

Τσαλιγόπουλος Άγγελος

**Η έννοια της ησυχίας στο αστικό περιβάλλον-Μια προσέγγιση  
ακουστικής και αστικής οικολογίας**

**The concept of quietness in an urban environment-An acoustic and  
urban ecology approach**

---

**Πανεπιστήμιο Αιγαίου**

**Τμήμα Περιβάλλοντος**

**Μυτιλήνη**

**2021**



**Επιβλέπων  
Καθηγητής  
Ιωάννης Ματσίνος**

## Περίληψη

Κάποιες από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στο αστικό περιβάλλον αποτελούν πηγή εκπομπής ρύπων μεταξύ των οποίων και ο περιβαλλοντικός θόρυβος. Η αυξανόμενη μετακίνηση του πληθυσμού προς τα αστικά κέντρα έχει επιφέρει σειρά περιβαλλοντικών πιέσεων με επιπτώσεις στην ποιότητα της ζωής και στην ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος. Μια απόκριση στα προβλήματα που προκαλεί ο θόρυβος, είναι η δημιουργία ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος. Οι ήσυχες περιοχές πολεοδομικού συγκροτήματος, όπως ορίζονται στην οδηγία 2002/49/ΕΚ, αποτελούν απόκριση της κοινωνίας με σκοπό την αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού θορύβου. Παρόλα αυτά, οι έννοιες του θορύβου και της ησυχίας είναι πολυδιάστατες και ασαφείς. Μέχρι τώρα έχουν εφαρμοστεί δυο τακτικές εύρεσης ήσυχων περιοχών. Η πρώτη αναγνωρίζει τον θόρυβο ως έναν ήχο αυξημένης έντασης και με το σκεπτικό ότι το “λιγότερο” είναι καλύτερο από το “περισσότερο”, προτρέπει στη δημιουργία χαρτών θορύβου προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές με χαμηλότερα επίπεδα έντασης. Μια σημαντική παρατήρηση σχετικά με την συγκεκριμένη τακτική αντιμετώπισης του θορύβου και προώθησης των ήσυχων περιοχών είναι η ομογενοποίηση όλων των ήχων υπό το πρίσμα της έντασης τους. Η ανάδειξη όμως του θορύβου ως αστική ασθένεια και η προώθηση της ησυχίας ως πανάκεια, προσφέρει βραχυπρόθεσμα και μονοδιάστατα οφέλη. Ο δεύτερος τρόπος αφορά το γενικό συμπέρασμα πως η ποιότητα του ακουστικού περιβάλλοντος είναι υπεύθυνη για την ανακήρυξη μιας περιοχής ως ήσυχη και όχι η ένταση των ήχων που περιλαμβάνει. Η προσέγγιση αυτή του ηχοτοπίου, οδηγεί αναπόφευκτα στην αναζήτηση της έννοιας της προαναφερθείσας “ποιότητας” και της σύνδεσης της με την έννοια της ησυχίας. Ο ενδεχόμενος κίνδυνος χρήσης της συγκεκριμένης τακτικής που πλέον έχει εφαρμοστεί σε αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες, επαφίεται στην εργαλειακή σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον, την ομαδοποίηση απόψεων με σκοπό την ανάδειξη του προτιμητέου και την πρακτική εφαρμογή της κυριαρχούσας άποψης σε έναν δημόσιο χώρο μη επενδύοντας σε οικολογικά συν-οφέλη. Σκοπός της συγκεκριμένης διδακτορικής διατριβής ήταν η δημιουργία ενός εύκαμπτου πρωτοκόλλου εύρεσης αστικών ήσυχων περιοχών, οι προσπάθειες οικολογικής σύνδεσης των ήσυχων περιοχών, ο επαναπροσδιορισμός της έννοιας της αστικής ησυχίας και η δημιουργία του νέου Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας (Composite Urban Quietness Index – CUQI) που συνοψίζει και ποσοτικοποιεί την κατάσταση των αστικών ήσυχων περιοχών, ώστε να παρατηρούνται έγκαιρα πιθανές αλλαγές στην ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος. Τα βασικά εργαλεία της έρευνας ήταν οι δειγματοληψίες επιπέδων θορύβου και οι ηχογραφήσεις. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν χρησιμοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξαχθούν χάρτες θορύβου και χάρτες ήχου που ενίσχυσαν την προσπάθεια εύρεσης ήσυχων περιοχών, με περιοχή μελέτης την πόλη της Μυτιλήνης. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν παραλλαγμένες πάγιες τακτικές αξιολόγησης ηχοτοπίων όπως ο ηχοπερίπατος προκειμένου να αναδειχθεί η υποκειμενική διάσταση αντίληψης του ακουστικού περιβάλλοντος. Στη συνέχεια, με χρήση ειδικού πρωτοκόλλου, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε περιοχές της πόλης και σχηματίστηκε ο Σύνθετος Δείκτης Αστικής

Ησυχίας. Συμπερασματικά, αναδείχθηκε η ιδιότητα του θορύβου ως ένα μη φυσικό εμπόδιο στην οικολογική συνδεσιμότητα σε ένα αστικό περιβάλλον. Τέλος, αναδείχθηκε η δυσλειτουργικότητα των μέχρι τώρα μετρικών αξιολόγησης, που αφορούν αποκλειστικά την ηχηρότητα ή την προτίμηση. Η εισαγωγή επιπλέον πτυχών του ήχου στις αναλύσεις αστικών ακουστικών περιβαλλόντων που αφορούν τη συχνότητα και την ακουστική πολυπλοκότητα κρίνεται απαραίτητη.

*Λέξεις Κλειδιά: Ησυχία, θόρυβος, ήσυχες περιοχές, ηχοτοπία, ακουστικό περιβάλλον, ακουστική οικολογία, αστική οικολογία, ακουστική πολυπλοκότητα, σύνθετος δείκτης αστικής ησυχίας*

## **Abstract**

Several human activities in the urban environment pose as a source of pollution including environmental noise. The increasing human population movement towards urban areas has brought a series of environmental pressures that affect the quality of life and the quality of the overall environment. A response towards the problems caused by noise is the creation of quiet areas in agglomerations. The quiet areas of an urban complex, as defined in the Directive 2002/49 / EC, are a societal response in order to deal with environmental noise. However, the concepts of noise and quietness are multidimensional and vague. So far, two approaches have been applied in order to find quiet areas. The first recognizes noise as a sound of increased intensity and the rational that "less" is better than "more", urges the creation of noise maps in order to highlight areas with lower levels of intensity. An important remark about this particular tactic is the homogenization of all sounds in the light of their intensity. However, the emergence of noise as an urban disease and the promotion of quietness as a panacea, offers short-term and one-dimensional benefits. The second way concerns the general conclusion that the quality of the acoustic environment is responsible for declaring an area as quiet and not the intensity of the sounds it contains. This soundscape approach inevitably leads to the search for the concept of the aforementioned quality and its connection with the concept of quietness. The potential risk of using this tactic, which has now been applied in several European countries, is left to the human instrumental rationality towards the environment, the grouping of opinions in order to highlight the preferred one and the practical application of the dominant opinion in a public space without investing in ecological co-benefits. The goals of this dissertation was to create a flexible protocol for urban quiet areas identification, the efforts of ecological connection of quiet areas, the redefining of the concept of urban quietness and the creation of the new Composite Urban Quietness Index (CUQI) that quantifies the state of urban quiet areas, so that possible changes in the quality of the urban environment are observed in a timely manner. The main research tools were noise level measurements and sound recordings. The collected data were used in such a way as to extract noise maps and sound maps that strengthened the efforts of quiet area identification, with the study area being the city of Mytilene. At the same time, altered fixed tactics of evaluating soundscapes such as the soundwalk were used in order to highlight the perception of

the acoustic environment. Then, using a special sampling protocol, the Composite Urban Quietness Index was formed. In conclusion, noise emerged as an immaterial barrier to ecological connectivity in an urban environment. Finally, the dysfunctionality of the so far evaluation metrics which concern exclusively to intensity or preference emerged. The introduction of additional aspects of sound in the analysis of urban acoustic environments regarding frequency and acoustic complexity is considered necessary.

*Keywords: Quietness, noise, quiet areas, soundscape, acoustic environment, acoustic ecology, urban ecology, acoustic complexity, composite urban quietness index*



ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

### **Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

Ιωάννης Ματσίνος, Καθηγητής, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Επιβλέπων

Τριαντάφυλλος Ακριώτης, μον. Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Περιβάλλοντος, Παν/μιο Αιγαίου, μέλος τριμελούς

Στέλλα Κυβέλου, Καθηγήτρια, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο, μέλος τριμελούς

### **Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Ιωάννης Ματσίνος, Καθηγητής, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Επιβλέπων

Τριαντάφυλλος Ακριώτης, μον. Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Περιβάλλοντος, Παν/μιο Αιγαίου, μέλος τριμελούς

Στέλλα Κυβέλου, Καθηγήτρια, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο, μέλος τριμελούς

Ανδρέας Τρούμπης, Καθηγητής, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Δημήτριος Φραγκίσκος Λέκκας, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Κωνσταντίνος Ευαγγελινός, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Στέργιος Βακάλης, Επίκουρο Καθηγητή, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Η εργασία ολοκληρώθηκε με οικονομική επιχορήγηση από το πρόγραμμα υποτροφιών «ΥΠΑΤΙΑ» του Πανεπιστημίου Αιγαίου



ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

## Πρόλογος

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα Καθηγητή μου Γιάννη Ματσίνο καθώς υπήρξε ένας ουσιαστικός συμπαραστάτης και καθοδηγητής. Χωρίς την πολυεπίπεδη βοήθεια του τίποτα δεν θα ήταν το ίδιο. Η βοήθεια και η απόλυτη κατανόηση στις ανάγκες μου, οικονομικές, ερευνητικές και οικογενειακές, αλλά και η ταυτόχρονη αυτονομία που μου προσέφερε, ήταν ανεκτίμητα δώρα. Ευχαριστώ βαθειά την Καθηγήτρια Κυβέλου Στέλλα, καθώς λειτούργησε σαν ερευνητικός απινιδωτής σε μια από τις δυσκολότερες στιγμές της ζωής μου. Ευχαριστώ τον κ. Ακριώτη για τις πολύτιμες συμβουλές του και την προσφορά του στην έρευνα μου. Τον ευχαριστώ για την ειλικρίνεια και το ενδιαφέρον που έδειξε, αλλά και για τις ευκαιρίες να αποκτήσω γνώσεις σε πρακτικό επίπεδο. Ευχαριστώ τον κ. Τρούμπη για την προσφορά του στην επιστήμη γενικότερα, γιατί μου έμαθε την “τραγωδία των κοινών” αλλά και γιατί κάποτε είχε πει πως ένας οικολόγος δεν πρέπει απλά να κοιτάζει, αλλά να βλέπει διεπιστημονικά, διαισθητικά και διορατικά. Μέσω της διατριβής, προσθέτω ότι πρέπει και να ακούει. Ευχαριστώ θερμά τον κ. Λέκκα για τις ουσιαστικές διορθώσεις, για την ευγένεια του, την υπομονή του και την ευκαιρία να εξελιχθώ. Ευχαριστώ τον κ. Βακάλη για την βοήθεια, για την συμπαράσταση και για την φροντίδα. Ευχαριστώ τον κ. Ευαγγελινό για το ενδιαφέρον του και για την ουσιαστική βοήθεια που αφορά την υποστήριξη των πολλών πτυχιακών που προέκυψαν στο πεδίο της ακουστικής οικολογίας.

Ευχαριστώ τον επιστημονικό και πνευματικό καθοδηγητή μου και φίλο Οικονόμου Χρήστο, γιατί έκανε την αρχή και γιατί μου έδωσε, αλλά δεν παρέδωσε το ηχόμετρο.

Ευχαριστώ τον σπιτονοικοκύρη και φίλο μου Γιώργο, που με άφησε να ζω χωρίς ενοίκιο για μήνες μέχρι να έρθει η χρηματοδότηση (και για πολλά άλλα). Και ακόμη του χρωστάω μερικά ενοίκια.

Ευχαριστώ την Αναστασία Πατέρα, τον πρώτο άνθρωπο που γνώρισα στη Μυτιλήνη που με κάνει να γελάω πολύ.

Ευχαριστώ τους φίλους μου Παναγιώτη, Τάσο και Δήμο που δεν με ξέχασαν όσο ξεχνιόμουν.

Ευχαριστώ τον Μάριο για τις ατελείωτες συζητήσεις και τα ξενύχτια.

Και την φίλη μου Αλεξάνδρα Τοσουνίδου που αγαπώ πολύ



Στην μαμά, στον μπαμπά  
στην αδερφή μου Λίλα  
στις ανιψιές μου Ελεάννα και Εύα

## Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή .....	1
1.2 Διάρθρωση Διδακτορικής Διατριβής .....	3
2. Θεωρητικό πλαίσιο .....	6
2.1 Εν αρχή ην ο ήχος – Ηχοτοπίο, ακουστικό περιβάλλον και επιστήμες του ήχου .....	7
2.2 Ακουστική Οικολογία και Κρίση Ταυτότητας.....	13
2.3 Ήσυχες Περιοχές Πολεοδομικού Συγκροτήματος.....	14
2.4 Ήχος και Ευημερία .....	20
2.4.1 Πηγές, μέσα διάδοσης και δέκτες ήχου .....	20
2.4.2 Ήχος και υγεία του ανθρώπου .....	22
2.4.3 Ήχος και περιβαλλοντική υγεία.....	25
2.4.4 Η υπόθεση της ακουστικής προσαρμογής - The Acoustic Adaptation Hypothesis .....	27
2.4.5 Το φαινόμενο της Ηχητικής Κάλυψης .....	30
2.4.6 Η επίδραση του Lombard .....	32
2.4.7 Οι χορωδίες της αυγής .....	33
2.5 Η πολυδιάστατη έννοια του θορύβου .....	34
2.5.1 Ο θόρυβος είναι χρήμα – Κοστολόγηση θορύβου .....	36
2.6 Ο ήχος ως δείκτης .....	42
2.6.1 Δείκτης Ακουστικού Πλούτου - Acoustic Richness Index .....	45
2.6.2 Κανονικοποιημένος Δείκτης Διαφοράς Ηχοτοπίου - NDSI .....	45
2.6.3 Δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας - Acoustic Complexity Index .....	46
2.6.4 Δείκτης Ακουστικής Ποικιλίας - Acoustic Diversity Index – ADI .....	46
2.6.5 Πολυπλοκότητα και Ποικιλία σε ένα Αστικό Ακουστικό Περιβάλλον .....	47
2.6.6 Δείκτες έντασης .....	49
2.7 Η απάτη των Ντεσιμπέλ και η ψυχοακουστική προσέγγιση αξιολόγησης ακουστικού περιβάλλοντος .....	50
2.8 Η αβεβαιότητα και τα συν-οφέλη του ήχου .....	54
2.9 Αρχή Διαχείρισης Θορύβου .....	56
2.9.1 Διαχείριση πηγής θορύβου .....	57
2.9.2 Διαχείριση μέσου διάδοσης ήχου .....	59
2.9.3 Διαχείριση στον δέκτη ήχου .....	60
2.10 Εργαλεία Ακουστικής Οικολογίας.....	62
2.10.1 Αντικειμενική αξιολόγηση ήχου .....	63
2.10.2 Υποκειμενική αξιολόγηση.....	68
2.11 Οπτικοποίηση και πρόβλεψη ήχου .....	69
2.11.1 Μοντελοποίηση θορύβου .....	72
2.12 Οικολογία των πόλεων, Οικολογία στις πόλεις και Ακουστική Οικολογία.....	74



2.12.1 Το αστικό ηχητικό παλίμψηστο .....	76
2.12.2 Ο θόρυβος ως μη φυσικό φράγμα που εμποδίζει την οικολογική σύνδεση .....	80
2.13 Προς μια ταύτιση του ηχοτοπίου και της υγείας υπό το πρίσμα του αστικού σχεδιασμού και του σχεδιασμού ηχητικού περιβάλλοντος.....	83
2.13.1 Ήχος και ασφάλεια .....	85
2.14 Προς έναν Οικολογικό Πολεοδομικό Προγραμματισμό και Σχεδιασμό.....	87
2.15 Το τερπνό και το ωφέλιμο στοιχείο της ησυχίας.....	89
2.16 Η ισοδικαιοσύνη της ησυχίας .....	90
2.16 Αποδόμηση πολύπλοκων προβλημάτων ακουστικής οικολογίας.....	92
2.16.1 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Ακουστική Οικολογία .....	95
2.17 Μεροληψία στην έρευνα ακουστικής οικολογίας.....	97
2.18 Η συνδρομή της τοπικής γνώσης σε ζητήματα ακουστικής οικολογίας – Η επιστήμη των πολιτών .....	99
2.19 Χαρτογράφηση Επικράτειας Ορνιθοπανίδας και Ταχεία Αξιολόγηση Βιοποικιλότητας με υβριδικές ακουστικές μεθόδους .....	100
2.20 Νομικό πλαίσιο θορύβου στην Ελλάδα και υποχρεώσεις διαχείρισης.....	102
3. Μεθοδολογία – Σφαιρική εικόνα .....	104
3.1 Πεδίο Έρευνας: Η Πόλη της Μυτιλήνης.....	106
3.2 Εργαλεία και λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν .....	108
3.2.1 Εργαλεία – Hardware .....	108
3.2.2 Λογισμικά – Software .....	109
3.2.3 Δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα .....	110
3.2.4 Εξαγωγή φασματικών δεικτών με χρήση του λογισμικού R Statistics .....	111
3.3 Χαρτογράφηση.....	112
3.3.1 Γενική Μεθοδολογία χαρτογράφησης θορύβου.....	112
3.3.2 Μεθοδολογία χαρτογράφησης ήχου .....	113
3.4 Μεθοδολογίες των τριών προσεγγίσεων εύρεσης ήσυχων περιοχών .....	113
3.4.1 Μεθοδολογία ανάδειξης ήσυχων περιοχών με τη δημιουργία ενός ευέλικτου πρωτοκόλλου εύρεσης: Η προσέγγιση ηχοτοπίου.....	114
3.4.2 Επιστήμη των πολιτών με σκοπό την εύρεση των περιοχών μελέτης στη Μυτιλήνη.....	115
3.4.3 Πρωτόκολλο δειγματοληψίας για την προσέγγιση ηχοτοπίου .....	115
3.4.4 Μεθοδολογία Ιεράρχησης Ήσυχων Περιοχών – AHP .....	116
3.4.5 Μεθοδολογία ηχοπεριπάτων .....	118
3.5 Μεθοδολογία προσέγγισης ακουστικού περιβάλλοντος και αξιολόγησης θορύβου .....	122
3.6 Μεθοδολογία οικολογικής σύνδεσης ήσυχων περιοχών .....	124
3.6.1 Οργάνωση δεδομένων με χρήση του μοντέλου DPSIR .....	125
3.6.2 Μεθοδολογία Δομικής Συνδεσιμότητας .....	126
3.6.3 Μεθοδολογία λειτουργικής συνδεσιμότητας, μια πρώτη προσέγγιση - Birding by Ear ....	127

3.7 Δημιουργία Σύνθετου Αστικού Δείκτη Ησυχίας – Composite Urban Quietness Index.....	128
3.7.1 Μέθοδος προσδιορισμού της έννοιας της ησυχίας .....	129
3.7.2 Μέθοδος αποσαφήνισης της έννοιας της ησυχίας και αξιολόγηση δεικτών μέσω SWOT analysis .....	133
3.8 Στατιστική προσέγγιση.....	135
4. Αποτελέσματα .....	135
4.1 Ανάδειξη ήσυχων περιοχών με τη δημιουργία ενός ευέλικτου πρωτοκόλλου εύρεσης: Προσέγγιση ηχοτοπίου .....	135
4.1.1 Αποτελέσματα δράσης επιστήμης των πολιτών .....	136
4.1.2 Αποτελέσματα δειγματοληψιών θορύβου και ηχογραφήσεων .....	141
4.1.3 Δημιουργία λίστας κριτηρίων και διεξαγωγή πολυκριτηριακής Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP) .....	144
4.1.4 Αποτελέσματα ηχοπεριπάτων.....	146
4.2 Αποτελέσματα εύρεσης ήσυχων περιοχών με χρήση χάρτη θορύβου-Η προσέγγιση ακουστικού περιβάλλοντος .....	149
4.2.1 Αποτελέσματα εισαγωγής ηχοπετασμάτων.....	153
4.3 Αποτελέσματα οικολογικής σύνδεσης ήσυχων περιοχών.....	156
4.3.1 Αποτελέσματα δομικής συνδεσιμότητας .....	157
4.3.2 Αποτελέσματα λειτουργικής συνδεσιμότητας .....	160
4.4 Προσδιορισμός έννοιας αστικής ησυχίας και δημιουργία Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας (CUQI).....	161
4.4.1 Λογισμός CUQI και ορισμός αστικής ησυχίας .....	164
4.4.2 Δημιουργία Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας.....	167
4.4.3 Εφαρμογή του Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας στη Μυτιλήνη .....	169
4.5 Χάρτες ήχου και θορύβου – Τα ηχητικά νυν του αστικού περιβάλλοντος.....	174
5. Συμπεράσματα .....	175
5.1 Επισκόπηση διδακτορικής διατριβής .....	175
5.2 Αστοχίες .....	177
5.3 Μελλοντική έρευνα .....	177
5.4 Συμπερασματικά – Το τερπνόν μετά του ωφελίμου .....	178
Βιβλιογραφία .....	180
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	231

## 1. Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής, είναι ο προσδιορισμός της έννοιας της ησυχίας και η προσπάθεια ποσοτικοποίησης της. Στόχοι της είναι η εύρεση των ήσυχων περιοχών του αστικού συγκροτήματος της Μυτιλήνης, η δημιουργία ενός εύκαμπτου πρωτοκόλλου εύρεσης ήσυχων περιοχών, η χαρτογράφηση θορύβου της πόλης της Μυτιλήνης, η προσπάθεια οικολογικής σύνδεσης των ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης και τέλος η δημιουργία του σύνθετου δείκτη αστικής ησυχίας (Composite Urban Quietness Index – CUQI).

Η οδηγία 2002/49/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Ιουνίου 2002 σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου ορίζει ως ήσυχη περιοχή πολεοδομικού συγκροτήματος, *μια περιοχή οριοθετημένη από την αρμόδια αρχή, η οποία π.χ. δεν εκτίθεται σε τιμή του  $L_{den}$  ή άλλου κατάλληλου δείκτη θορύβου μεγαλύτερη από μια συγκεκριμένη τιμή που καθορίζεται από το κράτος μέλος, ανεξαρτήτως ηχητικής πηγής*. Ο συγκεκριμένος ορισμός περιέχει δύο σημεία άξια συζήτησης και αμφισβήτησης. Η φράση “*περιοχή οριοθετημένη*” αποτελεί περιοριστικό παράγοντα της κατάστασης της ησυχίας, δημιουργώντας μια λανθασμένη εντύπωση σχετικά με μια ολιστική προσέγγιση στην αντιμετώπιση του θορύβου ως ρύπο. Παράλληλα, η φράση “*ανεξαρτήτως ηχητικής πηγής*”, ομαδοποιεί όλους τους ήχους και τους χαρακτηρίζει με αποκλειστικό κριτήριο την ένταση τους. Οι συγκεκριμένες αστοχίες του ορισμού αποτέλεσαν κινητήριο δύναμη για την διεξαγωγή της συγκεκριμένης διατριβής και όρισαν το σκοπό της που αφορά την ανάδειξη της υψηλής ακουστικής αξίας της αστικής ησυχίας.

Ο κόσμος είναι γεμάτος από ήχους που εκπέμπονται από μια πληθώρα πηγών, με ποικιλία τρόπων, για διαφορετικούς λόγους. Μπορούν να παραχθούν εσκεμμένα ή όχι και αντίστοιχα, μπορούν να γίνουν αντιληπτοί συνειδητά ή μη. Σε αντίθεση με τη γεύση και την οσμή, η ακοή σαν απόκριση ηχητικού γεγονότος, δεν εκπροσωπεί φυσική ιδιότητα υλικού στη φυσική του κατάσταση, καθώς ένας ήχος μπορεί να γίνει αισθητός μόνο σαν αποτέλεσμα μηχανικής δράσης που επιβλήθηκε στην ύλη (Stocker, 2013). Για να υφίσταται ήχος, θα πρέπει να συνυπάρξουν 3 καταστάσεις. Μια πηγή που ταλαντώνεται και παράγει κύματα, ένα μέσο διάδοσης όπως ο αέρας και ένας δέκτης που θα δεχτεί τα κύματα και θα τα αντιληφθεί ως ήχο. Αυτή η προσέγγιση του ήχου καθώς και η αέναη διαδικασία της εκπομπής, διάδοσης και αποδοχής των ηχητικών κυμάτων, είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τη δυναμικότητα και παραλλακτικότητα του τοπίου (Pijanowski et al., 2011a).

Η μεταβολή της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα δημιουργεί ηχητικά κύματα τα οποία διεγείρουν τα αισθητήρια όργανα της ακοής, προκαλώντας την αίσθηση του ήχου. Η αίσθηση αυτή αποτελεί μια απόκριση των οργανισμών στις προαναφερθείσες μεταβολές της πίεσης και έχει τόσο φυσιολογικές-σωματικές προεκτάσεις, όσο και ψυχοακουστικές. Η έννοια του θορύβου αν και μπορεί να ερμηνευτεί ως μια μη

αρμονική, ακανόνιστη και μη περιοδική αυξομείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο (Kang, 2017), παραμένει πολυδιάστατη και σε ένα βαθμό εξαρτάται από την υποκειμενική αντίληψη του ακροατή. Παράλληλα, ένα βασικό ψυχολογικό κριτήριο “υποβιβασμού” κάποιου φυσικού γεγονότος από ήχο σε θόρυβο (δυσάρεστου ήχου), είναι αυτό του βαθμού της ενόχλησης που προκαλεί.

Άξια αναφοράς είναι η ανάδειξη της διαφορετικότητας μεταξύ των εσφαλμένα “συγγενικών” εννοιολογικά όρων, της έντασης, της ηχηρότητας και του θορύβου που πολύ συχνά συγχέονται. Η ένταση (Intensity) έχει οριστεί ως η ενέργεια που μεταδίδεται ανά μονάδα χρόνου και επιφάνειας από ένα ηχητικό κύμα και ως ηχηρότητα (Loudness) ο υποκειμενικός (ψυχοακουστικός) τρόπος αντίληψης της φυσικής έντασης του ήχου. Από τους παραπάνω όρους, η ένταση αποτελεί ένα φυσικό μέγεθος το οποίο μπορεί να ποσοτικοποιηθεί και να μετρηθεί με τα ανάλογα επιστημονικά εργαλεία (ηχόμετρο). Την ίδια υποκειμενικότητα περιέχει και η έννοια της ησυχίας (ευχάριστος ήχος) και ο βαθμός της ευχαρίστησης που προκαλεί. Το γεγονός πως σαν όρος η “ησυχία” δεν αποτελεί φυσικό μέγεθος το οποίο μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, αλλά αποτελεί την απουσία κάποιας άλλης μετρικής (της έντασης), δημιουργεί προβλήματα στην ανάδειξη μιας ηχητικής κατάστασης που σύμφωνα με την παγκόσμια βιβλιογραφία αποτελεί βασικό στοιχείο της ευημερίας του ανθρώπου αλλά και της ποιότητας του συνολικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, ο κεντρικός σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής, είναι η ανάδειξη της υψηλής ακουστικής αξίας της ησυχίας και η προσπάθεια ποσοτικοποίησής της.

