιθουσών σχεδόν οι ίδιες για όλες τις αίθουσες και συγκεκριμένα 7,60 μέτρα πλάτος, 8,00 μέτρα μήκος και 3,20 μέτρα ύψος, με τον όγκο για την κάθε αίθουσα να είναι:

$$V = \Pi \times M \times Y = 7,60 \times 8,00 \times 3,20 = 194,56 \text{ m}^3. \quad (2)$$

Επίσης οι διαστάσεις των παραθύρων είναι 3,30 μέτρα πλάτος και 1,40 μέτρα ύψος και σε κάθε αίθουσα υπάρχουν δύο τέτοιες επιφάνειες. Συνεπώς η συνολική επιφάνεια των παραθύρων είναι  $9,24 \text{ m}^2$  ενώ όταν ανοίγουν το άνοιγμα που δημιουργείται είναι το μισό, δηλαδή  $4,62 \text{ m}^2$ . Ως γνωστόν τα παράθυρα είναι το αδύνατο σημείο στην θωράκιση ενός



κτιρίου απέναντι στον εξωτερικό θόρυβο, ειδικά όταν είναι μονά/απλά όπως στο κτίριο του ΕΠΑΛ.



**Εικόνα 3-3 Αίθουσα διδασκαλίας 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους**

Η οδική αρτηρία παραπλεύρως του κτιρίου, είναι ένας δρόμος με συχνή και πυκνή διέλευση όλων των τύπων των οχημάτων (δίτροχα, Ι.Χ αυτοκίνητα, φορτηγά και λεωφορεία) για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ημέρας, με αποτέλεσμα ο κυκλοφοριακός θόρυβος να είναι έντονος και συνεχής.

Σύμφωνα με την Διεύθυνση Τεχνικών Έργων της Περιφερειακής Ενότητας Αργολίδας, ο τύπος της ασφάλτου με τον οποίο έχει επιστρωθεί η οδική αρτηρία Άργους – Ναυπλίου καθόλο το μήκος της, είναι ο ΑΣ 20 (κλειστού τύπου). Ο συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιείται ως ενδιάμεση ασφατική εξομαλυντική στρώση αλλά και ως ασφατική στρώση κυκλοφορίας. Η υψηλή μηχανική αντοχή του συγκεκριμένου ασφαλτικού σκυροδέματος, εξασφαλίζει την ενίσχυση του οδοστρώματος αλλά και την επίτευξη εξαιρετικών επιφανειακών χαρακτηριστικών ομαλότητας, ομοιομορφίας, αντίστασης σε ολίσθηση και επιφανειακής υφής. Εφαρμόζεται σε νέες κατασκευές σε οδούς με σημαντική κυκλοφορία όπως επίσης και για την ανακαίνιση-συντήρηση παλαιών οδοστρωμάτων. (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Τεύχος Β'23-12-2009, Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή, Ασφατικές στρώσεις κλειστού τύπου, ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-11-04:2009)

## 3.2 Ερωτηματολόγιο

Λόγω της πανδημίας covid-19, θεωρήθηκε απαραίτητο η παροχή του ερωτηματολογίου προς τους ερωτηθέντες (εκπαιδευτικούς και μαθητές/-τριες) του 1<sup>ου</sup> Επαγγελματικού Λυκείου Άργους, να γίνει αποκλειστικά ηλεκτρονικά. Συνεπώς μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου απεστάλλει στους ερωτώμενους το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο, μαζί με συνοδευτικό κείμενο για την συμπλήρωση του αλλά και τον σκοπό της δημιουργίας του. Για την κατασκευή του ερωτηματολογίου έγινε χρήση των Google Forms (Παράρτημα Α). Ένας αριθμός μαθητών και μαθητριών (περίπου 30) που παρακολούθησε τα μαθήματα από το σχολείο, όταν αυτά επαναλειτούργησαν, ζήτησε να συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο κάνοντας χρήση των υπολογιστών του σχολείου. Παίρνοντας λοιπόν όλα τα απαραίτητα και προβλεπόμενα μέτρα υγιεινής και προφύλαξης λόγω της πανδημίας, έγινε χρήση ενός εργαστηρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του σχολείου μας. Μαθητές, μαθήτριες και οι επιβλέποντες εκπαιδευτικοί, ακολουθώντας όλες τις οδηγίες του υπουργείου για την αποφυγή διασποράς του ιού, προχώρησαν στην συμπλήρωση και υποβολή του ερωτηματολογίου.

Απαντήθηκαν μέσα σε τρεις μέρες 103 ερωτηματολόγια, αριθμός που θεωρήθηκε πολύ ικανοποιητικός για μία ασφαλή επεξεργασία των στοιχείων και εξαγωγής αντιπροσωπευτικών αποτελεσμάτων. Η δυναμική του σχολείου ήταν 45 εκπαιδευτικοί και 272 μαθητές (σύνολο 317), συνεπώς σχεδόν το 1/3 αυτών (32,5%) συμμετείχε στην έρευνα.

Στο ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκαν τρεις (3) ενότητες ερωτήσεων. Η πρώτη αφορούσε τα δημογραφικά στοιχεία των ερωτηθέντων, η δεύτερη αφορούσε γενικές ερωτήσεις για τον θόρυβο και την αντίληψη του θορύβου ενώ η τρίτη αφορούσε την σύνδεση του θορύβου με το σχολείο.

Στο σχολείο είχε προγραμματιστεί και μία ενημέρωση για τον θόρυβο και τις επιπτώσεις του θορύβου στην καθημερινότητα και στην υγεία του ανθρώπου, τόσο για μαθητές όσο και για εκπαιδευτικούς, με ενημερωτικό υλικό από το Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής (ΕΛ.ΙΝ.Α). Λόγω της πανδημίας όμως και της αναστολής λειτουργίας των σχολείων δεν ήταν εφικτή αυτή η ενημέρωση. Για τον λόγο αυτό στο ερωτηματολόγιο προστέθηκε και

ένα σύντομο βίντεο διάρκειας 1 min 29 sec, δημιουργίας του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος σε σχέση με την ηχορύπανση που αναφέρονταν συνοπτικά σε αυτές τις επιπτώσεις του θορύβου.

[https://www.youtube.com/watch?v=F8JpoQDspT0&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?v=F8JpoQDspT0&feature=emb_title)

Ολοκληρώνοντας λοιπόν την λήψη των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων, το επόμενο βήμα ήταν η επιπλέον επεξεργασία τους. Οι απαντήσεις του ερωτηματολογίου συγκεντρώθηκαν σε φύλλο εργασίας excel ώστε να επεξεργαστούν και να αποτυπωθούν όλα τα απαραίτητα γραφήματα (πίνακες, γραφήματα κτλ) για την επιπλέον επεξεργασία τους.

### **3.3 Μετρήσεις**

#### **3.3.1 Μετρήσεις περιβαλλοντικού θορύβου**

Για αποτυπωθεί το ακουστικό πεδίο μιας περιοχής απαιτούνται συγκεκριμένες μετρήσεις του περιβαλλοντικού θορύβου. Τα αποτελέσματα μιας μέτρησης κυκλοφοριακού θορύβου προσδιορίζουν τις διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν την χρονική περίοδο της μέτρησης στον τόπο της συγκεκριμένης μέτρησης. Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα μετρήσεων κυκλοφοριακού θορύβου είναι απαραίτητο να περιγράφονται παράμετροι όπως: αριθμός διέλευσης οχημάτων (IX ,βαρέων οχημάτων, μοτοσυκλετών), ταχύτητες διέλευσης των παραπάνω οχημάτων, κατάσταση οδοστρώματος, απόσταση από πηγή θορύβου και γεωμετρικά δεδομένα διάδοσης θορύβου, μετεωρολογικά δεδομένα κ.α. Ειδικότερα ο αριθμός και η συχνότητα διέλευσης οχημάτων διαφόρων τύπου παίζει σημαντικό ρόλο στην επιβάρυνση του κυκλοφοριακού θορύβου. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός τόσο μεγαλύτερη και η επιβάρυνση.

Τα όρια της ταχύτητας και ο περιορισμός των ορίων συνεπάγεται και μείωση της εκπομπής θορύβου. Ο περιορισμός της ταχύτητας για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (π.χ τις βραδινές και νυχτερινές ώρες), η μείωση της ταχύτητας στα αστικά κέντρα αλλά και η διαμόρφωση ήσυχων ζωνών – περιοχών όπου σε αυτές τις περιπτώσεις η επιτρεπόμενη ταχύτητα είναι χαμηλότερη από τα 30km/h. (πολλαπλή χρήση αυτοκίνητο, ποδήλατο, πεζόδρομος) δημιουργεί όλες τις προϋποθέσεις για περιορισμό του κυκλοφοριακού θορύβου.

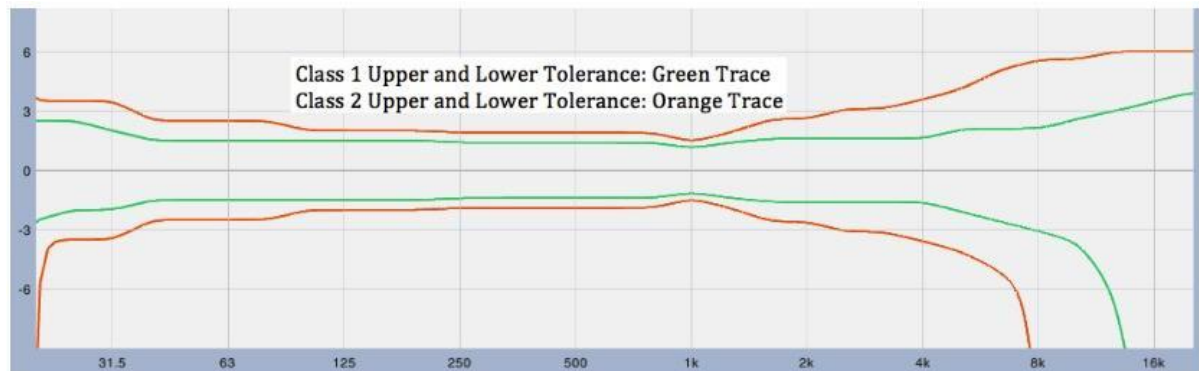
Σημαντικός είναι και ο ρόλος των μετεωρολογικών δεδομένων. Αν το όργανο μέτρησης κυκλοφοριακού θορύβου βρίσκεται σε απόσταση από τις πηγές θορύβου, τα μετεωρολογικά δεδομένα επηρεάζουν τα αποτελέσματα της μέτρησης. Η κατεύθυνση του ανέμου(π.χ ύπαρξη δυνατού ανέμου από την πηγή θορύβου προς τον δέκτη συνεπάγεται αύξηση της στάθμης θορύβου). Οι θερμοκρασίες των στρωμάτων του αέρα επίσης επηρεάζουν την μέτρηση (π.χ. ζεστό στρώμα πάνω από ψυχρό, δημιουργεί αύξηση της μετρούμενης στάθμης θορύβου σε σχέση με ομοίμορφα κατανεμημένη θερμοκρασία αέρα). Την ημέρα τα ζεστά στρώματα του αέρα βρίσκονται κάτω από τα κρύα στρώματα και το έδαφος δρα ως ηχοαπορροφητικό στοιχείο . Την νύχτα όπου τα ζεστά στρώματα αέρα είναι πάνω από τα ψυχρά, ο θόρυβος πιέζεται προς την κατεύθυνση του εδάφους.

Επίσης όσο αυξάνεται η απόσταση του δέκτη από την πηγή θορύβου τόσο μειώνεται και η μετρούμενη στάθμη. Για τον ακριβή όμως υπολογισμό αυτής της μείωσης πρέπει συνυπολογιστούν και άλλοι παράμετροι υπόψη, όπως πιθανές αντανακλάσεις, καιρικές συνθήκες, φυσικά εμπόδια στην διαδρομή (φυτά, δέντρα κτλ.).

Για να υπάρξει βέβαια αντιπροσωπευτική εικόνα του ηχητικού περιβάλλοντος και να δημιουργηθούν οι χάρτες θορύβου, απαιτούνται μακροχρόνιες μετρήσεις θορύβου σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (ημέρα - βράδυ, καθημερινή – σαββατοκύριακο/γιορτή, χειμώνας - καλοκαίρι κτλ). Οι βραχυχρόνιες μετρήσεις θορύβου αντιμετωπίζουν προβλήματα αξιοπιστίας λόγω του ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος για μικρό χρονικό διάστημα ίσως να μην είναι αντιπροσωπευτικός για την εικόνα του ηχητικού περιβάλλοντος της υπό διερεύνησης περιοχής

### **3.3.2 Ηχώμετρα**

Για την πραγματοποίηση ηχομετρήσεων βασικό όργανο μέτρησης είναι το ηχώμετρο. Τα πρότυπα κατασκευής των ηχώμετρων είναι το IEC61672-1:2002 ή το BS EN61672-1:2003, όπου καθορίζουν ένα ευρύ φάσμα κριτηρίων που πρέπει να πληροί το όργανο. Στο ισχύον επομένως πρότυπο IEC61672-1:2002 υπάρχουν δυο επίπεδα ανοχής τα οποία είναι γνωστά ως κλάσεις 1 και 2 (class 1 και class 2).



Σχήμα 3-1 Γράφημα απόκρισης ανοχών για μετρητές στάθμης ήχου class 1 και class 2

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)	ΑΝΟΧΕΣ (dB)	
	Class 1	Class 2
Στην συχνότητα αναφοράς και διακρίβωσης 1kHz.	±1,1	±1,4
Στην κάτω ακραία συχνότητα 20 Hz	±2,5	±3,5
Στην κάτω ακραία συχνότητα 20 Hz	+2,5 -4,5	+5,5 -∞
Σε υψηλή συχνότητα 10 kHz.	+2,6 -3,6	+5,6 -∞
Σε υψηλή συχνότητα 16kHz.	+3,5 -17	+6 -∞

Πίνακας 3-1 Διακριτές τιμές συχνοτήτων-ανοχών σε (dB) των μετρητών στάθμης class 1 και 2.

Όπως έχει προαναφερθεί το ανθρώπινο αυτί είναι πιο ευαίσθητο στον ήχο, για την περιοχή συχνοτήτων από 1 έως 4 kHz παρά για τις περιοχές πολύ χαμηλών ή τις πολύ υψηλών συχνοτήτων. Όσον αφορά τον θόρυβο, οι υψηλότερες ηχητικές πιέσεις σε χαμηλότερες και υψηλότερες συχνότητες είναι περισσότερο αποδεκτές ως θόρυβος, από ότι στο μέσο εύρος ζώνης συχνοτήτων

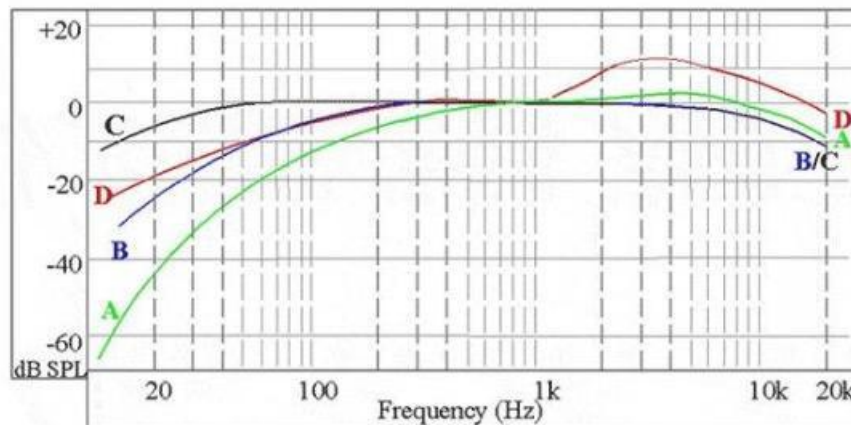
Η γνώση για την λειτουργία του αισθητηρίου της ακοής (αυτί) είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο για τον ακουστικό σχεδιασμό όσο και τις μετρήσεις του ήχου. Συνεπώς για την αντιστάθμιση της ανθρώπινης ακοής, οι μετρητές ήχου είναι συνήθως εξοπλισμένοι με ηλεκτρονικά φίλτρα ζώνης διέλευσης συχνοτήτων, τα οποία προσαρμόζουν τη

μετρούμενη απόκριση ήχου στην ανθρώπινη αίσθηση του ήχου. Τα πιο συνηθισμένα φίλτρα είναι:

**A-weighting ή dB(A):** Η στάθμιση A είναι μια τυπική στάθμιση των ακουστικών συχνοτήτων που έχει σχεδιαστεί για να προσομοιάσει την ανταπόκριση του ανθρώπινου αυτιού στον θόρυβο. Οι μετρήσεις που γίνονται με αυτή τη στάθμιση θα εμφανίζονται ως dB(A) ή dBA. Το dB(A) είναι το φίλτρο που χρησιμοποιείται ευρέως. Το dB (A) αντιστοιχεί κατά προσέγγιση στο αντίστροφο της καμπύλης ίσης-έντασης 40 dB (σε 1 kHz) για το ανθρώπινο αυτί.

**C weighting ή dB(C):** Η στάθμιση C δίνει πολύ περισσότερη έμφαση στους ήχους χαμηλής συχνότητας από την στάθμιση A και είναι ουσιαστικά επίπεδη ή γραμμική μεταξύ 31,5Hz και 8kHz. Οι μετρήσεις που γίνονται με αυτή τη στάθμιση θα εμφανίζονται ως dB(C) ή dBC. Το φίλτρο decibel C είναι πρακτικά γραμμικό σε αρκετές οκτάβες και είναι κατάλληλο για υποκειμενικές μετρήσεις σε πολύ υψηλά επίπεδα ηχητικής πίεσης.

Άλλα φίλτρα που χρησιμοποιούνται σε μικρότερη όμως κλίμακα είναι τα B και D που συναντιούνται σε κάποιους μετρητές στάθμης ήχου.



Σχήμα 3-2 Απόκριση φίλτρων A,B,C και D στο εύρος συχνοτήτων λειτουργίας των ηχομέτρων.

Βασικές επιλογές ενός ηχομέτρου είναι οι επιλογές *fast*, *slow*, και *impulse* οι οποίες σχετίζονται τον χρόνο έκθεσης και δειγματοληψίας του οργάνου κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Κάθε μία από αυτές έχει μια συγκεκριμένη διάρκεια αποτίμησης της στάθμης ήχου:



- **Fast:** γρήγορη αξιολόγηση μέσης τιμής, διάρκεια 125ms, εφαρμογή για σταθερές μεταβολές θορύβου (θόρυβος κίνησης, θόρυβος γειτονιάς, βιομηχανικός θόρυβος)
- **Slow:** αργή αξιολόγηση μέσης τιμής, διάρκεια 1s εφαρμογή για σταθερό θόρυβο (μονότονο βουητό).
- **Impulse:** παλμική αξιολόγηση, διάρκεια 35ms εφαρμογή για θόρυβο έκρηξη (πιστόλια, χτυπήματα σφυριών).

### **3.3.3 Εξοπλισμός και διαδικασία μετρήσεων στην σχολική μονάδα.**

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων θορύβου στους χώρους του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους, χρησιμοποιήθηκε το βαθμονομημένο ηχόμετρο τύπου MASTECH MS6700 Ψηφιακό ηχόμετρο - Μετρητής έντασης ήχου SPL Meter. Διαθέτει 6 κλίμακες μέτρησης: 30-80dB, 40-90dB, 50-100dB, 60-110dB, 70-120dB, 0-130dB. Επίσης διαθέτει και αυτόματη κλίμακα AUTO-RANGE η οποία καλύπτει όλο το εύρος μετρήσεων **30-130dB**. Έχει ψηφιακή οθόνη LCD για την ένδειξη των μετρήσεων, καθώς επίσης και αναλογική μπάρα, λειτουργία μνήμης για την μέγιστη ένδειξη (MAX HOLD) καθώς και ένδειξη χαμηλής μπαταρίας.

Κατά την διαδικασία των ηχομετρήσεων στο σχολείο, το ηχόμετρο τοποθετήθηκε πάνω σε τρίποδα και βασική επιλογή χρήσης του ηχομέτρου για όλες τις μετρήσεις ήταν η επιλογή fast και αυτό διότι η συγκεκριμένη επιλογή είναι η κατάλληλη όταν η μέτρηση αφορά κυκλοφοριακό θόρυβο. (Σκαρλάτος, 2015) . Οι γρήγορες αλλά και σταθερές μεταβολές του θορύβου από τα διερχόμενα οχήματα, χρειάζονται πολύ μικρό χρόνο για την αξιολόγηση της μέσης τιμής και η επιλογή fast (125msec) είναι η πλέον ενδεδειγμένη.

Επιπλέον επιλέχθηκε το ηλεκτρονικό φίλτρο A για την στάθμιση των ακουστικών συχνοτήτων ώστε να προσομοιωθεί η ανταπόκριση του ανθρώπινου αυτιού στον θόρυβο και οι τιμές τις στάθμης θα έχουν το σύμβολο db(A).