Οι επιμέρους στόχοι της διατριβής παρουσιάζονται παρακάτω:

*Στόχος 1:* Εύρεση των αστικών ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης

*Στόχος 2:* Δημιουργία πρωτοκόλλου εύρεσης ήσυχων περιοχών

*Στόχος 3:* Η χαρτογράφηση θορύβου της πόλης της Μυτιλήνης

*Στόχος 4:* Τα σχέδια οικολογικής σύνδεσης ήσυχων περιοχών και ανάδειξη του θορύβου ως μη φυσικό στοιχείο που διαταράσσει την δομική συνδεσιμότητα ήσυχων περιοχών και επηρεάζει αρνητικά τη βιοποικιλότητα

*Στόχος 5:* Ανάπτυξη σύνθετου δείκτη αστικής ησυχίας

Όπου υπάρχει ζωή, υπάρχουν πομποί και δέκτες ήχων. Παράλληλα, σύμφωνα με την έθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Περιβάλλοντος, οι ήσυχες περιοχές και η βιοποικιλότητα είναι συμβιωτικές έννοιες (EEA, 2014). Στις μέχρι τώρα προσπάθειες προσδιορισμού των αστικών ήσυχων περιοχών σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν εκφραστεί δύο απόψεις. Οι αστικές ήσυχες περιοχές, είτε θα είναι περιοχές που χαρακτηρίζονται μόνο από τα χαμηλά επίπεδα ηχητικής έντασης, είτε θα είναι περιοχές με ευχάριστους για τον άνθρωπο ήχους. Αν και περιέχουν αλήθεια αυτές οι απόψεις, δεν περιέχουν την απόλυτη αλήθεια και πάσχουν από θεωρητικές και μεθοδολογικές ατέλειες. Κοινή έλλειψη και των δυο προσεγγίσεων είναι η απουσία της πρόβλεψης για οικολογικά συν-οφέλη, καθώς οι ήσυχες περιοχές πολεοδομικού

συγκροτήματος θα μπορούσαν να αποτελέσουν προσοδοφόρο έδαφος πρακτικής εφαρμογής αστικής οικολογίας.

Κινητήριος δύναμη της παρούσας διατριβής ήταν η συνειδητοποίηση-παρατήρηση πως ένα υγιές αστικό ηχητικό περιβάλλον δεν είναι αυτό στο οποίο όλοι οι ήχοι είναι περιορισμένης ή συγκεκριμένης έντασης, αλλά αυτό στο οποίο οι ήχοι συνυπάρχουν μη επικαλύπτοντας ο ένας τον άλλο.

## 1.2 Διάρθρωση Διδακτορικής Διατριβής

Η παρούσα διδακτορική έρευνα έχει δομηθεί σε τέσσερα βασικά κεφάλαια πέρα της εισαγωγής. Οι στόχοι και τα ορόσημα της συγκεκριμένης έρευνας είναι αλληλένδετα, συνεπώς, η μεθοδολογία υλοποίησης τους και τα αποτελέσματα τους παρουσιάζονται μαζί σε μορφή υποκεφαλαίων.

Προκειμένου να ολοκληρωθεί η διατριβή εφαρμόστηκαν ερευνητικές μέθοδοι που εμπίπτουν στην διεπιστημονικότητα και διαθεματικότητα της Ακουστικής Οικολογίας (Acoustic Ecology), της Οικολογίας Ηχοτοπίου (Soundscape Ecology) και της Οικολογικής Ακουστικής (Ecoacoustics).

Ακολουθεί μια περιληπτική περιγραφή των ορόσημων της συγκεκριμένης διδακτορικής διατριβής.

Το θεωρητικό πλαίσιο της διατριβής μελετά την έννοια του όρου “ηχοτοπίο”. Από τη διεθνή βιβλιογραφία “εξορύχτηκε” το σύνολο των ερευνών όπου στον τίτλο τους αναφέρεται ο όρος “ηχοτοπίο” (soundscape). Ως πηγές χρησιμοποιήθηκαν οι βάσεις δεδομένων google scholar, web of knowledge, science direct και scopus. Τα αποτελέσματα ταξινομήθηκαν χρονολογικά και κατηγοριοποιήθηκαν ως προς τρεις βασικές επιστημονικές κατηγορίες: φυσικές επιστήμες, τεχνολογία και κοινωνικές επιστήμες-τέχνες. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας δημοσιεύτηκαν το 2016 στο AEJES Journal με τίτλο “ The interdisciplinary development of the term “soundscape”. Tracing its ecological roots”.

Matsinos Y., Tsaligopoulos A., Economou C. (2016), The interdisciplinary development of the term “soundscape”. Tracing its ecological roots. Aejes journal, 2(1),11-23,[http://www.env.aegean.gr/wp-content/uploads/2017/03/Matsinos-et-al\\_AEJES\\_2016.pdf](http://www.env.aegean.gr/wp-content/uploads/2017/03/Matsinos-et-al_AEJES_2016.pdf)

Παράλληλα, μελετήθηκαν οι αστικές ήσυχες περιοχές υπό το πρίσμα της ακουστικής οικολογίας και της αστικής οικολογίας, αναλύοντας παράλληλα την ασάφεια γύρω από την έννοια της ησυχίας. Τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων ερευνών δημοσιεύτηκαν στο άρθρο “Sound and the healthy city” στο περιοδικό Cities & Health το 2021 και στο “Exploring the Effects of “Smart City” in the Inner-City Fabric of the Mediterranean Metropolis: Towards a Bio-Cultural Sonic Diversity?”, στο περιοδικό Heritage το 2021.

Radicchi, A., Yelmi, P.C., Chung, A., Jordan, P., Stewart, S., Tsaligopoulos, A., McCunn, L., Grant, M., (2021) Sound and the healthy city, *Cities & Health*, 5:1-2, 1-13, DOI: 10.1080/23748834.2020.1821980

Kyvelou, S. S., Bobolos, N., & Tsaligopoulos, A. (2021). Exploring the Effects of “Smart City” in the Inner-City Fabric of the Mediterranean Metropolis: Towards a Bio-Cultural Sonic Diversity? *Heritage*, 4(2), 690–709. doi:10.3390/heritage4020039

Το πρώτο ορόσημο της διατριβής, αφορά τη δημιουργία ενός αναλογικού πρωτοκόλλου εύρεσης ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος, καθώς και την εύρεση των ήσυχων περιοχών του πολεοδομικού συγκροτήματος της Μυτιλήνης. Με χρήση της επιστήμης των πολιτών (citizen science) αναδείχθηκαν περιοχές με υψηλό ηχητικό και ακουστικό ενδιαφέρον. Η κίνηση αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό να αποφευχθεί η μεροληψία (bias) από η σκοπιά του υποφαινόμενου ερευνητή. Οι περιοχές αυτές αντιμετωπίστηκαν ως πεδία έρευνας και συνεπώς πραγματοποιήθηκαν σε αυτές δειγματοληψίες θορύβου και ηχογραφήσεις ακολουθώντας τα πρότυπα της προσέγγισης ηχοτοπίου (soundscape approach). Αφού συλλέχθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα, οι προτεινόμενες ήσυχες περιοχές ιεραρχήθηκαν χρησιμοποιώντας την πολυκριτηριακή ανάλυση Analytical Hierarchy Process (AHP). Με τη διαδικασία αυτή αναδείχθηκαν οι δύο εν δυνάμει ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε πολεοδομικό συγκρότημα με μικρές τροποποιήσεις και δημοσιεύτηκε στο διεθνές περιοδικό GLOBAL NEST Journal το 2017 με τίτλο:

Matsinos Y., Tsaligopoulos A., Economou C. (2017), Identifying the Quiet Areas of a Small Urban Setting: The Case of Mytilene, *Global Nest Journal*, 19(4), 674-681, doi: <https://doi.org/10.30955/gnj.001817>

Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη χρήση της επιστήμης των πολιτών δημοσιεύτηκαν το 2018 ως κεφάλαιο στο βιβλίο *Handbook of Research on Perception-Driven Approaches to Urban Assessment and Design* με τίτλο:

Tsaligopoulos, A., Economou, C., & Matsinos, Y. G. (2018). Identification, Prioritization, and Assessment of Urban Quiet Areas. In F. Aletta, & J. Xiao (Eds.), *Handbook of Research on Perception-Driven Approaches to Urban Assessment and Design* (pp. 150-180). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-3637-6.ch007

Το τρίτο ορόσημο της διατριβής αφορά την εύρεση των ήσυχων περιοχών χρησιμοποιώντας ως εργαλείο τη χαρτογράφηση θορύβου της πόλης της Μυτιλήνης και σαν πηγή θορύβου το οδικό δίκτυο της πόλης. Εκτός από τη χαρτογράφηση θορύβου κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διδακτορικής διατριβής δημιουργήθηκε μια καινοτόμα μέθοδος χαρτογράφησης ήχου που αποδείχτηκε ιδιαίτερα χρήσιμη για την επιτυχημένη διεξαγωγή μιας οποιασδήποτε έρευνας ηχοτοπίου.

Το τέταρτο ορόσημο της διατριβής αφορά το σχηματισμό σχεδίων οικολογικής σύνδεσης των ήσυχων περιοχών που βρέθηκαν, καθώς και την ανάδειξη του θορύβου ως μη φυσικό στοιχείο που διαταράσσει την δομική και λειτουργική συνδεσιμότητα ήσυχων περιοχών και συνεπώς επηρεάζει αρνητικά την αστική βιοποικιλότητα. Εφαρμόστηκε ένα πλαίσιο Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) προκειμένου να μελετηθούν οι κινητήριες δυνάμεις του προβλήματος (Drivers), που οδηγούν σε πιέσεις (Pressures) (θόρυβος), αλλάζοντας την κατάσταση του περιβάλλοντος (State), δημιουργώντας επιπτώσεις (Impacts) στην ανθρώπινη υγεία και στα οικοσυστήματα, οδηγώντας στην αναγκαιότητα λήψης Μέτρων (Responses). Ίδανική απόκριση (Response) για την πίεση (Pressure) του θορύβου, είναι ο σχεδιασμός της οικολογικής σύνδεσης των ήσυχων ηχοτοπίων. Η οικολογική συνδεσιμότητα (ecological connectivity) είναι ένα προσοδοφόρο και χρήσιμο πεδίο έρευνας που αφορά τη σύνδεση κατακερματισμένων ενδιαιτημάτων σε δομικό και λειτουργικό επίπεδο. Παρά το γεγονός πως οι περισσότερες έρευνες οικολογικής συνδεσιμότητας αφορούν τα φυσικά ενδιαιτήματα, είναι αναντίρρητα χρήσιμη η εφαρμογή των συγκεκριμένων γνώσεων στα αστικά περιβάλλοντα. Οι αστικές πράσινες περιοχές και συνεπώς οι αστικές ήσυχες περιοχές, μπορούν σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία να θεωρηθούν ως κατατμήματα ενός κατακερματισμένου από την αστικοποίηση ενδιαιτήμα που χρήζουν επανασύνδεση. Ένα στοιχείο που επιφέρει “διαταραχή” και συνδράμει αρνητικά σε αυτή την αποσύνδεση είναι και ο θόρυβος. Για τον επιτυχημένο σχεδιασμό της ηχητικής-οικολογικής συνδεσιμότητας αναγκαία κρίθηκε η συνεργασία μεταξύ ακουστικών οικολόγων και αρχιτεκτόνων της Ελλάδας και του εξωτερικού. Η φράση που μπορεί να χαρακτηρίσει το συγκεκριμένο στάδιο της διατριβής και ορίζει τη προαναφερθείσα συνεργασία είναι η φράση “Οικολογία για την Αρχιτεκτονική και Αρχιτεκτονική για την Οικολογία”.

Οι προσπάθειες “επανασύνδεσης” των ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης δημοσιεύτηκαν το 2019 στο διεθνές περιοδικό *Cities & Health* με τίτλο:

Tsaligopoulos A., Karapostoli Ai., Radicchi A., Economou C., Kyvelou S., Matsinos Y.G. (2019) Ecological connectivity of urban quiet areas: the case of Mytilene, Greece, *Cities & Health*, DOI: 10.1080/23748834.2019.1599093

Το πέμπτο ορόσημο της διατριβής αφορά τη δημιουργία και την εφαρμογή του Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας (Composite Urban Quietness Index - CUQI). Ο CUQI βασίστηκε στην παρατήρηση ότι οι βιολογικοί και συγκεκριμένοι γεωφυσικοί ήχοι, χαρακτηρίζονται από μεταβλητότητα εντάσεων και υψηλά επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας στο προσκήνιο, ενώ ορισμένοι τύποι θορύβου παρουσιάζουν υψηλές τιμές έντασης και χαμηλά επίπεδα πολυπλοκότητας στο υπόβαθρο. Ο Σύνθετος Δείκτης Αστικής Ησυχίας, αναδεικνύει τις ήσυχες περιοχές και ποσοτικοποιεί την ησυχία, με την υπόθεση ότι ένα ήσυχο ηχοτόπιο είναι αυτό που όλες οι κατηγορίες ήχων συνυπάρχουν χωρίς να αλληλεπικαλύπτονται. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης προσπάθειας δημοσιεύτηκαν το 2020 στο περιοδικό *International Journal of Environmental Research and Public Health* με τίτλο:

Tsaligopoulos, A., Kyvelou, S., Votsi, N.-E., Karapostoli, A., Economou, C., & Matsinos, Y. G. (2021). Revisiting the Concept of Quietness in the Urban Environment—Towards Ecosystems’ Health and Human Well-Being. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 3151. doi:10.3390/ijerph18063151

## 2. Θεωρητικό πλαίσιο

Τα ηχητικά κύματα συχνά μεταφράζονται ως θόρυβος. Πλέον, ο συγκεκριμένος ρύπος, χαρακτηρίστηκε το 2002 ως περιβαλλοντικός θόρυβος στην οδηγία 2002/49/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Ιουνίου 2002 σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου και δόθηκε ο ορισμός “*οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς θόρυβοι στο ύπαιθρο που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των θορύβων που εκπέμπονται από μεταφορικά μέσα, από οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές και από χώρους βιομηχανικής δραστηριότητας*”.

Ένα ηχητικό περιβάλλον συνθέτεται από τους βιολογικούς ήχους (βιοφωνία), τους γεωφυσικούς ήχους (γεωφωνία) και τους ανθρωπογενείς ήχους (ανθρωποφωνία) (Rijanowski, 2011). Στην ανθρωποφωνία συχνά κατατάσσεται και η έννοια του θορύβου. Όπως θα συζητηθεί και στα επόμενα κεφάλαια η έννοια του θορύβου περιέχει μια πολυσημία με διεπιστημονικές προεκτάσεις. Σύμφωνα με την επιστήμη της ακουστικής ως παρακλάδι της φυσικής, θόρυβος είναι το μη περιοδικό, ακανόνιστο-άμουσο ηχητικό κύμα (Kuttruff, 2006; Everest & Pohlmann, 2009). Στην ίδια κατηγορία ανήκει και η άποψη ότι ο θόρυβος είναι ένα ηχητικό σήμα αυξημένης έντασης. Παράλληλα, ο θόρυβος έχει και ψυχοακουστικές προεκτάσεις καθώς περιγράφεται ως *enaw* ανεπιθύμητος – ενοχλητικός ήχος (Aletta et al., 2016). Σε αυτή την περίπτωση η ένταση δεν είναι απόλυτο χαρακτηριστικό του θορύβου (πχ ένας μονότονος – βαρετός ήχος). Ταυτόχρονα, θόρυβος είναι οποιοδήποτε ηχητικό σήμα διαταράσσει την επικοινωνία μεταξύ των ειδών ((Brumm & Slabbekoorn, 2005; Brumm & Zollinger, 2011), συνεπώς θα μπορούσε να είναι μη ανθρωπογενής (πχ ένας καταράκτης). Παράλληλα, ο θόρυβος έχει οικονομικές προεκτάσεις με την έννοια της εξωτερικότητας με ταξικό χαρακτήρα.

Από τα παραπάνω η ταύτιση του θορύβου με την ένταση και την ενόχληση είναι τα δυο ευκολότερα μετρήσιμα χαρακτηριστικά και συνεπώς, η παγκόσμια βιβλιογραφία έχει επικεντρωθεί σε αυτά. Αν λοιπόν το “θορυβώδες” είναι ένα ενοχλητικό αυξημένης έντασης ηχητικό γεγονός, τότε το “ήσυχο” είναι ένα ευχάριστο χαμηλής έντασης ηχητικό γεγονός. Την ίδια αντίθεση όπως είναι λογικό, θα περιέχουν και οι περιοχές που τα προσφέρουν. Η παραπάνω κλασική λογική περιέχει αλήθεια, αλλά δεν περιέρχει την απόλυτη αλήθεια. Χρησιμοποιώντας τη λογική της ασάφειας γίνονται όλο περισσότερο φανερή η σταδιακή μετάβαση από το θορυβώδες στο ήσυχο. Συμπεριλαμβανοντας στα παραπάνω την ακουστική απόκριση – ικανότητα και αντίληψη του εκάστοτε ακροατή, η σύγκριση είναι αναπόφευκτη.



Ο βασικός σκοπός του προσδιορισμού της έννοιας της ησυχίας είναι ο επιτυχημένος αστικός και ηχητικός σχεδιασμός. Η θεώρηση πως το ήσυχο είναι το λιγότερα έντονο προωθεί σαν μεθοδολογική απόκριση την αξιολόγηση και χαρτογράφηση θορύβου στον αστικό ιστό προκειμένου να βρεθούν οι περιοχές με τα χαμηλότερα ηχητικά επίπεδα (Vogiatzis & Remy, 2014). Ήδη όμως η προσέγγιση αυτή θεωρείται ξεπερασμένη και τη θέση της έχει πάρει η προσέγγιση ηχοτοπίου που αξιοποιεί το ζήτημα της ηχητικής αντίληψης. Χρησιμοποιώντας λοιπόν δεδομένα κοινωνιολογικού τύπου αναδεικνύονται οι προτιμήσεις συμμετεχόντων που αφορούν στο τι είναι αυτό που προτιμούν να ακούν σε κάποια περιοχή (Schulte-Fortkamp & Fiebig, 2017). Ένα παράδειγμα που θα συζητηθεί και παρακάτω, είναι ένας δημόσιος χώρος αστικού πρασίνου στο Βερολίνο το Nauener Platz (Schulte-Fortkamp & Jordan, 2016). Χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους μεταξύ των οποίων και ερωτηματολόγια αναδείχθηκαν οι ευχάριστοι και οι δυσάρεστοι σύμφωνα με τους συμμετέχοντες ήχοι. Όπως ήταν αναμενόμενο για ένα αστικό συγκρότημα οι δυσάρεστοι αφορούσαν τους ήχους οδικής κυκλοφορίας, ενώ οι ευχάριστοι ήχους πουλιών. Συνεπώς, σχεδιάστηκαν αστικά έπιπλα (παγκάκια) με ενσωματωμένα ηχεία που εκπέμπουν κελαιδίσματα πουλιών, ενώ παράλληλα χρησιμοποιήθηκαν ηχοπετάσματα για να αποκλείσουν το πάρκο από την επιρροή του θορύβου από τους γύρω δρόμους. Σκοπός των δρώντων ήταν να αναβαθμίσουν το ηχητικό περιβάλλον της περιοχής και να προσελκύσουν κόσμο στο άλλοτε εγκαταλειμμένο πάρκο. Το εγχείρημα ανάπλασης του συγκεκριμένου ηχητικού περιβάλλοντος, με σκοπό το ευχάριστο ηχοτόπιο θεωρήθηκε επιτυχημένο, παρόλα αυτά, δεν περιείχε κάποιο οικολογικό συν-όφελος. Παράλληλα, άξιο αναφοράς είναι το γεγονός πως στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής μια άλλου τύπου προσπάθεια ανάπλασης ηχητικού περιβάλλοντος συμπεριλάμβανε την εκπομπή θορύβου υψηλής έντασης και συχνότητας προκειμένου να απομακρύνει τους άστεγους από τα καταστήματα και δημόσιους χώρους (Green, 2019). Και οι δύο τακτικές αποτελούν δράσεις ανάπλασης ηχοτοπίου για διαφορετικούς όμως σκοπούς. Σκοπός της συγκεκριμένης διδακτορικής διατριβής είναι ο προσδιορισμός της έννοιας της αστικής ησυχίας, έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνονται στα σχέδια δράσης ανάπλασης ηχητικών περιβαλλόντων οικολογικά συν-οφέλη τόσο με βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα οφέλη.

## **2.1 Εν αρχή ην ο ήχος – Ηχοτόπιο, ακουστικό περιβάλλον και επιστήμες του ήχου**

Η διαθεματικότητα της έννοιας του ηχοτοπίου έχει επιτρέψει τη χρήση του όρου, τόσο σε φυσικές όσο και κοινωνικές επιστήμες και τέχνες με αυξανόμενους ρυθμούς. Η διεπιστημονική και διαθεματική αυτή χρήση, είναι ο λόγος για την θεωρητική διεύρυνση του όρου (Matsinos et al., 2016). Ως ηχοτόπιο έχει οριστεί (πίνακας 1) *το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία* (Truax, 1978). Παράλληλα όμως, ως ηχοτόπιο έχει χαρακτηριστεί *η συνύπαρξη των βιολογικών, γεωφυσικών και ανθρωπογενών ήχων που προέρχονται από το τοπίο αντανακλώντας βασικές οικοσυστημικές διεργασίες και ανθρώπινες δραστηριότητες* (Pijanowski et al., 2011). Η πολυσημία του όρου

ηχοτοπίο είναι ένας λόγος απομάκρυνσης της οικολογίας όπως την ορίζει η περιβαλλοντική επιστήμη, από την ακουστική οικολογία. Προκειμένου να αναδειχθεί η οικολογική σημασία των ήχων, αλλά και του ηχοτοπίου, από το 1970 μέχρι και σήμερα δημιουργήθηκαν τρεις συγγενικοί κλάδοι που ασχολούνται με την ηχητική διάσταση ενός τοπίου, αλλά και με το ακουστικό περιβάλλον. Οι κλάδοι αυτοί είναι η Ακουστική Οικολογία (Acoustic Ecology), η Οικολογία Ηχοτοπίου (Soundscape Ecology) και η Οικολογική Ακουστική (Ecoacoustics).

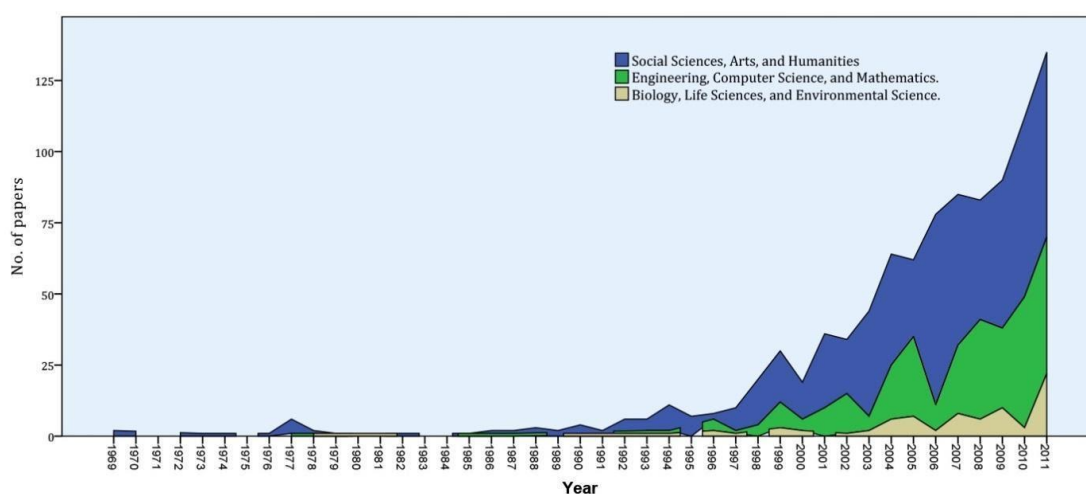
<b>Ορισμοί Ηχοτοπίου</b>	
Το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία	<i>Truax, 1978</i>
Ένα οποιοδήποτε ακουστικό πεδίο έρευνας	<i>Schafer, 1994</i>
Όλοι οι ήχοι που υπάρχουν σε ένα περιβάλλον μια δεδομένη χρονική στιγμή.	<i>Krause, 2002</i>
Η συλλογή ήχων που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο τοπίο όπως γίνονται αντιληπτοί από τους οργανισμούς	<i>Farina, 2006</i>
Σύνθετη διάταξη ήχων από πολλαπλές πηγές, που δημιουργούν ακουστικά πρότυπα στο χώρο και το χρόνο	<i>Pijanowski, 2011</i>
Η συλλογή των βιολογικών, γεωφυσικών και ανθρωπογενών ήχων που προέρχονται από το τοπίο και που διαφέρουν στο χώρο και στο χρόνο ανατακτώντας σημαντικές οικοσυστημικές διεργασίες και ανθρώπινες δραστηριότητες	<i>Pijanowski, 2011</i>
Το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία	<i>Committee ISO/TC 043 "Acoustics", 2008</i>

**Πίνακας 1.** Ορισμοί ηχοτοπίου

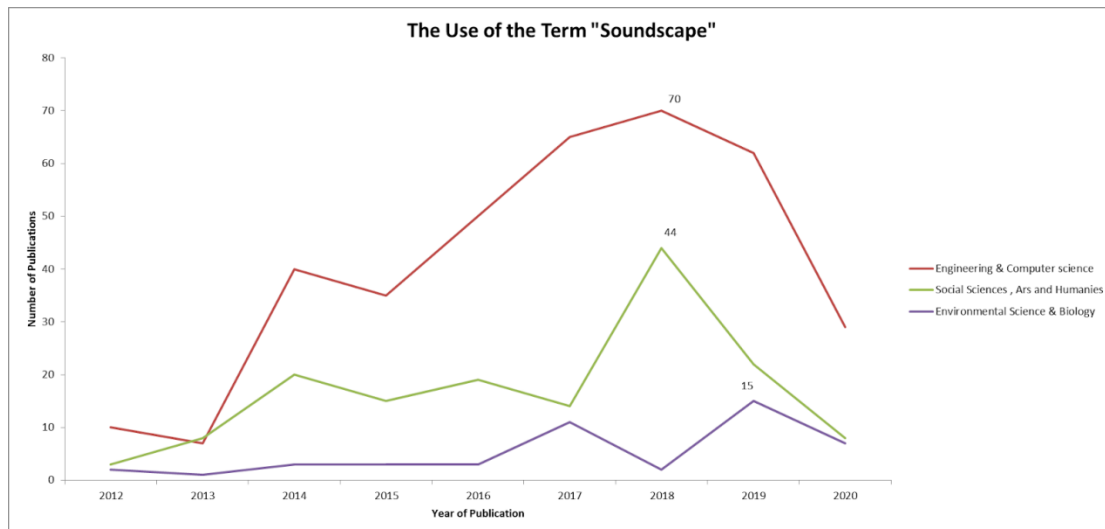
Όπως προαναφέρθηκε, η ακουστική οικολογία, εκτός από διεπιστημονικός είναι και διαθεματικός κλάδος με την έννοια ότι εκτός από το συνδυασμό πολλαπλών επιστημών, υιοθετεί και άλλες θεματικές όπως η τέχνη. Η διαθεματικότητα αυτή προωθήθηκε από την αρχή, χάρις στην ιδιότητα του Καναδού μουσικοσυνθέτη με περιβαλλοντικές ανησυχίες και πρωτεργάτη του κλάδου, R. Murray Schafer. Η συνέπεια αυτής της διαθεματικότητας είναι η απομάκρυνση της επιστημονικής αξίας του όρου οικολογία από τα ερευνητικά ενδιαφέροντα του κλάδου της ακουστικής οικολογίας. Από τη δεκαετία του 70 που ιδρύθηκε ο κλάδος της ακουστικής οικολογίας μέχρι και σήμερα, όλο και λιγότερες είναι οι επιστημονικές έρευνες που μελετούν τον ήχο ως οικολογική διεργασία και ταυτόχρονα να χαρακτηρίζονται ως μια έρευνα ακουστικής οικολογίας. Για την απομάκρυνση της “οικολογίας” από την ακουστική οικολογία ευθύνονται σε πολύ μεγάλο βαθμό οι διαφορετικοί ορισμοί που

έχουν δοθεί στον όρο ηχοτοπίο. Συνεπώς, εκτός των παλαιότερων κλάδων της βιοακουστικής και της ακουστικής ως παρακλάδι της επιστήμης της φυσικής, γεννήθηκαν δύο ακόμη επιστημονικοί κλάδοι που μελετούν τον ήχο και τα ηχοτοπία από ξεκάθαρα οικολογική σκοπιά. Οι κλάδοι αυτοί είναι η οικολογία ηχοτοπίου (soundscape ecology) και η οικολογική ακουστική (ecoacoustics).

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η διεπιστημονική εξέλιξη του όρου “ηχοτοπίο” μέσα από την παγκόσμια βιβλιογραφία. Όπως φαίνεται στην εικόνα 1 (Matsinos et al., 2016) και εικόνα 2, από το 1969 έως το 2011 περίπου 3.200 επιστημονικά άρθρα χρησιμοποίησαν τον όρο ηχοτοπίο (εικόνα 1). Από το 2012 όμως μέχρι και σήμερα ο αριθμός αυτός έχει μειωθεί δραματικά στα περίπου 300 άρθρα (εικόνα 2), χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν παράγονται δημοσιεύσεις που αφορούν ζητήματα ακουστικής οικολογίας και των συγγενικών κλάδων. Με μια κατηγοριοποίηση σε 3 βασικούς κλάδους (κοινωνικές επιστήμες, θετικές επιστήμες και φυσικές επιστήμες) αναδείχθηκε ο αριθμός των δημοσιεύσεων ανά κατηγορία. Συνολικά, από το 1969 μέχρι και το 2020, ο όρος ηχοτοπίο έχει χρησιμοποιηθεί περισσότερο από τις κοινωνικές επιστήμες. Αντίστοιχες έρευνες με διαφορετικές χρονοσειρές έχουν αναδείξει επίσης τη μειωμένη χρήση του όρου “ηχοτοπίο” στις φυσικές επιστήμες (Scarpelli et al., 2020). Ο λόγος για τη συγκεκριμένη τάση είναι ο ορισμός του ηχοτοπίου που έχει επικρατήσει. Συνεπώς, η φαινομενολογική διάσταση του όρου ηχοτοπίο έχει περιορίσει τη χρήση του.



**Εικόνα 1.** Η χρήση του όρου ηχοτοπίο για κάθε επιστημονικό πεδίο αναφοράς από το 1969 - 2011



**Εικόνα 2.** Η χρήση του όρου ηχοτοπίο για κάθε επιστημονικό πεδίο αναφοράς από το 2012 - 2020

Ο όρος ηχοτοπίο, εισήχθη από το θεμελιωτή της ακουστικής οικολογίας R. Murray Schafer και αναφέρεται σε οποιοδήποτε ακουστικό πεδίο έρευνας στην κλίμακα ενός τοπίου, το οποίο γίνεται αντιληπτό από τα άτομα ή από ένα κοινωνικό σύνολο ως μια μουσική σύνθεση (Schafer 1994). Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, οι ήχοι παρέχουν εκείνες τις πληροφορίες που αναδεικνύουν τα χαρακτηριστικά και τους παράγοντες που καθορίζουν την εκάστοτε κοινωνία (Truax, 1978; Schafer, 1994). Η διεπιστημονική ανάπτυξη στη χρήση του, φαίνεται να ακολουθεί μια σημαντικά αυξητική τάση. Το World Soundscape Project (WSP) που ιδρύθηκε από τον R. Murray Schafer στο Πανεπιστήμιο Simon Fraser στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και στις αρχές της δεκαετίας του 1970, παρήγαγε αρκετές δημοσιεύσεις και συγγράμματα μεταξύ των οποίων και το βιβλίο «The Tuning of the World» (Schafer, 1977) και το εγχειρίδιο του Barry Truax για την σχετική ορολογία «Handbook for Acoustic Ecology» (Truax, 1978). Ο όρος ηχοτοπίο στο εγχειρίδιο του Truax ορίζεται ως το “περιβάλλον ήχου (ή ηχητικό περιβάλλον) με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από το άτομο ή από μια κοινωνία”. Αυτός ο ορισμός εγκρίθηκε από την τεχνική επιτροπή ακουστικής (TC 43) της ομάδας εργασίας του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO) 54, σχετικά με την αντιληπτική αξιολόγηση της ποιότητας του ηχοτοπίου. Το ηχοτοπίο, αν και έχει οικολογικές ρίζες διότι σχετίζεται με το φυσικό περιβάλλον και τις αμοιβαίες σχέσεις του με τους ζωντανούς οργανισμούς, έχει χρησιμοποιηθεί ως όρος από διάφορους επιστημονικούς κλάδους όπως εκείνους των φυσικών και κοινωνικών επιστημών, καθώς και των τεχνών (Matsinos et. al, 2016). Τόσο από φυσιοκεντρική όσο και από ανθρωποκεντρική σκοπιά, η έννοια του ηχοτοπίου έχει ενσωματωθεί σε ποικίλες επιστημονικές μελέτες με αποτέλεσμα να θεωρείται πλέον διαθεματική και αρκετά ευρεία.

Η σχέση της έννοιας του ηχοτοπίου με αυτή του τοπίου είναι συνεργητική. Η έννοια του τοπίου έχει αποδοθεί από διάφορους ερευνητές κατά τα χρόνια (Forman & Godron 1986; Naveh 1987; Green et. al, 1996; Turner et. al, 2001). Οι ορισμοί του

τοπίου αναφέρονται σε μια έκταση γης που περιέχει ένα μωσαϊκό από χωροψηφίδες (patches) διαφορετικών χρήσεων ή διάφορα γενικά στοιχεία του τοπίου, ενώ το μέγεθος του τοπίου διαφέρει μεταξύ των οργανισμών. Πρόκειται για μια ετερογενής χερσαία έκταση αποτελούμενη από ένα σύμπλεγμα αλληλεπιδρώντων οικοσυστημάτων που επαναλαμβάνονται με παρόμοια μορφή σε όλη την έκταση. Το τοπίο παράλληλα, έχει οριστεί ως μια περιοχή που είναι χωρικά ετερογενής σε τουλάχιστον έναν παράγοντα ενδιαφέροντος. Τέλος, ως τοπίο έχει οριστεί ως η οπτική αναπαράσταση των δυναμικών αλληλεπιδράσεων φυσικών και πολιτισμικών διεργασιών που συμβαίνουν στο περιβάλλον (Burgess, 2012).

Η οικολογία τοπίου μελετά τη σχέση των χωρικών προτύπων και των οικολογικών διεργασιών με σκοπό τον εντοπισμό και τη διαχείριση διάφορων αλλαγών που συμβαίνουν στο τοπίο και οφείλονται είτε σε φυσικές διεργασίες, είτε σε ανθρωπογενείς επιδράσεις, είτε και στο συνδυασμό τους. Η έννοια του τοπίου αν και άμεσα συσχετιζόμενη με τον πραγματικό κόσμο, λόγω της οπτικής του εκάστοτε οργανισμού συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, μπορεί να γίνει υποκειμενική (Green et. al, 1996). Ο όρος ηχοτοπίο αφορά το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από το άτομο ή από μια κοινωνία” (Truax, 1978). Η υποκειμενικότητα στις δυο αυτές καταστάσεις, αυτές του τοπίου και του ηχοτοπίου, μπορεί να γίνονται κατανοητές ως αφηρημένες έννοιες, αλλά συχνά αποτελούν νέα προσοδοφόρα πεδία συνήθως κοινωνιολογικής έρευνας.

Η ακουστική οικολογία (acoustic ecology) έχει βασιστεί στη θεώρηση και στην ακρόαση του ηχητικού περιβάλλοντος ως μια μουσική σύνθεση. Σύμφωνα με τη θεωρία της ακουστικής οικολογίας ένα ηχοτοπίο συντίθεται από ήχους υποβάθρου (background sounds) και ήχους προσκήνιου (foreground sounds), ενώ παράλληλα μελετά χαρακτηριστικά ηχητικά γεγονότα που ονομάζονται ηχώσημα (soundmarks), που σε αντιστοιχία με τα τοπόσημα (landmarks), αφορούν ήχους που ταυτίζονται με συγκεκριμένους τόπους. Τέλος, η ακουστική οικολογία μελετά τις επιπτώσεις του ακουστικού περιβάλλοντος ή του ηχοτοπίου, στα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά των ατόμων που ζουν σε αυτό (Schafér, 1977).

Λίγο αργότερα, το ηχοτοπίο ορίζεται από τον επιστημονικό κλάδο της οικολογίας ηχοτοπίου (Soundscape Ecology) ως μια διάταξη από ήχους που δημιουργούν ακουστικά πρότυπα στο χώρο και το χρόνο. Οι ήχοι προέρχονται από βιολογικές, γεωφυσικές και ανθρωπογενείς πηγές, και αντανακλούν σημαντικές οικοσυστημικές διεργασίες και ανθρωπινες δραστηριότητες (Pijanowski et. al, 2011; Farina, 2014). Η οικολογία ηχοτοπίου (soundscape ecology) διαπραγματεύεται τη σύνδεση της επιστήμης της οικολογίας με τη μελέτη των ηχοτοπίων. Αποτελεί παρακλάδι της οικολογίας τοπίου και λειτουργεί συμπληρωματικά με την ακουστική οικολογία δίδοντας έμφαση στην έννοια και σημαντικότητα της βιοποικιλότητας. Το εννοιολογικό πλαίσιο του συγκεκριμένου κλάδου έχει βασιστεί στην κατηγοριοποίηση, τη μελέτη και τη συλλογή βιολογικών, γεωφυσικών και ανθρωπογενών ήχων που εκπέμπονται στο τοπίο, οι οποίοι μετασχηματίζονται δυναμικά σε πολλαπλές χώρο-χρονικές κλίμακες (Pijanowski et al, 2011b).

Η οικολογική ακουστική (Ecoacoustics) αφορά τη μελέτη του οικολογικού περιεχομένου του ήχου σε ένα ευρύ φάσμα χωρικής και χρονικής κλίμακας ώστε να αντιμετωπιστούν οικολογικά ζητήματα όπως η διαχείριση της βιοποικιλότητας. Αν και στενά συνδεδεμένη με την βιοακουστική, διαφέρει στο γεγονός πως αναγνωρίζει τον ήχο ως δείκτη οικολογικών διεργασιών σε επίπεδο πληθυσμού και κοινότητας, ενώ η βιοακουστική είναι πεδίο έρευνας συμπεριφοράς ειδών μελετώντας τον ήχο ως σήμα που μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ ατόμων (Seuer & Farina, 2015). Η οικολογική ακουστική αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε με σκοπό την αξιολόγηση βιοποικιλότητας αξιοποιώντας δεδομένα ηχοτοπίου. Το γεγονός πως κάθε αλλαγή στο περιβάλλον έχει άμεσο αντίκτυπο στην ακουστική συμπεριφορά των οργανισμών, καθιστά τους ήχους σημαντικό εργαλείο ανίχνευσης συμπεριφορικών διαφοροποιήσεων που συνδέονται και με την κλιματική αλλαγή σε κλίμακα μεμονωμένων ειδών, πληθυσμών, κοινοτήτων και τοπίων (Krause & Farina, 2016). Συνοψίζοντας, η οικολογική ακουστική συμβάλλει στην αντιμετώπιση τριών σημαντικών προκλήσεων της σύγχρονης οικολογίας, την παρακολούθηση της βιοποικιλότητας, την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ειδών και την αποτίμηση της ανθρωπογενούς ηχητικής επιρροής στο περιβάλλον. Συνεπώς, η χρήση του ήχου σαν εργαλείο ανάδειξης βιοποικιλότητας σε διαφορετικά μεταξύ τους τοπία, αποτελεί μια καινοτόμο προσέγγιση στο πεδίο της οικολογίας.

Σε αυτό το πλαίσιο, προκύπτουν νέες ορολογίες αναφορικά με το ηχοτοπίο όπως ο ακουστικά ενεργός χώρος (acoustic active space), η ακουστική κοινότητα (acoustic community), οι όροι Sonotope και Soundtope, το οικοακουστικό γεγονός (ecoacoustic event), κ.ά. (Farina, 2014; Krause & Farina, 2016; Farina & Salutarì, 2016). Ο ακουστικά ενεργός χώρος αφορά την ιδανική απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη μέσα στην οποία μπορεί να γίνει ανίχνευση και εκτίμηση του ηχητικού σήματος (Krause και Farina 2016, σελ. 247). Η ακουστική κοινότητα αποτελεί μια συνάθροιση ζωικών ειδών τα οποία ανταλλάσσουν ηχητικές πληροφορίες παράγοντας ήχους που εκπέμπονται από εσωτερικά όργανα (π.χ. φωνητικές χορδές) ή από εξωτερικά σημεία του σώματος (π.χ. φτερούγισμα) (Farina και James 2016). Ως sonotope ορίζεται το ηχητικό σύμπλεγμα που παράγεται από την επικάλυψη ανθρωποφωνίας, βιοφωνίας και γεωφωνίας (Farina 2014, σελ. 17). Ως soundtope ορίζεται το ακουστικό αποτέλεσμα μιας συντονισμένης ηχητικής συνάθροισης ζώων που εκφράζει τα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά τους (π.χ. στρατηγική αντίδρασης σε εισβολή ξένων ειδών σε μια κοινότητα, η ηχητική χορωδία των πουλιών την αυγή κ.ά.) (Farina 2014, σελ.19). Το οικοακουστικό γεγονός (ecoacoustic event) αποτελεί κομμάτι του ακουστικού περιβάλλοντος που έχει συγκεκριμένο οικολογικό ρόλο καθώς είναι φορέας σημαντικών πληροφοριών. Οι βιολογικοί οργανισμοί αξιοποιούν ένα οικοακουστικό γεγονός (π.χ. κάλεσμα πουλιού) στις καθημερινές λειτουργικές του ανάγκες (Farina & Salutarì 2016).

Από τη στιγμή που το ηχοτοπίο έχει οριστεί ως το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από τα άτομα ή από μια κοινωνία, ο όρος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Υποθαλάσσια,

μπορεί να συνυπάρξουν όλες οι ηχητικές κατηγορίες, αυτή της βιοφωνίας, της γεωφωνίας και της ανθρωποφωνίας και μπορεί ένα σημαντικό ποσοστό του υποθαλάσσιου θορύβου να είναι ανθρωπογενώς παραγόμενο. Παρόλα αυτά, τα υποθαλάσσια ηχητικά περιβάλλοντα και αν και πολύ σημαντικά για την ευημερία του ανθρώπου και του πλανήτη γενικότερα, δεν αφορούν τον άνθρωπο ως ακροατή. Οι έρευνες που ασχολούνται με τη διαχείριση του υποθαλάσσιου θορύβου, καθώς και με τη χρήση του υποθαλάσσιου ήχου ως δείκτη οικολογικών διεργασιών αξιοποιούν τη μέθοδο της παθητικής ακουστικής (passive acoustics), που αποτελεί μια μη επεμβατική τακτική ηχητικής τηλεανίχνευσης – τηλεπισκόπησης (remote sensing) (Pensieri & Bozzano, 2017; Širović & Hildebrand, 2011; Correa et. al, 2019).

## 2.2 Ακουστική Οικολογία και Κρίση Ταυτότητας

Ο κλάδος της ακουστικής οικολογίας αντιμετωπίζει μια κρίση ταυτότητας καθώς ο ρόλος του όρου “οικολογία” στον επιστημονικό κλάδο της “ακουστικής οικολογίας”, αντιμετωπίζει μια αμφισβήτηση. Η αμφισβήτηση του βαθμού επιστημονικότητας της ακουστικής οικολογίας έχει προκύψει εξαιτίας της διαθεματικότητας του κλάδου.

Αυτή η διαθεματικότητα/πολυθεματικότητα, απορρέει από ένα ευρύ φάσμα επιστημόνων και καλλιτεχνών με μια κοινή ανησυχία που αφορά την ποιότητα του ηχητικού περιβάλλοντος. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές και καλλιτέχνες, ασχολούνται με τη μελέτη των κοινωνικών, αισθητικών, πολιτιστικών και οικολογικών πτυχών του ηχητικού περιβάλλοντος. Ο όρος “οικολογία”, εκτός από τις περιβαλλοντικές επιστήμες έχει χρησιμοποιηθεί και από την κοινωνιολογική, διατηρώντας όμως σε όλες τις περιπτώσεις την έννοια της αλληλεπίδρασης. Συνεπώς, η μελέτη της αλληλεπίδρασης των οργανισμών με το βιοτικό και αβιοτικό περιβάλλον, αλλά και η μελέτη της αλληλεπίδρασης ανθρώπινων ομάδων με το φυσικό τους περιβάλλον από κοινωνιολογική σκοπιά, είναι ζητήματα που αφορούν την οικολογία γενικότερα. Σύμφωνα με τον Guatarrí υπάρχουν τρεις οικολογίες, η περιβαλλοντική, η κοινωνική και η νοητική (Guatarrí, 1989). Η περιβαλλοντική οικολογία θα έπρεπε να εννοηθεί σε αδιάσπαστη ενότητα με την κοινωνική και τη νοητική οικολογία. Ο βαθμός λοιπόν που η ακουστική οικολογία αφορά την επιστήμη της οικολογίας είναι ισχυρός και αναντίρρητος, με διαρροές όμως στο ερευνητικό δυναμικό της. Η απομάκρυνση των οικολόγων από την ακουστική οικολογία είναι ένα πολύ-παραγοντικό γεγονός που μεταξύ άλλων οφείλεται στα ερευνητικά ενδιαφέροντα του διαθεματικού ανθρώπινου δυναμικού της. Παράλληλα, οι αλλαγές στον ορισμό μιας πολύ βασικής συνιστώσας του κλάδου που αφορά το ηχητικό – ακουστικό περιβάλλον ή αλλιώς το ηχοτοπίο, έπαιξε καταλυτικό ρόλο στις προαναφερθείσες διαρροές, καθώς και στη δημιουργία νέων επιστημονικών κλάδων του ήχου που αφορούν αποκλειστικά τον οικολογικό ρόλο των ήχων.

Σε όλες τις περιπτώσεις η εκπομπή και η αποδοχή κάποιου ηχητικού γεγονότος σε κάποιο χώρο, είναι αναπόφευκτη. Η διαφοροποίηση μεταξύ του ηχητικού (aural) και του ακουστικού (acoustic) φαινομένου, επαφίεται τόσο στην φαινομενολογική προσέγγιση της ακρόασης, όσο και στην φυσική διάσταση του ήχου. Το ηχητικό περιβάλλον σχετίζεται με την διαδικασία της ακρόασης ενός ηχητικού γεγονότος,

καθώς και την προσωπική ερμηνεία και αντίληψη του ήχου. Παράλληλα, το ακουστικό περιβάλλον έχει ταυτιστεί με το χώρο και τη φυσική διάδοση και αποδοχή του ήχου σε αυτόν. Τα ακουστικά περιβάλλοντα, περιέχουν πολύτιμες πληροφορίες που αφορούν την ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος.

Η φαινομενολογία αποτελεί αντικείμενο κυρίως των άνθρωπο-γεωγράφων και είναι μια σχολή σκέψης που προσπαθεί να περιγράψει μια βιωματική εμπειρία χωρίς να προσφεύγει σε υποθέσεις ή θεωρίες που προσπάθησαν να εξηγήσουν αντίστοιχες εμπειρίες (Simpson & Ash, 2020). Η ερμηνεία μιας προσωπικής ηχητικής εμπειρίας, υπό το πρίσμα της φαινομενολογίας έχει προεκτάσεις που αφορούν ακόμη και ηχητικές λεκτικές παραισθήσεις (Auditory verbal hallucinations – AVHs) που βιώνουν άνθρωποι που έχουν διαγνωστεί με σχιζοφρένεια και άλλες σχετικές παθήσεις (Toh et. al, 2020). Η μελέτη των ηχοτοπίων για πολλούς ερευνητές τους κλάδου της ακουστικής οικολογίας, αποτελεί περισσότερο μια προσωπική εμπειρία και συνεπώς ένα φαινομενολογικό ζήτημα. Συνεπώς, η αντίληψη των ήχων αποτελεί προσωπική εμπειρία που δύσκολα μεταφέρεται και περιγράφεται. Το ηχοτοπίο λοιπόν αναφέρεται στην προσωπική εμπειρία ενός ακουστικού περιβάλλοντος και συνεπώς σε ένα φαινομενολογικό ζήτημα εστιάζοντας στην εμπειρία (Simpson, 2009). Κατά συνέπεια, η αντίληψη των ήχων είναι μια προσωπική εμπειρία που είναι δύσκολο να μεταφερθεί και να περιγραφεί. Μέχρι στιγμής, ο μέσος όρος των αντιληπτικών απαντήσεων κοινωνιολογικών ερευνών ηχοτοπίου, έχει προσφέρει συγκρίσιμα δεδομένα και βάσει αυτών λαμβάνονται οι σχετικές αποφάσεις σχεδιασμού ακουστικών περιβαλλόντων (Schulte-Fortkamp & Fiebig, 2017).

Ωστόσο, η μελέτη ενός ακουστικού περιβάλλοντος είναι ένα φαινολογικό ζήτημα. Η φαινολογία περιγράφεται ως «η μελέτη του χρονισμού των επαναλαμβανόμενων βιολογικών γεγονότων, των αιτίων συγχρονισμού τους σε σχέση με τις βιοτικές και αβιοτικές δυνάμεις και τη συσχέτιση μεταξύ των φάσεων του ίδιου ή διαφορετικού είδους» (Forrest & Miller-Rushing, 2010).

Η οικολογία ως κλάδος μελετά τα οικοσυστήματα και την αλληλεπίδραση των οργανισμών με το περιβάλλον τους σε μια ευρεία χώρο-χρονική κλίμακα (Henle et. al, 2010). Συνεπώς, ο κλάδος της ακουστικής οικολογίας περιέχοντας τον όρο “οικολογία”, αποσπά το ερευνητικό ενδιαφέρον από την προοπτική πρώτου προσώπου της φαινομενολογίας και εισάγει την έννοια της αλληλεπίδρασης που αποτελεί αμιγώς οικολογικό αντικείμενο (Redström, 2017). Παράλληλα, η διεπιστημονικότητα του κλάδου της ακουστικής οικολογίας έχει επιτρέψει τη χρήση γνώσεων και εργαλείων που μπορούν να ποσοτικοποιήσουν και να οπτικοποιήσουν διάφορες πτυχές του ήχου προσπαθώντας με αυτό τον τρόπο να μετατρέψουν την υποκειμενικότητα της διαδικασίας της ακρόασης σε ένα όσο το δυνατόν περισσότερο αντικειμενικό ζήτημα.

### **2.3 Ήσυχες Περιοχές Πολεοδομικού Συγκροτήματος**

Όλες οι έρευνες που μελετούν τον όρο “ήσυχία”, στην πραγματικότητα αναφέρονται στο θόρυβο με εκούσιο ή ακούσιο τρόπο. Όπως θα συζητηθεί παρακάτω, ο θόρυβος



περιέχει μια πολυσημία και σε αυτόν, έχουν αναγνωριστεί τόσο αντικειμενικά, όσο και υποκειμενικά χαρακτηριστικά. Ο ακουστικός οικολόγος Schafer (1977) ανέδειξε τρεις διαφορετικούς τύπους θορύβου: 1) ανεπιθύμητο ήχο, 2) άμουσο μη περιοδικό ήχο 3) οποιοδήποτε ήχο υψηλής έντασης που προκαλεί διαταραχή (Schafer, 1977). Τα αντικειμενικά αναφέρονται στις φυσικές ιδιότητες ενός ηχητικού γεγονότος και μεταφράζονται ως μη περιοδικό-άμουσο ηχητικό κύμα. Αντικειμενικό και μετρήσιμο είναι επίσης το χαρακτηριστικό της έντασης. Τα υποκειμενικά αναφέρονται στο ζήτημα του ανεπιθύμητου ήχου και εξαρτώνται από τη διάθεση και αντίληψη του ακροατή. Στα ζητήματα διαχείρισης του θορύβου ως ρύπο, όταν τίθεται το θέμα περιορισμού του, εξάγονται με ποικιλία τρόπων τα επιτρεπτά όρια εκπομπής, χρησιμοποιώντας την ένταση μέσω της κλίμακας των decibel. Ο άνθρωπος και η ευημερία του είναι το κύριο μέλημα όλων των ρυθμιστικών σχεδίων μετριασμού του θορύβου και φορείς όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχουν χρησιμοποιήσει κλινικές μελέτες συσχετιζόμενες με επίπεδα θορύβου από διάφορες περιπτώσεις, έτσι ώστε με στατιστική προσέγγιση να καταλήξουν σε κάποιον αριθμό στην κλίμακα των decibel που πάνω από αυτόν, η υγεία του ανθρώπου κινδυνεύει. Αυτό το κατώφλι, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα ηχητικό σύνορο που δημιουργεί ποικιλία δισυμίων και αντιθέσεων, όπως ήχος και θόρυβος ή ησυχία και φασαρία. Μέχρι τώρα, η ησυχία περιγράφεται ως η έλλειψη από “κάτι” και αυτό το “κάτι” είναι ο θόρυβος. Παράλληλα, περιγράφεται και με υποκειμενικό τρόπο, ως “ο επιθυμητός ήχος” σε αντίθεση πάλι με τον θόρυβο που είναι ανεπιθύμητος.