**Εικόνα 3-4 Ηχόμετρο μετρήσεων MASTECH MS6700**

Η διαδικασία πραγματοποίησης των μετρήσεων θορύβου στην σχολική μονάδα του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑ.Λ. ξεκίνησε με κάποιες δοκιμαστικές μετρήσεις σε διαφορετικούς χώρους και αίθουσες του κτιρίου, σε ώρες λειτουργίας του σχολείου 8:30πμ.–2μμ. (Ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδικής αρτηρίας Άργους – Ναυπλίου είναι συνεχής και αυξημένος από τις 7:00πμ. έως τις 3:00μμ). Στόχος ήταν να αποφασιστεί από ποιες αίθουσες θα εξαχθούν καλύτερα συμπεράσματα σε σχέση με την επίδραση του κυκλοφοριακού θορύβου, προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους - Ναυπλίου . Έτσι επιλέχθηκαν αίθουσες που έχουν “μέτωπο-πρόσοψη” στον δρόμο, αίθουσες που έχουν υπό γωνία προσανατολισμό προς τον δρόμο, αίθουσες που δεν έχουν κανένα προσανατολισμό προς τον δρόμο, όπως επίσης και αίθουσες με τον ίδιο προσανατολισμό αλλά σε διαφορετικό όροφο (η μία πάνω από την άλλη).

Η αναστολή λειτουργίας των σχολείων λόγω της πανδημίας covid-19 διέκοψε την διαδικασία των μετρήσεων. Όμως αυτή η αναστολή λειτουργίας των σχολείων και ο γενικότερος περιορισμός της μετακίνησης των πολιτών (καραντίνα) έδωσε την ευκαιρία να μετρηθεί ο περιβαλλοντικός θόρυβος και ειδικότερα ο κυκλοφοριακός θόρυβος στο σχολείο υπό συνθήκες σημαντικά μειωμένου κυκλοφοριακού φόρτου. Έτσι λοιπόν οι μετρήσεις έγιναν σε δύο διαφορετικές χρονικά περιόδους. Η πρώτη περίοδος ήταν κατά την αναστολή λειτουργίας των σχολείων και τον αυστηρό περιορισμό της μετακίνησης



των πολιτών και η δεύτερη κατά την επαναλειτουργία των σχολείων και την ελεύθερη μετακίνηση των πολιτών.



**Εικόνα 3-5 Οδική αρτηρία Άργους - Ναυπλίου**

Σε κάθε αίθουσα επιλέχθηκαν δύο θέσεις μέτρησης. Η μία σε απόσταση 1,5 μέτρου από το παράθυρο και η άλλη στο μέσο της αίθουσας. Επίσης οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο με τα παράθυρα των αιθουσών κλειστά όσο και με τα παράθυρα ανοιχτά και για τις δύο θέσεις μέτρησης.

Η θέση παρατήρησης του 1,5 μέτρου από το παράθυρο εξηγείται για τον λόγο ότι υπάρχει διάδρομος μεταξύ παραθύρου και θρανίου ίσος με 80-90 εκατοστά και το μέσον ενός θρανίου είναι 60-65 εκατοστά ανάλογα με τον τύπο του θρανίου. Επίσης το ηχόμετρο ήταν τοποθετημένο πάνω στον τρίποδα σε ύψος 1,10 m που προσομοιώνει το ύψος του αυτιού ενός έφηβου μαθητή όταν αυτός κάθεται σε σχολική καρέκλα. Η όλη διαδικασία των μετρήσεων καταγράφηκε οπτικοακουστικά με ψηφιακή κάμερα, τοποθετημένη σε τρίποδα, η οποία βρίσκονταν δίπλα και πάνω από το ηχόμετρο. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε κάμερα ήταν για να μην υπάρχει παρατηρητής κοντά στο ηχόμετρο όπου η παρουσία του πιθανώς να επηρεάσει τις μετρήσεις. Επίσης λόγω της οπτικοακουστικής καταγραφής, δόθηκε η δυνατότητα ακριβέστερης και προσεκτικότερης επεξεργασίας των μετρήσεων σε ύστερο χρόνο, εξαλείφοντας έτσι το σφάλμα μέτρησης του παρατηρητή. Η συνολική χρονική περίοδος μέτρησης και παρατήρησης ήταν για κάθε αίθουσα 32 min. Ο χρόνος αυτός διαμοιράζονταν σε 8 min για κάθε μέτρηση (16 min με τα παράθυρα κλειστά όπου τα 8min ήταν με θέση παρατήρησης 1,5μ από το παράθυρο της αίθουσας και 8min θέση παρατήρησης το κέντρο της αίθουσας). Ο χρόνος

αυτός, ήταν ο καθαρός χρόνος μετρήσεων και δεν προσμετρήθηκε βέβαια ο χρόνος προετοιμασίας της διαδικασίας ή ο χρόνος εναλλαγής των καταστάσεων μέτρησης ( π.χ. χρονομετρούνταν ο χρόνος εισόδου και εξόδου από την αίθουσα ώστε να μην λαμβάνονται υπόψη οι αντίστοιχες τιμές μετρήσεων κατά την επεξεργασία τους). Η διαδικασία επαναλήφθηκε με ακριβώς όμοιο τρόπο και με τα παράθυρα ανοικτά.

Λόγω του ότι ο συγκεκριμένος τύπος ηχομέτρου δεν διέθετε κύκλωμα ολοκλήρωσης, για τον υπολογισμό της ισοδύναμης στάθμης  $L_{eq}$ , υπήρξε χρήση του τύπου της ισοδύναμης στάθμης. Ως ισοδύναμη στάθμη ορίζεται η στάθμη που θα πρέπει να έχει ένας σταθερής στάθμης ήχος που περικλείει την ίδια ακουστική ενέργεια με τον χρονικά κυμαινόμενο ήχο (Σκαρλάτος) και υπολογίζεται από τον τύπο :

$$L_{eq} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} (10^{0,1L_1} \Delta t_1 + 10^{0,1L_2} \Delta t_2 + \dots) \right] \quad (3) \quad (\text{Σκαρλάτος, 2015})$$

Οπότε κατά την παρακολούθηση της οπτικοακουστικής καταγραφής υπήρχε οπτική παρατήρηση του οργάνου ανά 1 min, στο χρονικό διάστημα των 8 min της κάθε μέτρησης ώστε να επιλεγούν οι τιμές μέτρησης που θα χρησιμοποιούνταν για τον υπολογισμό της ισοδύναμης στάθμης  $L_{eq}$ .

Βέβαια στις συνθήκες της καραντίνας η διαδικασία των μετρήσεων ήταν απλούστερη. Επικρατούσε γενικά ησυχία και μόνο κάποιες στιγμές όπου υπήρχε διέλευση οχήματος, με οπτική παρατήρηση στο ηχόμετρο γινόταν καταγραφή της ένδειξης και του αιτίου του θορύβου (π.χ. κίνηση ενός ή δύο αυτοκινήτων ταυτόχρονα, διέλευση βαρέως οχήματος).

Κατά την περίοδο επαναλειτουργίας του σχολείου έγινε επανάληψη της διαδικασίας των μετρήσεων, στις ίδιες ακριβώς αίθουσες. Επιλέχθηκε μία μέρα όπου δεν υπήρχε προσέλευση μαθητών στο σχολείο (ημέρα έκδοσης αποτελεσμάτων φοίτησης). Ο λόγος ήταν για να μην υπάρχουν άλλες πηγές θορύβου εντός του σχολείου και να μετράται ο εξωτερικός θόρυβος και μόνο (κυκλοφοριακός κατά βάση) ώστε να αποτυπωθεί μόνο η ύπαρξη και η επίδραση αυτών των θορύβων. Ένας επιπλέον λόγος ήταν ότι και κατά την πρώτη περίοδο των μετρήσεων (αναστολή λειτουργίας σχολείου), δεν υπήρχαν μαθητές άρα σε μεγάλο βαθμό εξασφαλίζονται οι ίδιες συνθήκες μέτρησης εντός του σχολείου.



**Εικόνα 3-6 Θέσεις παρατήρησης**

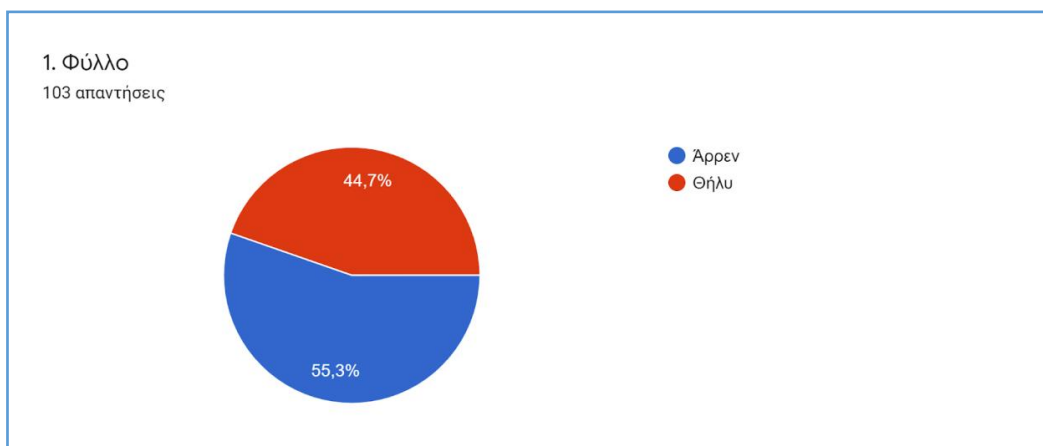
Οι μετρήσεις παρουσιάζονται ανάλογα με τον προσανατολισμό που έχουν οι αίθουσες προς την οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου. Αρχικά το γραφείο καθηγητών (I) στο ισόγειο του κτιρίου, η αίθουσα 5 του 1<sup>ου</sup> ορόφου και το εργαστήριο Η/Υ (I) στον 2<sup>ο</sup> όροφο που έχουν πρόσοψη προς την οδική αρτηρία και επιπλέον ο κάθε χώρος βρίσκεται ακριβώς πάνω από τον άλλο. Έπειτα παρουσιάζονται οι αίθουσες με προσανατολισμό υπό γωνία ως προς την οδική αρτηρία και αυτές είναι η αίθουσα 1 και η αίθουσα 8 του 1<sup>ου</sup> ορόφου καθώς και η αίθουσα 4 του 2<sup>ου</sup> ορόφου, η οποία βρίσκεται ακριβώς πάνω από την 8. Μετρήσεις έγιναν και στην αίθουσα 3 του 1<sup>ου</sup> ορόφου, η οποία είναι εσωτερική προς το προαύλιο και δεν έχει καμία οπτική επαφή με τον δρόμο. Τέλος πραγματοποιήθηκαν και δύο μετρήσεις σε εξωτερικό χώρο. Η πρώτη στην πρόσοψη του κτιρίου και έμπροσθεν του γραφείου των καθηγητών και η δεύτερη στο όριο μεταξύ του προαυλίου του σχολείου και του χώρου στάθμευσης των οχημάτων.

## 4 Αποτελέσματα

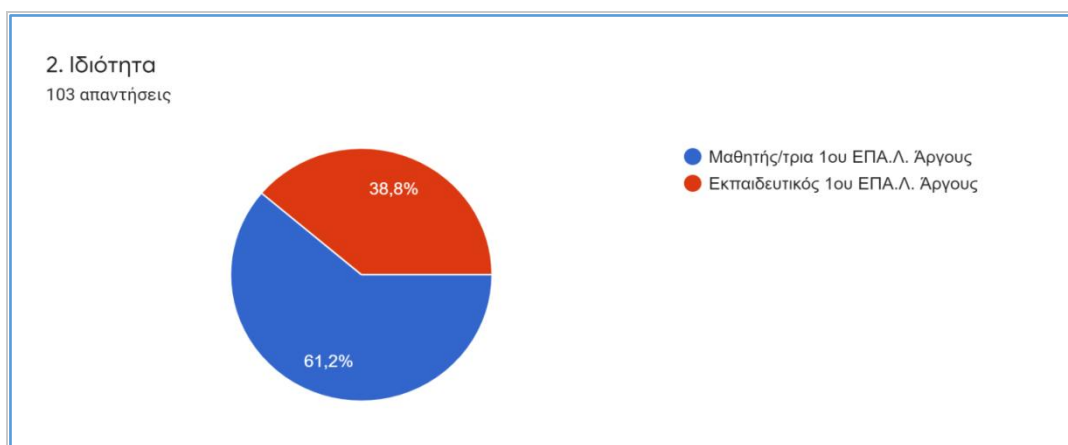
### 4.1 Επεξεργασία ερωτηματολογίου

#### Ερωτήσεις δημογραφικών στοιχείων ερωτηθέντων (ερωτήσεις 1-4)

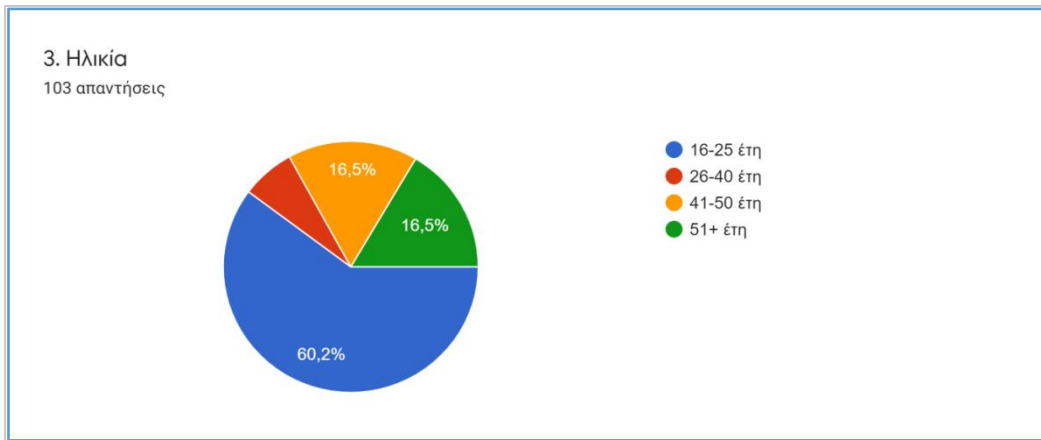
Οι πρώτες τέσσερις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, αφορούν τα δημογραφικά στοιχεία των ερωτηθέντων. Έχουν σχέση με το φύλλο, την ιδιότητα του ερωτώμενου (μαθητής ή εκπαιδευτικός), την ηλικία του καθώς και τον τόπο διαμονής (το σχολείο δέχεται μαθητές από όλη την περιοχή της Αργολίδας ενώ και οι εκπαιδευτικοί δεν είναι αποκλειστικά κάτοικοι της πόλης του Άργους). Τα παραγόμενα αποτελέσματα αποτυπώνονται όπως παρακάτω:



Σχήμα 4-1. Φύλο ερωτηθέντων

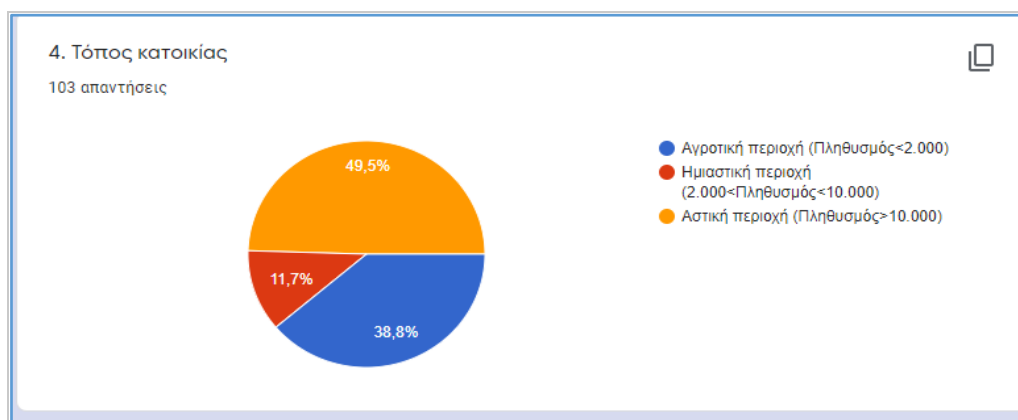


Σχήμα 4-2 Ιδιότητα ερωτηθέντων



Σχήμα 4-3 Ηλικία ερωτηθέντων

Από τα γραφήματα της ιδιότητας και της ηλικίας των ερωτώμενων, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το εκπαιδευτικό προσωπικό είναι σε ηλικίες που συσχετίζονται με 15 και πλέον έτη προϋπηρεσίας με τους περισσότερους να έχουν πάνω από 20 έτη. Το εκπαιδευτικό δυναμικό του σχολείου στην πλειονότητά του είναι 45 ετών και άνω και σε συνδυασμό με την προϋπηρεσία τους, η ευαισθησία τους σε θέματα θορύβου ίσως να είναι περισσότερο αυξημένη ή επίσης μπορεί να έχουν ζητήματα ακουστικής ικανότητας και ίσως ακουστικής απώλειας. (Νοσοκομεία ομίλου ΥΓΕΙΑ, 2014) . Επίσης ένα μέρος του μαθητικού δυναμικού αφορά ενήλικες, άνω των 18 ετών. Αυτό συμβαίνει φια το λόγο της μη ύπαρξης Εσπερινού Επαγγελματικού Λυκείου στην Αργολίδα με αποτέλεσμα ενήλικες που θέλουν να ακολουθήσουν την δευτεροβάθμια τεχνική επαγγελματική να έχουν το δικαίωμα εγγραφής και παρακολούθησης της φοίτησης στο 1<sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους.

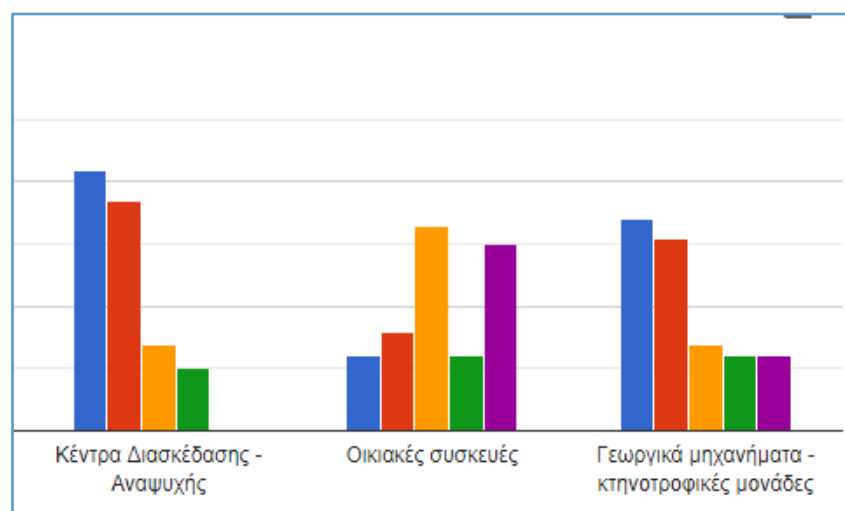
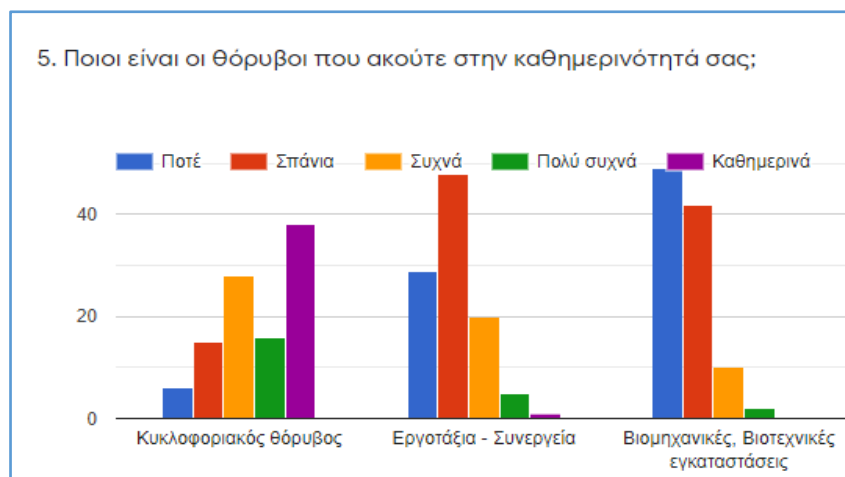


Σχήμα 4-4 Τόπος κατοικίας ερωτηθέντων

Παρατηρείται ότι όσον αφορά τον τόπο διαμονής και κατοικίας των ερωτώμενων, σχεδόν οι μισοί δεν κατοικούν στην πόλη του Άργους αλλά μεταβαίνουν στο σχολείο από τις γύρω κωμοπόλεις (Κουτσοπόδι και Νέα Κίο, 11,7 %) και από διάφορα χωριά του νομού Αργολίδας (υπόλοιπο 38,8 %). Αυτό μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι τόσο η αντίληψη του θορύβου όσο και τα είδη των θορύβων που αντιλαμβάνονται οι ερωτώμενοι να είναι διαφορετικά και να συνδέονται με τον τόπο κατοικίας τους.

### Ερωτήσεις σε σχέση με ήχο-θόρυβο (5-10)

Οι ερωτώμενοι καλούνται να απαντήσουν ερωτήσεις που έχουν σχέση με τον θόρυβο και ειδικότερα πως αντιλαμβάνονται τον θόρυβο, τις πηγές του θορύβου, τις συνέπειές του και αν γνωρίζουν την ύπαρξη νομοθεσίας για το συγκεκριμένο ζήτημα.



Σχήμα 4-5 Θόρυβοι κατά την καθημερινότητα



<b>Είδος Θορύβου</b>	<b>Συχνά</b>	<b>Πολύ Συχνά</b>	<b>Καθημερινά</b>	<b>Σύνολο</b>
<i>Κυκλοφοριακός θόρυβος</i>	28	16	38	82 (79,6%)
<i>Οικιακές συσκευές</i>	30	12	33	75 (72,8%)
<i>Γεωργικά μηχανήματα</i>	14	12	12	38 (36,9%)

**Πίνακας 4-1 Συνηθέστερα είδη θορύβων**

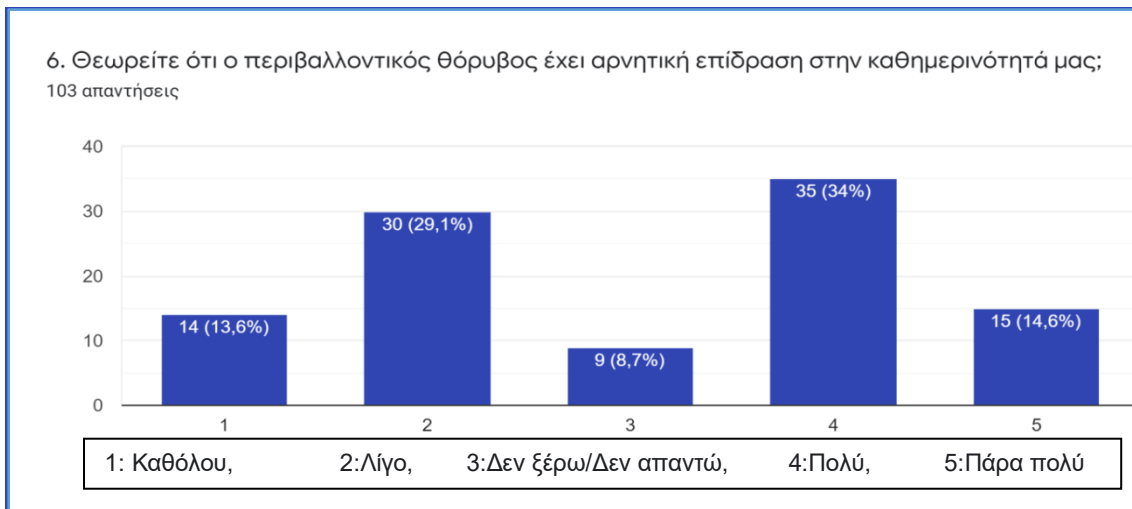
Από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων, παρατηρείται τόσο ο κυκλοφοριακός θόρυβος όσο και οι οικιακές συσκευές είναι οι δύο κυρίαρχες πηγές θορύβων που ακούν οι ερωτώμενοι. Ακολουθεί ο θόρυβος από γεωργικά μηχανήματα ο οποίος συσχετίζεται άμεσα με τους διαμένοντες σε αγροτική περιοχή. (Πίνακας 4-1)

<b>Είδος Θορύβου</b>	<b>Ποτέ</b>	<b>Σπάνια</b>	<b>Σύνολο</b>
<i>Βιομηχανίες</i>	49	42	91 (88,3%)
<i>Κέντρα διασκέδασης</i>	42	37	79 (68%)
<i>Εργοτάξια</i>	29	48	77 (74,8%)

**Πίνακας 4-2 Σπανιότερα είδη θορύβων**

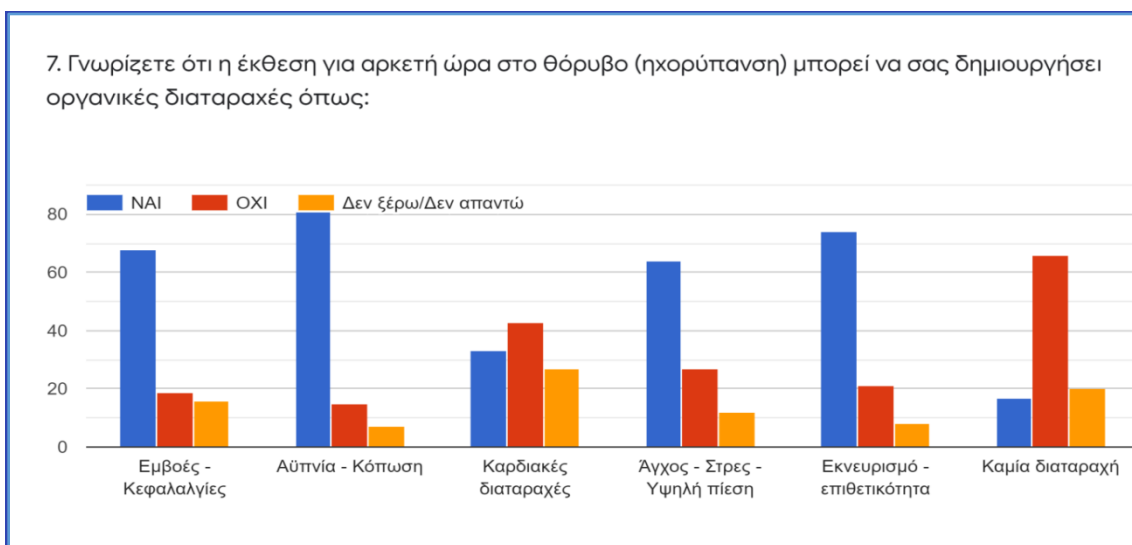
Στην αντίπερα όχθη, (Πίνακας 4-2) οι πηγές θορύβου οι οποίες ενοχλούν λιγότερο τους ερωτώμενους είναι η βιομηχανίες (λιγιστές στην περιοχή της Αργολίδας και εγκατεστημένες σε βιομηχανική περιοχή), τα κέντρα διασκέδασης (λίγα σε αριθμό, εγκατεστημένα στην παραλιακή ζώνη Ναυπλίου – Νέας Κίου και σε θερινή λειτουργία) και τα εργοτάξια ( η περίοδος της κρίσης δεν ευνοεί τον κατασκευαστικό κλάδο).

Η πρώτη εκτίμηση που δημιουργείται είναι ότι οι ερωτώμενοι γίνονται αποδέκτες του κυκλοφοριακού θορύβου στην καθημερινότητά τους. Απομένει να αποδειχτεί αν αυτός ο κυκλοφοριακός θόρυβος γίνεται και ενοχλητικός.



Σχήμα 4-6 Περιβαλλοντικός θόρυβος και αρνητική επίδραση στην καθημερινότητα

Το ποσοστό των ερωτώμενων που θεωρούν ότι ο περιβαλλοντικός θόρυβος δεν επέχει καμία αρνητική επίδραση στην ανθρώπινη καθημερινότητα, περιορίζεται στο ποσοστό του 13,6%. Θεωρητικά όποιος ερωτώμενος παρακολούθησε το βίντεο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος στην αρχή του ερωτηματολογίου, θα λάμβανε την ενημέρωση ότι για τις παρενέργειες και τις επιπτώσεις του θορύβου στην ανθρώπινη καθημερινότητα. Βέβαια η παρακολούθηση ήταν προαιρετική και επιπλέον αυτό δεν σημαίνει ότι όποιος το παρακολούθησε αποδέχτηκε τις πληροφορίες και το περιεχόμενο του.



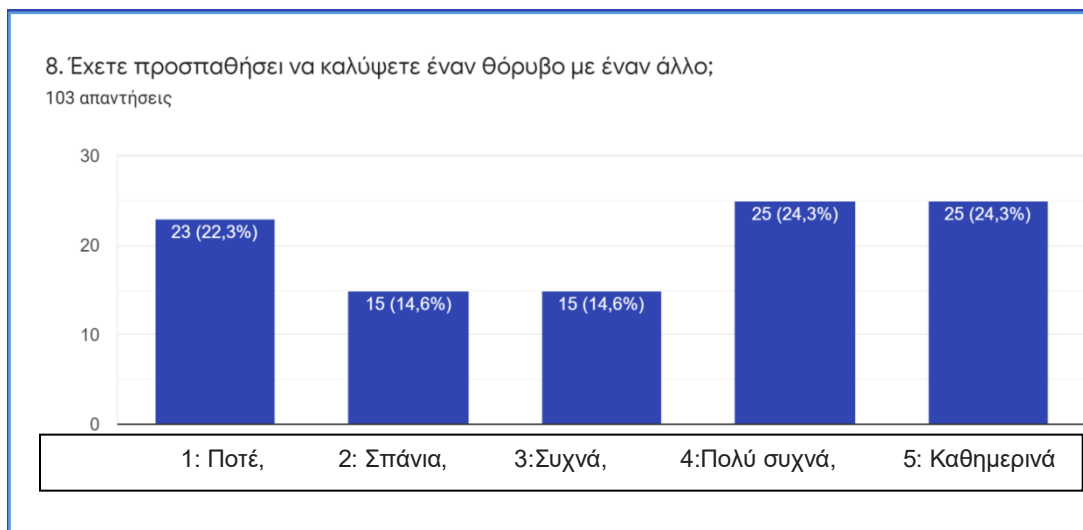
Σχήμα 4-7 Θόρυβος και οργανικές διαταραχές



Οργανική Διαταραχή	ΝΑΙ (Ποσοστό %)
Εμβοές - Κεφαλαγίες	68 - (66%)
Αϋπνία - Κόπωση	81 - (78,6%)
Καρδιακές Διαταραχές	33 - (32%)
Άγχος -Στρες -Υψηλή πίεση	64 - (62,1%)
Εκνευρισμός - επιθετικότητα	74 - (71,8%)

**Πίνακας 4-3 Οργανικές Διαταραχές**

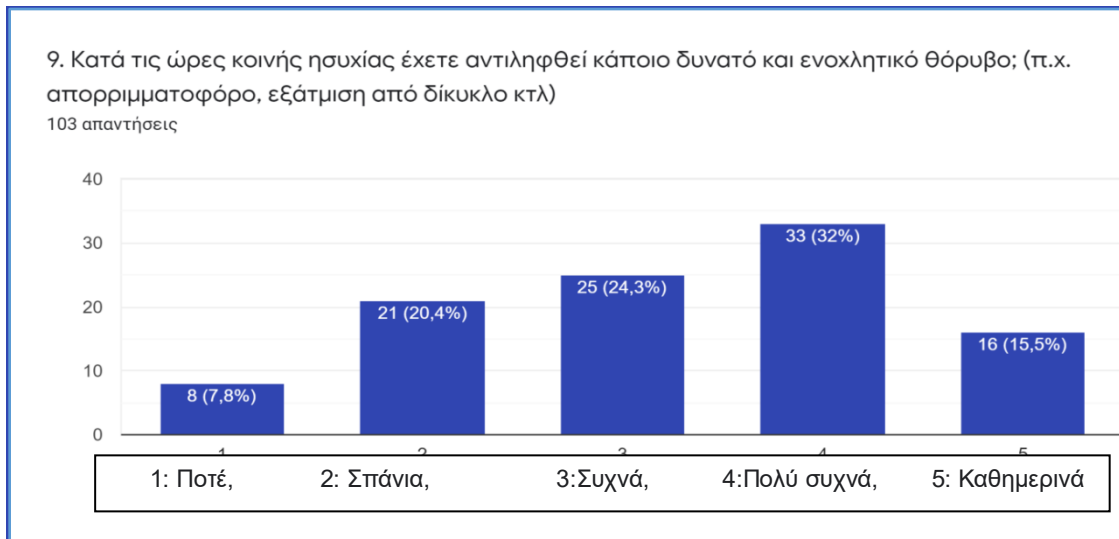
Σχεδόν 1 στους 2 ερωτηθέντες θεωρεί ότι ο θόρυβος έχει αρνητική επίδραση στην καθημερινότητά του ενώ η ίδια αναλογία των ερωτηθέντων θεωρεί ότι ο θόρυβος έχει αρνητική επίδραση στην καθημερινότητά του ενώ σε ποσοστά που κυμαίνονται από **52,3%** έως **78,6%**, οι ερωτώμενοι γνωρίζουν για τις οργανικές διαταραχές (εμβοές, άγχος, αϋπνίες, εκνευρισμό κτλ) που προκαλεί η έκθεση σε θόρυβο για μεγάλα χρονικά διαστήματα .



**Σχήμα 4-8 Κάλυψη θορύβου με άλλον θόρυβο**

Παρατηρούμε ότι σε ποσοστό 63,2% των ερωτηθέντων, αποδέχονται ότι έχουν προσπαθήσει να καλύψουν έναν θόρυβο δημιουργώντας έναν άλλο. Πράγμα βέβαια που επιβαρύνει το ηχητικό περιβάλλον που ζούμε, επιδεινώνοντας το πρόβλημα. Είναι ενδεικτικό ότι μερικές φορές οι εκπαιδευτικοί μέσα στην τάξη είναι προτιμότερο να

ομιλούν με χαμηλότερη ένταση της φωνής τους με αποτέλεσμα και οι μαθητές να ησυχάζουν και να μην διακόπτουν χωρίς λόγο το μάθημα.



Σχήμα 4-9 Ενόχληση κατά τις ώρες κοινής ησυχίας.

Ποσοστό 71,8% των ερωτηθέντων, έχουν βρεθεί στην δυσάρεστη θέση να έχουν ενοχληθεί από κάποιον έντονο και δυσάρεστο θόρυβο κατά τις ώρες κοινής ησυχίας. Το ποσοστό αυτόν είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των ποσοστών όσων κατοικούν σε αστική ή ημιαστική περιοχή (61,2%), όπου είναι κοινών παραδεκτό ότι παράγονται τέτοιου είδους θόρυβοι. Πράγμα που σημαίνει ότι δυνατοί και ενοχλητικοί θόρυβοι παράγονται σε ώρες κοινής ησυχίας και σε αγροτικές περιοχές (π.χ. αγροτικά μηχανήματα και εργαλεία).

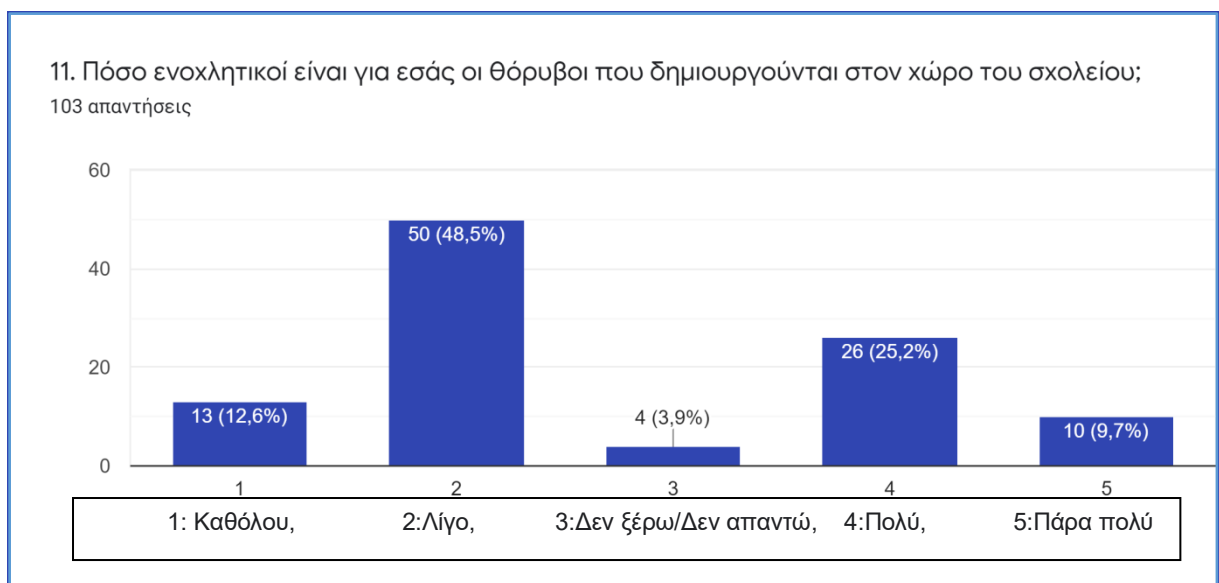


Σχήμα 4-10 Ενημέρωση για την ύπαρξη νομοθεσίας σε σχέση με τον θόρυβο

Τέλος οριακά πάνω από τους μισούς ερωτηθέντες γνωρίζουν για την ύπαρξη νομοθεσίας η οποία να ορίζει τα θέματα περιβαλλοντικού θορύβου. (π.χ. ώρες κοινής ησυχίας, θόρυβος από κέντρα διασκέδασης και έλεγχος αυτών, θόρυβος από εξατμίσεις αυτοκινήτων ή μοτοσυκλετών και έλεγχος από Τροχαία ή ΚΤΕΟ κτλ)

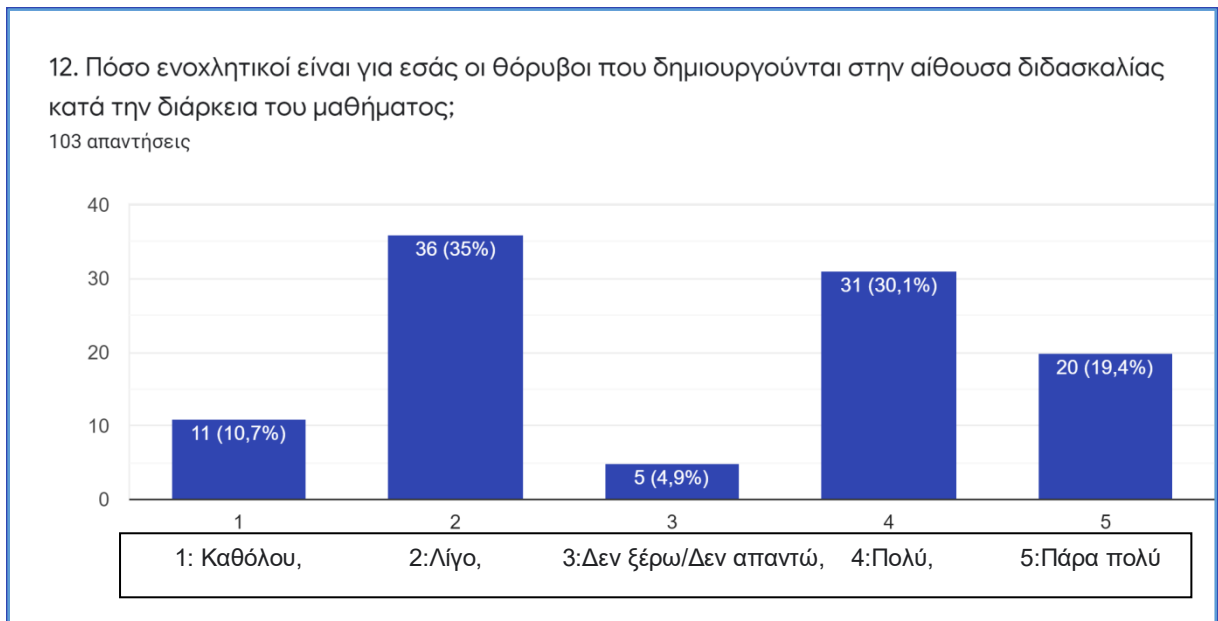
### **Θόρυβος και σχολείο**

Στις ερωτήσεις 11-20, οι ερωτώμενοι αποτυπώνουν με τις απαντήσεις τους, την ενόχλησή τους ή όχι από τους θορύβους που δημιουργούνται στο σχολικό περιβάλλον του 1<sup>ου</sup> Επαγγελματικού Λυκείου Άργους καθώς και τον βαθμό που αυτοί οι θόρυβοι επηρεάζουν την μαθησιακή διαδικασία στον χώρο του σχολείου και εν τέλει αν πρέπει να ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης της επίδρασης του θορύβου.