Εν τέλει στα ζητήματα που αφορούν τον ήχο, οι αντιθέσεις βρίσκονται παντού. Ένα ηχητικό γεγονός μπορεί να αναβαθμιστεί ως ήχος ή να υποβαθμιστεί ως θόρυβος, ανάλογα από το πλαίσιο στο οποίο αυτό το κύμα υπάρχει. Τα ηχητικά κύματα που εκπέμπονται από ένα όχημα (πχ η κόρνα ενός αυτοκινήτου) υποβαθμίζονται σε θόρυβο όταν συμβαίνουν εκτός του συμφραζόμενου του δέκτη, αλλά μπορούν να αναβαθμιστούν σε ηχητική πληροφορία όταν το πλαίσιο είναι ίδιο.

Από μια υποκειμενική σκοπιά, η ανάγκη για ησυχία συνδέεται με την ευαισθησία προς τον θόρυβο και την ηχητική αντίληψη της ακροάτριας ή του ακροατή. Εάν οι αστικοί ήχοι θεωρούνται αρνητικοί παράγοντες, η ανάγκη για ησυχία είναι μεγαλύτερη, αλλά εάν γίνονται αντιληπτοί ως θετικοί παράγοντες με την έννοια της ζωντανίας ή ως πληροφορία, τότε αυτή η ανάγκη μειώνεται (Booi & van den Berg, 2012).

Σε παγκόσμιο επίπεδο μελέτες ηχοτοπίων και ακουστικών περιβαλλόντων προσπαθούν να “θεραπεύσουν” τα αστικά και μη περιβάλλοντα από τις επιπτώσεις του ρύπου του θορύβου. Τόσο στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (US EPA, 2015), όσο και στην Ευρώπη (END, 2002) νομοθετικά πλαίσια προσπάθησαν να ορίσουν το πρόβλημα του θορύβου και να προσδιορίσουν την απόκριση μέσω της ησυχίας. Στις ΗΠΑ (Grand Canyon National Park, 2021) η ανάγκη προστασίας της φυσικής ησυχίας (natural quiet), έχει προταθεί εδώ και αρκετά χρόνια. Η φυσική ησυχία, σύμφωνα με την έκθεση του Εθνικού Πάρκου του Grand Canyon δεν πρέπει να συγχέεται με την σιωπή και αφορά την απουσία των ανθρώπινων ηχητικών

δραστηριοτήτων. Παράλληλα, σαν όρος είναι αλληλένδετος με αυτό του φυσικού ηχοτοπίου (natural soundscape) (Mace et al., 2004). Μετά από αρκετά χρόνια στην Ευρώπη σχηματίστηκε η Οδηγία 2002/49/ΕΚ σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου στην οποία δόθηκε ένας ορισμός της ησυχίας εφάμιλλος με αυτόν της φυσικής ησυχίας, με τίτλο ήσυχες περιοχές υπαίθρου: “ *περιοχή οριοθετημένη από την αρμόδια αρχή, η οποία δεν διαταράσσεται από θορύβους κυκλοφορίας, βιομηχανικών δραστηριοτήτων ή δραστηριοτήτων αναψυχής*”. Κοινό χαρακτηριστικό και των δυο ορισμών είναι η ανάδειξη της σημαντικότητας της απουσίας του ανθρώπου.

Ένας βραβευμένος στον διαγωνισμό “Ευρωπαϊκό Ηχοτοπίο” (European Soundscape Award, 2014) τρόπος αναγνώρισης των ήσυχων περιοχών υπαίθρου, είναι η αξιοποίηση του παράγοντα της απόστασης των προστατευόμενων περιοχών, από τις βασικές πηγές θορύβου όπως το οδικό δίκτυο (Votsi et al., 2012). Σε ένα αστικό τοπίο όμως, οι πηγές θορύβου είναι πανταχού παρούσες δημιουργώντας ένα συνονθύλευμα. Συνεπώς, η παραπάνω μεθοδολογία εύρεσης δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί επιτυχώς σε ένα αστικό συγκρότημα εξαιτίας των περίπλοκων δομικών χαρακτηριστικών μιας πόλης. Στην ίδια οδηγία (END, 2002) δόθηκε και ο ορισμός για τις ήσυχες περιοχές πολεοδομικού συγκροτήματος ως *περιοχές οριοθετημένες από την αρμόδια αρχή, οι οποίες δεν εκτίθεται σε τιμή του  $L_{den}$  ή άλλου κατάλληλου δείκτη θορύβου μεγαλύτερη από μια συγκεκριμένη τιμή που καθορίζεται από το κράτος μέλος, ανεξαρτήτως ηχητικής πηγής*.

Τα επίπεδα της ηχητικής πίεσης είναι σημαντικά σε όλες τις περιπτώσεις, υπάρχουν όμως εξαιρέσεις που υποδεικνύουν πως τα επίπεδα αυτά δεν είναι ο μόνος σημαντικός παράγοντας αναγνώρισης ήσυχων περιοχών. Η ακουστική ποιότητα έχει άμεση σχέση με τον τρόπο που μια περιοχή γίνεται αντιληπτή από τους ανθρώπους, συμπεριλαμβανομένης της ισορροπίας μεταξύ επιθυμητών και ανεπιθύμητων ήχων και του πόσο κατάλληλοι είναι οι ήχοι σε μια περιοχή ανάλογα με τη χρήση της. Αυτό απαιτεί νέους δείκτες και μεθόδους για την ταυτοποίηση ή μέτρηση της αντιληπτής ακουστικής ποιότητας ή εκτίμησης ήσυχων περιοχών. Πρέπει να τονιστεί, πως ο ορισμός των ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος προϋποθέτει το διαχωρισμό επιπέδων πίεσης θορύβου από πηγές, με άλλους επιθυμητούς ήχους από ανθρώπους και φύση. Οι επιθυμητοί ήχοι όμως μπορεί να έχουν την ίδια ένταση με τους ανεπιθύμητους. Τα σύγχρονα ηχόμετρα δε μπορούν να ξεχωρίσουν τους ανεπιθύμητους από τους επιθυμητούς ήχους, συνεπώς η αναλυτική μέτρηση επιπέδων ηχητικής πίεσης, είναι αδύνατη. Σε πολλές μεθοδολογίες εύρεσης ήσυχων περιοχών απαραίτητη είναι η χρήση τοπικής γνώσης. Μερικά παραδείγματα προσέγγισης συνοδευτικά με τα επιτρεπτά όρια των ήσυχων περιοχών παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Περιοχή-Χώρα	dB	Προσέγγιση
Βερολίνο (Γερμανία)	-	Προσέγγιση ηχοτοπίου. Χάρτες θορύβου. Workshop με κατοίκους. Εισαγωγή επιθυμητών ήχων
Bradford (UK)	-	Ακουστική. Φυσικά στοιχεία. Αισθητική τοπίου. Κοινωνιολογική έρευνα αντίληψης. Μετρήσεις in situ. Photo survey.
Lyon (FR)	50	Προσβασιμότητα. Χαρτογράφηση.
Παρίσι (FR)	55	Χαρτογράφηση. Χρήση γης. Ανοιχτή διαβούλευση με κατοίκους και τοπικές αρχές, μέσω web εργαλείου. Χάρτες θορύβου, επιβεβαίωση με μετρήσεις.
Φλωρεντία (IT)	45/50	Επίπεδο ποιότητας λειτουργίας. Κλάση 1: Ειδικές προστατευόμενες περιοχές όπως σχολεία, νοσοκομεία. $L_{den}$ 45 dB. Κλάση 2 : Κατοικημένες περιοχές χαμηλής πυκνότητας $L_{den}$ 50 dB.
Εσθονία	<45	3 κριτήρια: Περιοχές με λιγότερο από 45 dB. Περιοχές μεγέθους τουλάχιστον 3 ha. Μόνο για αναμυχή.
Ελλάδα	-	Distance based criteria. Ήσυχες περιοχές υπαίθρου

**Πίνακας 2.** Αντιμετώπιση ήσυχων περιοχών σε διάφορες χώρες

Το 2016 μια ομάδα Ευρωπαίων ερευνητών με χρηματοδότηση LIFE+2010, κατασκεύασε ένα πρωτόκολλο εύρεσης ήσυχων περιοχών μεγάλων πολεοδομικών συγκροτημάτων με τίτλο QUADMAP Project (Aspuru et al, 2016). Η σύγχρονη γνώση όσον αφορά την εύρεση, τον ορισμό και διαχείριση των ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος, έχει δοθεί από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα QUADMAP (Quiet Areas Definition and Management in Action Plans). Η συγκεκριμένη μεθοδολογία αποτελείται από 3 φάσεις (Aspuru et. al, 2016). Η πρώτη, αφορά την ανάδειξη και προ-επιλογή των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών με βασικές μεταβλητές τη χρήση και τη λειτουργία του χώρου. Η δεύτερη φάση αφορά την ανάλυση του ακουστικού, του ηχητικού και μη ηχητικού περιεχομένου τους όπως η ασφάλεια και η καθαριότητα. Τέλος, η τρίτη αφορά τη διαχείριση των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών με διαφορετικό κάθε φορά στόχο ανάλογα με τις ανάγκες κάθε περιοχής.

Η εφαρμογή και η εναρμόνιση της οδηγίας 2002/49/EK για την αξιολόγηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, απαιτεί τη δημιουργία στρατηγικών χαρτών θορύβου καθώς και την προστασία ήσυχων περιοχών, εντός και εκτός πολεοδομικού συγκροτήματος. Η στρατηγική χαρτογράφηση θορύβου αφορά την

αξιολόγηση της έκθεσης στο θόρυβο σχετικά με τις πιθανές πηγές θορύβου μεμονωμένα ή σε συνδυασμό. Η προτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη δημιουργία τέτοιου τύπου χαρτών, συνδυαστικά με σχέδια δράσης, μπορεί να αναδείξουν περιοχές σχετικά ανεπηρέαστες από περιβαλλοντικό θόρυβο που συνεπώς μπορούν να χαρακτηριστούν ως ήσυχες περιοχές πολεοδομικού συγκροτήματος ή ως ήσυχες περιοχές υπαίθρου (Vogiatzis & Remy, 2014).

Στο πρόσφατο παρελθόν μια προσπάθεια ερμηνείας της έννοιας της ησυχίας ανέφερε πως η ησυχία είναι η έλλειψη ήχων (Stockfelt, 1991). Πρακτικά όμως αυτό είναι αδύνατο, καθώς για κάθε δράση και σε κάθε περίπτωση, υπάρχει κάποια ποσότητα ενέργειας η οποία σε κάποιο βαθμό εκδηλώνεται ως ήχος. Η ησυχία παράλληλα, θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως η έλλειψη ανεπιθύμητων ήχων, χωρίς αυτό να σημαίνει απουσία κάθε ηχητικού γεγονότος.

Έρευνες έχουν καταλήξει πως η πρόσβαση σε ήσυχες περιοχές έχει ευεργετική επίδραση στην ποιότητα του ύπνου και την αρτηριακή πίεση (de Kluizenaar et. al, 2013). Είναι λοιπόν αναντίρρητο πως η κατάσταση της ησυχίας έχει οφέλη για την ανθρώπινη ευημερία. Παρόλα αυτά, η ανάγκη για ησυχία και ήσυχες περιοχές, γεννάται σε άτομα που είτε έχουν μια ευαισθησία στον θόρυβο, είτε ζουν κάτω από θορυβώδεις συνθήκες (πχ κοντά σε πολυσύχναστους δρόμους, σε αεροδρόμια κτλ) (Booi & van den Berg, 2012). Παράλληλα, αποτελέσματα πειραμάτων έχουν αναδείξει τις προτιμήσεις ατόμων σχετικά με τα θεμιτά για αυτούς ηχητικά περιεχόμενα ενός τοπίου, τα οποία αποτελούνται κυρίως από φυσικούς ήχους (Hartig & Staats, 2003; Hartig et. al, 2003; Hartig et. al, 2014).

Μια πρόκληση σχετικά με τα ηχοτοπία και τις ήσυχες περιοχές, αφορά την αξιολόγηση και τις μεθόδους καταγραφής τους. Από τη στιγμή που τα ηχοτοπία είναι πολυπαραγοντικά και πολύπλευρα ζητήματα, τα ποσοτικά δεδομένα που μπορεί να συγκεντρωθούν, όπως τα επίπεδα θορύβου, δεν είναι αρκετά. Συνεπώς, ο παράγοντας της ανθρώπινης αντίληψης λαμβάνεται υπόψη (International Organization for Standardization, 2014). Οι διαδικασίες καταγραφής, θα πρέπει να σχετίζονται με τον τρόπο που οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται το ηχητικό τους περιβάλλον αξιοποιώντας παραμέτρους ψυχοακουστικής (Fastl & Zwicker, 2007). Οι ψυχοακουστικές παράμετροι, όπως η ηχηρότητα (loudness), η τραχύτητα (roughness), η ευκρίνεια (sharpness), η ισχύς διακύμανσης (fluctuation strength), επιτρέπουν την λεπτομερή περιγραφή του χαρακτήρα ενός ακουστικού περιβάλλοντος και επιτρέπουν τη συσχέτιση του φυσικού φαινομένου (ακουστικό περιβάλλον) με την αντιληπτική κατασκευή του το ηχοτοπίο (Aletta et al., 2016; Kang, 2017).

Θα πρέπει λοιπόν να επιτευχθεί μια ποσοτικοποίηση και καταγραφή του τρόπου αντίληψης μέσω της συλλογής ποιοτικών δεδομένων συνδυαστικά με τα ποσοτικά. Οι σημαντικότερες μέχρι τώρα μέθοδοι είναι ο ηχοπερίπατος, τα εργαστηριακά πειράματα και οι αφηγηματικές συνεντεύξεις (Aletta et al., 2016).

Ένας πολύ βασικός παράγοντας για την ολιστική αξιολόγηση των ακουστικών περιβαλλόντων και ειδικά των ήσυχων περιοχών, είναι η οικολογική τους διάσταση (Payne et. al, 2009; Axelsson et. al, 2009; van Kempen et. al, 2014). Ένα από τα πρώτα σημάδια περιβαλλοντικών κρίσεων είναι οι αλλαγές στο ακουστικό περιβάλλον (Rossi et al., 2016; Wood et al., 2019). Συνεπώς, είναι απαραίτητες περισσότερες μελέτες σχετικά με τη βελτιστοποίηση της συλλογής δεδομένων ακουστικού περιβάλλοντος με έναν οικολογικά έγκυρο τρόπο.

Οι ήχοι ενός μέρους σχηματίζουν τον χαρακτήρα του (Adams et al., 2008; Adams et al., 2008; Aletta et al., 2016). Παράλληλα, η ποιότητα ενός ηχητικού περιβάλλοντος είναι σημαντική για τη δημιουργία και τη διατήρηση της ταυτότητας μιας πόλης (Rehan, 2016). Τα ηχοσημα (soundmarks) δημιουργούν την ηχητική ταυτότητα ενός τοπίου. Η κουλτούρα, η κοινωνία και ο αστικός ιστός σε διάφορα επίπεδα, διαμορφώνουν τα ηχοσημα και σχηματίζουν την ηχητική ταυτότητα ενός τόπου. Η ηχητική ταυτότητα ενός τόπου μπορεί να αναδειχθεί χρησιμοποιώντας τη μέθοδο CRESSON που περιλαμβάνει συνεντεύξεις εμπειρογνομόνων ήχου, ώστε να αναλύονται και να αξιολογούνται οι ηχητικές ταυτότητες των επιλεγμένων περιοχών (Hellström, 2002).

Δεδομένου ότι ένα ηχοτοπίο διαμορφώνεται τόσο από τις συνειδητές όσο και από τις υποσυνειδητές αντιλήψεις του ακροατή, η ανάλυση του βασίζεται σε αντιληπτικά και γνωστικά χαρακτηριστικά (Truax, 1999). Συνεπώς, απαιτούνται διάφοροι τύποι πληροφοριών για να την επιτυχημένη περιγραφή του (Kang & Schulte-Fortkamp, 2008).

Η αναγνώριση των ήσυχων περιοχών με χρήση μόνο επιπέδων ηχητικής πίεσης είναι περιορισμένη. Για την ησυχία που αντιμετωπίζεται ως κατάσταση ακουστικού περιβάλλοντος σε ένα πολεοδομικό συγκρότημα έχουν προταθεί επιτρεπτά όρια κάτω από 45 dB(A). Η επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου είναι αρκετά δύσκολη, συνεπώς ενσωματώθηκαν στη διαδικασία αναγνώρισης ήσυχων περιοχών επιπλέον κριτήρια.

Τα κριτήρια επιλογής ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος είναι τα παρακάτω (EEA, 2014):

- Ακουστικός δείκτης:
  - $L_{eq24h} = 40$  dB
  - $L_{den} = 50-55$  dB
- Χρήση γης:
  - Αναψυχή: Μέτρια ή έντονη δραστηριότητα
  - Προστασία φύσης: Μέτρια
  - Προστασία υγείας και ανάρρωση: Υψηλής σημασίας

- Μέγεθος: 100 – 100.000 m<sup>2</sup>
- Ηχοτοπίο (αντιλαμβανόμενη ακουστική ποιότητα)
- Οπτικό ερέθισμα (περιοχές με καθορισμένες αξίες σε επίσημα έγγραφα)

Τα παραπάνω κριτήρια είναι τόσο αντικειμενικά, όσο και υποκειμενικά. Οι προσεγγίσεις αναγνώρισης των παραπάνω κριτηρίων ποικίλουν και εκτός των επιπέδων θορύβου για το 24ωρο και για τη νύχτα που μπορούν να ποσοτικοποιηθούν, κριτήρια όπως το αν μια περιοχή προσφέρει ευκαιρίες ψυχαγωγίας εξαρτάται από τις υποδομές της.

## 2.4 Ήχος και Ευημερία

Ο κόσμος είναι γεμάτος από ήχους που εκπέμπονται από μια πληθώρα πηγών, με ποικιλία τρόπων, για διαφορετικούς λόγους. Μπορούν να παραχθούν εσκεμμένα ή όχι και αντίστοιχα, μπορούν να γίνουν αντιληπτοί συνειδητά ή μη. Σε αντίθεση με τη γεύση και την οσμή, η ακοή σαν απόκριση ηχητικού γεγονότος, δεν εκπροσωπεί φυσική ιδιότητα υλικού στη φυσική του κατάσταση, καθώς ένας ήχος μπορεί να γίνει αισθητός μόνο σαν αποτέλεσμα μηχανικής δράσης που επιβλήθηκε στην ύλη (Stocker, 2013). Για να υφίσταται ήχος και συνεπώς επικοινωνία, θα πρέπει να συνυπάρξουν 3 καταστάσεις. Μια πηγή που ταλαντώνεται και παράγει κύματα, ένα μέσο διάδοσης και ένας δέκτης που θα δεχτεί τα κύματα και θα τα αντιληφθεί ως ήχο.

### 2.4.1 Πηγές, μέσα διάδοσης και δέκτες ήχου

Οι πηγές ήχων είναι ποικίλες και ένας ήχος είτε θα αποτελεί προϊόν μιας μορφής ηχητικής επικοινωνίας και οικολογικής διεργασίας, είτε θα αποτελεί υποπροϊόν κάποιας κοινωνικό-οικονομικής διαδικασίας. Βασικό κριτήριο διαχωρισμού μεταξύ προϊόντος και υποπροϊόντος ή αλλιώς, μεταξύ ήχου και θορύβου, είναι η πρόθεση. Όσον αφορά την παραγωγή ήχου με σκοπό την επικοινωνία, βασικά εργαλεία είναι τα φωνητικά όργανα. Οι περιοχές των φωνητικών οργάνων μπορούν να διακριθούν σε τρία μέρη, τους πνεύμονες, τον λάρυγγα και την περιοχή του φωνητικού καναλιού. Η παραγωγή της φωνής ξεκινάει με την διέλευση του αέρα από τις αναπνευστικές κινήσεις από τον λάρυγγα. Στο λάρυγγα υπάρχουν δύο στόμια το φαρυγγικό και το τραχειακό και ενδιάμεσα υπάρχουν δύο ζευγάρια με πτυχές οι οποίες σχηματίζουν τις φωνητικές χορδές. Ο αέρας περνά μέσα από τις φωνητικές χορδές οι οποίες παράγουν φωνή. Ο λάρυγγας έχει μύς οι οποίοι μπορούν να ελέγχουν την τάση και κατά συνέπεια την ένταση και την συχνότητα της φωνής. Τέλος, ο έναρθρος λόγος σχετίζεται με τις κινήσεις της γλώσσας και των δοντιών (Velluti, 2018). Όσον αφορά τις μη βιολογικές πηγές, ένας ήχος μπορεί να θεωρηθεί υποπροϊόν μιας κοινωνικής, ή οικονομικής διαδικασίας και συχνά ταυτίζεται με την έννοια του θορύβου. Στην ψυχοακουστική θόρυβος ονομάζεται κάθε δυσάρεστος ή ανεπιθύμητος ήχος (Howard & Angus, 2009). Παράλληλα όμως, κάθε χρονικά εξαρτημένη αβεβαιότητα σε φυσικές παραμέτρους αναφέρεται γενικά σαν θόρυβος. Συνεπώς, θόρυβος είναι κάθε απεριοδικός σύνθετος ήχος που η στιγμιαία τιμή του αυξομειώνεται με τυχαίο τρόπο. Συνίσταται σε απρόβλεπτες διακυμάνσεις της έντασης του ήχου και οφείλεται στις

ηχητικές και ακουστικές συνθήκες του χώρου ενώ προκαλείται από την συμβολή πολλών ηχητικών παραγόντων όπως η κίνηση οχημάτων, η βιομηχανία και γενικά οι ανθρώπινες δραστηριότητες (Kuttruff, 2006; Everest & Pohlmann, 2009). Παρόλα αυτά, όλοι οι ήχοι είναι μηχανικά κύματα, αποτέλεσμα των διακυμάνσεων της ατμοσφαιρικής πίεσης σε ένα ελαστικό μέσο που διεγείρουν την ακουστική αίσθηση ενώ διέπονται από κανόνες μηχανικής. Συνεπώς, ως μηχανικό κύμα, ένας ήχος μπορεί να *ανακλάται*, να αλλάζει δηλαδή διεύθυνση όταν προσπίπτει σε ένα σώμα και να δημιουργεί φαινόμενα όπως η ηχώ και η αντήχηση και να *απορροφάται*, να εισχωρεί δηλαδή στις μικρές οπές επιφανειών με αφρώδη ή πορώδη σύσταση με αποτέλεσμα τη μείωση της έντασης του. Παράλληλα, μπορεί να *περιθλάται*, να μεταβάλλει δηλαδή την ευθύγραμμη διεύθυνσή του και να σκορπίζει στο χώρο εξαιτίας κάποιου εμποδίου που συναντά και τέλος να *διαθλάται*, δηλαδή να αλλάζει γωνία διεύθυνσης όταν αλλάζει η πυκνότητα του μέσου διάδοσης.

Υπάρχουν τρία μέσα διάδοσης, τα αέρια, τα γρά και τα στερεά. Η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων εξαρτάται από την ελαστικότητα και την πυκνότητα του μέσου διάδοσης (Kuttruff, 2006). Τα ηχητικά κύματα ταξιδεύουν προκαλώντας δονήσεις στα μόρια του μέσου που διαδίδονται (Truax, 1978), ενώ η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων εξαρτάται από την πυκνότητα των μορίων του μέσου (Everest & Pohlmann, 2009). Συνεπώς, οι ήχοι ταξιδεύουν γρήγορα στον αέρα (air-borne), γρηγορότερα στα υγρά (liquid-borne) και ακόμη πιο γρήγορα στα στερεά μέσα (structure-borne).

Όσον αφορά το τρίτο στάδιο, αυτό του δέκτη, η συζήτηση διχοτομείται σχετικά με τις προσπάθειες επικοινωνίας μεταξύ ειδών και των επιπτώσεων που μπορεί να έχουν οι δέκτες εξαιτίας ανεπιθύμητων ήχων. Η επικοινωνία μεταξύ των ειδών αποτελεί έναν από τους πυλώνες της ύπαρξης της ζωής. Μια πολύ σημαντική μορφή επικοινωνίας, αν και όχι η μοναδική, εξαρτάται από την λήψη και την εκπομπή ήχων. Το νευρικό σύστημα υπόκειται συνεχώς σε μια ποικιλία ηχητικών και όχι μόνο πληροφοριών, που εισέρχονται μέσω των διαφόρων αισθήσεων και των αισθητηριακών οργάνων (Hughes & Jones, 2003). Βασικό εργαλείο λήψης ήχων, είναι το αυτί. Στον άνθρωπο, το αυτί περιέχει διπλή αισθητική λειτουργία, την ακοή και τη διατήρηση της ισορροπίας. Αποτελείται από τρία τμήματα, το έξω, το μέσο και το έσω αυτί ή αλλιώς τον λαβύρινθο. Το έξω αυτί αποτελείται από το πτερύγιο και τον ακουστικό πόρο (εξωτερικό ακουστικό κανάλι), ο οποίος καταλήγει στην εξωτερική επιφάνεια του τυμπάνου. Το μέσο αυτί ξεκινά από την εσωτερική επιφάνεια του τυμπάνου. Το τύμπανο είναι μια λειτουργική μεμβράνη που χωρίζει το μέσα από το έξω αυτί και μετατρέπει τον ήχο σε παλμικές δονήσεις. Το εσωτερικό αυτί ή αλλιώς ο λαβύρινθος, είναι ίσως το πιο πολύπλοκο και είναι υπεύθυνο για την ακοή και την ισορροπία. Μέσα στον λαβύρινθο κυκλοφορεί ένα υγρό που ονομάζεται λέμφος και βασικό τμήμα του είναι ο κοχλίας. Ο κοχλίας είναι μία μικρή ελικοειδής δομή με σχήμα κέλυφος σαλιγκαριού. Εκεί υπάρχει το όργανο Corti το οποίο είναι γεμάτο υγρό και περιέχει υπερευαίσθητα τριχοειδή κύτταρα. Αυτά είναι υπεύθυνα για τη μετάφραση των ηχητικών δονήσεων σε ηλεκτρικούς παλμούς, οι οποίοι οδηγούνται

στον εγκέφαλο μέσω του ακουστικού νεύρου που βοηθά στην αντίληψη του ήχου (Møller, 2014).

#### 2.4.2 Ήχος και υγεία του ανθρώπου

Οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν οι δέκτες εξαιτίας της βιολογικά αναπόφευκτης διαδικασίας της ακρόασης είναι ποικίλες. Σημειώνεται πως η διαδικασία της ακρόασης είναι βιολογικά και σωματικά αναπόφευκτη, καθώς το αυτί, ως αισθητήριο όργανο, δεν συμπεριλαμβάνει κάποια απόκριση αυτόματου μη επεμβατικού αποκλεισμού της ηχητικής πληροφορίας, όπως συμβαίνει με το μάτι και το άνω βλέφαρο που αυτοματα διακόπτει την διαδικασία της όρασης. Από τη στιγμή που πραγματοποιήθηκε σύνδεση του ήχου με την υγεία του ανθρώπου, ο θόρυβος αντιμετωπίστηκε ως πρόβλημα. Οι επιπτώσεις του θορύβου εξαρτώνται άμεσα από την ένταση, την συχνότητα, την χρονική επανάληψη της έκθεσης και από την ηλικία του ατόμου. Ο περιβαλλοντικός θόρυβος έχει μια σειρά από δυνητικά αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στην ποιότητα του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 1999; WHO, 2018) η υπερβολική έκθεση σε θόρυβο μπορεί να προκαλέσει επιπτώσεις στην ψυχική υγεία, προβλήματα ακοής που εμποδίζουν την επικοινωνία του λόγου, να προκαλέσει διαταραχές ύπνου, ακόμη και καρδιαγγειακά νοσήματα. Έχει υπολογιστεί πως πάνω από το 40% του πληθυσμού της Ευρώπης εκτίθεται σε θόρυβο οδικής κυκλοφορίας εντάσεως άνω των 55 dB(A). Συνδυαστικά με την εκτίμηση πως μέχρι το 2020 περίπου το 80% των πολιτών της Ευρώπης θα κατοικεί σε πόλεις, κρίνεται σημαντική η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του θορύβου αλλά και άλλων περιβαλλοντικών πιέσεων (Goddard et al, 2010).