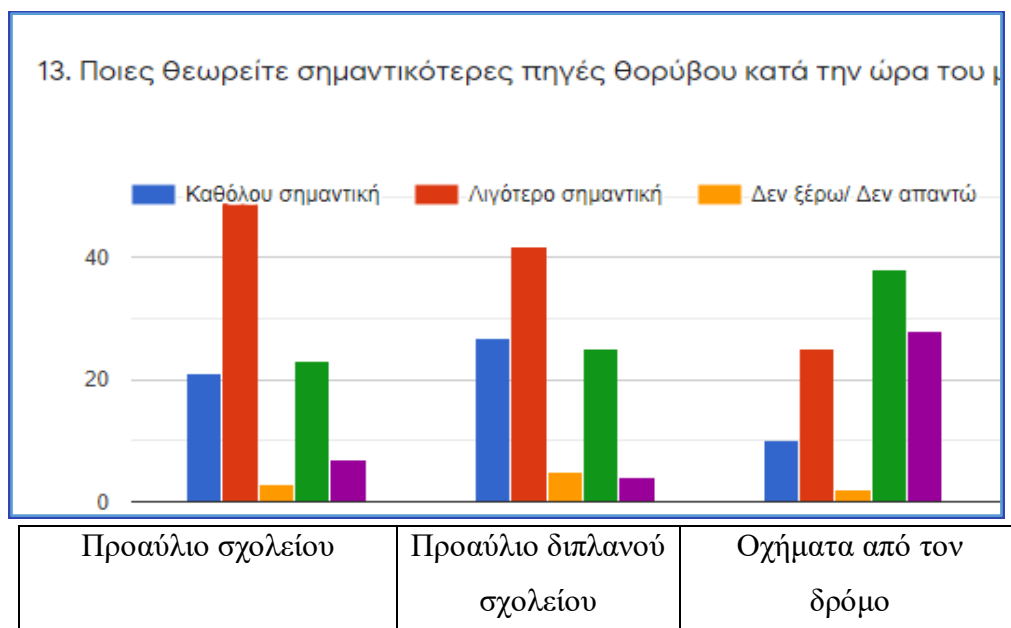
**Σχήμα 4-11. Θόρυβος και σχολείο**

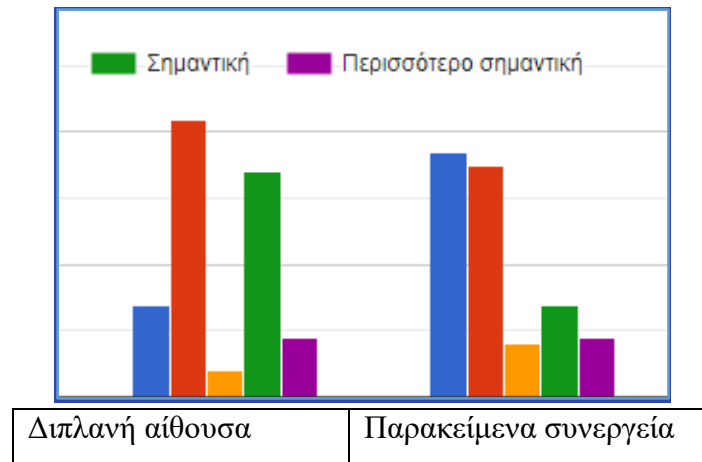
Το σχολείο είναι ένας ζωντανός οργανισμός, αφορά έφηβους ή και μικρότερα παιδιά γενικότερα σε άλλες σχολικές μονάδες, με αποτέλεσμα οι ήχοι και οι θόρυβοι που παράγονται μέσα σε αυτό να είναι αποδεκτοί και φυσιολογικοί. Αποτέλεσμα αυτού ο ένας στους τρεις τους θεωρεί πολύ ή πάρα πολύ ενοχλητικούς.



Σχήμα 4-12 Θόρυβος και αίθουσα διδασκαλίας

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τις ερωτήσεις 11 και 12, παρατηρούμε ότι ο θόρυβος γίνεται ενοχλητικός σε ποσοστό 49,5% (ερώτηση 12) όταν δημιουργείται και επηρεάζει τους ερωτώμενους κατά την διάρκεια των μαθημάτων, ενώ το ποσοστό αυτό πέφτει στο 34,9%, (ερώτηση 11) όταν δημιουργείται σε άλλες ώρες (π.χ διαλλείματα, συγκεντρώσεις μαθητών, κα). Αυτή η ενόχληση είτε την αισθάνονται μαθητές είτε εκπαιδευτικοί, δημιουργεί δυσκολίες κατά την μαθησιακή διαδικασία



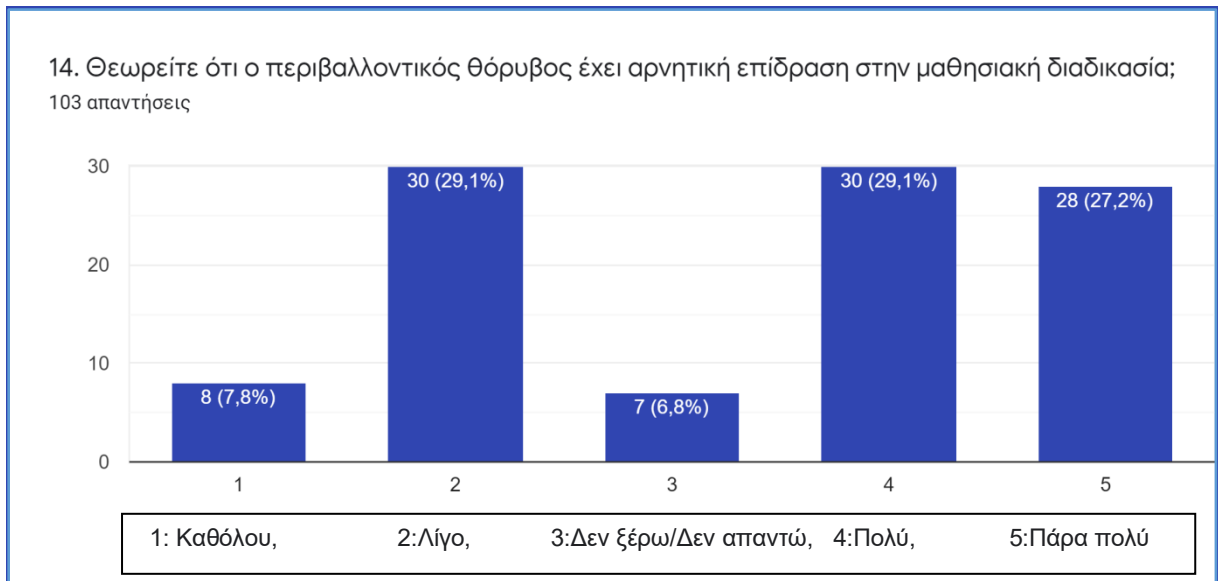


Σχήμα 4-13 Πηγές θορύβου κατά την ώρα του μαθήματος

Πηγές θορύβου	Σημαντική - Περισσότερο σημαντική ενόχληση - (%)
Προαύλιο σχολείου	$23+7 = 30$ (29,2%)
Προαύλιο διπλανού σχολείου	$25+4 = 29$ (28,2%)
Οχήματα από τον δρόμο	$38+28 = 66$ (64 %)
Διπλανή αίθουσα	$24+9 = 31$ (30 %)
Παρακείμενα συνεργεία	$14+9 = 21$ (20,3 %)

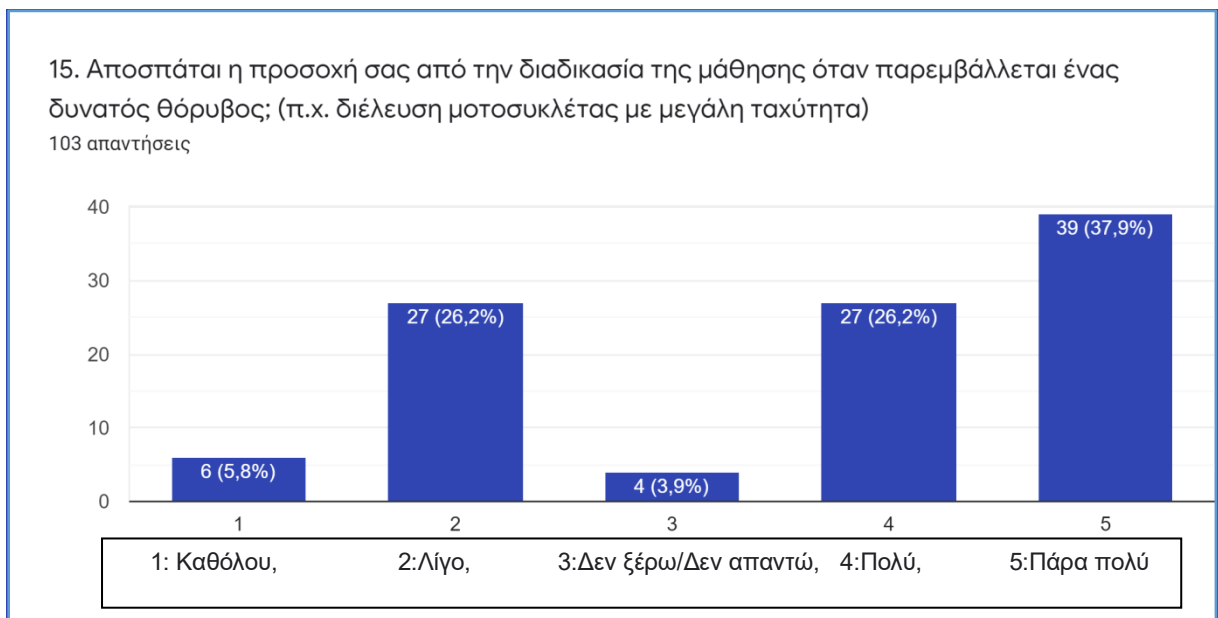
Πίνακας 4-4 Πηγές θορύβου κατά την ώρα του μαθήματος

Από τις απαντήσεις στην ερώτηση 13 και παρατηρώντας τα παραπάνω γραφήματα και τον παραπάνω πίνακα εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ενόχληση από την οδική αρτηρία Άργους – Ναυπλίου είναι με διαφορά η εντονότερη από όλες τις άλλες (ποσοστό 64%). Ο θόρυβος από διπλανή αίθουσα χαρακτηρίζεται ενοχλητικός σε ποσοστό 30% από τους ερωτώμενους. Ακολουθούν οι πηγές θορύβου από τους προαύλιους χώρους του σχολικού συγκροτήματος ( 29,2% από το ΕΠΑΛ και 28,2% από το διπλανό Γενικό Λύκειο) ενώ ο θόρυβος από τα παρακείμενα συνεργεία χαρακτηρίζεται ενοχλητικός σε ποσοστό 20,3%.



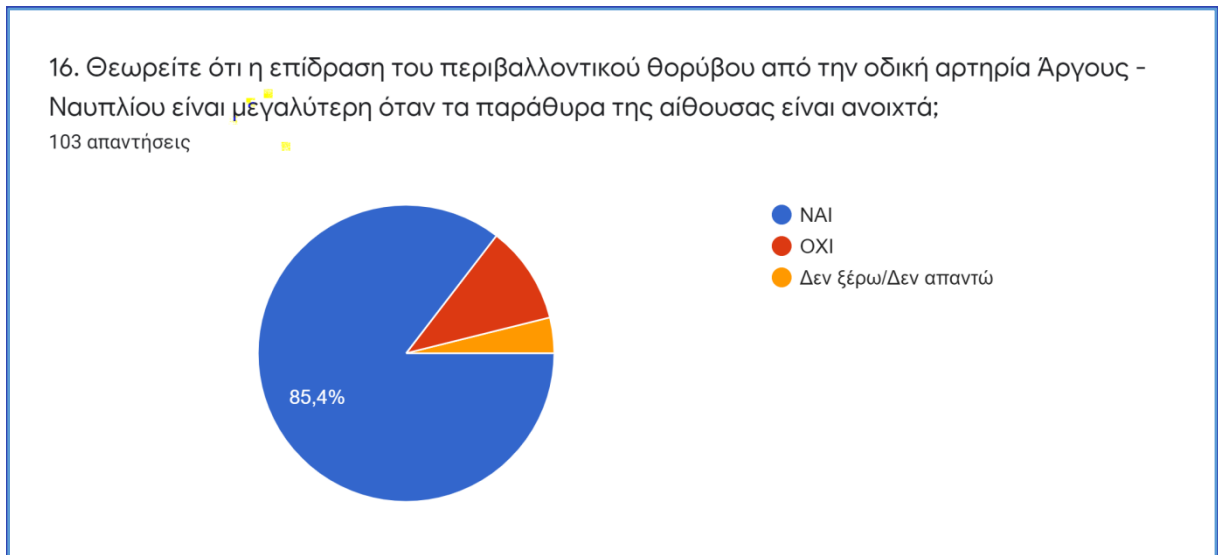
Σχήμα 4-14 Αρνητική επίδραση θορύβου στην μαθησιακή διαδικασία

Πολύ μικρό το ποσοστό (7,8%) των ερωτηθέντων, οι οποίοι θεωρούν ότι η ύπαρξη περιβαλλοντικού θορύβου δεν έχει καμία αρνητική επίδραση στην μαθησιακή διαδικασία, σε πλήρη αντίθεση με την κυρίαρχη άποψη επί του θέματος



Μόνο το 5,8% των ερωτηθέντων απάντησε ότι δεν αποσπάται η προσοχή του από το μάθημα όταν παρεμβάλλεται ένας δυνατός θόρυβος όπως η διέλευση μιας μοτοσυκλέτας υψηλού κυβισμού με μεγάλη ταχύτητα. (Οι μαθητές πολλές φορές αναγνωρίζουν ή λένε

ότι αναγνωρίζουν και τον ιδιοκτήτη-αναβάτη της μοτοσυκλέτας από τον ήχο-θόρυβο και μόνο ενώ και το βλέμμα τους κατευθύνεται προς τα παράθυρα του σχολείου ).



Σχήμα 4-15 Επίδραση θορύβου με ανοιχτά παράθυρα

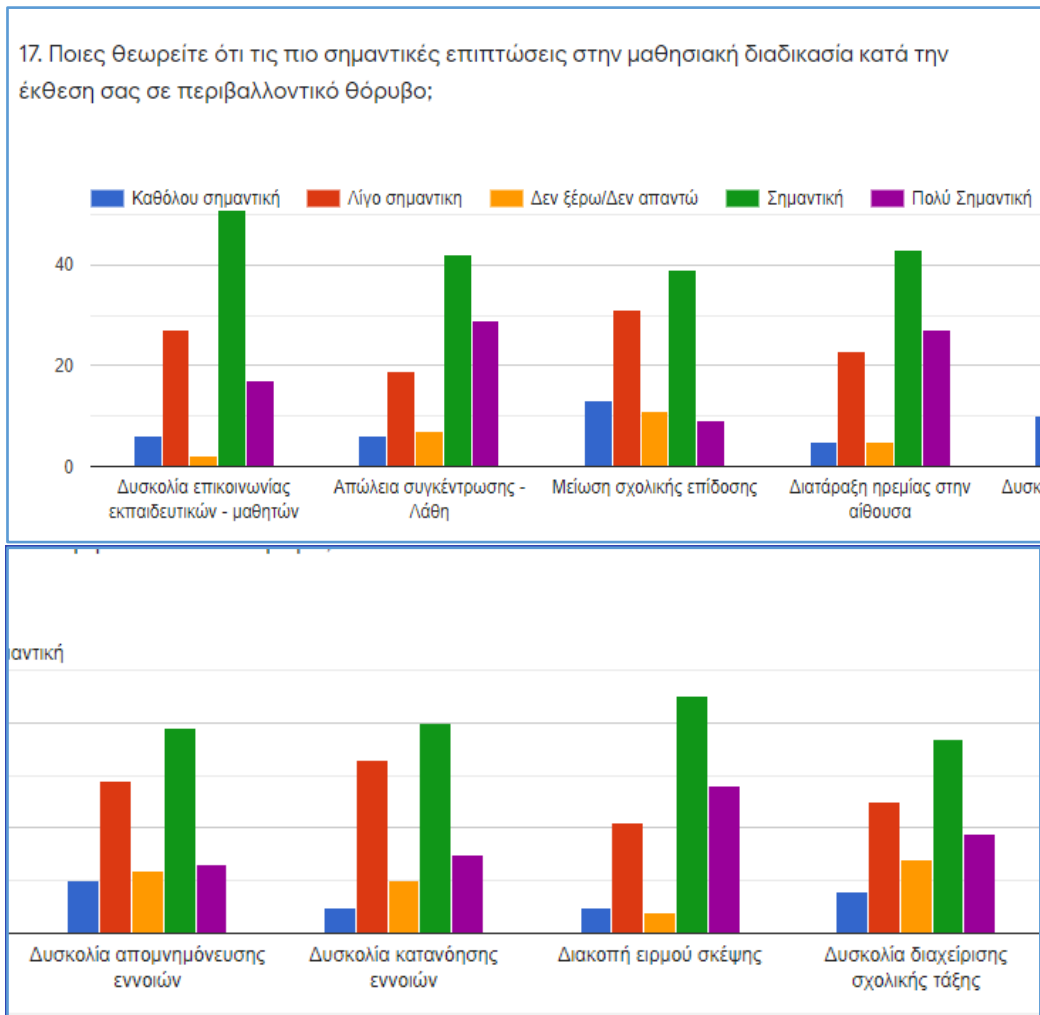
Είναι ξεκάθαρο ότι με ανοιχτά παράθυρα το πρόβλημα του θορύβου εντείνεται, σύμφωνα με την εκτίμηση της πλειονότητας των ερωτηθέντων. Το πρόβλημα είναι ακόμα εντονότερο τους μήνες με υψηλές θερμοκρασίες. Το σχολείο δεν διαθέτει κλιματιστικά μηχανήματα στις αίθουσες μαθημάτων, οπότε για τις περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες τα παράθυρα παραμένουν αναγκαστικά ανοιχτά.

Οι περισσότερες δυσάρεστες επιπτώσεις του θορύβου σε σχέση με την μαθησιακή διαδικασία (ερώτηση 17), όπως τις θεωρούν οι ερωτώμενοι αποτυπώνονται στον επόμενο πίνακα:

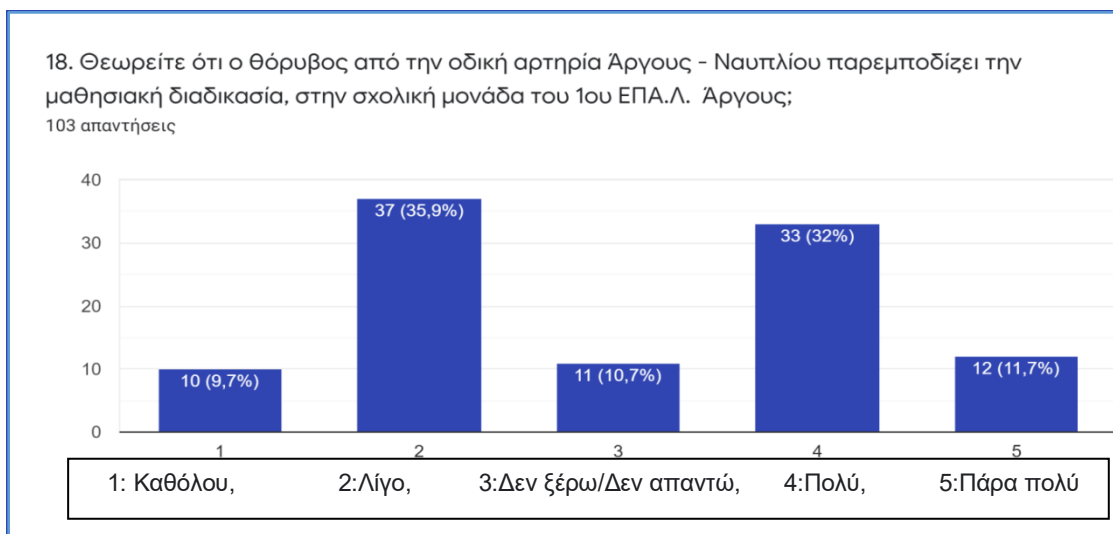
Επιπτώσεις στην μαθησιακή διαδικασία	Σημαντική – Πολύ Σημαντική - (%)
Διακοπή ειρμού σκέψης	45+28 = 73 (70,8%)
Απώλεια συγκέντρωσης	42+29 = 71 (68,9%)
Διατάραξη ηρεμίας αίθουσας	43+27 = 70 (67,9%)
Δυσκολία επικ/νίας εκπ-μαθ	51+17 = 68 (66%)

Πίνακας 4-5 Επιπτώσεις στην μαθησιακή διαδικασία





Σχήμα 4-16 Επιπτώσεις στην μαθησιακή διαδικασία



Σχήμα 4-17 Εκτίμηση για παρεμπόδιση του μαθήματος από τον κυκλοφοριακό θόρυβο

Παρατηρώντας τις απαντήσεις και τα αποτελέσματα στις ερωτήσεις 17 και 18, συμπεραίνουμε ότι είναι ισχυρή η αίσθηση ότι ο θόρυβος παρεμποδίζει την μαθησιακή διαδικασία με σημαντικότερες επιπτώσεις την διακοπή ειρμού της σκέψης, την απώλεια συγκέντρωσης, την διατάραξη ηρεμίας στην αίθουσα και την δυσκολία επικοινωνίας μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών. Σημαντικότερες επιπτώσεις που επηρεάζουν αρνητικά τόσο το εκπαιδευτικό έργο όσο και την ενεργό και εποικοδομητική συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα.