Οι επιπτώσεις του θορύβου εξαρτώνται άμεσα από την ένταση και την συχνότητα, την χρονική επανάληψη της έκθεσης και από την ηλικία του ατόμου. Τα αποτελέσματα της υποβάθμισης του περιβάλλοντος από τον θόρυβο, μπορούν να αφορούν τις άμεσες και συσσωρευτικές επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού, την επίπτωση στις επόμενες γενιές λόγω υποβάθμισης, καθώς και κοινωνικές, αισθητικές και οικονομικές επιπτώσεις σε επίπεδο γειτονιάς.

Περίπου οι μισοί από όλους τους πολίτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ζουν σε περιοχές που δεν παρέχουν ακουστική άνεση στους κατοίκους της (Berglund, Lindvall, Schwela, & Team, 1999). Σε αντίθεση με πολλά άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα, τα παράπονα του κοινού σχετικά με τον περιβαλλοντικό θόρυβο έχουν αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια (Gidlöf-Gunnarsson & Öhrström, 2007). Η αμεσότητα του θορύβου, αποτελεί μια ισχυρή πρωτοβουλία για σχέδια δράσης, με το πλεονέκτημα της αντιμετώπισης της αβεβαιότητας σχετικά με τις επερχόμενες επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών (Krause & Farina, 2016).

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος είναι ένας από τους σημαντικότερους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επιβαρύνουν την ποιότητα ζωής αλλά και το συνολικό περιβάλλον (WHO, 1999; Bolund and Hunhammar 1999, Munang et.al 2011, Elmqvist et.al 2015, Kabisch 2015, Krause και Farina 2016). Το κατώφλι πάνω από το οποίο ο ήχος



γίνεται ανεπιθύμητος και επιβλαβής είναι τα **55 dB** κατά τη διάρκεια της ημέρας και τα **50 dB** κατά τη διάρκεια της νύχτας (WHO, 2018). Στην Ελλάδα σύμφωνα με την ΦΕΚ Τεύχος Δεύτερο, Αρ. Φύλλου 1367, 27 Απριλίου 2012, τα όρια δεικτών αξιολόγησης περιβαλλοντικού συγκοινωνιακού οδικού, σιδηροδρομικού και αεροπορικού θορύβου είναι τα 70 dB κατά τη διάρκεια της μέρας και τα 60 dB κατά τη διάρκεια της νύχτας (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017). Παράλληλα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει προτείνει επιτρεπτά όρια εκπομπής θορύβου και για τις βασικές πηγές. Πιο συγκεκριμένα, **53 dB για τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας, 54 dB για τον σιδηροδρομικό θόρυβο και 45 dB για τον αεροπορικό θόρυβο** (WHO, 2018). Πολύ σημαντική είναι ανάδειξη των επιπτώσεων του θορύβου κατά την περίοδο της νύχτας, καθώς όλες οι αισθητηριακές λειτουργίες είναι ενεργές και κατά τη διάρκεια του ύπνου.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας χρησιμοποιώντας κλινικές μελέτες αναφέρει ότι οποιαδήποτε υπέρβαση από τα συγκεκριμένα όρια αποτελεί κίνδυνο υψίστης σημασίας για την υγεία του ανθρώπου. Παράλληλα, κάνει προτάσεις για την αντιμετώπιση του (πίνακας 3).

Πηγή θορύβου	L <sub>den</sub>	L <sub>night</sub>	Πρόταση διαχείρισης
Οδική κυκλοφορία	53	45	Αλλαγές στις υποδομές
Σιδηροδρομικός θόρυβος	54	44	Ανάλυση κόστους οφέλους
Αεροπορικός θόρυβος	45	40	Αλλαγές στις υποδομές
Ανεμογεννήτριες	45	-	Ανάλυση κόστους οφέλους
Θόρυβος αναψυχής	70	-	Ωριαία έκθεση ανάλογα με την ηλικία

**Πίνακας 3.** Επιτρεπτά όρια θορύβου σύμφωνα με WHO

Όλα τα αισθητηριακά συστήματα, τα οπτικά, τα οσφρητικά και κυρίως τα ακουστικά, υφίστανται αλλαγές που εξαρτώνται από τους κιρκάδιους ρυθμούς του κάθε ανθρώπου, όσον αφορά τις εναλλαγές μεταξύ της κατάστασης του ύπνου και της αφύπνισης. Όσον αφορά την λειτουργία της ακοής, ο μερικώς αδρανοποιημένος εγκέφαλος επιβάλλει κάποιους κανόνες στις εισερχόμενες πληροφορίες, ουσιαστικά μειώνοντας κατά το ήμισυ τη λειτουργία των ακουστικών νευρώνων (Velluti, 2018). Συνεπώς, ένας ήχος συγκεκριμένης έντασης και συχνότητας είναι αρκετός για να επαναφέρει τον αδρανοποιημένο εγκέφαλο και συνεπώς να προκληθεί η αφύπνιση. Σύμφωνα με την έκθεση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας που παρουσιάστηκε το 1999, ο θόρυβος μπορεί να διαταράξει τον ύπνο σε όλα τα στάδια του και να έχει μετέπειτα επιπτώσεις (WHO, 1999). Τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν εξαιτίας του θορύβου αφορούν τη δυσκολία στον ύπνο και την ξαφνική αφύπνιση κατά τη διάρκεια του. Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση των σφυγμών και της πίεσης. Παράλληλα, η ξαφνική αφύπνιση από την κατάσταση του ύπνου, έχει συνέπειες σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου καθώς δημιουργεί κούραση, μειωμένες αποδόσεις και κατάθλιψη. Από τη στιγμή που ο θόρυβος διαταράσει την αλληλουχία των γεγονότων που οδηγούν στην κατάσταση του ύπνου, έχει παρατηρηθεί πως η χρήση ουσιών που τον προκαλούν είναι πολύ συχνή (WHO, 1999; WHO, 2018) δημιουργώντας εθισμούς. Συνεπώς, έχουν προταθεί ειδικά μέτρα που αφορούν τον

περιορισμό των επιπέδων θορύβου κατά τη διάρκεια της νύχτας, προκειμένου να αποφευχθεί η διαταραχή του ύπνου. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει προτείνει επιτρεπτά όρια για διάφορες πηγές θορύβου ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας και πιο συγκεκριμένα **45 dB** για τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας, **44 dB** για τον σιδηροδρομικό θόρυβο και **40 dB** για τον αεροπορικό θόρυβο (WHO, 2018).

Μεταβολές που σχετίζονται με την ηλικία περιλαμβάνουν συχνά μορφολογικές αλλαγές στο ακουστικό νεύρο (Spoendlin & Schrott, 1989) και επίσης σχετίζονται με μορφολογικές αλλαγές στον κοχλία με τη μορφή απώλειας των κυτταρικών τριχών. Η επίδραση μετά από έκθεση σε θόρυβο προκαλεί επίσης μορφολογικές και λειτουργικές αλλαγές στο ακουστικό νευρικό σύστημα. Η έκθεση σε έναν αρκετά δυνατό θόρυβο προκαλεί απώλεια ακοής που μειώνεται σταδιακά μετά το τέλος της έκθεσης στο θόρυβο. Το κατώφλι της ακοής μπορεί να επιστρέψει στην κανονική του κατάσταση μετά από λεπτά, ώρες ή ημέρες ανάλογα με την ένταση, τη διάρκεια της έκθεσης και την ευαισθησία του ατόμου. Η έκθεση σε θόρυβο πάνω από μια ορισμένη ένταση και διάρκεια, οδηγεί σε απώλεια ακοής που δεν επανέρχεται πλήρως στο επίπεδο πριν από την έκθεση. Παράλληλα, η απώλεια ακοής που προκαλείται από την έκθεση στο θόρυβο επηρεάζει τις υψηλές συχνότητες περισσότερο από τις χαμηλές συχνότητες (Burns & Robinson, 1970; Dolan et. al, 1975).

Είναι γεγονός πως η έκθεση σε τραυματικό θόρυβο, μπορεί να προκαλέσει μόνιμη βλάβη στο ακουστικό σύστημα (Møller, 2014). Τα εμπλουτισμένα ακουστικά περιβάλλοντα επηρεάζουν θετικά το συντονισμό των νευρώνων στον ακουστικό φλοιό μετά από έκθεση σε τραυματικό θόρυβο. Συνεπώς, οι επιπτώσεις της έκθεσης μπορεί να μειωθούν όταν τα εκτεθειμένα άτομα τοποθετούνται σε πολύπλοκα ηχητικά περιβάλλοντα μετά την έκθεση στο θόρυβο, έχοντας λιγότερη απώλεια ακοής σε σύγκριση με άτομα που τοποθετήθηκαν για ίδιο χρονικό διάστημα σε ένα σιωπηλό περιβάλλον (Miller et. al, 1963; Canlon et. al, 1988; Skellett et. al, 1998; Norena & Eggermont, 2005).

Συνδυαστικά με τα πορίσματα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, αρκετές έρευνες έχουν αναδείξει την άμεση σχέση του θορύβου οδικής κυκλοφορίας με διάφορες παθήσεις όπως η στεφανιαία νόσος (Vienneau et. al, 2015), με εμφράγματα του μυοκαρδίου (Roswall et. al, 2017), με εγκεφαλικά επεισόδια (Sørensen et. al, 2011) και με υπέρταση (van Kempen & Babisch, 2012). Είναι γεγονός πως μαζί με τον θόρυβο, ο τρόπος ζωής και τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, συμβάλλουν στην εμφάνιση των παραπάνω παθήσεων (Hahad et. al, 2019).

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος και η ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι δύο από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές πιέσεις που επιβαρύνουν τη ζωή και την ποιότητα του αστικού και αγροτικού περιβάλλοντος. Εκτός από τα προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου, η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί παράγοντα διάβρωσης και φθοράς ιστορικών μνημείων τόσο σε εξωτερικούς, όσο και σε εσωτερικούς χώρους. Η κοινή προέλευση και η ταυτόχρονη εκπομπή σε αρκετές περιπτώσεις, ιδιαίτερος στην περίπτωση των οχημάτων οδικής κυκλοφορίας, επιβάλουν μια κατάσταση κοινής

αντιμετώπισης (Tsaligopoulos et. al, 2014). *Άξιο αναφοράς σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα των Hahad et. al. (2019), είναι το γεγονός πως από τη στιγμή που η σύνδεση του θορύβου με τις καρδιαγγειακές παθήσεις είναι αναντίρρητη, ανοίγει ένας νέος δρόμος στην παγκόσμια φαρμακοβιομηχανία που θα έχει σκοπό την δημιουργία φαρμάκων στοχευμένης καταπολέμησης των επιπτώσεων του θορύβου στον άνθρωπο. Η απαράδεκτη αυτή λύση θα έπρεπε να αποτελεί και την έσχατη, καθώς είναι μονοδιάστατη και περιέχει μόνο οικονομικό όφελος από όλες τις πλευρές. Μια λύση θα μπορούσε να αποτελεί η δημιουργία ήσυχων περιοχών. Οι ήσυχες περιοχές πολεοδομικού συγκροτήματος, όπως ορίζονται στην οδηγία 2002/49/EK, αποτελούν απόκριση της κοινωνίας με σκοπό την αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού θορύβου. Παρόλα αυτά, οι έννοιες του θορύβου και της ησυχίας είναι πολυδιάστατες. Η ανάδειξη του θορύβου ως αστική ασθένεια και η προώθηση της ησυχίας ως πανάκεια, προσφέρει βραχυπρόθεσμα οφέλη και περιορίζει την προώθηση μιας οικολογικής ησυχίας.*

Οι άνθρωποι που ζουν σε ηχητικά πολύπλοκες και ήσυχες περιοχές δεν αντιμετωπίζουν τις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία που προκαλούν τα αυξημένα επίπεδα ηχητικής πίεσης. Ακόμη και η επίσκεψη σε μια ήσυχη περιοχή έχει οφέλη στην υγεία και την ευημερία. Η βιοποικιλότητα ωφελεί τις ήσυχες περιοχές, ενώ οι φυσικοί ήχοι αντιμετωπίζονται θετικά από τους επισκέπτες μιας περιοχής. Μεγάλης έκτασης ήσυχες περιοχές μπορούν να αποτελέσουν καταφύγιο για διάφορα είδη, εφόσον μπορούν να υποστηρίξουν ζωή. Είναι αναντίρρητο πως διάφορα είδη στηρίζονται στην ακουστική επικοινωνία για να επιβιώσουν, ενώ ο ανθρωπογενής θόρυβος αποτελεί εμπόδιο στην επικοινωνία τους και αλλάζει τη συμπεριφορά τους. Η ύπαρξη δημόσιων χώρων που έχουν ψυχαγωγικό χαρακτήρα, αλλά και ταυτόχρονα ευεργετικό για την υγεία του ανθρώπου και την ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος, είναι πλέον απαραίτητη για μια αστική περιοχή για πληθώρα λόγων. Τα ακουστικά περιβάλλοντα, ή αλλιώς τα ηχοτοπία, εκπροσωπούν την ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος και συνεπώς την υγεία του ανθρώπου.

Ένα από τα βασικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα αστικά συγκροτήματα, είναι τα αυξημένα επίπεδα θορύβου από διάφορες πηγές. Αν και τις περισσότερες φορές τα επίπεδα του θορύβου συνδέονται με οικονομικές δραστηριότητες, η ανάγκη για “ησυχία” και χαλάρωση είναι αναντίρρητη. Οι ήσυχες περιοχές εκτός από τα χαμηλά επίπεδα θορύβου, προσφέρουν ένα ασφαλές και καθαρό μέρος με μια ευχάριστη θέα και κατά προτίμηση συμπεριλαμβάνουν πράσινους και υδάτινους χώρους. Ο επίσημος χαρακτηρισμός δημόσιων χώρων ως ήσυχες περιοχές, θα αυξήσει την ποιότητα της ζωής των μόνιμων κατοίκων των αστικών περιοχών και θα αναβαθμίσει την ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος, έχοντας ως συν-όφελος την δημιουργία ήσυχων-πράσινων περιοχών αυξημένης αστικής βιοποικιλότητας με κύριο γνώμονα την προστασία κατά των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

#### **2.4.3 Ήχος και περιβαλλοντική υγεία**

Η αλληλεπίδραση των ειδών μεταξύ τους και με το οικοσύστημα τους είναι πολυπαραγοντική και συχνά αναπάντεχη. Από μια εξελικτική προοπτική κάθε

αναπάντεχη εισερχόμενη διέγερση συχνά σηματοδοτεί την παρουσία κινδύνου (π.χ. αρπακτικού) ή ευκαιρίας (π.χ. λεία) (Hughes & Jones, 2003). Στο αστικό περιβάλλον όμως τα πράγματα αλλάζουν.

Η αστικοποίηση ως έννοια περιλαμβάνει αλλοιώσεις ενδιαιτημάτων που μπορούν να επηρεάσουν την επιβίωση και την αναπαραγωγή οργανισμών και να συμβάλουν στην αλλοίωση της βιοποικιλότητας. Μια σημαντική ανθρωπογενώς προερχόμενη πίεση είναι ο περιβαλλοντικός θόρυβος, κυρίως με τη μορφή θορύβου κυκλοφορίας, που μπορεί να προέρχεται από αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες, τρένα ή αεροπλάνα. Αυτός ο θόρυβος τροποποιεί τα φυσικά ηχητικά φάσματα του περιβάλλοντος και τα επαναπροσδιορίζει κυριαρχώντας τις χαμηλές συχνότητες γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την ακουστική επικοινωνία μεταξύ των πτηνών και άλλων ειδών. Ένα από τα αποτελέσματα αυτής της πίεσης, αφορά το ότι τα αλλοιωμένα από τον άνθρωπο περιβάλλοντα ενδέχεται να αλλάξουν τα σήματα επικοινωνίας ειδών άγριων πτηνών (Rabin & Greene, 2002; Slabbekoorn & Peet, 2003).

Σχηματίστηκε η υπόθεση πως τα πτηνά με τραγούδια υψηλής συχνότητας έχουν ένα πλεονέκτημα στις πόλεις, επειδή το σήμα τους αναμενόταν να υποφέρει λιγότερο από το θόρυβο χαμηλής συχνότητας του περιβάλλοντος. Πολλές έρευνες κατέληξαν ότι τα πουλιά σε θορυβώδεις περιοχές τείνουν να τραγουδούν σε υψηλότερες συχνότητες από τα πουλιά σε λιγότερο θορυβώδεις περιοχές. Έχει παρατηρηθεί πως ο αρσενικός πληθυσμός ενός είδους σπίνου (*Carpodacus mexicanus*) αύξησε την κατά τα άλλα χαμηλή συχνότητα των τραγουδιών τους προκειμένου να μειωθούν οι επιπτώσεις του φαινομένου ηχητικής κάλυψης (masking effect) εξαιτίας των υψηλών επιπέδων περιβαλλοντικού θορύβου. Παρόμοιες αντιδράσεις εμφάνισαν και άλλα είδη πτηνών καθώς τροποποιούν τη συχνότητα και την ένταση των τραγουδιών και άλλων καλεσμάτων τους με σκοπό να υπερκαλύψουν τον περιβαλλοντικό θόρυβο (Brumm & Todt, 2002; Slabbekoorn & Peet, 2003; Fernández-Juricic et. al, 2005; Wood & Yezerinac, 2006). Τα πτηνά της πόλης δραστηριοποιούνται ηχητικά σε υψηλότερες συχνότητες από ότι τα πτηνά του ίδιου είδους που απαντώνται σε φυσικές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα αρκετές έρευνες έχουν καταλήξει πως ο καλόγερος (*Parus major*) έχει μετατοπίσει τα τραγούδια του προς υψηλότερες συχνότητες για να μετριάσει την κάλυψη από τα αυξημένα επίπεδα θορύβου χαμηλής συχνότητας. Απομένει να αποδειχθεί εάν οι όλο και αυξανόμενες αναφορές σχετικά με τις διαφορές στο εύρος των συχνοτήτων των καλεσμάτων οφείλονται σε μεμονωμένες προσαρμογές του ρεπερτορίου των ειδών που έχουν μελετηθεί, ή εάν τα αστικά ρεπερτόρια είναι το αποτέλεσμα της εξελικτικής επιλογής των πουλιών σε θορυβώδη περιβάλλοντα (Brumm 2006).

Υπάρχουν αρκετές μελέτες που έχουν βρει στοιχεία για γενετικές διαφορές μεταξύ πληθυσμών πόλεων και δασικών πτηνών, οπότε υπάρχει η πιθανότητα οι γενετικές διαφορές να διαδραματίζουν κάποιο ρόλο στις παραλλαγές μεταξύ τραγουδιών (Partecke et. al, 2004; Partecke et. al, 2006; Partecke & Gwinner, 2007; Nemeth et. al, 2013; Potvin et. al, 2013; Grunst et. al, 2014; Kaliński et. al, 2015; Foltz et al. 2015).

Η συνεργητική σχέση μεταξύ αστικοποίησης και ο θορύβου δεν είναι τυχαία. Παρόλα αυτά, ο θόρυβος μπορεί να υπάρξει και σε άλλες μη αστικές περιοχές. Σε αυτή την περίπτωση η ηχητική κάλυψη από τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας αντικαθίσταται με κάποιον γεωφυσικό ήχο όπως ένας καταρράκτης. Παρόλα αυτά, ο αντίκτυπος του θορύβου της οδικής κυκλοφορίας έχει επιπτώσεις και στον αναπαραγωγικό ρυθμό. Έχει διερευνηθεί σε ένα ευρύ φάσμα ειδών, όπως τα βατράχια και οι νυχτερίδες και πιο εκτεταμένα στα πτηνά πως υπάρχει μείωση του ρυθμού αναπαραγωγής των ειδών που διαβιούν σε περιβάλλοντα με παρουσία θορύβου οδικής κυκλοφορίας (Reijnen & Forpen, 1991).

Συνοψίζοντας, ο θόρυβος υποβάθρου (background noise) μπορεί να καλύψει το ηχητικό σήμα και συνεπώς να εμποδίσει την επικοινωνία μεταξύ των ειδών. Τα αστικά τοπία μπορούν να χαρακτηριστούν ως κλειστά ενδιαίτηματα στα οποία αντί για τους κορμούς δέντρων και το πυκνό φύλλωμα, είναι τα δομικά χαρακτηριστικά τους όπως τα κτήρια που προκαλούν την αλλοίωση του σήματος (Ey & Fischer, 2009). Ο περιβαλλοντικός θόρυβος μπορεί να επηρεάσει την ακουστική επικοινωνία των ειδών περιορίζοντας το εύρος της περιοχής εκπομπής του σήματος του αποστολέα, μειώνοντας το σηματοθορυβικό λόγο (signal to noise ratio, S/N) ανάλογα με τη θέση του δέκτη και τη δομική σύνθεση του τοπίου (Brumm & Slabbekoorn, 2005). Η αύξηση της έντασης του σήματος, πάνω από τα επίπεδα του θορύβου, μπορεί να παρατηρηθεί σε είδη ορνιθοπανίδας που τροποποιούν την ηχηρότητα του καλέσματος τους ακούσια ή εκούσια, σε ποικιλία ηχοτοπίων ανάλογα με τα επίπεδα του περιβαλλοντικού θορύβου προκειμένου να αποφευχθεί η επικείμενη ηχητική κάλυψη του σήματος τους (Brumm et al, 2006). Η απόκριση αυτή θα μπορούσε να οδηγήσει σε κατανάλωση περισσότερης ενέργειας, μείωση της διατροφής και απώλεια ευκαιριών αναπαραγωγής (Farina, 2014).

#### **2.4.4 Η υπόθεση της ακουστικής προσαρμογής - The Acoustic Adaptation Hypothesis**

Οι πληροφορίες που περιέχει ένα ηχητικό σήμα μέσω της διάδοσης του από οποιαδήποτε πηγή ή αποστολέα, είναι ζωτικής σημασίας για διάφορους λόγους. Ο ανταγωνισμός για εδαφική επικράτεια, οι ευκαιρίες φαγητού και φωλιάς, η σεξουαλική επιλογή και η προειδοποίηση για εμφάνιση αρπακτικών, είναι όλες οι πληροφορίες που κοινοποιούνται μέσω της φωνητικής επικοινωνίας, σε πολλά είδη. Η επιρροή του περιβάλλοντος στη φωνητική επικοινωνία είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή διάδοση ενός ηχητικού σήματος. Η υποβάθμιση ενός ηχητικού κύματος, από την πηγή του έως ότου φτάσει στον δέκτη, είναι ένα κοινό φαινόμενο ακόμη και σε φυσικές συνθήκες.

Διαφορετικά ηχοτοπία και τοπία διατηρούν διαφορετικές ηχητικές και ακουστικές ιδιότητες. Οι κλειστοί οικότοποι όπως τα δάση, με πυκνό φύλλωμα και υψηλή βλάστηση περιλαμβάνουν πολλές επιφάνειες για απορρόφηση και αντήχηση ηχητικών κυμάτων, άρα το σήμα εξασθενεί (Waser & Brown, 1986). Προηγούμενες μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι τα δασικά περιβάλλοντα είναι γενικά πιο ευνοϊκά για τη διάδοση ήχου υψηλής πιστότητας (Brown et. al, 1995). Σε

ανοιχτούς οικοτόπους με λιγότερα φυσικά εμπόδια, τα σήματα διαδίδονται χωρίς υποβάθμιση λόγω απορρόφησης και αντήχησης.

Παρ' όλα αυτά, τα ηχητικά κύματα σε ανοιχτούς οικοτόπους υπόκεινται σε υποβάθμιση από ακανόνιστες διακυμάνσεις έντασης λόγω της αναταραχής που προκαλεί ο αέρας από τη θερμότητα που αντανακλάται στο έδαφος. Επιπλέον, τα οπτικά και ακουστικά κανάλια επικοινωνίας θα μπορούσαν να αλληλοσυμπληρώνονται σε ιδανικές συνθήκες. Ωστόσο, η υποβάθμιση του ηχητικού κύματος είναι ένα φυσικό φαινόμενο που εμφανίζεται σε ορισμένες αποστάσεις, ανεξάρτητα από τον τύπο του οικοτόπου.

Τα αστικά τοπία, σχετικά με τη διάδοση του ηχητικού σήματος, θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως κλειστά ενδιαιτήματα, στα οποία αντί για τους κορμούς των δέντρων και το πυκνό φύλλωμα, είναι οι προσόψεις των κτιρίων που προκαλούν υποβάθμιση του σήματος. Προηγούμενες μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η αστικοποίηση οδηγεί σε ομογενοποίηση κοινοτήτων πουλιών μέσω εξαφάνισης διάφορων ειδών (Slabbekoorn, 2013). Επιπλέον, τα αστικά ηχοτοπία εκτός από τα δομικά εμπόδια εισάγουν και τον ανθρώπινο θόρυβο που επηρεάζει την ακεραιότητα του υπό εξέταση σήματος λόγω διαφόρων παραγόντων όπως το φαινόμενο κάλυψης (Ey & Fischer, 2009).

Η υπόθεση πως τα ηχητικά σήματα των ζώων τροποποιούνται σε διαφορετικά περιβάλλοντα προκειμένου να μεγιστοποιήσουν τη διάδοση τους σε ένα ενδιαιτήμα ονομάζεται η “Υπόθεση της ακουστικής Προσαρμογής”. Η συγκεκριμένη υπόθεση προβλέπει ότι η διαμόρφωση του τοπίου διαδραματίζει εξελικτικό ρόλο στην επικοινωνία των ζώων (Wilkins et. al, 2013), έτσι ώστε η διαδικασία αποστολής και λήψης ηχητικών σημάτων, να είναι αποτελεσματικότερη και περισσότερο αξιόπιστη (Morton, 1975). Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, ο θόρυβος και η δομή του ενδιαιτήματος, μπορεί να αλλοιώσουν και να υποβαθμίσουν την ποιότητα του ηχητικού σήματος περιορίζοντας την επικοινωνία των ειδών. Τα είδη, προσπαθούν να προσαρμόσουν τη φώνησή τους ώστε να αποφευχθούν τα φυσικά εμπόδια, να φθάσει ακέραιο το ηχητικό σήμα από τον πομπό στο δέκτη και έτσι να επιτύχουν μια αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ τους (Farina 2014). Η αναμφισβήτητη συσχέτιση μεταξύ της διάδοσης του σήματος και της φυσικής δομής του περιβάλλοντος, μαζί με τις προσαρμογές σχετικά με την αποστολή και τη λήψη του σήματος, είναι η βάση της υπόθεσης ακουστικής προσαρμογής.

Ο Bernie Krause ανέφερε ότι για να λειτουργήσει μια ορχήστρα, κάθε όργανο θα πρέπει να έχει τη δική του μοναδική φωνή (Krause 1987, 2012) και τη δική του ηχητική “θέση/θώκο” σε φασματικό επίπεδο. Παράλληλα, για να θεωρηθεί υγιές ένα ακουστικό περιβάλλον, όπως και μια ορχήστρα, θα πρέπει όλα τα “όργανα” που το απαρτίζουν (η βιοφωνία, η γεωφωνία και η ανθρωποφωνία) να καταλαμβάνουν το δικό τους “θώκο - niche”. Κάθε οργανισμός έχει το δικό του ηχητικό θώκο (sound niche) στο φάσμα συχνοτήτων που δεν καταλαμβάνει κανένας άλλος τη συγκεκριμένη στιγμή (Henry & Wells 2010). Η υπόθεση του ακουστικού θώκου

υποστηρίζει ότι κάθε είδος εξελίσσεται για να δημιουργήσει και να διατηρήσει το δικό του ακουστικό εύρος ζώνης, έτσι ώστε η φωνή του να μην καλύπτεται. Τα χαρακτηριστικά κάθε ακουστικού και ηχητικού περιβάλλοντος είναι εξαιρετικά σημαντικά για τη ζωή ενός οργανισμού που εάν ένα πλάσμα σταματήσει κάθε ηχητική οικολογική διεργασία, ένα άλλο καλύπτει αμέσως το κενό στη χορωδία (Krause 1987, 2012).

Η αρμονική αυτή φασματική/ηχητική συνύπαρξη των οργανισμών σε ένα ενδιαίτημα, μπορεί να τροποποιηθεί εξαιτίας του θορύβου υποβάθρου που συνήθως καταλαμβάνει το χαμηλό εύρος των συχνοτήτων. Συνεπώς, η ηχητική “θέση” των οργανισμών που τη χρησιμοποιούν μπορεί να τροποποιηθεί εξαιτίας του θορύβου, ή μπορεί να εγκαταλειφτεί αν ο οργανισμός δεν καταφέρει να ανταπεξέλθει στα ηχητικά “εμπόδια” που πιθανότατα θα δημιουργηθούν, ειδικά σε ένα αστικοποιημένο περιβάλλον.

Η ηχητική ενέργεια μεταφέρεται στους ακουστικούς αισθητήρες των οργανισμών αποκωδικοποιώντας την συχνότητα, μετατρέποντας την, σε ηχητικό σήμα, το οποίο παρέχει πληροφορίες. Η ικανότητα πρόσληψης και παραγωγής ηχητικών σημάτων, είναι ζωτικής σημασίας για πολλά είδη και σχετίζεται με μία πληθώρα βιολογικών δραστηριοτήτων. Το επιστημονικό πεδίο της βιοακουστικής είναι αυτό που εστιάζει στην μελέτη των βιολογικών ηχητικών σημάτων, της ανατομίας των ακουστικών οργάνων και των εξελικτικών μηχανισμών της ακουστικής συμπεριφοράς των ζώων. Επιπλέον ένα μεγάλο μέρος του συγκεκριμένου κλάδου, ο οποίος αποτελεί και έναν από τους νεότερους κλάδους της βιολογίας ζώων (Ozga, 2017), εστιάζει στην ανθρωπογενή επίδραση μέσω του ήχου στα ζώα, την ταξινόμηση και την καταγραφή της βιοποικιλότητας μέσω του ήχου, όμως δεν εμπεριέχει μια συνολική καταγραφή των ανθρωπογενών επιπτώσεων στο ηχητικό περιβάλλον και την βιοποικιλότητα.

Ένα τραγούδι ενός πτηνού μπορεί να χωριστεί επιμέρους σε φράσεις (Phrases) και συλλαβές (Syllables). Η διαφοροποίηση των καλεσμάτων (Obrist et. al, 2010; Williams, 2004) αφορά την συμπεριφορική λειτουργία που εξυπηρετούν και χωρίζονται σε :

- Καλέσματα που σκοπεύουν στην προειδοποίηση (Alarm Calls)
- Αναπαραγωγικά καλέσματα (Mating calls)
- Καλέσματα κατά την διάρκεια πτήσης (Flight calls)

Η μελέτη της βιοακουστικής μπορεί να περιλαμβάνει την πλαστικότητα της συμπεριφοράς (Behavioral plasticity), την πλαστικότητα του σήματος (Signal-Vocal Plasticity) και την φαινοτυπική πλαστικότητα (Phenotypic Plasticity) (Obrist et. al., 2010). Επιπλέον μέσω των μελετών έχουν προκύψει βασικές υποθέσεις για την ακουστική προσαρμογή των ειδών. Για παράδειγμα σε περιοχές με αυξημένη βιοποικιλότητα, όπου ο διαειδικός ανταγωνισμός για την μετάδοση των φωνητικών σημάτων αυξάνεται, σύμφωνα με την υπόθεση του ακουστικού θώκου (Krause, 1993)

τα είδη προσαρμόζουν το εύρος συχνοτήτων των φωνητικών λειτουργιών, ώστε να αποφευχθεί η αλληλοεπικάλυψη, δημιουργώντας διαφορετικές επικράτειες συχνοτήτων. Επιπλέον, καθώς τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής επηρεάζουν την μετάδοση του ήχου, τα είδη προσαρμόζουν τις ακουστικές λειτουργίες ανάλογα με την ιδιαιτερότητα του οικοσυστήματος που κατοικούν, σύμφωνα με την υπόθεση της ακουστικής προσαρμογής (Morton, 1975). Η συγκεκριμένη προσαρμογή επιτυγχάνεται μέσω της φυσικής επιλογής και έχει ως αποτέλεσμα την διαμόρφωση των οργάνων που σχετίζονται με την επικοινωνία και την ακοή. Η υπόθεση της μορφολογικής προσαρμογής, αφορά το ότι οι οργανισμοί με μεγαλύτερο μέγεθος μπορούν να μεταδίδουν ηχητικά σήματα σε μεγαλύτερη εμβέλεια καταλαμβάνοντας χαμηλές συχνότητες (Fletcher, 2007). Επιπλέον τα συμπάτρια είδη που ζουν στο ίδιο ενδιαίτημα διαφοροποιούν τα ηχητικά τους καλέσματα, αποφεύγοντας τον κίνδυνο ακουστικού κομφορμισμού μεταξύ τους σύμφωνα με την υπόθεση αναγνώρισης ειδών (Seddon, 2005).

#### 2.4.5 Το φαινόμενο της Ηχητικής Κάλυψης

Όπως αναδείχθηκε από τον R. Murray Shaffer, ένα ηχητικό περιβάλλον χαμηλής πιστότητας (LO - FI) αποτελεί ηχοτοπία στο οποίο τα χαρακτηριστικά του (ανθρωποφωνία - βιοφωνία - γεωφωνία) αλληλοεπικαλύπτονται μειώνοντας την επιθυμητή ηχητική σαφήνεια (Schafer 1977). Σε ευθεία αναλογία, ο Shaffer περιέγραψε τα ηχητικά περιβάλλοντα υψηλής πιστότητας (HI - FI) ως ηχοτοπία στα οποία ο χρήστης - επισκέπτης μπορεί να ακούσει “μακριά”. Αυτή την κατάσταση υποστηρίζει και η έννοια του σηματοθορυβικού λόγου (Signal to Noise Ratio, S/N) που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του επιπέδου του σήματος (Signal - S) σε σχέση με το επίπεδο του θορύβου (Noise - N) υποβάθρου (Havelock et al. 2008). Οι έννοιες σήμα και θόρυβος συχνά αποτελούν υποκειμενικό ζήτημα. Το σήμα μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε ηχητικό γεγονός που σηματοδοτεί κάτι και περιέχει μια ενίοτε χρήσιμη πληροφορία. Για παράδειγμα η κόρνα ενός αυτοκινήτου σαν ηχητικό γεγονός συχνά αποκαλείται θόρυβος ή ανεπιθύμητος ήχος, αλλά παράλληλα αποτελεί και μια ζωτικής σημασίας ηχητική πληροφορία για ένα διερχόμενο όχημα. Η χρονική στιγμή της εκπομπής και της έκθεσης, η διάρκεια, η ένταση και η πρόθεση είναι τα κριτήρια που υποβαθμίζουν έναν ήχο και τον καθιστούν θόρυβο (Economou, 2015). Παρόλα αυτά, ένα ηχητικό περιβάλλον υψηλής πιστότητας (HI - FI) είναι αυτό όπου τα επίπεδα του σήματος είναι μεγαλύτερα από τα επίπεδα του θορύβου ( $S > N$ ). Όταν συμβαίνει το αντίθετο ( $S < N$ ) και το αποτέλεσμα του σηματοθορυβικού λόγου είναι μικρότερο τότε εμφανίζεται το φαινόμενο της ηχητικής κάλυψης (masking effect) (Xu et. al, 2020; Zhang et. al, 2021). Το φαινόμενο της ηχητικής κάλυψης προκύπτει όταν κατά την εκπομπή ενός ηχητικού σήματος, ένα άλλο σήμα με παρόμοια συχνότητα και μεγαλύτερη ένταση εκπέμπεται ταυτόχρονα. Οι δύο ήχοι επικαλύπτονται, και ο πρώτος δεν γίνεται ακουστός.

Έχει παρατηρηθεί πως κάποιοι καλόγεροι (*Parus major*) τροποποιούν τη συχνότητα του ερωτικού τους καλέσματος προκειμένου να υπερκαλύψουν τον ανθρωπογενή θόρυβο και να ακουστούν. Η τροποποίηση αυτή απαιτεί την παραγωγή του ερωτικού



καλέσματος σε υψηλότερες συχνότητες καθώς ο ανθρωπογενής θόρυβος κυμαίνεται συνήθως στις χαμηλές συχνότητες. Παρόλα αυτά, τα θηλυκά του συγκεκριμένου είδους προτιμούν αρσενικά που τραγουδούν σε χαμηλές συχνότητες. Συνεπώς, δημιουργείται το δίλημμα στα αρσενικά είτε να τραγουδήσουν σε χαμηλές συχνότητες και να μην ακουστούν, είτε να τραγουδήσουν σε υψηλές και να απορριφθούν. Το ίδιο πρόβλημα έχει αντιμετωπιστεί διαφορετικά από τους κοκκινολαίμηδες (*Erithacus rubeculla*) που απαντώνται στα αστικά συγκροτήματα. Έχει παρατηρηθεί πως το συγκεκριμένο είδος εκπέμπει τα ερωτικά του καλέσματα τη νύχτα προκειμένου να αποφύγει τον ανθρωπογενή θόρυβο (Fuller et. al, 2007). Αυτά και πολλά άλλα παραδείγματα είναι αποδείξεις πως ο θόρυβος προκαλεί συμπεριφορικές αλλαγές στα είδη που απαντώνται σε αστικές περιοχές (Farina & Reid, 2020).

Πολλά είδη ωδικών πτηνών αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα με ποικιλία αντιδράσεων. Τα καλέσματα τους, εξαιτίας του φαινομένου της ηχητικής κάλυψης γίνονται λιγότερο αναγνωρίσιμα και εντοπίζονται δυσκολότερα από άτομα του ίδιου είδους (Zwemer et al. 2009; Love and Bee 2010; Farina et al. 2011). Υπάρχει παράλληλα το ενδεχόμενο συγκεκριμένοι θηρευτές να επωφεληθούν από το φαινόμενο της ηχητικής κάλυψης καθώς έχει παρατηρηθεί μια απόσπαση προσοχής από την πλευρά των θηραμάτων (Chan et. al, 2010) καθιστώντας τα με αυτό τον τρόπο ευκολότερη λεία.

Η επικοινωνία είναι αναμφισβήτητα σημαντικό συστατικό πολλών καθημερινών δραστηριοτήτων μεταξύ οργανισμών και η ένταση του ηχητικού σήματος παίζει σημαντικό ρόλο στην ακουστική επικοινωνία. Ορισμένα καλέσματα πτηνών, θα πρέπει να παράγονται αρκετά ηχηρά για να ξεπεράσουν τον θόρυβο υποβάθρου και να σηματοδοτήσουν τον δέκτη, αλλά σε άλλες περιπτώσεις θα πρέπει να παράγονται αρκετά ήσυχα για να μην φανερωθούν σε θηρευτές. Τα πιο ηχηρά σήματα ακούγονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις και μπορούν να εντοπιστούν πιο εύκολα σε κατάσταση θορύβου. Επιπλέον, για την περίπτωση των ωδικών πτηνών, εκτός από τη φασματική μορφή και το περιεχόμενο κάποιου καλέσματος, ακόμη και η ένταση του μπορεί να μεταφέρει σημαντικές πληροφορίες που σχετίζονται με τη σεξουαλική επιλογή και την αναπαραγωγή, την προστασία από θηρευτές και την κατοχύρωση της επικράτειας (Zollinger & Brumm, 2015).

Ένα ακόμη ζήτημα που οδηγεί σε φωνητικές εναλλαγές είναι οι πανταχού παρόντες ανθρωπογενείς ήχοι που επηρεάζουν τόσο την ανθρώπινη ευημερία όσο και τα πτηνά (Slabbekoorn & Ripmeester, 2008). Οι διακυμάνσεις στην ένταση και τη συχνότητα των καλεσμάτων έχουν αποδοθεί στον ανθρωπογενή θόρυβο (Love & Bee, 2010). Όταν τα ακουστικά σήματα αλληλεπικαλύπτονται με άλλους ήχους όσον αφορά τη συχνότητα τους, τότε υπάρχει πιθανότητα ηχητικής κάλυψης (Bee & Swanson, 2007; Zwemer et.al, 2009). Λόγω της επίδρασης της ηχητικής κάλυψης (masking effect), τα σήματα είναι πιο δύσκολο να εντοπιστούν και είναι λιγότερο αναγνωρίσιμα.

Η δυσκολία αναγνώρισης και ερμηνείας ηχητικών σημάτων σε ένα θορυβώδες περιβάλλον είναι συχνή σε ανθρώπους και ζώα και ονομάζεται “ επίδραση του κοκτέιλ πάρτι – cocktail party effect” (Bee, 2008). Μια ακόμη αρκετά γνωστή απόκριση εξαιτίας των αυξημένων επιπέδων θορύβου είναι η επίδραση του Lombard ( Lombard Effect) (Stowe & Golob , 2013).

#### 2.4.6 Η επίδραση του Lombard

Ο Γάλλος ωτορινολαρυγγολόγος Etienne Lombard δημοσίευσε το 1911 μια παρατήρηση που έκανε κατά την εξέταση ενός ασθενούς. Το φαινόμενο που περιέγραψε στην εφημερίδα ως “*Le signe de l'élévation de la voix*” ονομάστηκε αργότερα το “Lombard Effect”. Εν συντομία, η επίδραση Lombard είναι μια ακούσια φωνητική απόκριση ομιλητών με παρουσία θορύβου στο παρασκήνιο, στην οποία η φωνή ενός ατόμου ανυψώνεται σε απάντηση αύξησης της έντασης του θορύβου. Η διαπίστωση του Lombard έγινε δυνατή χάρη σε μια συσκευή που εφευρέθηκε από τον Αυστριακό γιατρό Robert Bárány. Αυτή η συσκευή επέτρεψε την παροχή έντονου θορύβου στο ένα αυτί, επιτρέποντας έτσι τη μονοφωνική εξέταση του άλλου αυτιού. Χρησιμοποιώντας αυτό και άλλα παρόμοια μηχανήματα, ο Lombard εξέπεμψε θόρυβο στο αυτί ενός ασθενούς ενώ παράλληλα συνομιλούσε μαζί του. Παρατήρησε ότι ο ασθενής αύξησε ακούσια την ένταση της φωνής του όταν εκτέθηκε σε θόρυβο και στη συνέχεια την μείωσε όταν ο θόρυβος σταμάτησε.

Αρκετές δεκαετίες μετά το θάνατο του Lombard, το έργο του σχετικά με τις επιπτώσεις του θορύβου στα επίπεδα εκπομπής του λόγου επηρέασε πολλούς διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους όπως η ψυχολογία, η νευροβιολογία, η γλωσσολογία, η μηχανική και η συμπεριφορική οικολογία (Lombard, 1911). Το φαινόμενο της επίδρασης του Lombard περιγράφεται επίσης ως ανακλαστική αύξηση της έντασης προκειμένου να διατηρηθούν υψηλά επίπεδα σηματοθορυβικού λόγου. Επειδή η προσαρμογή της έντασης της φωνής συμβαίνει ακούσια, αρκετοί συγγραφείς χρησιμοποιούν τον όρο “Lombard Reflex”.

Το φαινόμενο Lombard δεν είναι ένα αποκλειστικά ανθρώπινο χαρακτηριστικό, καθώς έχει βρεθεί σε περισσότερα από 15 είδη πουλιών και θηλαστικών που έχουν πολλά αποτελέσματα, ακόμη και στη σεξουαλική επιλογή (Brumm & Slabbekoorn, 2005; Brumm & Zollinger, 2011; Cardoso & Atwell, 2011).

Το αστικό ηχητικό περιβάλλον εκτός του ότι είναι θορυβώδες, χαρακτηρίζεται από γραμμικές και όχι σημειακές πηγές θορύβου (π.χ. αυτοκινητόδρομους), από πολλές κάθετες ανακλαστικές επιφάνειες (π.χ. κτίρια προσόψεων) και από διάφορες ημερήσιες διακυμάνσεις στα επίπεδα θορύβου και τη μετάδοση ήχου. Ο ανθρωπογενής θόρυβος δεν είναι ο μόνος “τύπος” θορύβου που θα μπορούσε να προκαλέσει το Lombard Effect. Υπάρχουν πολλές φυσικές πηγές θορύβου, όπως ρέματα, ή ακόμη και άλλα ζώα (π.χ. χορωδίες εντόμων), δημιουργώντας αυξημένα επίπεδα θορύβου (Warren et.al, 2006).

Η αντίδραση των ζώων στον ανθρωπογενή θόρυβο συνεπάγεται με κατανάλωση περισσότερης ενέργειας, μείωση του χρόνου σίτισης και μεταξύ άλλων, απώλεια

ευκαιριών ζευγαρώματος (Farina, 2014). Σε σύγκριση με τον ανθρώπινο θόρυβο, ο φυσικός θόρυβος αντιμετωπίζεται από οργανισμούς με διαφορετικό τρόπο. Η ανθρωποφωνία προκαλεί ενόχληση, χρόνιο στρες και απώλεια ακοής, ενώ ο φυσικός θόρυβος (π.χ. θόρυβος από έναν καταρράκτη) θα μπορούσε να προσαρμόσει τη συμπεριφορά ή ακόμη και να αποφευχθεί. Παράλληλα, όμως οι φυσικοί ήχοι προκαλούν θετικά συναισθήματα στον άνθρωπο (Ferri et. al, 2015). Ένα ηχητικό φαινόμενο το οποίο επίσης επηρεάζεται από τον θόρυβο είναι το φαινόμενο της χορωδίας της αυγής (dawn chorus).

#### 2.4.7 Οι χορωδίες της αυγής

Ως χορωδία (chorus) μπορεί να οριστεί ως η ταυτόχρονη ηχητική εκδήλωση ειδών πανίδας κατά τη διάρκεια της αυγής (dawn) και του σούρουπου (dusk) κυρίως κατά την αναπαραγωγική περίοδο (Farina et. al, 2015). Πρόκειται για μια κοινή ανταλλαγή ηχητικών πληροφοριών που επαναλαμβάνεται σε καθημερινή βάση. Η επανάληψη αυτή επαφίεται στους κερκαδικούς ρυθμούς-κύκλους της φύσης και ως φαινόμενο έχει παρατηρηθεί κυρίως σε πτηνά, βατράχους, γαρίδες, ψάρια, έντομα και θηλαστικά. Όλο και περισσότερες έρευνες ασχολούνται με το συγκεκριμένο ηχητικό φαινόμενο. Παρόλα αυτά, οι παράγοντες και οι λόγοι που το προκαλούν αποτελούν ερευνητικά ερωτήματα που απασχολούν σχετικούς επιστήμονες σε επίπεδο είδους, πληθυσμού και κοινότητας (Farina & Ceraulo, 2017).

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν εγγενείς – ζωτικοί Παράγοντες (Intrinsic Factors) που το προκαλούν και που αφορούν τους κερκαδικούς κύκλους της τεστοστερόνης και τις ανάγκες των ατόμων που συμμετέχουν στο φαινόμενο. Η ένταση και η διάρκεια της χορωδίας σε κάποια είδη όπως ο κότσυφας (*Turdus merula*) μπορεί να εξαρτάται από την ποσότητα τροφής που έχει καταναλωθεί την προηγούμενη μέρα (Barnett & Briskie 2007).

Παράλληλα, μπορεί να οφείλεται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες (Environmental Factors) που αφορούν τις ανθρωπογενείς (τεχνητό φως) και γεωφυσικές (άνεμος, βροχή) επιδράσεις, καθώς και τη δομή του οικοσυστήματος. Το φυσικό φως, επηρεάζει την έναρξη και τη λήξη του φαινομένου και έχει παρατηρηθεί πως τα είδη με τα μεγαλύτερα μάτια ξεκινούν το τραγούδι τους πριν από τα άλλα (Thomas et. al, 2002). Άξια αναφοράς είναι η τροποποίηση όσον αφορά την έναρξη της χορωδίας εξαιτίας του τεχνητού φωτός (Marín-Gómez & MacGregor-Fors, 2019) αναδεικνύοντας τις επιπτώσεις της έντονης αστικοποίησης στην βιοποικιλότητα.

Τέλος, εξαιρετικά σημαντικοί είναι και οι κοινωνικοί παράγοντες (Social Factors) που αφορούν κυρίως τη διεκδίκηση επικρατειών και την προσέλκυση συντρόφων. Παράλληλα, κάθε ηχητική διαταραχή όπως ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας ή ο αεροπορικός θόρυβος αναγκάζουν τα είδη που συμμετέχουν στην χορωδία της αυγής να ξεκινήσουν το τραγούδι τους νωρίτερα (Gil et. al, 2015) δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο συμπεριφορικές αλλαγές.

Το φαινόμενο αποτελεί δείκτη αφθονίας ενός πληθυσμού και παράλληλα, δείκτη υγείας ενός οικοσυστήματος. Έχει παρατηρηθεί πως αν κατά τη διάρκεια του

φαινομένου υπάρχει έντονος κυκλοφοριακός θόρυβος, τα πουλιά τροποποιούν την ώρα έναρξης και τη διάρκεια της χορωδίας (Hennigar et. al, 2019). Αν και κάποια είδη μπορούν να προσαρμοστούν στην ηχητική κάλυψη (masking effect) που προκαλεί ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας, κάποια από αυτά αναγκάζονται να ξεκινήσουν το φαινόμενο της χορωδίας της αυγής νωρίτερα από ότι συνήθως (Arroyo-Solis et. al, 2013). Το γεγονός αυτό περιέχει τόσο οφέλη όσο και επιπτώσεις. Τα είδη που ξυπνούν νωρίτερα εξαιτίας κάποιας ηχητικής πηγής επωφελούνται από τα κατά τα άλλα χαμηλά επίπεδα θορύβου της ώρας για να εκπέμψουν τα ερωτικά τους καλέσματα χωρίς να καλύπτονται ηχητικά (Pohl et. al, 2012). Παράλληλα όμως, αυξάνονται οι ανάγκες για εύρεση τροφής τροποποιώντας έτσι τη διαθεσιμότητα των πόρων (Arroyo-Solis et. al, 2013).

Αντίστοιχες έρευνες έχουν αναδείξει τις επιπτώσεις και του τεχνητού φωτός στην ώρα έναρξης του φαινομένου. Είδη ορνιθοπανίδας που ζουν σε περιοχές που αντιμετωπίζουν πρόβλημα φωτορύπανσης από τεχνητές πηγές, ξυπνούν νωρίτερα (Da Silva et. al, 2014), ενώ οι απόψεις δίστανται για το ποια πηγή ρύπανσης μεταξύ του φωτός και του θορύβου να επηρεάζει την ώρα έναρξης περισσότερο (Dorado-Correa et. al, 2016). Παρόλα αυτά, για να θεωρηθεί επιτυχημένη μια προσπάθεια επικοινωνίας μεταξύ ειδών κατά τη διάρκεια του φαινομένου της χορωδίας της αυγής, εξαρτάται τόσο από τις ικανότητες του πομπού και την προσαρμογή του στις θορυβώδεις ή φωτεινές συνθήκες, όσο και από τις ικανότητες του δέκτη του ηχητικού σήματος (Pohl et. al, 2012).

## 2.5 Η πολυδιάστατη έννοια του θορύβου

Στο βιβλίο του 1910, με τίτλο “Physics” των Charles Riborg Mann και George Ransom Twiss τοποθετήθηκε για πρώτη φορά το ερώτημα “Όταν ένα δέντρο πέφτει σε ένα μοναχικό δάσος, και κανένα ζώο δεν είναι κοντά για να το ακούσει, θα κάνει ήχο; - *When a tree falls in a lonely forest, and no animal is nearby to hear it, does it make a sound?*”. Αν το ερώτημα τελείωνε με τη φράση “θα έκανε θόρυβο” τότε η απάντηση θα ήταν σίγουρα όχι. Η απουσία κάποιου ζώου συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, που θα μπορούσε να ενοχληθεί από αυτή τη διαδικασία είναι απαραίτητη, συνεπώς, δεν θα υπήρχε θόρυβος. Θα υπάρχει όμως ήχος; Η απουσία του δέκτη, διακόπτει το ηχητικό τρίπτυχο της πηγής, του μέσου και του δέκτη. Σίγουρα όμως, ακόμη και με την απουσία του δέκτη, τα ηχητικά κύματα θα είχαν παραχθεί, καθώς η φύση δεν απαιτεί θεατή ή ακροατή για να λειτουργήσει. Αυτό το απαραίτητο για την ύπαρξη του ήχου τρίπτυχο, της ύπαρξης της πηγής, του μέσου και του δέκτη, μπορεί σε αρκετές περιπτώσεις να είναι γραμμικό. Η τυχαιότητα όμως στη φύση συχνά καθιστά μη γραμμική αυτή τη σχέση και επιβάλλει ιδιαίτερα πολύπλοκους υπολογισμούς που έχουν σκοπό την κατανόηση στον τρόπο διάδοσης του ήχου.

Η οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 2002/49 σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου παραθέτει και τον ορισμό του ως, “οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς θόρυβοι στο ύπαιθρο που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των θορύβων που εκπέμπονται από

*μεταφορικά μέσα, από οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές και από χώρους βιομηχανικής δραστηριότητας”.*

Ο θόρυβος που διερευνάται με την άποψη της σημαντικότητας, της εννοιολογικής διαφοροποίησης και της αντίληψης. Η ουσία του θορύβου ερευνάται περαιτέρω, ενώ οι επιπτώσεις του αξιολογούνται από τη σκοπιά της φύσεως, της ανθρώπινης αντίληψης και από τη σκοπιά της φυσικής ως επιστήμης.