Επίσης παρατηρούμε ότι σε σχέση με την ερώτηση 14, οι απαντήσεις και τα αποτελέσματα στην ερώτηση 18, δεν είναι ακριβώς τα ίδια, παρότι οι ερωτήσεις τείνουν να μοιάζουν. Διαφαίνεται λοιπόν ότι και άλλοι θόρυβοι πέρα από τον κυκλοφοριακό επηρεάζουν την μαθησιακή διαδικασία. Θόρυβοι οι οποίοι έχουν επισημανθεί παραπάνω και έχουν και αυτοί τον δικό τους αρνητικό ρόλο.

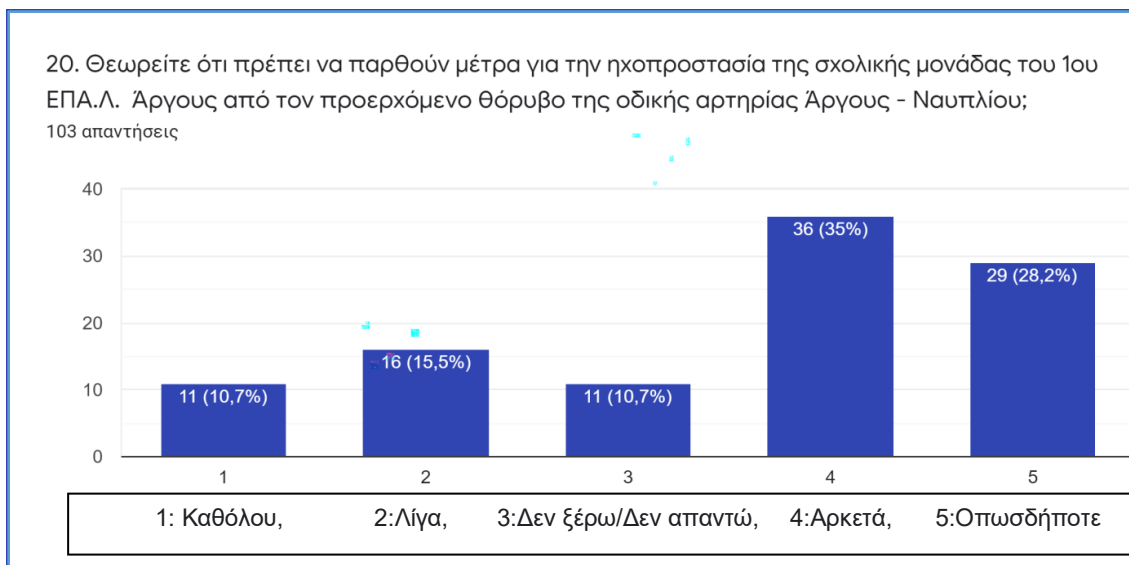


Σχήμα 4-18 Θόρυβος σε άλλες σχολικές μονάδες

Παρατηρούμε ότι το φαινόμενο θόρυβος και η επίδρασή του σε σχολικές μονάδες αφορά δυστυχώς πολλά σχολεία. Το 48 % των ερωτηθέντων (σχεδόν οι μισοί) απάντησαν ότι αντιμετώπισαν και σε άλλα σχολεία προβλήματα με τον περιβαλλοντικό θόρυβο και την ελλιπή ηχοπροστασία των σχολείων. Όσον αφορά τους μαθητές του σχολείου μας, αυτοί προέρχονται από τουλάχιστον επτά (7) γυμνάσια της περιοχής και πριν ήταν σε περίπου 15 δημοτικά σχολεία. Αντίστοιχα οι εκπαιδευτικοί του σχολείου έχουν και αυτοί υπηρετήσει σε πολλά άλλα σχολεία, όπου και εκεί αντιμετώπιζαν τα ίδια ή και

περισσότερα προβλήματα σε σχέση με τον θόρυβο που επιδρούσε στα αντίστοιχα σχολεία.

Από τα σχολεία προέλευσης τα 4 Γυμνάσια βρίσκονται μέσα στον αστικό ιστό της πόλης του Άργους. Τα τρία από αυτά βρίσκονται παραπλεύρως δρόμων με αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο. Από τα Δημοτικά σχολεία, τα 7 από αυτά βρίσκονται στον αστικό ιστό της πόλης του Άργους και τα 4 από αυτά βρίσκονται παραπλεύρως δρόμων με μεγάλο κυκλοφοριακό φορτίο. Είναι δε αξιοσημείωτο ότι το 1<sup>ο</sup> και το 7<sup>ο</sup> Δημοτικό σχολείο Άργους, στεγάζονται σε διατηρητέο κτίριο του 1830-31 (εγκαίνια υπό του Ιωάννη Καποδίστρια, εξού και η ονομασία του ως Καποδιστριακό) με επιπρόσθετη την χρήση προκατασκευασμένων οικίσκων (τύπου κοντέινερ), στο κέντρο του Άργους, επί των οδών Δαναού και Καποδιστρίου. Δύο από τις τρεις οδούς με τον μεγαλύτερο και ιδιαίτερα αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο, με ότι έχει αυτό να κάνει με το περιβάλλον θορύβου που αντιμετωπίζουν οι μικροί μαθητές αλλά και οι δάσκαλοί τους.



**Σχήμα 4-19 Εκτίμηση για λήψη μέτρων ηχοπροστασίας**

Πλέον των μισών ερωτηθέντων (ποσοστό 63,2%) θεωρεί απαραίτητο την λήψη των απαραίτητων μέτρων για την ηχοπροστασία της σχολικής μονάδας του 1<sup>ου</sup> Επαγγελματικού Λυκείου Άργους. Θεωρούν ότι η βελτίωση της ηχοπροστασίας του σχολικού κτιρίου που στεγάζεται το 1<sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους, θα θέσει τις βάσεις και για την βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας και συνεπώς την εξέλιξη του παιδαγωγικού έργου.

## 4.2 Αποτελέσματα Μετρήσεων

Τα αποτελέσματα των πραγματοποιηθέντων μετρήσεων θορύβου στο 1<sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους, αποτυπώνονται στους πίνακες στο Παράρτημα Β της διπλωματικής εργασίας. Οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές της στάθμης που παρατηρήθηκαν για κάθε περίπτωση καθώς και η ισοδύναμη στάθμη *Leq*. Όσον αφορά την μέγιστη στάθμη, αυτή αφορούσε περιπτώσεις οχημάτων που διέρχονταν από την οδική αρτηρία όπως:

- οχήματα βαρέως τύπου (το οποίο παρήγαγε υψηλό θόρυβο)
- μοτοσυκλέτες υψηλού κυβισμού με μεγάλη ταχύτητα
- μοτοσυκλέτες με χαλασμένη εξάτμιση
- αυτοκίνητα με πολύ υψηλή ένταση αναπαραγόμενης μουσικής
- αυτοκίνητα με ειδικές κατασκευές (π.χ. χρήση νίτρο για αύξηση ιπποδύναμης κτλ)

Στην πρόσοψη του κτιρίου όπως προαναφέρθηκε έχουν επιλεγεί για την πραγματοποίηση των μετρήσεων τρεις αίθουσες, το γραφείο καθηγητών Ι (ισόγειο), η αίθουσα διδασκαλίας 5 (α΄ όροφος) και το Εργαστήριο Υπολογιστών (β΄ όροφος) ενώ η αίθουσα 1 (α΄ όροφος) είναι προσανατολισμένη υπό γωνία στην οδική αρτηρία. Οι αίθουσες αυτές είναι οι πιο εκτεθειμένες στον κυκλοφοριακό θόρυβο από την οδική αρτηρία και οι τιμές που αποτυπώνονται στους πίνακες είναι υψηλότερες από τα επιτρεπτά όρια που προβλέπονται από την νομοθεσία (ειδικά όταν τα παράθυρα είναι ανοικτά).



Εικόνα 4-1 Γρ. καθηγητών Ι, Αιθ. 5, Εργ. Υπολ. (εξωτερική όψη και οπτική προς την αρτηρία)



**Εικόνα 4-2 Αίθουσα 1 – α΄ όροφος (εξωτερική όψη και οπτική προς την αρτηρία)**

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις αίθουσες 8 (α΄ όροφος) και 4 (β΄ όροφος) είναι πιο κοντά στα αποδεκτά όρια περιβαλλοντικού θορύβου. Οι αίθουσες αυτές έχουν ένα μικρό πεδίο οπτικής επαφής με την οδική αρτηρία και αυτό διότι υπάρχει κάθετα προς αυτές η άλλη πτέρυγα του κτιρίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προστατεύονται σε σημαντικό βαθμό οι αίθουσες αυτές από τον κυκλοφοριακό θόρυβο (αισθητοί είναι μόνο οι θόρυβοι υψηλής στάθμης, όπως π.χ η διέλευση μοτοσυκλέτας υψηλού κυβισμού υπό υψηλή ταχύτητα).



**Εικόνα 4-3 Αιθ. 8 - α΄ορ, Αιθ. 4 - β΄ορ. (εξωτερική όψη και οπτική προς την αρτηρία)**



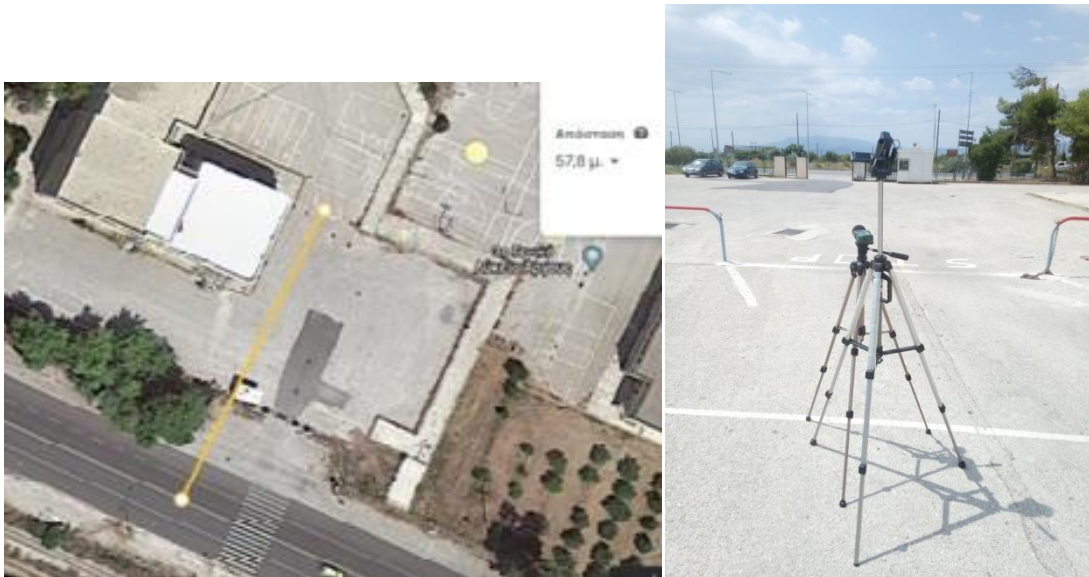


**Εικόνα 4-4 Αίθουσα 3 - α' ορόφου**

Για τις εξωτερικές μετρήσεις ο συνολικός χρόνος μετρήσεων και παρατήρησης ήταν 15 min (τιμές για την Leq ανά 1min παρατήρησης) για την κάθε θέση παρατήρησης. Μία στην πρόσοψη του κτιρίου και σε απόσταση 38,94 μέτρα από την μέση του οδοστρώματος σύμφωνα με το Google Earth και μία στο όριο του προαυλίου με τον χώρο στάθμευσης των οχημάτων και σε απόσταση 57,80 μέτρα από την μέση του οδοστρώματος σύμφωνα με το Google Earth



**Εικόνα 4-5 Μέτρηση σε εξωτερικό χώρο (πρόσοψη κτιρίου)**



Εικόνα 4-6 Μέτρηση σε εξωτερικό χώρο (προαύλιος χώρος)

Παρατηρώντας συνολικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων, υπάρχουν περιπτώσεις που οι μετρούμενες τιμές δεν ακολουθούν τους κανόνες ηχομείωσης για διαφορετικούς χώρους μέτρησης (π.χ απόσταση, κατάσταση παραθύρου ανοικτό – κλειστό κ.α.) . Αυτό εξηγείται λόγω του ότι οι μετρήσεις έγιναν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα και ο κυκλοφοριακός φόρτος να είναι διαφορετικός. Όμως οι μετρήσεις αποτύπωσαν το κατά κανόνα καθημερινό ηχητικό περιβάλλον αφού η κίνηση των οχημάτων στην οδική αρτηρία Άργους – Ναυπλίου είναι καθημερινά σχεδόν η ίδια. Πρέπει να επισημανθεί ότι η συγκεκριμένη οδική αρτηρία είναι η βασική οδική σύνδεση μεταξύ όχι μόνο των δύο πόλεων (Άργους και Ναυπλίου) αλλά γενικότερα δύο εκτεταμένων περιοχών του νομού Αργολίδας με κωμοπόλεις και μεγάλο αριθμό χωριών (όπως ονομάζονταν παλαιότερα επαρχία Άργους και επαρχίας Ναυπλίας). Επιπλέον κατά μήκος αλλά και παραπλεύρως της αρτηρίας υπάρχει μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων και βιοτεχνιών που εξυπηρετούν τόσο τον νομό Αργολίδας όσο και την υπόλοιπη Πελοπόννησο.

Η γενική εικόνα από την διενέργεια των μετρήσεων είναι ότι πράγματι υπάρχει ζήτημα με τον κυκλοφοριακό θόρυβο λόγω του ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι γενικά μεγαλύτερα από τα επιτρεπτά όρια θορύβου κατά NC\_25 και την νομοθεσία.



## **5 Συμπεράσματα**

Συνδυάζοντας την διαδικασία των μετρήσεων με τις απαντήσεις των ερωτηθέντων στο ερωτηματολόγιο μπορούμε να οδηγηθούμε σε κάποιες συσχετίσεις και συμπεράσματα που αναλύονται παρακάτω.

Οι ερωτώμενοι σε ποσοστό 85,4% στην ερώτηση 16 (*Θεωρείτε ότι η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου από την οδική αρτηρία Άργους - Ναυπλίου είναι μεγαλύτερη όταν τα παράθυρα της αίθουσας είναι ανοιχτά;*) εκτιμούν ότι με ανοικτά παράθυρα ο θόρυβος επιδεινώνει σημαντικά περισσότερο την διεξαγωγή της μαθησιακής διαδικασίας. Σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν (ισοδύναμη στάθμη), παρατηρούμε ότι υπάρχει αύξηση της στάθμης του θορύβου από 3,6 dB(A) έως και 16,7 dB(A) στις αίθουσες διδασκαλίας και στα γραφεία των καθηγητών, όταν υπάρχει η ανάγκη τα παράθυρα να είναι ανοιχτά. Η μικρότερη τιμή των 3,6 dB(A) μετρήθηκε στην αίθουσα 3, η οποία δέχεται και την μικρότερη επίδραση από τον κυκλοφοριακό θόρυβο της οδικής αρτηρίας (εσωτερική προς το προαύλιο). Στις υπόλοιπες αίθουσες που έχουν ολικό ή μερικό προσανατολισμό προς τη οδική αρτηρία, η αύξηση της ισοδύναμης στάθμης του κυκλοφοριακού θορύβου όταν ανοίγουν τα παράθυρα είναι από 5,1 dB(A) και άνω.

Σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία η αποδεκτή τιμή είναι 35dB(A) για τις αίθουσες και 55dB(A) για το προαύλιο. Συνεπώς οι τιμές βρέθηκαν είναι μεγαλύτερες του επιτρεπτού ορίου. Οι μετρήσεις συμφωνούν λοιπόν με την γενικότερη εκτίμηση των ερωτώμενων ότι ο θόρυβος επηρεάζει την μαθησιακή διαδικασία γενικότερα και ως εκ τούτου είναι απαραίτητη η ηχοπροστασία του κτιρίου.

Οι τιμές των ελάχιστων τιμών ή ακόμα περισσότερο οι τιμές που λήφθηκαν κατά την περίοδο περιορισμού της κυκλοφορίας, μας αποδεικνύουν ότι σχολεία που είναι μακριά από οδικές αρτηρίες (απομονωμένα) είναι δέκτες μικρότερης επίδρασης από εξωτερικούς θορύβους. Ίσως λοιπόν σε μελλοντικές κατασκευές για την χωροθέτηση των σχολικών μονάδων να πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και ο παράγοντας του μειωμένου θορύβου πόλης και του πόσο θα επιδρά πάνω στην σχολική μονάδα.

Σύμφωνα με την ερώτηση 13 (*Ποιες θεωρείτε σημαντικότερες πηγές θορύβου κατά την ώρα του μαθήματος;*) και την ενόχληση των ερωτώμενων παρατηρούμε ότι από τις μετρήσεις λαμβάνουμε ανώτατη τιμή ισοδύναμης στάθμης θορύβου ίση με **68,9 dB(A)** που συσχετίζονται με τον κυκλοφοριακό θόρυβο (64%). Προτείνεται επιπροσθέτως να πραγματοποιηθούν μετρήσεις για τον υπολογισμό του δείκτη κυκλοφοριακού θορύβου (Traffic Noise Index – TNI) ώστε να υπάρχει αναφορά στην μέτρηση του θορύβου σε 24ωρη βάση. (Σκαρλάτος, 2013).

Επίσης σύμφωνα με την ερώτηση 15 (*Αποσπάται η προσοχή σας από την διαδικασία της μάθησης όταν παρεμβάλλεται ένας δυνατός θόρυβος; π.χ. διέλευση μοτοσυκλέτας με μεγάλη ταχύτητα*) και την ενόχληση των ερωτώμενων, παρατηρούμε ότι από τις μετρήσεις λαμβάνουμε υψηλές τιμές στάθμης θορύβου, με ανώτατη τιμή ίση με **73,3 dB(A)**, η οποίες συσχετίζονται με την διέλευση μοτοσυκλετών με υψηλή ταχύτητα ή με θορυβώδη εξάτμιση, βαρέων οχημάτων, οχημάτων με υψηλή ταχύτητα κτλ.

Η απουσία ή η πολύ μειωμένη κυκλοφοριακή κίνηση κατά την περίοδο της καραντίνας και οι αντίστοιχες μετρήσεις (τιμές πολύ κοντά στα αποδεκτά όρια της νομοθεσίας) μας καταδεικνύουν ότι σχολεία κατασκευασμένα μακριά από οδικές αρτηρίες υψηλής κυκλοφοριακής κίνησης είναι προστατευμένα από τον θόρυβο περιβάλλοντος. Σε αντίθετη περίπτωση είναι απαραίτητες οι μετρήσεις ήχου για την καλύτερη θωράκιση των κτιρίων και την προστασία τους από θορύβους.

Οι ερωτώμενοι σε ποσοστό 79,6% (*Ερώτηση 5: Ποιες θεωρείτε ότι τις πιο σημαντικές επιπτώσεις στην μαθησιακή διαδικασία κατά την έκθεση σας σε περιβαλλοντικό θόρυβο;*) απαντούν ότι ο ακούει τον κυκλοφοριακό θόρυβο. Εφόσον εκπαιδευτικοί και μαθητές παρευρίσκονται στο σχολείο από 8:30πμ ως 2μμ. και ένα μεγάλο μέρος τους συμμετέχει στην μαθησιακή διαδικασία από τις αίθουσες που αντιμετωπίζουν πρόβλημα με τον θόρυβο, το ποσοστό αυτό συμβαδίζει.

Πολλές φορές μαθητές και εκπαιδευτικοί παραπονούνται για πονοκέφαλους και ζητούν να λάβουν κάποιο αναλγητικό. Ίσως θα πρέπει να εξεταστεί παραπάνω αυτό το φαινόμενο και η περίπτωση που συσχετίζεται με τον θόρυβο.

Ειδικά τους μήνες όπου λόγω ζέστης τα παράθυρα είναι ανοιχτά και έχει περισσότερο θόρυβο, οι εκπαιδευτικοί αναγκάζονται να μιλούν πιο δυνατά και μετά από κάποιες ώρες μάθημα να έχει επιδεινωθεί η λειτουργία των φωνητικών τους χορδών. Επιπλέον όμως και οι μαθητές παραπονούνται για την ένταση της φωνής των εκπαιδευτικών τους και λένε ότι τους κουράζει περισσότερο. Μάλιστα η συγκεκριμένη κατάσταση μπορεί να συσχετιστεί με την ερώτηση 8 (*Έχετε προσπαθήσει να καλύψετε έναν θόρυβο με έναν άλλο; π.χ. αύξηση της ηχητικής έντασης της τηλεόρασης για κάλυψη του θορύβου από την ηλεκτρική σκούπα*). Βέβαια για να είναι απολύτως έγκυρο κάποιο τέτοιο συμπέρασμα, ίσως βοηθούσε κάποια ένδειξη ή μέτρηση για μεγάλο χρόνο αντήχησης της αίθουσας και την (ενδεχομένως) μειωμένη καταληπτότητα ομιλίας. Ένα τέτοιο γεγονός θα έδειχνε όντως αυξημένες απαιτήσεις αυτοσυγκέντρωσης απλά και μόνο για την κατανόηση των λέξεων και μόνο - ανεξάρτητα από το τι διδάσκεται.