Όπως έχει αναφερθεί, οι ήχοι μπορούν να παραχθούν από φυσικές πηγές, από βιολογικές οντότητες και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Οι φυσικά παραγόμενοι μη βιολογικοί ήχοι όπως το τρεχούμενο νερό, τα κύματα, οι καταιγίδες και οι καταρράκτες, ενάντια σε μια τελεολογική προσέγγιση θα μπορούσαν να θεωρηθούν ακούσιες διεργασίες. Οι βιολογικοί ήχοι μπορούν να παραχθούν εσκεμμένα ή ακούσια. Το ίδιο ισχύει και για τους ανθρωπογενείς ήχους. Άξιες αναφοράς είναι οι γκρίζες ζώνες επικάλυψης μεταξύ των κατηγοριών (Econoμου, 2015). Οι φυσικά παραγόμενοι βιολογικοί ήχοι μπορούν εύκολα να κατηγοριοποιηθούν ως βιοφωνία αντί γεωφωνία. Τι συμβαίνει όμως με τους βιολογικά παραγόμενους φυσικούς ήχους; Πως θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν τα τριξίματα και τα ποδοβολητά των ζώων στη βλάστηση; Με την ίδια λογική, είναι εύκολο να κατηγοριοποιηθούν οι ανθρωπογενείς ήχοι των μηχανών εσωτερικής καύσεως από τα πλοία, τα τραίνα, τα αεροπλάνα και τα αυτοκίνητα μεταξύ άλλων, ως ανθρωποφωνία. Πως όμως κατηγοριοποιούνται οι βιολογικοί ανθρωπογενείς ήχοι όπως η ομιλία, τα σφυρίγματα, το χειροκρότημα ή το τραγούδι; Παράλληλα, πως θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν οι φυσικά παραγόμενοι ήχοι του ανέμου, της βροχής και των κυμάτων που προσκρούουν σε ανθρώπινες κατασκευές όπως οι προσόψεις κτιρίων;

Το βασικό χαρακτηριστικό όλων των παραπάνω, είναι η πρόθεση. Γνωρίζουμε πως οι φυσικοί ήχοι, παράγονται κυρίως ακούσια δηλαδή χωρίς πρόθεση ακόμη και τυχαία, αλλά αυτό δεν ισχύει με τους βιολογικούς και τους ανθρωπογενείς ήχους όπου οι εκούσιοι και ακούσιοι ήχοι συνυπάρχουν. Μια μεγάλη ποικιλία ζώων, πουλιών, θηλαστικών, αμφιβίων, αρθροπόδων, ακόμη και ψαριών, παράγουν εκ προθέσεως ήχους που εξυπηρετούν διάφορες λειτουργίες, τόσο ενδοειδικά όσο και διαειδικά. Το κάλεσμα για την αναγνώριση συγγενικών ειδών, το ερωτικό κάλεσμα για την επιλογή συντρόφου ή της προσέλευσής του, τα ηχητικά σήματα για χωρική διεκδίκηση, τα καλέσματα ενδοοικογενειακής επικοινωνίας μεταξύ γονέα και απογόνου, τα επιθετικά ηχητικά σήματα και τα σήματα συναγερμού είναι μερικές από τις κατηγορίες φωνοποιήσεων που εκπέμπονται από διάφορα είδη (advertisement calls, aggressive signals release calls-courtship calls, distress calls). Το ίδιο και με τους ανθρωπογενείς ήχους, όπου ήχοι όπως οι κόρνες των αυτοκινήτων, η τριβή μεταξύ ρόδας και ασφάλτου και η αφαίρεση της εξάτμισης των δίκυκλων οχημάτων είναι κατεξοχήν εσκεμμένες κινήσεις. Αντιθέτως, οι ήχοι μιας καλοδιατηρημένης μηχανής αυτοκινήτου, ή πλοίου, ή τραίνου, εκπέμπονται χωρίς πρόθεση, καθιστώντας το ηχητικό αποτέλεσμα απλά ένα ακούσιο “υποπροϊόν” της λειτουργίας των συγκεκριμένων κατασκευών. Προκειμένου να αποσαφηνιστεί ο όρος “εσκεμμένο”,

πρέπει να τονιστεί η έννοια της γνωστικής ηθελημένης διαδικασίας παραγωγής ήχου, της εκούσιας δηλαδή πράξης παραγωγής ενός ήχου και όχι μιας ηχητικής παρενέργειας παράλληλης διεργασίας. Προφανώς, χρησιμοποιώντας τους όρους “διαδικασία” και “υποπροϊόν”, εξαιρούμε την περίπτωση των ήχων που εκπέμπονται ως υποπροϊόντα της επικοινωνιακής διαδικασίας.

Πρόκειται λοιπόν για ένα επικοινωνιακό ζήτημα. Συνεπώς, εφόσον η πρόθεση οδηγεί στην επικοινωνία και ακολούθως στην παραγωγή σήματος, η ακούσια πράξη οδηγεί σε ασάφεια και συνεπώς σε θόρυβο. Ως εκ τούτου, πρόκειται για μια διαμάχη μεταξύ ηχητικού σήματος και θορύβου. Είναι αναντίρρητα σημαντική η συνειδητοποίηση πως ο θόρυβος και το ηχητικό σήμα διαφοροποιούνται, μόνο από τον αποδέκτη. Για όλους τους άλλους, εκτός του αποδέκτη, αυτή η πληροφορία αποτελεί απλά θόρυβο.

Η εφημερίδα “The Telegraph”, δημοσίευσε στις 23 Δεκεμβρίου του 2013 το άρθρο με τίτλο “Παράπονα σιώπησαν τις καμπάνες της εκκλησίας για πρώτη φορά μετά από 117 χρόνια” (Agencies 2013). Μεταξύ άλλων αναφέρθηκε ότι “Η εκκλησία δέχτηκε να σιωπήσει τις καμπάνες της, καθώς είναι επιζήμιες για την υγεία”. Παρόλα αυτά, τα παράπονα για το θόρυβο, δεν είναι “μόδα” του παρόντος.

*“And Then There’s the Traffic. A good night’s sleep? You have to be filthy rich to find rest in Rome. That’s the source of our sickness. The endless traffic in narrow twisting streets and the swearing at stranded cattle”.*

Το παραπάνω αποτελεί μέρος σατυρικού ποιήματος που γράφτηκε στα τέλη του Ιου π.Χ. αιώνα στην αρχαία Ρώμη, από τον συγγραφέα Juvenal (Rudd & Courtney, 1991). Πολλές ερωτήσεις πηγάζουν από τον παραπάνω αρχαίο στίχο. Για τι είδους κίνηση (traffic) συζητά ο Juvenal και γιατί έπρεπε να είσαι πολύ πλούσιος (filthy rich) για μπορέσεις να ξεκουραστείς στην αρχαία Ρώμη; Οι αρχαίοι Ρωμαίοι δεν ήξεραν τίποτα για μηχανές εσωτερικής καύσης, ούτε για το περίσσειμα ενέργειας που προκύπτει με τη χρήση της ανθρώπινης τεχνολογίας. Παρόλα αυτά, ο θόρυβος ήταν ζήτημα και για εκείνη τη περίοδο. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ/WHO) έχει αναδείξει τα προβλήματα υγείας που σχετίζονται με το θόρυβο. Ο θόρυβος μπορεί να διαταράξει τον ύπνο, να προκαλέσει και όχι απλά να επιβαρύνει καρδιαγγειακά νοσήματα, να επιβαρύνει καθημερινές συνήθειες, να προκαλέσει ενόχληση και να τροποποιήσει κοινωνικές συμπεριφορές.

Ο θόρυβος λοιπόν είναι μια πολυδιάστατη έννοια και σαν όρος έχει φυσικές, κοινωνικές, νομικές, βιολογικές, ψυχολογικές, ακόμη και οικονομικές προεκτάσεις οι οποίες θα συζητηθούν παρακάτω.

### **2.5.1 Ο θόρυβος είναι χρήμα – Κοστολόγηση θορύβου**

*Ο θόρυβος είναι χρήμα και ο επιθανάτιος ρόγχος της κοινωνίας.* Αυτή η κακή συνεννόηση μεταξύ του εγκεφάλου και των πνευμόνων προκαλεί μια δίψα για αέρα και η καλά ενορχηστρωμένη διαδικασία της αναπνοής σταδιακά ξεκουρδίζεται. Ο ήχος της ανάσας ενός ανθρώπου λίγο πριν το θάνατο μετατρέπεται σε κακοφωνία και σηματοδοτεί τον θάνατο, καταλήγοντας στην απόλυτη σιωπή. Οι ζωντανές κοινωνίες

παράγουν ποικιλία ήχων και θορύβων. Για να γίνει μια κοινωνία κατανοητή δεν αρκεί μόνο να την δει κανείς, αλλά και να την ακούσει. Σύμφωνα με τον Jacques Attali στο βιβλίο του *Noise: the political economy of music*, η ζωή είναι θορυβώδης και μόνο ο θάνατος σιωπηλός. Τίποτα σημαντικό δεν συμβαίνει με απουσία θορύβου! Πρέπει να είμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε την ευημερία μιας κοινωνίας από τον ήχο της, από τον θόρυβο που παράγει, από τη μουσική της, τις γιορτές της, από τις διαδηλώσεις της και τις επαναστάσεις της και όχι μόνο από τις στατιστικές της (Attali, 1985).

Παρόλα αυτά, το να ζεις με θόρυβο ήταν και είναι ένα ταξικό ζήτημα. Ο Garret Keizer στο βιβλίο του “The unwanted sound of everything we want – A book about noise” αναφέρει πως ο θόρυβος μπορεί να μην απασχολεί έναν άνθρωπο, γιατί είναι ένα ασήμαντο (σε σχέση με άλλα) πρόβλημα, που απασχολεί “ασήμαντους” ταξικά ανθρώπους (Keizer, 2010).

Συχνά, σύμφωνα με τον Garret Keizer, ο θόρυβος βλάπτει τους φτωχούς, αλλά είναι ικανός να επηρεάσει τους πάντες, οποιαδήποτε στιγμή, σε οποιοδήποτε μέρος. Οικολογικοί, κοινωνικοί, πολιτικοί, οικονομικοί, ακόμη και θρησκευτικοί παράγοντες, συμβάλουν στη διαμόρφωση του ηχοτοπίου μιας κοινωνίας. Οι πολιτιστικές συνήθειες, για παράδειγμα, που προέρχονταν από τον 14ο αιώνα, όπως το χτύπημα της χριστιανικής εκκλησίας και τα μουσουλμανικά τεμένη, χρησίμευαν ως σημαντικοί παράγοντες για το θρησκευτικό-ηχητικό προφίλ της Ευρώπης (Garceau, 2011).

Στην φύση, εξαιτίας των ατμοσφαιρικών συνθηκών και στις κοινωνίες, εξαιτίας των πολιτικών συνθηκών, μπορεί να παρουσιαστεί μια ηχητική αλληλουχία μεταξύ ήχου και θορύβου, δικαιολογώντας φράσεις όπως η “ηρεμία πριν την καταιγίδα – calm before the storm”.

Η φύση παράγει και ήχο και θόρυβο.

*“Μόνο σιωπή επικρατούσε στα χωράφια στα δάση και στα έλη (Carson, 1962)”*

Το παραπάνω αναφέρει η Rachel Carson στο βιβλίο της “Σιωπηλή άνοιξη” (Carson, 1962). Η μετατροπή ενός ηχοτοπίου που υπήρχε στις αναμνήσεις της Carson ήταν η αιτία για την οικολογική αφύπνιση σε σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα. Η απώλεια της βιοφωνίας στα χωράφια, στα δάσος και στο έλος όπου μεγάλωσε, ισοδυναμεί με την αύξηση της ανθρωποφωνίας στις πόλεις. Η απώλεια της βιοφωνίας στην συγκεκριμένη περίπτωση προήλθε από ακραία βλαβερές και επεμβατικές αγροτικές τακτικές με οικονομικά οφέλη. Παράλληλα, η αύξηση της ανθρωποφωνίας σε μια πόλη αποτελεί υποπροϊόν οικονομικής δραστηριότητας με την έννοια της “εξωτερικότητας” η οποία θα αναλυθεί παρακάτω. Συνεπώς, είτε με την μορφή της σιωπής, είτε με τη μορφή του θορύβου, “ο ήχος είναι χρήμα”.

Ο θόρυβος είναι “χρήμα” και η ησυχία δημόσιο αγαθό. Η κοστολόγηση του θορύβου είναι ένα δύσκολο πεδίο έρευνας συνεχώς μεταβαλλόμενο, άξιο μελέτης σε βάθος

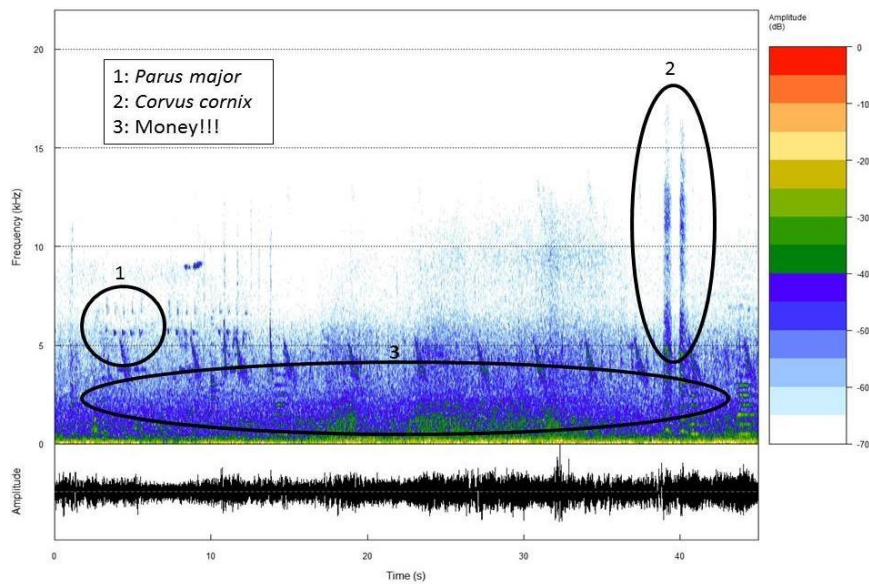
χρόνου, που αφορά τόσο την ευημερία των κατοίκων αστικών συγκροτημάτων όσο και την ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος. Σε ευθεία αναλογία, την ίδια δυσκολία κοστολόγησης αντιμετωπίζει και η κατάσταση της ησυχίας.

Συνοπτικά, ο θόρυβος θα μπορούσε να κοστολογηθεί μέσω των οικονομικών δραστηριοτήτων που παράγουν θόρυβο ως υποπροϊόν, αλλά και των αλλαγών που επιφέρουν στην αγορά γενικότερα, όπως η τιμή των ακινήτων που “προσβάλλονται” από θόρυβο. Παράλληλα, γνωρίζοντας πως ο θόρυβος έχει επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου θα μπορούσε να επιτευχθεί η κοστολόγηση του, μέσω της αποτίμησης του κόστους νοσηλείας. Στην κατάσταση της ησυχίας θα μπορούσε να αποδοθεί νομισματική αξία μέσω της κοστολόγησης της δημιουργίας των περιοχών που την προσφέρουν εντός των αστικών συγκροτημάτων και του κόστους των μεθόδων μετριασμού του θορύβου. Και οι δυο καταστάσεις και οι πολιτικές που τις προκαλούν ή τις προωθούν, αναδεικνύουν μια διπολική σχέση κόστους και οφέλους, μεταξύ πομπού και δέκτη, προσβαλλόντων και προσβεβλημένων ή και σε κάποιες περιπτώσεις επωφελημένων. Το κόστος και τα οφέλη κάθε πολιτικής που μπορεί να ακολουθηθεί, προσδιορίζονται ποσοτικά και αποτιμώνται σε νομισματικούς όρους. Το κόστος αφαιρείται από τα οφέλη και οι πολιτικές με καθαρό θετικό όφελος εν τέλει υποστηρίζονται.

Όπως έχει συζητηθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, τα τρία βασικά χαρακτηριστικά του ηχοτίπιου, είναι η βιοφωνία που αφορά τις φωνητικές διεργασίες των πτηνών και άλλων ζώων, η γεωφωνία που ενσωματώνει όλους τους ήχους που προέρχονται από γεωφυσικές διεργασίες και η ανθρωποφωνία που εμπεριέχει όλους τους ανθρωπογενείς ήχους που προέρχονται από τις κατασκευές του ανθρώπου. Οι ανθρωποήχοι κυμαίνονται κυρίως μεταξύ του εύρους συχνοτήτων 1 - 2 kHz, ενώ οι βιοήχοι συνήθως μεταξύ 2 - 8 kHz. Στην κατηγορία της ανθρωποφωνίας που συνήθως επικρατούν ήχοι χαμηλών συχνοτήτων, μπορεί να ενσωματωθεί και η έννοια του θορύβου.

Το φασματογράφημα που παρουσιάζεται στην εικόνα 3, περιέχει βιολογικούς ήχους σχετικά υψηλών συχνοτήτων προερχόμενους από έναν καλόγερο (*Parus major*) και μια κουρούνα (*Corvus Cornix*). Παράλληλα, περιέχει ήχους χαμηλών συχνοτήτων προερχόμενους από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (συγκεκριμένα θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) οι οποίοι σε ένα σημαντικό βαθμό καλύπτουν ηχητικά (masking effect) τους βιολογικούς ήχους. Το συγκεκριμένο φασματογράφημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αναδειχθούν οι επιπτώσεις των οικονομικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου στην ποιότητα του περιβάλλοντος. Ο θόρυβος σε αυτή την περίπτωση αποτελεί μια αρνητική περιβαλλοντική εξωτερικότητα που επηρεάζει την επιτυχημένη επικοινωνία μεταξύ των ειδών, την ευημερία και υγεία του ανθρώπου, αλλά και την ποιότητα του συνολικού αστικού περιβάλλοντος.





**Εικόνα 3.** Φασματογράφημα που συμπεριλαμβάνει το κάλεσμα ενός καλόγερου<sup>1</sup> (*Parus major*), μιας κουρούνας<sup>2</sup> (*Corvus Cornix*) και διάφορους ήχους χαμηλών συχνοτήτων<sup>3</sup> ανθρωπογενούς προελεύσεως που θα μπορούσαν να παρουσιαστούν και ως οικονομική δραστηριότητα

Οι περιβαλλοντικές εξωτερικότητες αναφέρονται στην οικονομική έννοια των μη αντισταθμιζόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αφορούν τις επιπτώσεις των πράξεων ενός ατόμου ή μιας επιχείρησης στην ευημερία άλλων ατόμων ή στο κόστος άλλων επιχειρήσεων. Οι εξωτερικότητες προκαλούνται από την παραγωγή ή την κατανάλωση ορισμένων αγαθών και διακρίνονται σε αρνητικές και θετικές που είτε θα επιβαρύνουν, είτε θα ωφελούν άλλες επιχειρήσεις ή άτομα (*Glossary of Environment Statistics, 1997; Pajewski et. al, 2020*). Είναι γεγονός πως οι κοινότητες που δέχονται μεγάλο βαθμό περιβαλλοντικών πιέσεων, είναι επιρρεπείς στην εμφάνιση αρνητικών εξωτερικοτήτων. Ο περιβαλλοντικός θόρυβος, εκτός από ρύπος θα μπορούσε να θεωρηθεί υποπροϊόν κάποιας οικονομικής δραστηριότητας και συνεπώς να συμπεριληφθεί σε μια λίστα περιβαλλοντικών εξωτερικοτήτων με οικονομικό και κοινωνικό κόστος.

Το περιβάλλον, είναι αποδέκτης των καταναλωτικών συμπεριφορών της κοινωνίας. Ενώ οι αγορές θα έπρεπε να κινούνται προς το βέλτιστο κατά Pareto (*Zhang, 2014*) και εφόσον κανένας ιδιώτης δεν θα ήταν διατεθειμένος να ενεργήσει ενάντια στην προσωπική του ευημερία, παρουσιάζονται ανισότητες, ακόμη και όσον αφορά στην έκθεση σε περιβαλλοντικό θόρυβο.

Οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες του ανθρώπου αποτυπώνονται και στο ηχοτοπίο, έχοντας άμεσο αντίκτυπο τόσο στην ποιότητα του περιβάλλοντος, όσο και στην αγορά. Οι αποφάσεις που αφορούν τα πιο απαιτητικά περιβαλλοντικά προβλήματα της κοινωνίας, παίρνονται με τη χρήση τόσο επιστημονικών, όσο και οικονομικών επιχειρημάτων, με τα οικονομικά κριτήρια να διεκδικούν ένα διαρκώς μεγαλύτερο ρόλο. Οικονομικοί όροι και έννοιες, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι περιβαλλοντικών πολιτικών συζητήσεων πάνω στο μετριασμό των περιβαλλοντικών

πιέσεων, ενώ ανησυχίες περί κοινωνικής δικαιοσύνης, είναι μέρος κάθε συζήτησης που αφορούν την αειφορία.

Η ποιότητα ζωής, όπως ορίζεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας είναι η αντίληψη ενός ατόμου σχετικά με την θέση του στη ζωή στα πλαίσια του πολιτισμού και του συστήματος αξιών στο οποίο ζει σε σχέση με τους ατομικούς στόχους, πρότυπα, προσδοκίες και ανησυχίες του (*World Health Organization, 2020*). Ένας από τους παράγοντες που συμβάλλει στο ευ ζην ενός ατόμου είναι οι συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο διαβιεί. Συνεπώς, ένα εκτεθειμένο σε θόρυβο κατοικημένο αστικό περιβάλλον, συνδέεται με την ενόχληση η οποία έχει αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια (*Babisch et. al, 2014*). Εξωτερικότητες όπως ο θόρυβος, δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα, οπότε τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται εναλλακτικά κριτήρια, όπως είναι οι δείκτες υποκειμενικής ευημερίας (*Fujiwara et.al, 2017*). Τα κράτη επιδιώκουν με τις πολιτικές τους να μειώσουν τις αρνητικές επιπτώσεις του θορύβου είτε με επιβολή μέτρων για την ελάττωση του θορύβου, είτε με μελέτες κόστους – οφέλους οι οποίες βασίζονται σε οικονομικές μελέτες και αναλύσεις (*Wolfe et.al, 2016; Wolfe et.al, 2016*).

Οι αρνητικές επιπτώσεις του θορύβου στην ανθρώπινη υγεία και στην ποιότητα του περιβάλλοντος, είναι γνωστές. Ένα υγιές ηχοτοπίο, ή αλλιώς μια ήσυχη περιοχή, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως δημόσιο αγαθό. Τα δημόσια αγαθά, είναι αγαθά τα οποία από πλευράς συνολικού οφέλους πρέπει να παραχθούν, αλλά για τα οποία οι δυνάμεις της αγοράς δεν είναι σε θέση να κατανεύουν το σχετικό βάρος. Είναι μη ανταγωνιστικά (non rival), καθώς η πρόσθετη κατανάλωση από κάποιον δεν μειώνει τη διαθεσιμότητα τους σε όλους τους άλλους χρήστες και μη εξαιρέσιμα (non excludability), καθώς από τη στιγμή που το αγαθό παρασχεθεί είναι διαθέσιμο για όλους και δεν μπορεί να αποκλειστεί κάποιος από το να το καταναλώσει ή να χρησιμοποιήσει. Η κατάσταση της ησυχίας μπορεί να θεωρηθεί δημόσιο αγαθό καθώς δεν είναι ανταγωνιστική και η κατανάλωση από κάποιον δε μειώνει την διαθεσιμότητα της. Επίσης, εφόσον υπάρχουν οι δημόσιοι χώροι που την προσφέρουν, δεν υπάρχει η δυνατότητα αποκλεισμού γιατί είναι μια κατάσταση διαθέσιμη για όλους χωρίς να μπορεί να αποκλειστεί κάποιος χρήστης από το να την αξιοποιήσει (*He et.al, 2014*).

Το εργαλείο που χρησιμοποιείται για την κοστολόγηση του θορύβου είναι η μέθοδος της Ηδονικής Τιμολόγησης (*Hedonic Pricing Method*), ενώ το αντίστοιχο εργαλείο κοστολόγησης της ησυχίας είναι το μοντέλο προθυμίας πληρωμής (*Willingness to Pay*).

Ο θόρυβος μεταφορών (*transportation noise*) που συμπεριλαμβάνει τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας και τον αεροπορικό θόρυβο, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως αρνητική εξωτερικότητα, καθώς η λειτουργία της συγκεκριμένης αγοράς δημιουργεί επιπτώσεις σε άτομα που λειτουργούν έξω από αυτήν. Η τιμή ενός στοιχείου, όπως για παράδειγμα οι τιμές των σπιτιών σε κοινότητες πλησίον αυτοκινητοδρόμων, αερολιμένων ή ακόμη και καταστημάτων, τροποποιούνται εξαιτίας των

περιβαλλοντικών πιέσεων που εκτίθενται. Η τιμή ενός ακινήτου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του σπιτιού, της γειτονιάς και της κοινότητας, καθώς και από τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Εφόσον οι μη περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι ελεγχόμενοι, οι αυξομειώσεις στην τιμή μπορεί να αποδοθούν σε διαφορές περιβαλλοντικής ποιότητας. Για παράδειγμα εφόσον τα χαρακτηριστικά των σπιτιών και των γειτνιαζόντων με αυτά περιοχών είναι τα ίδια με μοναδική διαφωνία τα επίπεδα του περιβαλλοντικού θορύβου, τότε σπίτια με χαμηλά επίπεδα θορύβου κοστίζουν περισσότερο. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές των ακινήτων είναι τα δομικά χαρακτηριστικά όπως είναι το μέγεθος της κατοικίας, τα κοινωνικό-οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής όπως για παράδειγμα η εγκληματικότητα, η ευκολία πρόσβασης στην περιοχή και τέλος τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της περιοχής όπως ο περιβαλλοντικός θόρυβος και τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης (*Mahashabde, et.al, 2011*). Το παραπάνω αποτελεί τη λογική της μεθόδου Ηδονικής Τιμολόγησης, για την υλοποίηση της οποίας, απαραίτητη είναι η συλλογή δεδομένων σχετικά με τις τιμές των ακινήτων προς πώληση σε μια δεδομένη περιοχή για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Οι χρονοσειρές δεδομένων συμπεριλαμβάνουν ακίνητα με διαφορετικά επίπεδα ποιότητας περιβάλλοντος (*Sheppard, 1999*). Τα απαραίτητα δεδομένα είναι:

- Τιμές και τοποθεσία ακινήτων προς πώληση
- Χαρακτηριστικά ακινήτου που επηρεάζουν τις τιμές πώλησης, όπως ο αριθμός των δωματίων και το μέγεθος του σπιτιού
- Χαρακτηριστικά της γειτονιάς που επηρεάζουν τις τιμές πώλησης
- Χαρακτηριστικά προσβασιμότητας που επηρεάζουν τις τιμές, όπως οι αποστάσεις προς εμπορικά κέντρα, καθώς και η διαθεσιμότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς
- Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τις τιμές των ακινήτων

Μια αντίστοιχη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κοστολόγηση της ησυχίας είναι το μοντέλο προθυμίας πληρωμής (*Willingness to Pay*). Το συγκεκριμένο μοντέλο, δείχνει την προτίμηση των καταναλωτών ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας με βάση το εύρος της τιμής την οποία είναι σε θέση να διαθέσουν για να αγοράσουν ένα αγαθό ή να αποκτήσουν μια υπηρεσία (*Feitelson et.al, 1996; Wolfe et.al, 2016*). Τα απαραίτητα δεδομένα για την επιτυχημένη διεξαγωγή του μοντέλου προκύπτουν απευθείας από τα ενδιαφερόμενα άτομα μέσω συνεντεύξεων και ειδικά διαμορφωμένων ερωτηματολογίων (*Feitelson et.al, 1996*). Για την περίπτωση του περιβαλλοντικού αγαθού της ησυχίας, θα μπορούσε να εφαρμοστεί το μοντέλο προθυμίας πληρωμής αναδεικνύοντας το χρηματικό ποσό που είναι διατεθειμένο να διαθέσει ένα άτομο, προκειμένου να διατηρηθεί και να προστατευτεί η αξία της (*Masud et.al, 2015*).