Επίσης όταν ο θόρυβος βάθους είναι υψηλός, οι άνθρωποι δυσκολεύονται να ακούσουν τον συνομιλητή τους, δυσκολία που συσχετίζεται στην ανύψωση του κατωφλίου ακοής και το φαινόμενο αυτό εκράζεται με την στάθμη συμβολής της ομιλίας. (Σκαρλάτος, 2015). Προτείνεται λοιπόν σε μελλοντικό πεδίο έρευνας οι μετρήσεις και υπολογισμός των συντελεστών που συσχετίζονται με την ακουστική των αιθουσών, όπως π.χ. ο χρόνος αντήχησης και η καταληπτότητα ομιλίας.

Όσον αφορά τις απαντήσεις των ερωτηθέντων ανάλογα με την ιδιότητά τους, παρατηρούμε ότι οι εκπαιδευτικοί είναι πιο ευαίσθητοι γενικότερα απέναντι στον θόρυβο και επηρεάζονται περισσότερο σε σχέση με τους μαθητές, είτε ο θόρυβος αυτός σχετίζεται με την εργασία τους στο σχολείο είτε με την υπόλοιπη καθημερινότητά τους.

Άλλο ένα αξιοσημείωτο σημείο από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων, αφορά την συσχέτιση του τόπου κατοικίας με την ενόχληση από τον θόρυβο γενικότερα. Παρατηρούμε ότι όσοι δηλώνουν τόπο κατοικίας αστική περιοχή, ενοχλούνται περισσότερο από τον θόρυβο ανεξαρτήτου πηγής προέλευσης ενώ όσοι κατοικούν σε ημιαστική ή αγροτική περιοχή δείχνουν να έχουν περισσότερες αντοχές απέναντι στον θόρυβο.

Οι μετρούμενες στάθμες θορύβου (ειδικά με τα παράθυρα ανοιχτά), δικαιολογούν πλήρως τις απαντήσεις στην ερώτηση 17 (*Ποιες θεωρείτε ότι τις πιο σημαντικές επιπτώσεις στην*

μαθησιακή διαδικασία κατά την έκθεση σας σε περιβαλλοντικό θόρυβο;), απαντήσεις που αποδέχονται την υπαρκτή επίδραση του κυκλοφοριακού θορύβου στην μαθησιακή διαδικασία.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αλλά και απαντήσεις εκπαιδευτικών και μαθητών στην ερώτηση 20 (Θεωρείτε ότι πρέπει να παρθούν μέτρα για την ηχοπροστασία της σχολικής μονάδας του Ιου ΕΠΑ.Λ. Άργους από τον προερχόμενο θόρυβο της οδικής αρτηρίας Άργους - Ναυπλίου;) συμφωνούν στο ότι είναι απαραίτητη η θωράκιση του κτιρίου από τον περιβαλλοντικό θόρυβο.

## 6 Προτάσεις

Με την λήψη διαφόρων μέτρων και την χρήση ειδικών κατασκευών ανάμεσα στην πηγή του κυκλοφοριακού θορύβου και στον δέκτη (σχολικό κτίριο), δημιουργούνται τα κατάλληλα εμπόδια στην διάδοση του θορύβου, τα οποία ονομάζονται **ενεργητικά** μέτρα αντιμετώπισης του θορύβου. Τέτοιες κατασκευές μπορεί να είναι τα ηχοπετάσματα, τα αναχώματα, το κατέβασμα της στάθμης του δρόμου και η δημιουργία τούνελ. Ενώ τα μέτρα που λαμβάνονται στο δέκτη ονομάζονται **παθητικά** π.χ. τοποθέτηση ηχομονωτικών παραθύρων. Για την μείωση της επίδρασης του κυκλοφοριακού θορύβου της οδικής αρτηρίας Άργους – Ναυπλίου, προς την σχολική μονάδα του 1<sup>ου</sup> Επαγγελματικού Λυκείου Άργους, προτείνονται μέτρα που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους.

### 6.1.1 Τοποθέτηση ηχοπετάσματος.

Σε αντίστοιχες περιπτώσεις σχολείων σε άλλες περιοχές της Ελλάδας, στα οποία επιδρά έντονος κυκλοφοριακός θόρυβος, έχει επιλεγεί ως λύση για την ηχοπροστασία των κτιρίων αυτών, η τοποθέτηση ηχοπετασμάτων. Η τοποθέτηση τεχνητού ηχοπετάσματος περιμετρικά της περίφραξης του προαύλιου χώρου του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους, με προσανατολισμό προς την οδική αρτηρία Άργους – Ναυπλίου, ενδέχεται να βοηθήσει σημαντικά στην μείωση της επίδρασης του κυκλοφοριακού θορύβου. Για την καλύτερη εκτίμηση και αξιολόγηση και των θετικών επιπτώσεων όπου θα είχε η τοποθέτηση του ηχοπετάσματος, μπορεί να εφαρμοστεί προσομοίωση με το λογισμικό **Olive Tree** ή με κάποιο παρόμοιο. Βέβαια όπως έχει προαναφερθεί το 1<sup>ο</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους βρίσκεται επί του σχολικού συγκροτήματος μαζί με το 1<sup>ο</sup> Εργαστηριακό Κέντρο Άργους καθώς και με το 3<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Άργους. Συνεπώς για να είναι ορθή και ολοκληρωμένη η μελέτη για την τοποθέτηση του ηχοπετάσματος, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν μετρήσεις και προσομοίωση για όλο το συγκρότημα και ειδικότερα για το ΕΠΑΛ και το ΓΕΛ.



Εικόνα 6-1 Προσομοίωση τοποθέτησης ηχοπετάσματος σε σχολείο

[https://www.groupscience.gr/wp-content/uploads/2012/06/HXOPETASMA\\_NEW.png](https://www.groupscience.gr/wp-content/uploads/2012/06/HXOPETASMA_NEW.png)

Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, περιγράφονται όλες οι προδιαγραφές και ο τρόπος τοποθέτησης των ηχοπετασμάτων στην περιφράξη των σχολείων (Τεχνική Περιγραφή και τις Προδιαγραφές των Οικοδομικών Εργασιών, Κτιριακές Υποδομές ΑΕ), με βάση τον ΕΛΟΤ ΤΠ1501-05-02-04-00.

Όπου προβλέπεται από την Ακουστική Μελέτη, στην περιφράξη του σχολείου τοποθετούνται ηχοπετάσματα σε βάση μπετόν, μετά από Στατική Μελέτη. Τα ηχοπετάσματα θα είναι ακρυλικά, επίπεδα, συμπαγή, από φύλλα Plexiglas, διαφανή ή γαλακτόχρωμα (αδιαφανή), πάχους 20mm, πιστοποιημένα με τα αντίστοιχα πιστοποιητικά καταλληλότητας για χρήση ως ηχομονωτικά. Το ύψος των ηχοπετασμάτων καθορίζεται από την Ακουστική μελέτη. Τα ηχοπετάσματα πρέπει να είναι άθραυστα, υψηλής αντοχής στην υπεριώδη ακτινοβολία, και να έχουν τις εξής τεχνικές προδιαγραφές:

- Εξαιρετική διαύγεια και καθαρότητα χωρίς κιτρινισμό: Φωτεινότητα  $\geq 90\%$ , σύμφωνα με το ASTM D1003 - DIN5036
- Μεγάλη αντοχή σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως σκόνη, αέρια, ρύπανση, υψηλή ηλιακή ακτινοβολία UV.
- Άνευ πόρων με μεγάλη αντοχή στα χημικά που το καθιστά εύκολα καθαριζόμενο από graffiti.



- Μεγάλη αντοχή σε κρούση και κτυπήματα (ISO179/2D & DIN 53453). Δοκιμή με την μέθοδο σφύρας Schmidt και ενέργεια χτυπήματος  $30Nm \geq 10 KJoul/m^2$
- Γραμμική επεκτασιμότητα  $\leq 0,070 mm/m/C$  κατά DIN 52328 και ISO T 51251 Ακαμψία (Young' s Modulus)  $\geq 3000 Mpa$  (ISO 178 - DIN 53452)
- Εφελκυστική αντοχή  $\geq 70 Mpa$  (ISO 527 - DIN 53455)
- Αντοχή σε κάμψη  $\geq 100 Mpa$  (ISO 118 - DIN 53452)
- Πυκνότητα  $\geq 1,15 - 1,2 gr/cm^2$
- Σταθμισμένο δείκτη ηχομόνωσης για πάχη πάνω από 10mm  $\geq 30 dB$
- Θερμοκρασία ανάφλεξης  $\geq 425^\circ C$  κατά DIN 51794
- Συντελεστή βραδυφλεγίας B2 κατά DIN 4102

Τα ηχοπετάσματα θα στερεώνονται σε ορθοστάτες από σιδηροδοκούς (HEB 180) ανά 2 περίπου μέτρα (όσο το πλάτος του φύλλου του plexiglas). Η στερέωση θα γίνεται με σιδηρογωνιές γαλβανισμένες 60X60X6 mm, τοποθετούμενες κατακόρυφα (2 σε κάθε σιδηροδοκό), σε όλο το ύψος, με βίδες γαλβανισμένες 1M/50 cm, μετά την διάνοιξη των οπών και την τοποθέτηση ελαστικών παρεμβυσμάτων (καουτσούκ 60X5 mm) στις επαφές του ηχοπετάσματος με τα μεταλλικά στοιχεία. Στη βάση του ηχοπετάσματος θα τοποθετηθεί προφίλ από γαλβανισμένη λαμαρίνα, σχήματος (Π) 22X22X0,6 mm και σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης.



**Εικόνα 6-2 Τοποθέτηση ηχοπετάσματος στο 1ο Γυμνάσιο Αγίων Αναργύρων**



Στην περίμετρο του σχολικού συγκροτήματος, με πρόσοψη προς την οδική αρτηρία δύναται να επιλεγεί και η χρήση φυσικού ηχοπετάσματος, με την φύτευση κατάλληλων δέντρων και θάμνων. Από την μεριά του ΕΠΑΛ ήδη υπάρχουν κάποια πεύκα (πέντε τον αριθμό, μεγάλου μεγέθους) ενώ από την πλευρά του ΓΕΛ η φύτευση είναι σε μικρότερο βαθμό. Δημιουργούνται όμως θέματα κατά καιρούς με την συντήρησή τους (σπάνε κλαδιά ή ακουμπούν στα καλώδια της ΔΕΗ). Συνεπώς αν επιλεγεί η φύτευση δέντρων και θάμνων απαιτείται η συνεχής συντήρησή τους. Τα αποτελέσματα βέβαια δεν θα είναι τα καλύτερα δυνατά γιατί και αυτό διότι επιτυγχάνεται μερική ηχοαπορρόφηση του κυκλοφοριακού θορύβου, η οποία είναι περιορισμένη..



**Εικόνα 6-3** Περιμετρική φύτευση 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους

### **6.1.2 Τοποθέτηση νέων κουφωμάτων και υαλοπινάκων**

Όπως προαναφέρθηκε κατά την περιγραφή του κτιρίου, οι υαλοπίνακες είναι μονοί/απλοί και τα κουφώματα είναι επάλληλα αλουμινίου (παλαιότερου τύπου), τοποθετημένα από την περίοδο κατασκευής του κτιρίου (1982-84), χωρίς να έχει επέλθει κάποια παρέμβαση ή ανακαίνιση σε αυτά. Προτείνεται λοιπόν η αλλαγή των κουφωμάτων και των υαλοπινάκων, με νέα, σύγχρονων προδιαγραφών όπως ορίζει η ΚτΥπ ΑΕ. Για αυτή την αλλαγή είναι απαραίτητη προϋπόθεση να προηγηθεί απαραίτητη μελέτη ώστε να επιλεγθούν τα κατάλληλα υλικά. Ενδεικτικά όσον αφορά τα κουφώματα τα γενικά χαρακτηριστικά τους σύμφωνα με την ΚτΥπ ΑΕ είναι τα εξής:

- **Κουφώματα από συνθετικά υλικά** (με βάση τον ΕΛΟΤ ΤΠ1501-03-08-04-00)  
Κατασκευάζονται σύμφωνα με την ΕΤΕΠ και τα σχέδια της μελέτης
- **Παράθυρα αλουμινίου** (με βάση τον ΕΛΟΤ ΤΠ1501-03-08-03-00)

Όλα τα κουφώματα (παράθυρα - φεγγίτες) του διδακτηρίου τα οποία προβλέπονται σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης, θα κατασκευαστούν από αλουμίνιο ηλεκτροστατικής βαφής. Η ολοκληρωμένη κατασκευή ενός κουφώματος θα πρέπει να έχει τη σήμανση CE και να συνοδεύεται από τα αντίστοιχα πιστοποιητικά των δοκιμών που έχει υποστεί. Οι διατομές του αλουμινίου πρέπει να είναι λείες καθαρές χωρίς επιφανειακά και λοιπά ελαττώματα από τη διέλαση. Τα παραγόμενα κουφώματα θα πρέπει να πληρούν τις πιο κάτω απαιτήσεις:

- Αεροπερατότητας
- Υδατοπερατότητας
- Αντίστασης σε ανεμοπίεση
- Μηχανικών αντοχών
- Αντοχών σε κλιματικές επιδράσεις και σε χρήση (άνοιγμα-κλείσιμο)
- Αντίστασης σε κρούση
- Αντίστασης σε κατακόρυφο φορτίο
- Αντοχής σε στατική στρέψη
- Αντίστασης σε στρέψη και επαναλαμβανόμενη στρέψη
- Αντοχής σε λανθασμένους χειρισμούς, όπως ορίζονται στα σχετικά πρότυπα, τη Μελέτη του έργου.

Έπιπλέον των κουφωμάτων, χρειάζεται τοποθέτηση **ενεργειακών υαλοπινάκων** (με βάση τους ΕΛΟΤ ΤΠ1501-03-08-07-01, 1501-03-08-07-02). Ο τύπος υαλοπινάκων των εξωτερικών κουφωμάτων εξαρτάται από τη σχετική μελέτη θερμομόνωσης και την ενεργειακή μελέτη, καθώς και την ασφάλεια των χώρων όπου υπάρχουν λόγοι αυξημένης ασφάλειας. Θα είναι ενεργειακοί με μαλακή επίστρωση νέας γενιάς. Όλοι οι υαλοπίνακες θα συνοδεύονται από πιστοποιητικά του κατασκευαστή τους ως προς τις ειδικές απαιτήσεις που θα προσδιορίζονται από τις μελέτες. Τα πιστοποιητικά θα προέρχονται από ευρέως γνωστούς οργανισμούς πιστοποίησης. Όλα τα τεμάχια που θα τοποθετηθούν θα είναι μονοκόμματα και χωρίς ελαττώματα Α' διαλογής, η δε τοποθέτησή τους θα γίνει

κατά τρόπο υδατοστεγή, αεροστεγή και απόλυτα ασφαλή. Οι υαλοπίνακες θα είναι γενικά κρύσταλλα Α' διαλογής, χωρίς νερά. Θα είναι διαφανείς, εκτός από τη θέση που η μελέτη προβλέπει οπλισμένους, διαφώτιστους, ή ειδικά επεξεργασμένους, Σε όλα τα εξωτερικά κουφώματα θα τοποθετούνται δίδυμοι υαλοπίνακες με το απαιτούμενο διάκενο 16mm με 90% αργον και 10% ξηρού αέρα μεταξύ τους. Τοποθετούνται υαλοπίνακες LAMINATED (αντιβανδαλιστικός σάντουιτς) διαφορετικής διατομής ανάλογα με το αν είναι εξωτερικοί ή εσωτερικοί και ανάλογοι με τον προσανατολισμό του (βορινός, νότιος, ανατολικός, δυτικός).

### **6.1.3 Τοποθέτηση κλιματιστικών μηχανημάτων**

Τόσο οι απαντήσεις των ερωτηθέντων όσο και οι μετρήσεις ανέδειξαν την επιδείνωση της επίδρασης του κυκλοφοριακού θορύβου όταν τα παράθυρα είναι ανοιχτά. Αυτό συμβαίνει βέβαια όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές. Φαινόμενο που είναι συχνό στην πόλη του Άργους, όπου πέρα από τους χειμερινούς μήνες, η θερμοκρασία περιβάλλοντος χαρακτηρίζεται υψηλή. Προτείνεται λοιπόν η τοποθέτηση των κατάλληλων από άποψη ισχύος κλιματιστικών μηχανημάτων σε όλες τις αίθουσες του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο θα αποφεύγεται το άνοιγμα των παραθύρων κατά την ώρα των μαθημάτων. (απαραίτητο βέβαια να ανοίγουν κατά την ώρα των διαλειμμάτων για την ανανέωση του φυσικού αέρα). Για να υπάρχει όμως καλή και αδιάλειπτη λειτουργία όλων των κλιματιστικών ταυτόχρονα ή σχεδόν ταυτόχρονα είναι απαραίτητη η μελέτη για την αναβάθμιση της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης (ισχύς-φορτία, συμπληρωματική ηλεκτρολογική εγκατάσταση) του κτιρίου.

### **6.1.4 Τοποθέτηση συστημάτων ελέγχου της ταχύτητας οχημάτων**

Βασικός παράγοντας της υψηλής στάθμης του θορύβου είναι η ταχύτητα των διερχομένων οχημάτων. Είναι κάτι παραπάνω από απαραίτητο να ελέγχεται η ταχύτητα των διερχομένων οχημάτων. Η ύπαρξη κλιμακίου της Τροχαίας δεν είναι δυνατόν να παρευρίσκεται στον χώρο για όλες τις ώρες λειτουργίας του σχολείου. Προτείνεται λοιπόν η τοποθέτηση συστημάτων ελέγχου της ταχύτητας των οχημάτων και προς τις δύο

κατευθύνσεις της αρτηρίας. Τα συστήματα αυτά πρέπει να διαθέτουν και μονάδες απεικόνισης της ταχύτητας ώστε οι οδηγοί να μειώνουν την ταχύτητα.



Εικόνα 6-4 Σύστημα ελέγχου ταχύτητας οχημάτων

<http://genma-ledsigns.gr/photo%202/speed-monitor-2.jpg>

Μία άλλη εναλλακτική λύση για την μείωση της ταχύτητας των διερχόμενων οχημάτων είναι να τοποθετηθούν μειωτήρες ταχύτητας (σαμαράκια οδοστρώματος). Τα σαμαράκια τοποθετούνται σε συστοιχία κάθετα στον δρόμο προκειμένου οι οδηγοί να μειώνουν την ταχύτητα τους προς αποφυγή ατυχημάτων. Οι μειωτήρες ταχύτητας δρόμων τοποθετούνται κυρίως σε κατοικημένες περιοχές, δρόμους ήπιας κυκλοφορίας, διαβάσεις πεζών, *σχολεία*, αθλητικά κέντρα, όπου *ο περιορισμός ταχύτητας* είναι πολύ σημαντικός για την οδική ασφάλεια και την προστασία των πεζών.

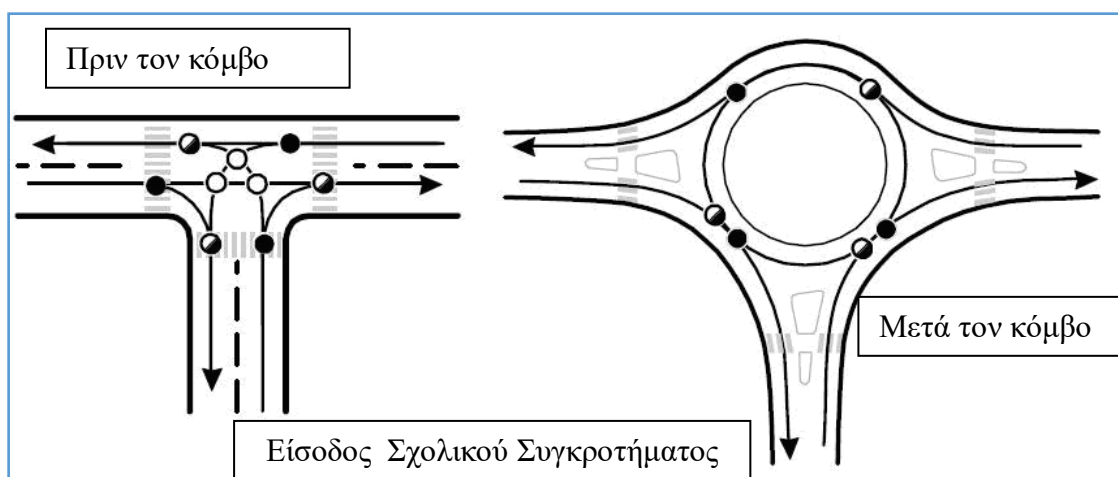
### 6.1.5 Δημιουργία κόμβου κυκλικής κίνησης

Μία άλλη πρόταση ως προς την επίτευξη μείωσης της ταχύτητας των διερχόμενων οχημάτων στο ύψος του σχολικού συγκροτήματος είναι η κατασκευή Κόμβου Κυκλικής Κίνησης. Σύμφωνα με την Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας της Γενικής Γραμματείας του Υπουργείου Μεταφορών και Δικτύων (ΥΠΥΜΕΔΙ) έχουν εκδοθεί Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – (Έκδοση 2011 με Σύμβουλο: NAMA

Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ./ Τεύχος 10 Μέρος 2: Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, ΟΜΟΕ – Κ3). Συνεπώς με την πραγματοποίηση της αντίστοιχης και της κατάλληλης μελέτης στην υπάρχουσα οδική αρτηρία, υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής κατάλληλου ισόπεδου κυκλικού κόμβου. Τα οφέλη από μια τέτοια κατασκευή θα είναι σημαντικά και πολύ ουσιαστικά.

Αρχικά θα επιτευχθεί μεγαλύτερος και πολύ σημαντικός βαθμός ασφαλείας εισόδου και εξόδου, μαθητών και εκπαιδευτικού προσωπικού από τις σχολικές μονάδες του σχολικού συγκροτήματος. Δυστυχώς κατά το παρελθόν έχουν υπάρξει τροχαία δυστυχήματα με τραγική κατάληξη (θανάσιμος τραυματισμός μαθητών). Να σημειωθεί ότι κατά τις απογευματινές ώρες στους χώρους του 1<sup>ου</sup> Εργαστηριακού Κέντρου Άργους, λειτουργεί το Δημόσιο Ινστιτούτο Επαγγελματικής Κατάρτισης (Δ.Ι.Ε.Κ) Άργους, στο οποίο σπουδάζουν άνω των 250 σπουδαστών ανά εξάμηνο. Άρα η είσοδος και η έξοδος σπουδαστών, εκπαιδευτών και οχημάτων είναι συνεχής και κατά τις ώρες 3μμ – 8μμ.

Πέρα όμως από την αύξηση του βαθμού οδικής ασφάλειας, θα επιτευχθεί και σημαντική μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου και αυτό γιατί οι οδηγοί θα περιορίζουν την ταχύτητα του οχήματός τους σε 40 – 50 Km/h πλησιάζοντας στον κόμβο και να διέλθουν από αυτόν. Άμεση συνέπεια αυτής της μείωσης θα είναι και η μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου.

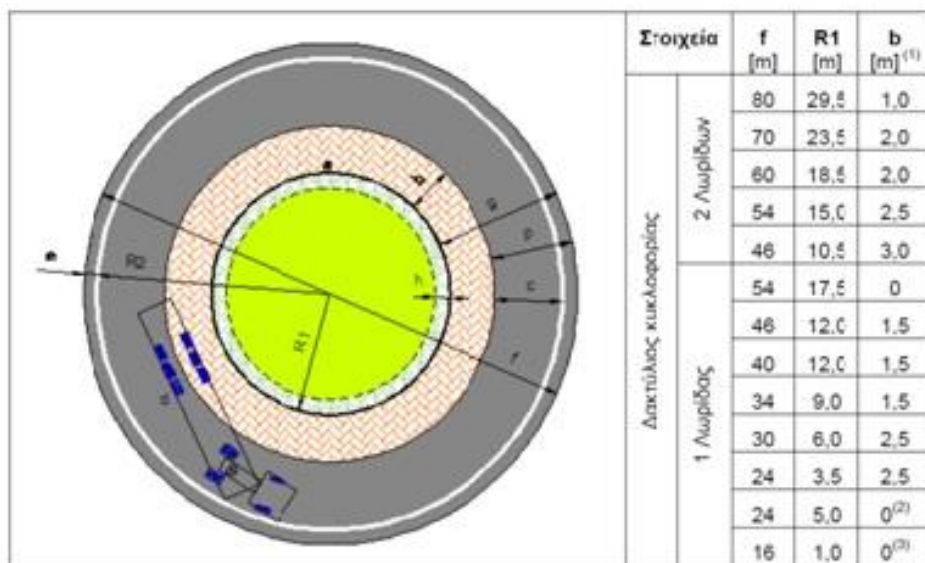


Σχήμα 6-1 Σχεδίαση κατασκευής κόμβου





Εικόνα 6-5 Απόσταση πύλης σχολικού συγκροτήματος-ορίων γραμμών ΟΣΕ (32,78μ)



Πίνακας 6-1 Συνιστώμενες ακτίνες σχεδιασμού ανάλογα της κατηγορίας του Κ3

(NAMA, 2011)

Η διαδικασία επιλογής ως λύσης της μορφής Κ3 περιλαμβάνει διάφορα στάδια, από την αρχική σύλληψη και την αναγνώριση των τοπικών αναγκών και περιορισμών, έως την ενδεχόμενη διαπραγμάτευση με τους τοπικούς φορείς, και τελικά τον οριστικό σχεδιασμό και διαστάσεων της λύσης, η οποία μπορεί να είναι μία από τις παρακάτω μορφές κόμβων (NAMA, 2011):

- **Κομβίδια κυκλικής κίνησης (Mini Roundabouts).** Εφαρμόζεται κατά κανόνα σε αστικό περιβάλλο με βασικό χαρακτηριστικό την εξ' ολοκλήρου υπερβατή

κεντρική νησίδα, που επιτρέπει την εξυπηρέτηση φορτηγών οχημάτων, ενδεχομένως με διέλευση πάνω από αυτήν. Γενικά, απαιτούν μικρή έκταση και εφαρμόζονται σε οδούς με ταχύτητες  $\leq 40$  km/h. Πλεονέκτημα της διάταξης αποτελεί η μικρή απαίτηση σε έκταση κατάληψης και η δυνατότητα υλοποίησης, με μικρές τροποποιήσεις στις γωνίες μιας υφιστάμενης τυπικής ισόπεδης διασταύρωσης.

- **Αστικοί συνεπτυγμένοι (Urban Compact).** Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας είναι η σχετικά μικρή διάμετρος της εξωτερικής περιμέτρου 25 – 30 m, με κατασκευή μη υπερβατής κεντρικής νησίδας. Έχουν μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση στα σκέλη του κόμβου. Προσφέρει πολύ ευνοϊκό περιβάλλον για πεζούς και ποδηλάτες, λόγω των ήπιων συνθηκών κυκλοφορίας που επιβάλλει.
- **Αστικοί 1 λωρίδας.** Περιλαμβάνει μία λωρίδα στο δακτύλιο κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση στα σκέλη του κόμβου. Είναι παρόμοιοι με τους αστικούς συνεπτυγμένους, όμως έχουν μεγαλύτερη διάμετρο στην εξωτερική περίμετρο (30 – 40 m). Αυτή η κατηγορία επιλέγεται για αστικό περιβάλλον με μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους από αυτούς που προβλέπονται για την προηγούμενη κατηγορία και επιτρέπει μεγαλύτερα μεγέθη ταχυτήτων κίνησης και χωρητικότητας.
- **Αστικοί 2 λωρίδων.** Αυτοί οι κόμβοι συνιστώνται όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι μεγαλύτεροι από αυτούς που δικαιολογούν την κατασκευή των προηγούμενων κατώτερων κατηγοριών Κ3.
- **Υπεραστικοί 1 λωρίδας.** Έχουν γεωμετρία με μεγαλύτερες ακτίνες, ώστε να επιτρέπονται υψηλότερες ταχύτητες επί του δακτυλίου και στις εξόδους. Επειδή τοποθετούνται σε περιβάλλον όπου αναπτύσσονται ελεύθερα αρκετά υψηλές ταχύτητες, ενδέχεται να απαιτούν μέτρα περιορισμού της ταχύτητας των οχημάτων, όπως σήμανση, ειδική γεωμετρία στους κλάδους εισόδου κτλ.
- **Υπεραστικοί 2 λωρίδων.** Έχουν δύο λωρίδες στο δακτύλιο κυκλοφορίας και τουλάχιστον για ένα από τους κλάδους πρόσβασης, έστω μόνο σε τμήμα πριν από την είσοδο στο δακτύλιο κυκλοφορίας. Η διάμετρος της περιμέτρου είναι συνήθως μεγαλύτερη και οι ταχύτητες είναι υψηλότερες.



<b>Κατηγορία Κ3</b>	<b>Ταχύτητα [km/h]</b>
Κομβίδιο	25-30
Αστικός Συνεπτυγμένος	25-30
Αστικός 1 Λωρίδας	30-40
Υπεραστικός 1 Λωρίδας	40-50
Αστικός 2 Λωρίδων	40-50
Υπεραστικός 2 Λωρίδων	50

**Πίνακας 6-2 Συνιστώμενες ταχύτητες σχεδιασμού ανάλογα της κατηγορίας του Κ3**

(NAMA, 2011)

Όσον αφορά την κατασκευή κόμβου κυκλικής πορείας έχει επιλεγεί ως λύση στην περίπτωση του ΓΕΛ Λουτρακίου, όπου υπάρχει προγραμματική σύμβαση μεταξύ της Περιφέρειας Πελοποννήσου και του Δήμου Λουτρακίου – Περαχώρας – Αγίων Θεοδώρων για το έργο "Βελτίωση – Συντήρηση επαρχιακής οδού Νο 1 Λουτρακίου – Περαχώρας (Ισόπεδοι Κόμβοι – Συμβολές Οδών – 31-5-2018). Αντικείμενο του έργου είναι η βελτίωση της ασφάλειας πρόσβασης με τη δημιουργία δύο ισόπεδων κυκλικών κόμβων επί της επαρχιακής οδού Ισθμού – Λουτρακίου και των οδικών κλάδων που συνδέουν αυτούς με το υφιστάμενο οδικό δίκτυο σε μια περιοχή η οποία, ευρισκόμενη στην είσοδο της πόλης του Λουτρακίου, φιλοξενεί τέσσερις μεγάλες και κυρίαρχες δραστηριότητες, όπως το κλειστό Γυμναστήριο, το νέο σχολικό συγκρότημα (Λύκειο Λουτρακίου), το κολυμβητήριο και το στάδιο Λουτρακίου.

Στο σχολικό συγκρότημα της Δαλαμανάρας όπως έχει προαναφερθεί και στις σχολικές μονάδες που στεγάζονται, μετακινούνται καθημερινά άνω των πεντακοσίων μαθητών (ΕΠΑ.Λ. – Ε.Κ. και ΓΕΛ), άνω των 250 σπουδαστών (ΙΕΚ), 70 περίπου εκπαιδευτικοί (ΕΠΑ.Λ. – Ε.Κ. και ΓΕΛ), και 50 εκπαιδευτές (ΙΕΚ). Η ασφάλεια μετακίνησης και επιπλέον η μείωση της ταχύτητας διέλευσης των οχημάτων λόγω της εισόδου σε έναν τέτοιο κόμβο και συνεπώς η μείωση του παραγόμενου κυκλοφοριακού θορύβου είναι απαραίτητο να εξεταστεί.

#### **6.1.6 Αλλαγή Οδοστρώματος - Πορώδης ασφαλτοτάπητας**

Πρωταρχικός σκοπός κατά την κατασκευή ενός οδοστρώματος είναι η ασφάλεια κίνησης των οχημάτων. Ωστόσο, το οδόστρωμα επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τόσο την παραγωγή του θορύβου από την κύλιση των ελαστικών όσο και τις αντανakλάσεις του. Έτσι, ένας ηχοαπορροφητικός ασφαλτοτάπητας μπορεί να μειώσει τις στάθμες του παραγόμενου θορύβου μέχρι και 10dB(A).

Κατά την κύλιση ενός ελαστικού πάνω στο οδόστρωμα, το ελαστικό παραμορφώνεται ενώ ταυτόχρονα δημιουργούνται και δρύνε ταλαντώσεις. Ένας σημαντικός παράγοντας που επιδρά σε αυτό το φαινόμενο είναι η επιφάνεια του οδοστρώματος. Όσο πιο λεία είναι η επιφάνεια του οδοστρώματος, τόσο λιγότερος είναι ο παραγόμενος θόρυβος. Επιπλέον, επιδρούν αεροδυναμικά φαινόμενα μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος. Ο αέρας που υπάρχει στα κενά μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος συμπιέζεται και στη συνέχεια απελευθερώνεται. Αυτές οι διακυμάνσεις της πίεσης δημιουργούν τον αερόφερτο ήχο. Το παραπάνω φαινόμενο περιγράφεται με τον όρο "air pumping". (Βασιλειάδης, 2012)

Ο πορώδης ασφαλτοτάπητας έχει ως κύριο συστατικό του χοντρούς κόκκους οι οποίοι συγκρατούνται με μια ειδική στρώση πίσσας. Έτσι, δημιουργείται ένα σταθερό πλέγμα με κενά ενδιάμεσα τα οποία απορροφούν τμήμα του παραγόμενου θορύβου. Ο θόρυβος καταπολεμάται απευθείας στην πηγή του και έτσι υπάρχει όφελος για όλον τον περιβάλλοντα χώρο του δρόμου. Κατά συνέπεια, δεν απαιτούνται επιπρόσθετα μέτρα αντιμετώπισης θορύβου όπως π.χ. ηχοπετάσματα. (Βασιλειάδης, 2012)

Ωστόσο, ο πορώδης ασφαλτοτάπητας έχει και μειονεκτήματά. Η αποτελεσματικότητα του πορώδους ασφαλτοτάπητα μειώνεται κάθε χρόνο. Αυτό συμβαίνει γιατί διάφορα υλικά σφραγίζουν σταδιακά τους ανοιχτούς πόρους του ασφαλτοτάπητα, αφαιρώντας του έτσι τις ηχοαπορροφητικές του ιδιότητες και να απαιτείται νέα επίστρωση του ασφαλτοτάπητα.

Επίσης, όταν το διαθέσιμο μήκος για την τοποθέτηση είναι μικρότερο από 1 χλμ. Τότε τα αποτελέσματα δεν είναι τα αναμενόμενα. Επιπλέον το κόστος ενός πορώδους ασφαλτοτάπητα, αυτό είναι περίπου 2,5 - 3 φορές πάνω από το κόστος ενός συμβατικού ασφαλτοτάπητα. Προκύπτει λοιπόν πως η εφαρμογή του πορώδους ασφαλτοτάπητα έχει νόημα σε οδικές αρτηρίες, εντός ή περιμετρικά μιας πόλης, όπου διατηρούνται, όμως,

κάποιες σχετικά υψηλές ταχύτητες. (Βασιλειάδης, 2012) (Η οδική αρτηρία Άργους – Ναυπλίου εμπεριέχει τέτοια χαρακτηριστικά).

Γενικά πρέπει να επισημανθεί πως με την πάροδο του χρόνου επέρχεται φθορά στο άνω στρώμα του κάθε ασφαλτοτάπητα, πορώδους ή όχι, με αποτέλεσμα την αύξηση του παραγόμενου θορύβου. Έτσι, προκύπτει πως η ανανέωση του στρώματος του ασφαλτοτάπητα, εκτός από ευνοϊκά ως προς την ασφάλεια των αυτοκινήτων αποτελέσματα, έχει και ευνοϊκά αποτελέσματα και ως προς τον περιβαλλοντικό θόρυβο.

Συνοψίζοντας θα προτείναμε να γίνει άμεσα μία ολοκληρωμένη μελέτη θορύβου από πιστοποιημένους φορείς τόσο για το 1<sup>ο</sup> Επαγγελματικό Λύκειο Άργους όσο και για όλο το σχολικό συγκρότημα της Δαλαμανάρας. Οι λύσεις που θα προταθούν πρέπει να έχουν μόνιμο χαρακτήρα καθώς και να προκύπτουν άμεσα και θετικά αποτελέσματα σε θέματα που αφορούν την επίδραση του κυκλοφοριακού θορύβου προς το σχολικό συγκρότημα. Σκοπός όλων αυτών είναι η καλύτερη διεξαγωγή της μαθησιακής διαδικασίας για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς. Πρέπει να περιοριστούν σημαντικά ή ακόμη και να εξαλειφθούν όλοι εκείνοι οι παράγοντες εξωτερικών θορύβων προς το σχολείο και να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις για την καλύτερη και ουσιαστικότερη πραγμάτωση της μάθησης.

## 7 Επίλογος

Κοινή πλέον αποδοχή και παραδοχή της πλειονότητας της κοινωνίας μας είναι ότι η ύπαρξη του ακουστικού θορύβου στην ανθρώπινη καθημερινότητα επιφέρει δυσάρεστες επιπτώσεις τόσο για τον ίδιο τον άνθρωπο όσο και για τις όποιες δραστηριότητες επιτελεί. Σημαντικός πυλώνας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι η παροχή εκπαίδευσης στα παιδιά και στους νέους. Μία μαθησιακή διαδικασία πρέπει να περιέχει όσο δυνατόν καλύτερες συνθήκες για την περαίωσή της. Το καλό ακουστικό περιβάλλον είναι μία από αυτές τις συνθήκες. Η Πολιτεία πρέπει να στοχεύει και προς αυτήν την κατεύθυνση για την όσο καλύτερη παροχή εκπαίδευσης στα σχολεία της επικράτειας.

Η σχολική μονάδα του 1<sup>ου</sup> Επαγγελματικού Λυκείου Άργους βρίσκεται παραπλεύρως της οδικής αρτηρίας Άργους – Ναυπλίου, αρτηρίας με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο ειδικά κατά τις ώρες λειτουργίας του σχολείου. Μέσα από την χορήγηση ερωτηματολογίων σε εκπαιδευτικούς και μαθητές και με την πραγματοποίηση μετρήσεων θορύβου μέσω κατάλληλου εξοπλισμού, επιβεβαιώθηκαν οι όποιες εκτιμήσεις για την αρνητική επίδραση του κυκλοφοριακού θορύβου προς την σχολική μονάδα.

Για την αντιμετώπιση του θορύβου πρέπει να ληφθούν αποφάσεις και πραγματοποιηθούν εφικτές και εφαρμόσιμες λύσεις στον συγκεκριμένο χώρο. Η χαρτογράφηση του προβλήματος, η έκταση της ενόχλησης από τον θόρυβο και το κόστος της επιλεγόμενης λύσης πρέπει να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά από την τοπική αυτοδιοίκηση, η οποία έχει και την ευθύνη της συντήρησης και της λειτουργίας τόσο των σχολείων όσο και των οδικών αρτηριών.

Απαιτείται λοιπόν μια συνολική μελέτη που θα αφορά μετρήσεις θορύβου στην πηγή και στον δέκτη, μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου, αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις και οικοδομικές εργασίες στο σχολικό κτίριο και όποιες άλλες απαιτούμενες δράσεις. Σκοπός όλων αυτών είναι να επιτευχθεί αύξηση της ηχοπροστασίας της σχολικής μονάδας του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑ.Λ. Άργους, πράγμα που θα λειτουργήσει θετικά για την επίτευξη των μαθησιακών στόχων και σκοπών από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές του σχολείου.

*Κωνσταντίνος Δέδες, Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου, προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου, στην σχολική μονάδα του Ιου Επαγγελματικού Λυκείου Άργους*

Η Πολιτεία και η Τοπική Αυτοδιοίκηση έχουν χρέος προς τα παιδιά και τους νέους να τους παρέχουν τις όσο δυνατόν καλύτερες προϋποθέσεις για την διεξαγωγή της μαθησιακής τους διαδικασίας. Ο μεγάλος Έλληνας φιλόλογος, Αδαμάντιος Κοραΐς έλεγε: *«Πολιτεία που δεν έχει σαν βάση της την παιδεία, είναι οικοδομή πάνω στην άμμο».*

## Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

Ai Ali, S. A. (2013, 4). Study effects of school noise on learning achievement and annoyance in Assiut city, Egypt. *Applied Acoustics* , σσ. 602-606.

Airey, S., MacKenzie, D., & Craik, R. (1998). *Can you hear me at the back? Effective communication in classrooms*. Sydney: 7th Intern. Congress on Noise as a Public Problem.

Benesova, V., Brunclikova, J., Dohnal, K., & Synkova, J. (1988). *Stressogenic effect on noise load on school children in laboratory conditions*. Ceskoslovenska Hygiena.

Berglund, B., & Lindvall, T. (1995). *Community Noise*. Stockholm, Sweden,: Center for Sensory Research.

Blake, P., & Busby, S. (1994, 9). Noise levels in New Zealand junior classrooms: their impact on hearing and teaching. *New Zealand Med* .

Crandell, C. C., & Smaldino, J. (2000, 10). Classroom Acoustics for Children With Normal Hearing and With Hearing Impairment. *Language, Speech and Hearing Services in schools* , σσ. 362–370.

Dalianis, S., & Campourakis, G. (2005). *The Acoustics of Learning Enviroments and Implications in Communication and Learning*. Rio de Janeiro - Brasil: Congress and Expositin on Noise Control Engineering.

Di, H., Liu, X., Zhang, J., Tong, Z., Li, F., Feng, T., και συν. (2018, 7 10). Estimation of the quality of an urban acoustic environment based on traffic. *Applied Acoustics* , σσ. 115-124.

Everest, F. A. (2003). *Εγχειρίδιο Ακουστικής*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ.

Goines, L., & Hagler, L. (2007, 3). Noise Pollution: A Modem Plague. *Southern Medical Journal* .

- Gold, M., Lee, H., Siebein, L., Asby, J., Hasell, M., & Abott, P. (1998). *Classroom acoustic II: Acoustical conditions in elementary school Classrooms*. 16th International Congress on Acoustics.
- Josserand, P., & Occelli, M. (1989). *Reduire le bruit en milieu scolaire*. Zaragoza: FASE-8th Symposium on Enviromental Acoustics.
- kullabs.com. (2020, 2). Ανάκτηση 2 2020, από <https://kullabs.com/class-9/science-9/sound-1>: <https://kullabs.com/class-9/science-9/sound-1>
- Lady Cantor Cutiva, C., & Burdorf, A. (2015, 2). Effects of noise and acoustics in schools on vocal health. *Noise & Health* , σσ. 17-22.
- Niu, W. (1990). *Effects of various white noise level on psychological cognitionof school children*. Beijing: Preventive Medicine.
- Ouis, D. (2002, February). Annoyance Caused by Exposure to Road Traffic Noise: An Update. *Noise and Health* , σσ. 69-79.
- Peng, J., Lau, S.-K., & Zhao, Y. (2020, 3). Comparative study of acoustical indices and speech perception of students in two primary school classrooms with an acoustical treatment. *Applied Acoustics* , σσ. 107297-107302.
- Peng, J., Wang, D., Lau, S.-K., Yan, N., Jiang, P., & Wu, S. (2015, 3). An investigation of acoustic treatment for children in a classroom. *Applied Acoustics* , σσ. 42-45.
- Peng, J., Zhang, H., & Wang, D. (2018, 2). Measurement and analysis of teaching and background noise level in classrooms of Chinese elementary schools. *Applied Acoustics* , σσ. 1-4.
- Pinho, P., Pinto, M., Almeida, R. M., Lopes, S., & Lemos, L. (2016, 5). Aspects concerning the acoustical performance of school buildings. *Applied Acoustics* , σσ. 129-134.
- Sargent, J., Gidman, M., Humphreys, M., & Utley, W. (1980). The Disturbance caused to school teachers by noise. *Journal of Sound and Vibration* , σσ. 557-572.
- Silva, L., Oliveira, I. S., & Silva, J. F. (2019, 1). The impact of urban noise on primary schools. Perceptive evaluation and. *Applied Acoustics* , σσ. 2-9.



*Sound science for schools and colleges.* (2020, 2). Ανάκτηση 2 2020, από <http://salfordacoustics.co.uk/>: <http://salfordacoustics.co.uk/>

Wen, X., Lu, G., Lv, K., Jin, M., Shi, X., Lu, F., και συν. (2019, 3). Impacts of traffic noise on roadside secondary schools in a prototype. *Applied Acoustics* , σσ. 153-163.

Xie, H., Kang, J., & Tompsett, R. (2011, 5). The impacts of environmental noise on the academic achievements of secondary school students in Greater London. *Applied Acoustics* , σσ. 551-555.

Βασιλειάδης, Β. (2012). *Περιβαλλοντικός Θόρυβος (Σύγκριση Μακροχρόνιων Επιτόπιων Μετρήσεων Θορύβου με Στοιχεία Υποκειμενικής Αξιολόγησης και Εφαρμογή σε Ειδικές Συνθήκες Ελληνικών Πόλεων μέσω Η/Υ)*. Θεσσαλονίκη: ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ-ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ-ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ.

Δαλαμάγκας, Β. (2015). *Ο Θόρυβος στο αστικό περιβάλλον. Θόρυβος: ένα πρόβλημα που χρειάζεται λύσεις*. Αθήνα: Ινστιτούτο Έρευνας Μουσικής και Ακουστικής.

Δαλιάνης, Σ., Καμπουράκης, Γ., & Καγιάφας, Ε. (2006). *Συγκοινωνιακός Θόρυβος στις Αναπτυσσόμενες Ελληνικές Πόλεις. Στρατηγική Χωροταξικού Σχεδιασμού και ράσεις Αντιμετώπισης*. Ηράκλειο: ΕΛΙΝΑ.

Ζώτος, Β. (2012). *Περιβαλλοντικός Θόρυβος στα Σχολεία... κίνδυνος για τα παιδιά*. Αθήνα: ομάδα Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Συνδέσμου Αποφοίτων Βρετανικών Πανεπιστημίων (BGS),.

Κολοκυθάς, Κ. (2015). *Ψηφιακά Μέσα στις Οπτικοακουστικές Τέχνες*. ΑΘΗΝΑ: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Κοντομίχος, Φ., Ποτηράκης, Σ., & Χατζηαντωνίου, Π. (2013). *Ειδικά Θέματα Ακουστικού Σχεδιασμού και Πολυμέσων - .* Πάτρα: ΕΑΠ.

Κουτελιά, Α., & Καλδάνη, Β. (2012). *Το προαύλιο σχολείου ως πηγή θορύβου*. ΑΘΗΝΑ: ΕΜΠ- Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Μίντσης, Γ. (2014). *Οδοποιία II - Θόρυβος και οδός*. Ανάκτηση 3 2020, από [opencourses.auth | Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα ΑΠΘ: https://opencourses.auth.gr/opencourses/Highway\\_Design\\_II/unit9/index.html](https://opencourses.auth.gr/opencourses/Highway_Design_II/unit9/index.html)

NAMA, A. (2011). *Κόμβοι Κυκλικής Κίνησης, ΟΜΟΕ-Κ3*. ΑΘΗΝΑ: ΥΠΥΜΕΔΙ.

Νοσοκομεία ομίλου ΥΓΕΙΑ. (2014, 3). Αφιέρωμα στη Βαρηκοΐα. *Ιατρικά ανάλεκτα* .

Παπανικολάου, Μ. (2015). *Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου στη γνωστική επίδοση μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης κατά τη διάρκεια του μαθήματος*. ΒΟΛΟΣ: Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών - Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης.

Σκαρλάτος, Δ. (2015). *Εφαρμοσμένη Ακουστική*. Πάτρα: GOTSIS.

Σκαρλάτος, Δ. (2013). *Ηχομόνωση - Ηχοπροστασία Τόμος Β*. ΠΑΤΡΑ: ΕΑΠ.

Σωτηροπούλου, Α. (2015). *Ακουστικός Σχεδιασμός Αιθουσών Ακροατηρίου*. Αθήνα: ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ.

Χατζηλυμπέρης, Κ. (2008). Το πρόβλημα της Αστικής Ηχορύπανσης – σημασία των Τεχνικών Πρόληψης στην Πηγή, κατά την Διάδοση, στον Αποδέκτη και ο ρόλος του Καταναλωτή. *Οι επιπτώσεις της ηχορύπανσης στα αστικά κέντρα – Αναγκαία μέτρα και παρεμβάσεις* (σσ. 1-10). ΑΘΗΝΑ: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.

Ψηφίδης, Δ. (2009). *Η συμβολή των ωτοακουστικών εκπομπών στην αντικειμενική Ακουσολογική Μελέτη ασθενών με εμβοές*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Ιατρική Σχολή.

## **Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο**

**Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο - Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών.**

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών: Ακουστικός Σχεδιασμός και Ψηφιακός Ήχος.  
Διπλωματική Εργασία Δέδε Κωνσταντίνου με θέμα: “Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου, προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου, στην σχολική μονάδα του 1ου Επαγγελματικού Λυκείου Άργους”.

Πριν την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου μπορείτε να παρακολουθήσετε ένα σύντομο βίντεο (1min 29sec) του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος σε σχέση με την ηχορύπανση.

<http://youtube.com/watch?v=F8JpoQDspT0>

**Προσωπικά Στοιχεία**

**1. Φύλλο \***

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

Άρρεν

Θήλυ

**2. Ιδιότητα \***

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

Μαθητής/τρια 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους

Εκπαιδευτικός 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους

**3. Ηλικία \***

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

16-25 έτη

26-40 έτη

41-50 έτη

51+ έτη

#### 4. Τόπος κατοικίας \*

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

- Αγροτική περιοχή (Πληθυσμός<2.000)
- Ημιαστική περιοχή (2.000<Πληθυσμός<10.000)
- Αστική περιοχή (Πληθυσμός>10.000)

### Περιβαλλοντικός Θόρυβος

#### 5. Ποιοι είναι οι θόρυβοι που ακούτε στην καθημερινότητά σας; \*

1: Ποτέ, 2: Σπάνια, 3: Συχνά, 4: Πολύ συχνά, 5: Καθημερινά

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση ανά σειρά.

	1	2	3	4	5
Κυκλοφοριακός θόρυβος	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Εργοτάξια - Συνεργεία	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Βιομηχανικές, Βιοτεχνικές εγκαταστάσεις	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Κέντρα Διασκέδασης - Αναψυχής	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Οικιακές συσκευές	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Γεωργικά μηχανήματα - κτηνοτροφικές μονάδες	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Θεωρείτε ότι ο περιβαλλοντικός θόρυβος έχει αρνητική επίδραση στην καθημερινότητά μας; \*

1: Καθόλου, 2:Λίγο, 3:Δεν ξέρω/Δεν απαντώ, 4:Πολύ, 5:Πάρα πολύ

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

1	2	3	4	5
Καθόλου				Πάρα πολύ
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Γνωρίζετε ότι η έκθεση για αρκετή ώρα στο θόρυβο (ηχορύπανση) μπορεί να σας δημιουργήσει οργανικές διαταραχές όπως: \*

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση ανά σειρά.

	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Δεν ξέρω/Δεν απαντώ
Εμβοές - Κεφαλαλγίες	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Αϋπνία - Κόπωση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Καρδιακές διαταραχές	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Άγχος - Στρες - Υψηλή πίεση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Εκνευρισμό - επιθετικότητα	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Καμία διαταραχή	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Έχετε προσπαθήσει να καλύψετε έναν θόρυβο με έναν άλλο; \*

(π.χ. αύξηση της ηχητικής έντασης της τηλεόρασης για κάλυψη του θορύβου από την ηλεκτρική σκούπα)

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

1      2      3      4      5

— Ποτέ ————— Πολλές φορές —

9. Κατά τις ώρες κοινής ησυχίας έχετε αντιληφθεί κάποιο δυνατό και ενοχλητικό θόρυβο; (π.χ. απορριμματοφόρο, εξάτμιση από δίκυκλο κτλ) \*

1: Ποτέ, 2: Σπάνια, 3: Συχνά, 4: Πολύ συχνά, 5: Καθημερινά

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

1      2      3      4      5

— Ποτέ ————— Καθημερινά —

10. Γνωρίζετε την ύπαρξη νομοθεσίας η οποία να ρυθμίζει τα θέματα του περιβαλλοντικού θορύβου και της ηχοπροστασίας;

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

- ΝΑΙ
- ΟΧΙ
- Δεν ξέρω/Δεν απαντώ



## Περιβαλλοντικός Θόρυβος και Μαθησιακή Διαδικασία

11. Πόσο ενοχλητικοί είναι για εσάς οι θόρυβοι που δημιουργούνται στον χώρο του σχολείου; \*

1: Καθόλου, 2:Λίγο, 3:Δεν ξέρω/Δεν απαντώ, 4:Πολύ, 5:Πάρα πολύ

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου						Πάρα πολύ
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

12. Πόσο ενοχλητικοί είναι για εσάς οι θόρυβοι που δημιουργούνται στην αίθουσα διδασκαλίας κατά την διάρκεια του μαθήματος; \*

1: Καθόλου, 2:Λίγο, 3:Δεν ξέρω/Δεν απαντώ, 4:Πολύ, 5:Πάρα πολύ

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου						Πάρα πολύ
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**13. Ποιες θεωρείτε σημαντικότερες πηγές θορύβου κατά την ώρα  
του μαθήματος; \***

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση ανά σειρά.

Προαύλιο

σχολείου (π.χ  
μάθημα

Γυμναστικής)

Προαύλιο

διπλανού  
σχολείου

(διαφορετική ώρα  
διαλείμματος)

Οχήματα από την  
οδική αρτηρία

Άργους - Ναυπλίου

Διπλανή αίθουσα

Παρακείμενα  
συνεργεία

14. Θεωρείτε ότι ο περιβαλλοντικός θόρυβος έχει αρνητική επίδραση στην μαθησιακή διαδικασία; \*

1: Καθόλου, 2:Λίγο, 3:Δεν ξέρω/Δεν απαντώ, 4:Πολύ, 5:Πάρα πολύ

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου						Πάρα πολύ
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

15. Αποσπάται η προσοχή σας από την διαδικασία της μάθησης όταν παρεμβάλλεται ένας δυνατός θόρυβος; (π.χ. διέλευση μοτοσυκλέτας με μεγάλη ταχύτητα) \*

1: Καθόλου, 2:Λίγο, 3:Δεν ξέρω/Δεν απαντώ, 4:Πολύ, 5:Πάρα πολύ

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου						Πάρα πολύ
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

16. Θεωρείτε ότι η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου από την οδική αρτηρία Άργους - Ναυπλίου είναι μεγαλύτερη όταν τα παράθυρα της αίθουσας είναι ανοιχτά; \*

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Δεν ξέρω/Δεν απαντώ

**17. Ποιες θεωρείτε ότι τις πιο σημαντικές επιπτώσεις στην μαθησιακή διαδικασία κατά την έκθεση σας σε περιβαλλοντικό θόρυβο; \***

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση ανά σειρά.

Δυσκολία

επικοινωνίας

εκπαιδευτικών -

μαθητών

**Απώλεια**

συγκέντρωσης -

**Λάθη**

Μείωση σχολικής

επίδοσης

**Διατάραξη ηρεμίας**

**στην αίθουσα**

Δυσκολία

απομνημόνευσης

εννοιών

**Δυσκολία**

**κατανόησης εννοιών**

Διακοπή ειρμού

σκέψης

**Δυσκολία**

**διαχείρισης**

**σχολικής τάξης**

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Θεωρείτε ότι ο θόρυβος από την οδική αρτηρία Άργους - Ναυπλίου παρεμποδίζει την μαθησιακή διαδικασία, στην σχολική μονάδα του 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους; \*

1: Καθόλου, 2:Λίγο, 3:Δεν ξέρω/Δεν απαντώ, 4:Πολύ, 5:Πάρα πολύ

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	_____					Πάρα πολύ
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

19. Άλλες σχολικές μονάδες που έχετε φοιτήσει (μαθητές) ή έχετε εργαστεί (εκπαιδευτικοί) αντιμετώπιζαν προβλήματα με τον περιβαλλοντικό θόρυβο και την ελλειπή ηχοπροστασία τους;

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

ΝΑΙ

ΟΧΙ

Δεν ξέρω / Δεν απαντώ

20. Θεωρείτε ότι πρέπει να παρθούν μέτρα για την ηχοπροστασία της σχολικής μονάδας του 1ου ΕΠΑ.Λ. Άργους από τον προερχόμενο θόρυβο της οδικής αρτηρίας Άργους - Ναυπλίου; \*

1: Καθόλου, 2:Λίγα, 3:Δεν ξέρω/Δεν απαντώ, 4:Αρκετά, 5:Οπωσδήποτε

Να επιλέγετε μόνο μία απάντηση.

	1	2	3	4	5	
Καθόλου	_____					Οπωσδήποτε
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

*Κωνσταντίνος Δέδες, Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου,  
προερχόμενου από την οδική αρτηρία Άργους-Ναυπλίου, στην  
σχολική μονάδα του Ιου Επαγγελματικού Λυκείου Άργους*

## **Παράρτημα Β: Πίνακες - Αποτελεσμάτων Μετρήσεων**



<b>Γραφείο Καθηγητών Ι (Ισόγειο) – περίοδος καραντίνας</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	37,2	49,9	41,8
	Κέντρο αίθουσας	37,1	49,5	41,4
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	38,4	59,9	49,9
	Κέντρο αίθουσας	38,2	58,1	49,6

<b>Γραφείο Καθηγητών Ι (Ισόγειο) – ελεύθερη μετακίνηση πολιτών</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	42,1	50,7	44,4
	Κέντρο αίθουσας	41,7	51,0	44,3
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	49,2	68,9	55,2
	Κέντρο αίθουσας	48,8	64,4	55,0

<b>Αίθουσα 5 (Α΄ όροφος) – περίοδος καραντίνας</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	36,2	53,4	40,5
	Κέντρο αίθουσας	36,0	52,8	40,3
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	37,9	60,7	53,8
	Κέντρο αίθουσας	37,6	59,8	53,1

<b>Αίθουσα 5 (Α΄ όροφος) – ελεύθερη μετακίνηση πολιτών</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	40,9	51,7	44,4
	Κέντρο αίθουσας	40,1	58,6	42,9
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	52,5	73,0	61,1
	Κέντρο αίθουσας	49,9	70,1	59,6

<b>Εργαστήριο Υπολογιστών II (Β΄ όροφος) – περίοδος καραντίνας</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	36,1	51,1	40,1
	Κέντρο αίθουσας	36,1	51,0	40,0
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	37,4	58,3	50,2
	Κέντρο αίθουσας	37,3	58,1	51,1

<b>Εργαστήριο Υπολογιστών II (Β΄ όροφος) – ελεύθερη μετακίνηση πολιτών</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	39,6	53,1	42,8
	Κέντρο αίθουσας	39,5	52,3	42,8
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	51,3	66,4	56,2
	Κέντρο αίθουσας	50,8	69,3	55,9

<b>Αίθουσα 1 (Α΄ όροφος) – περίοδος καραντίνας</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	35,8	47,1	38,3
	Κέντρο αίθουσας	35,7	47,0	38,1
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	37,2	55,8	43,4
	Κέντρο αίθουσας	37,2	54,4	42,9
<b>Αίθουσα 1 (Α΄ όροφος) – ελεύθερη μετακίνηση πολιτών</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	39,9	50,1	41,7
	Κέντρο αίθουσας	39,4	52,3	40,8
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	43,3	71,2	51,4
	Κέντρο αίθουσας	42,8	62,2	49,7

<b>Αίθουσα 8 (Α΄ όροφος) – περίοδος καραντίνας</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	35,1	40,9	38,4
	Κέντρο αίθουσας	35,1	40,8	38,4
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	35,6	51,1	40,2
	Κέντρο αίθουσας	35,5	48,2	40,1

<b>Αίθουσα 8 (Α΄ όροφος) – ελεύθερη μετακίνηση πολιτών</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	38,5	43,1	40,2
	Κέντρο αίθουσας	38,2	42,8	39,9
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	41,4	54,4	45,4
	Κέντρο αίθουσας	41,1	50,1	43,2

<b>Αίθουσα 4 (Β΄ όροφος) – περίοδος καραντίνας</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	34,9	38,4	35,9
	Κέντρο αίθουσας	34,7	38,4	35,9
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	35,4	50,2	37,13
	Κέντρο αίθουσας	35,2	49,8	37,1
<b>Αίθουσα 4 (Β΄ όροφος) – ελεύθερη μετακίνηση πολιτών</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	38,9	41,0	39,6
	Κέντρο αίθουσας	38,9	40,8	39,7
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	40,2	52,2	45,6
	Κέντρο αίθουσας	40,1	51,5	44,8

<b>Αίθουσα 3 (Α΄ όροφος) – περίοδος καραντίνας</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	33,9	34,9	34,2
	Κέντρο αίθουσας	33,9	34,9	34,3
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	34,1	35,4	34,7
	Κέντρο αίθουσας	34,1	35,2	34,6
<b>Αίθουσα 3 (Α΄ όροφος) – ελεύθερη μετακίνηση πολιτών</b>				
	Θέση Παρατήρησης	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Παράθυρα κλειστά	1,5 μ από παράθυρο	39,1	40,9	39,3
	Κέντρο αίθουσας	38,9	40,6	39,1
Παράθυρα ανοικτά	1,5 μ από παράθυρο	40,1	48,7	42,9
	Κέντρο αίθουσας	39,9	48,4	42,1

<b>Εξωτερικές μετρήσεις – περίοδος καραντίνας</b>			
	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Πρόσοψη κτιρίου (Γραφείο Καθηγητών Ι)	44,2	64,2	46,1
Προαύλιο σχολείου	43,9	59,1	45,7
<b>Εξωτερικές μετρήσεις – ελεύθερη μετακίνηση πολιτών</b>			
	Ελάχιστη στάθμη dB(A)	Μέγιστη στάθμη dB(A)	Ισοδύναμη στάθμη Leq dB(A)
Πρόσοψη κτιρίου (Γραφείο Καθηγητών Ι)	60,1	75,8	63,1
Προαύλιο σχολείου	48,1	74,1	55,2

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.