Ο αυξανόμενος ρυθμός αστικοποίησης και οι ανθρώπινες κοινωνικό – οικονομικές δραστηριότητες στο αστικό περιβάλλον, έχουν επιφέρει σειρά περιβαλλοντικών πιέσεων με επιπτώσεις στην ποιότητα της ζωής. Η ανάγκη της αντιμετώπισης των πιέσεων συμπεριλαμβανομένου και του θορύβου, καθώς και η ανάγκη δημιουργίας δημόσιων περιοχών που προσφέρουν μια διέξοδο από αυτό τον ρύπο, έχουν δημιουργήσει μια νέα αγορά, αλλά ταυτόχρονα αποτελούν και απόκριση της κοινωνίας.

Είναι γεγονός, πως ένας οποιοσδήποτε ήχος, άσχετα της ψυχοακουστικής προέκτασης της ακρόασης του, μπορεί να γίνει αισθητός μόνο σαν αποτέλεσμα μηχανικής δράσης που επιβλήθηκε στην ύλη (Stocker, 2013). Συνεπώς, οι έννοιες του θορύβου και της ησυχίας είναι πολυδιάστατες και ταυτόχρονα υποκειμενικές. Η ανάδειξη του θορύβου ως “αστική ασθένεια” και η προώθηση της ησυχίας ως πανάκεια, προσφέρει βραχυπρόθεσμα οφέλη, καθώς ο κόσμος είναι γεμάτος από ήχους που εκπέμπονται από μια πληθώρα πηγών, με ποικιλία τρόπων, για διαφορετικούς λόγους. Μπορούν να παραχθούν εσκεμμένα ή όχι και αντίστοιχα, μπορούν να γίνουν αντιληπτοί συνειδητά ή μη. Πανταχού παρόν ήχος ή και θόρυβος, περιέχει πληροφορίες ανάλογα με τις ανάγκες του ακροατή. Συνεπώς, ο ήχος μερικές φορές μπορεί να είναι χρήμα, αλλά πάντα, ο “ήχος είναι δείκτης”.

## 2.6 Ο ήχος ως δείκτης

Ο ήχος λοιπόν είναι δείκτης. Το γεγονός πως κάθε αλλαγή στο περιβάλλον έχει άμεσο αντίκτυπο στην ακουστική συμπεριφορά των οργανισμών, καθιστά τους ήχους σημαντικό εργαλείο ανίχνευσης συμπεριφορικών διαφοροποιήσεων που συνδέονται μεταξύ άλλων και με την κλιματική αλλαγή σε κλίμακα μεμονωμένων ειδών, πληθυσμών, κοινοτήτων και τοπίων (Krause & Farina 2016). Από οικoακουστικής σκοπιάς για παράδειγμα, μια σημαντική πτυχή της ακουστικής επικοινωνίας ειδών ορνιθοπανίδας μπορεί να εκφραστεί με την ένταση και την πολυπλοκότητα των “τραγουδιών” τους, γεγονός που αφορά την υγεία και την ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων σε επίπεδο, πληθυσμού και κοινότητας (Farina et al. 2015). Η οικολογική ακουστική (ecoacoustics) αν και στενά συνδεδεμένη με την βιοακουστική, διαφέρει στο γεγονός πως αναγνωρίζει τον ήχο ως δείκτη οικολογικών διεργασιών σε επίπεδο πληθυσμού και κοινότητας, ενώ η βιοακουστική είναι πεδίο έρευνας συμπεριφοράς ειδών μελετώντας τον ήχο ως σήμα που μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ ατόμων (Sueur & Farina 2015).

Οι ηχητικές καταγραφές, είναι η βάση της ακουστικής οικολογίας (acoustic ecology), της οικολογίας ηχοτοπίου (soundscape ecology) και της οικoακουστικής (ecoacoustics). Αυτά τα σχετικά πρόσφατα οικολογικά πεδία έρευνας, μελετούν τη σχέση και την αλληλεπίδραση μεταξύ του ηχοτοπίου, δηλαδή των ήχων του περιβάλλοντος και του ακροατή (Pieretti et al. 2011). Η ακρόαση των καταγραφών ενός ηχοτοπίου και η επεξεργασία των φασματογραφημάτων, παρέχουν ένα νέο τρόπο αξιολόγησης των διαφορών μεταξύ κοινοτήτων και πληθυσμών άγριας ζωής, την παρακολούθηση της εξέλιξης τους σε βάθος χρόνου, ενώ μπορεί να εστιάσει στη

σχέση μεταξύ οργανισμών και εξωτερικών παραγόντων, όπως η ανθρώπινη επιβολή στο ηχοτόπιο (Pieretti & Farina 2013).

Η μελέτη της ακουστικής επικοινωνίας μεταξύ των ζώων αποτελεί ένα ενεργό πεδίο έρευνας που μεταξύ άλλων μελετά την πιθανή επιρροή της ηχητικής ρύπανσης, στην συμπεριφορά και στην φυσιολογία διαφόρων ειδών (Brumm 2004; Brumm & Slabbekoorn 2005; Slabbekoorn & den Boer-Visser 2006; Slabbekoorn & Peet 2003). Με τέτοιου είδους έρευνα ασχολείται ο τομέας της Βιοακουστικής, η μελέτη δηλαδή της εκπομπής, διάδοσης και λήψης ηχητικών σημάτων σε επίπεδο ατόμων, η/και πληθυσμών (Bradbury & Vehrencamp 1998), πάντα όμως με αναφορά στην βιολογική υπόσταση του είδους. Η οικολογική υπόσταση των ειδών από την άλλη πλευρά, αφορά τις διαειδικές διαδράσεις, καθώς και τις διαδράσεις μεταξύ ειδών και περιβάλλοντος, σε υψηλότερου επιπέδου βιολογικά συστήματα όπως κοινωνίες, οικοσυστήματα και τοπία. Οι πρώτες προσπάθειες σύνδεσης της ακουστικής με την οικολογία αποσκοπούν στην καλύτερη κατανόηση τόσο της ηχητικής έκφρασης των έμβιων οργανισμών, όσο και των οικοσυστημικών διεργασιών που εμπλέκονται με αυτή.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, αρκετοί δείκτες αναπτύχθηκαν στην επιστήμη της οικολογίας με στόχο την εκτίμηση της βιοποικιλότητας. Η πλειοψηφία αυτών αφορά στην ποικιλία και την αφθονία ειδών/ατόμων, με αρκετούς να συμπεριλαμβάνουν γενετικά και φυλογενετικά χαρακτηριστικά. Παραδείγματα τέτοιων δεικτών αποτελούν ο δείκτης γενικής πυκνότητας (general density), ο δείκτης σχετικής αφθονίας (relative abundance) και οι δείκτες Simpson και Shannon. Ενδιαφέρον προκαλεί ο δευτερογενής διαχωρισμός των δεικτών σε  $\alpha$  και  $\beta$  ποικιλομορφίας, με τους  $\alpha$  να αφορούν σε ποικιλομορφία εντός του ενδιαιτήματος και τους  $\beta$  να αξιολογούν διαφορές μεταξύ περιοχών. Αναφορικά, ως  $\alpha$ -ποικιλότητα έχει οριστεί η ποικιλότητα συγκεκριμένης περιοχής ή ενός δείγματος. Συνήθως είναι ο αριθμός (πλούτος) των οντοτήτων (S). Ως  $\beta$ -ποικιλότητα το μέτρο μεταβολής της ποικιλότητας ανάμεσα σε 2 περιοχές (οι οντότητες που **δεν** είναι κοινές). Τέλος, ως  $\gamma$ -ποικιλότητα έχει οριστεί η συνολική ποικιλότητα όλων των περιοχών. Η αναπαράσταση στην εικόνα 4 μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση των εννοιών της  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  ποικιλομορφίας.



$$\alpha\text{-Ποικιλότητα (A)} = S1 + S2$$

$$\alpha\text{-Ποικιλότητα (B)} = S2 + S3$$

$$\beta\text{-Ποικιλότητα (A με B)} = S1 + S3$$

$$\gamma\text{-Ποικιλότητα (A με B)} = S1 + S2 + S3$$

**Εικόνα 4.** Για τις περιοχές *A* και *B*, όπου *S1*: Species στην περιοχή *A*. Όπου *S2*: Species στις περιοχές *A+B* και όπου *S3*: Species στην *B*.  $\alpha$ -Ποικιλότητα (*A*) = *S1* + *S2*.  $\alpha$ -Ποικιλότητα (*B*) = *S2* + *S3*.  $\beta$ -Ποικιλότητα (*A με B*) = *S1* + *S3*.  $\gamma$ -Ποικιλότητα (*A με B*) = *S1* + *S2* + *S3*

Είναι αναμενόμενο ότι για να εντοπιστούν πιθανές μεταβολές ποικιλομορφίας μέσα στο χρόνο, τόσο η  $\alpha$  όσο και η  $\beta$  ποικιλομορφία πρέπει να αξιολογηθούν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Οι περισσότερες μέθοδοι απαιτούν μεγάλης κλίμακας δειγματοληψίες σε διαφορετικές τοποθεσίες και ημερομηνίες. Ωστόσο, οι παραδοσιακές μέθοδοι βασίζονται κυρίως σε μακρόχρονες διαδικασίες με συνέπεια να καθίσταται πρακτικά αδύνατη η ταχεία αξιολόγηση σε μεγάλες κλίμακες. Επιπρόσθετα, αυτές οι μέθοδοι δειγματοληψίας είναι στις περισσότερες περιπτώσεις παρεμβατικές. Η οικοακουστική αντιπροτείνει την μη επεμβατική, ταχεία ακουστική ανάλυση με στόχο την γρήγορη χωρική και χρονική αποτίμηση στην ποικιλότητα (Depraetere et al. 2012). Σε ευθεία αναλογία με τους κλασσικούς οικολογικούς δείκτες, στην οικοακουστική έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια τουλάχιστον 28 διαφορετικοί ακουστικοί δείκτες.

Ακολουθώντας την κλασσική οικολογική πρακτική, οι δείκτες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: την ομάδα των  $\alpha$  και την ομάδα των  $\beta$  δεικτών. Περίπου 21  $\alpha$  ακουστικοί δείκτες προτάθηκαν σε λιγότερο από έξι χρόνια (Sueur et al. 2014). Οι δείκτες αυτοί εκτιμούν το εύρος, την ομαλότητα, τον πλούτο ή την ετερογένεια μιας ακουστικής κοινότητας. Εφόσον μια κοινότητα μπορεί να οριστεί ως ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων ειδών που βρίσκονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, η ακουστική κοινότητα είναι μια συνάθροιση των ενεργά φωνητικών ζώων σε μια δεδομένη τοποθεσία που ανταγωνίζονται για τον ακουστικά περιορισμένο χώρο (Sueur et al. 2014).

Στην ίδια περίπου χρονική περίοδο, επτά  $\beta$  δείκτες ακουστικής ποικιλότητας προτάθηκαν (Sueur et al. 2014) με στόχο την σύγκριση στα επίπεδα του φασματικού προφίλ των συχνοτήτων. Και οι δύο ομάδες δεικτών έχουν να επιδείξουν σημαντικά αποτελέσματα αλλά σε γενικές γραμμές πάσχουν εν γένει στο σύνολό τους λόγω συστηματικού σφάλματος (bias), οφειλόμενου κυρίως στον ανθρωπογενή θόρυβο ή στη διακύμανση της έντασης των φωνοποιήσεων λόγω απόστασης καταγραφής (Towsey, et al. 2014). Καθίσταται λοιπόν σαφές, όπως αναφέρεται και στην σύγχρονη βιβλιογραφία η επιτακτική ανάγκη για την βελτίωση της αξιοπιστίας αυτών των νέων μαθηματικών εργαλείων για την αξιολόγηση και την παρακολούθηση της βιοποικιλότητας (Krause & Farina 2016; Sueur et al. 2014; Farina et al. 2015).

Πιο αναλυτικά, ως ακουστικός δείκτης μπορεί να οριστεί, το στατιστικό μέγεθος που συνοψίζει κάποια πτυχή της κατανομής της ακουστικής ενέργειας και άλλων πληροφοριών σε μια ηχογράφηση. Οι κατηγορίες των δεικτών αφορούν τους δείκτες κυματομορφής (waveform indices), τους φασματικούς δείκτες (spectral indices) και τους δεύτερης γενιάς δείκτες (second order indices). Σημαντική αποτελεί η διευκρίνιση της έννοιας του θορύβου στις καταγραφές οικολογικής ακουστικής που έχουν σκοπό την εξαγωγή ακουστικών δεικτών. Για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις, ο

θόρυβος δεν ταυτίζεται με την ψυχοακουστική αντιμετώπιση του ως ανεπιθύμητος ήχος, αλλά αφορά όλες τις περιπτώσεις εκπομπής σταθερής σε διάρκεια ακουστικής ενέργειας, ανεξαρτήτου πηγής. Συνεπώς, είναι πιθανή η ταυτόχρονη, διπολική συνεισφορά μιας πηγής στη σχέση του σηματοθορυβικού λόγου (S/N Ratio).

Οι ακουστικοί δείκτες προέκυψαν από την δυνατότητα ψηφιοποίησης των ηχητικών καταγραφών που παρείχε η κυματομορφή και το φασματογράφημα του ήχου. Αντιθέτως με τους κλασικούς οικολογικούς δείκτες που περιγράφουν διάφορες πτυχές της ποικιλότητας των ζωικών κοινοτήτων, οι ακουστικοί δείκτες εκτιμούν την ηχητική ποικιλομορφία που προέρχεται από τα φυσικά περιβάλλοντα και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τις ηχητικές παραμέτρους υπολογισμού σε δείκτες κυματομορφής (waveform indices) και σε φασματικούς δείκτες (spectral indices). Συνεπώς, το αντικείμενο αξιολόγησης αφορά την ακουστική κοινότητα ή το ηχητικό υπόβαθρο. Ο υπολογισμός τους, βασίζεται στην υπόθεση ότι η ακουστική παραγωγή μιας κοινότητας ή ενός τοπίου θα αυξηθεί σε πολυπλοκότητα με τον αριθμό των ατόμων και των ειδών που τραγουδούν.

#### **2.6.1 Δείκτης Ακουστικού Πλούτου - Acoustic Richness Index**

Όπως προαναφέρθηκε, ο θόρυβος υποβάθρου (background noise) μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα αποτελέσματα που παρέχονται από ακουστικούς δείκτες όπως αυτός της ακουστικής εντροπίας (H) που δημιουργήθηκε με τη σύνθεση των δεικτών φασματικής (Hf) και χρονικής εντροπίας (Ht). Συνεπώς, απαραίτητη ήταν η δημιουργία ενός νέου δείκτη, του δείκτη Ακουστικού Πλούτου (Acoustic Richness, AR), (Sueur et al. 2008). Ο δείκτης Ακουστικού Πλούτου AR δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας τους υποδείκτες χρονικής εντροπίας (Ht) και μεγέθους σήματος (M, Signal Magnitude). Ο δείκτης AR είναι ένας φασματικός δείκτης ακουστικής βιοποικιλότητας που παρουσιάζει σημαντική συσχέτιση με τον οικολογικό δείκτη αφθονίας πουλιών (Bird Species Richness) (Towsey, Wimmer, et al. 2014).

#### **2.6.2 Κανονικοποιημένος Δείκτης Διαφοράς Ηχοτοπίου - NDSI**

Ο δείκτης ηχοτοπίου NDSI (Normalized Difference Soundscape Index), εκτιμά το επίπεδο της ανθρώπινης διαταραχής στο ηχοτοπίο, υπολογίζοντας την αναλογία βιοήχων και ανθρωποήχων σε ένα ηχητικό δείγμα (Fuller et al. 2015). Στόχος του δείκτη είναι η εκτίμηση του επιπέδου των ανθρωπογενών διαταραχών στο ηχοτοπίο, αξιοποιώντας το γεγονός πως οι ανθρωποήχοι κυμαίνονται κυρίως μεταξύ του εύρους συχνοτήτων 1 - 2 kHz, ενώ οι βιοήχοι μεταξύ 2 - 8 kHz. Ο υπολογισμός του συγκεκριμένου δείκτη έχει βασιστεί στη σχέση:

$$\text{NDSI} = (\text{βιοφωνία} - \text{ανθρωποφωνία}) / (\text{βιοφωνία} + \text{ανθρωποφωνία})$$

και έχει εύρος τιμών στην κλίμακα -1 έως +1, με +1 να υποδεικνύει πως ένα ηχητικό σήμα περιέχει μόνο βιοήχους. Ο δείκτης NDSI για ένα ηχοτοπίο μεταβάλλεται ανάλογα με την ώρα και τη μέρα καταγραφής και μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανάδειξη των ηχητικών διαφοροποιήσεων σε μια χρονική κλίμακα. Παρόλα αυτά, ακόμη και μια χαμηλή τιμή του δείκτη μπορεί να υποδηλώνει παρουσία βιοφωνίας σε μια περίπτωση εκπομπής σήματος χαμηλής συχνότητας. Συνεπώς, ο συγκεκριμένος

δείκτης έχει περιθώρια εξέλιξης, ενώ παράλληλα, μπορεί να αξιοποιηθεί ως αρχικό φίλτρο ανίχνευσης καταγραφών για περαιτέρω μελέτη (Kasten et al. 2012; Fuller et al. 2015).

### **2.6.3 Δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας - Acoustic Complexity Index**

Ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας (Acoustic Complexity Index, ACI), βασίζεται στην παρατήρηση πως οι βιοτικοί ήχοι όπως το τραγούδι των πουλιών, χαρακτηρίζονται από μια μεταβλητότητα εντάσεων, ενώ οι ανθρωπογενείς ήχοι (π.χ. θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) παρουσιάζουν σταθερές τιμές έντασης. Πιο συγκεκριμένα, ο συγκεκριμένος δείκτης, υπολογίζει τον αριθμό των μεγάλων κορυφώσεων (peaks) όσον αφορά την ένταση, σε ένα φασματογράφημα (Pieretti & Farina 2013). Ο δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας έχει βασιστεί στην παρατήρηση ότι η πλειοψηφία των βιοτικών ήχων, σε αντίθεση με τους περισσότερους ανθρωπογενείς ήχους, έχουν μια εγγενή πολυπλοκότητα. Ο συγκεκριμένος δείκτης υπολογίζει τη μεταβολή καταγεγραμμένων εντάσεων σε κάθε αντιστοιχία χρόνου - συχνότητας σε ένα φασματογράφημα, δίδοντας έμφαση στους ήχους που χαρακτηρίζονται από έντονες ενεργειακές διαφοροποιήσεις (ένταση), μειώνοντας παράλληλα άλλους ήχους με περισσότερο “σταθερά” ενεργειακά χαρακτηριστικά. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί ένας γρήγορος, έμμεσος τρόπος ανάδειξης της πολυπλοκότητας του ηχοτοπίου, αποκλείοντας τους σταθερούς σε ένταση ήχους όπως οι περισσότερες περιπτώσεις ανθρωποφωνίας (π.χ. θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) και συγκεκριμένες περιπτώσεις της γεωφωνίας (π.χ. καταρράκτες).

Ο μακροπρόθεσμος στόχος του Δείκτη Ακουστικής Πολυπλοκότητας (ACI) είναι η χρήση του ως ακουστικό εργαλείο εξαγωγής πληροφορίας από ένα ηχοτοπίο. Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την ανάδειξη και τον προσδιορισμό των αλλαγών στη συμπεριφορά μιας κοινότητας και εξυπηρετεί για μια αποδοτικότερη και γρηγορότερη παρακολούθηση της δυναμικής της πανίδας σε ένα οικοσύστημα. Συνοπτικά, ο δείκτης, υπολογίζει την απόλυτη τιμή της διαφοράς δυο συνεχόμενων τιμών έντασης σε μια αντιστοιχία συχνότητας. Στη συνέχεια προσθέτει τις απόλυτες αυτές τιμές έντασης, για τη χρονική διάρκεια της πρώτης σε αντιστοιχία συχνότητας. Τέλος, πραγματοποιείται ο συνολικός υπολογισμός των διαφοροποιήσεων της έντασης για όλο το εύρος των συχνοτήτων, ολόκληρης της καταγραφής (Pieretti et al. 2011).

### **2.6.4 Δείκτης Ακουστικής Ποικιλίας - Acoustic Diversity Index - ADI**

Έμπνευση για τη δημιουργία του δείκτη ακουστικής ποικιλίας είχε αποτελέσει ο δείκτης ποικιλότητας Shannon (Villanueva-Rivera et al., 2011). Σημαντικότερο χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου δείκτη κυματομορφής είναι η ανάδειξη της ομοιογένειας στο φάσμα των συχνοτήτων. Το αποτέλεσμα του δείκτη θα είναι υψηλό είτε η ηχογράφηση αφορά ένα ήσυχο είτε ένα θορυβώδες ηχητικό περιβάλλον, εφόσον υπάρχει ομοιογένεια στο εύρος των συχνοτήτων. Η επιρροή του συγκεκριμένου δείκτη από μεταβλητές όπως οι καιρικές συνθήκες το καθιστούν



συχνά ένα ελαττωματικό εργαλείο, το οποίο όμως συμπληρωματικά με τους κλασικούς οικολογικούς δείκτες μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο.

#### **2.6.5 Πολυπλοκότητα και Ποικιλία σε ένα Αστικό Ακουστικό Περιβάλλον**

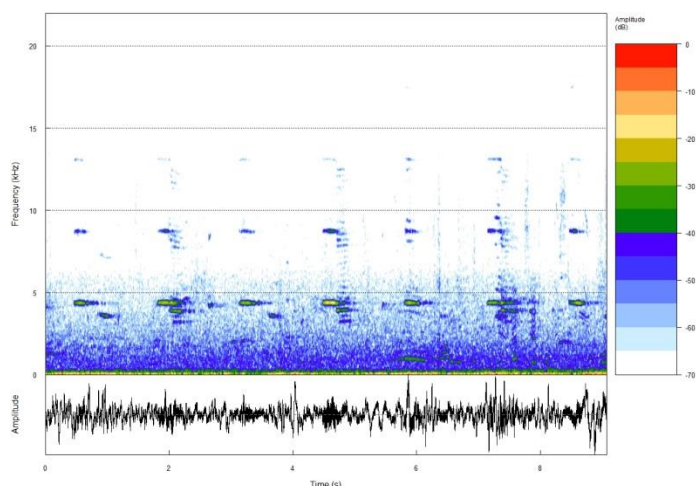
Η πολυπλοκότητα και η ποικιλία είναι δυο οικολογικές έννοιες που συχνά συγγέονται. Αποτελούν διαφορετικές, αλλά αλληλένδετες έννοιες. Συνήθως συνυπάρχουν και συσχετίζονται θετικά καθώς είναι αναμενόμενο πως μια περιοχή αυξημένης πολυπλοκότητας θα παρουσιάζει και αυξημένη βιολογική ποικιλία. Παρόλα αυτά, αυτό δεν συμβαίνει πάντα (Naeem, 2013). Η πολυπλοκότητα μπορεί να ερμηνευτεί ως “η πολύπλοκη αλληλεπίδραση όλων των ζωντανών οργανισμών με το περιβάλλον τους και οι αναδυόμενες ιδιαιτερότητες που προκύπτουν από μια τέτοια πολύπλοκη αλληλεπίδραση”. Η έννοια της οικολογικής πολυπλοκότητας τονίζει τον πλούτο των οικολογικών συστημάτων και την ικανότητά τους για προσαρμογή. Μέσω της αναζήτησης για πολυπλοκότητα επιδιώκεται μια ποσοτική και ολοκληρωμένη προσέγγιση κατανόησης των σύνθετων, μη γραμμικών αλληλεπιδράσεων (συμπεριφορικών, οικολογικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών και πολιτιστικών, που επηρεάζουν, διατηρούν ή επηρεάζονται από όλα τα ζωντανά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων (Naeem, 2013). Παράλληλα, ο όρος βιο-πολιτιστική πολυπλοκότητα, αναφέρεται στην πολιτιστική πολυπλοκότητα (Kyvelou et al., 2021) που αποτελεί σημαντικό στοιχείο της κληρονομιάς ειδικά ενός κοινωνικό-οικολογικού συστήματος, όπως είναι μια πόλη (Heymans et al., 2019).

Παράλληλα, ο όρος ποικιλία αναφέρεται στην μεταβλητότητα μεταξύ ζώντων οργανισμών από όλες τις πηγές, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, χερσαίων, θαλάσσιων και άλλων υδρόβιων συστημάτων και των οικολογικών συμπλεγμάτων στα οποία ανήκουν (Naeem, 2013).

Με την εισαγωγή του κλάδου της οικολογικής ακουστικής (ecoacoustics) και την εξέλιξη της τεχνολογίας όσον αφορά τον εξοπλισμό ηχογράφησης και ανάλυσης ηχητικού σήματος ((Sueur & Farina, 2015), οι βιολογικοί ήχοι αξιοποιήθηκαν με σκοπό την ευκολότερη και γρηγορότερη ποσοτικοποίηση και ανάδειξη των εννοιών της πολυπλοκότητας και της ποικιλίας. Αυτό έγινε εφικτό μέσω των φασματικών ακουστικών δεικτών που δημιουργήθηκαν και συγκεκριμένα μέσω του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας (Pieretti et al., 2011) και του δείκτη ακουστικής ποικιλίας (Villanueva-Rivera et al., 2011). Οι συγκεκριμένοι δείκτες εξάγονται με παρόμοιο τρόπο αξιοποιώντας διαφορετικές πτυχές του φάσματος του ήχου και παρόμοιες παραδοχές όσον αφορά το συνηθέστερο εύρος συχνοτήτων εκπομπής βιολογικών και ανθρωπογενών ήχων. Ο δείκτης ακουστικής ποικιλίας (ADI) μετράει την κατανομή του ποσοστού της ηχητικής πληροφορίας σε κάθε ζώνη/μπάντα συχνοτήτων. Κάθε μπάντα/εύρος συχνότητας εκπροσωπεί ένα είδος και η πληρότητα της σε ηχητική πληροφορία τον αριθμό τους. Παράλληλα, ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας αναδεικνύει τη μεταβλητότητα των εντάσεων σε μια ηχογράφιση υπολογίζοντας τη διαφορά δυο γειτονικών τιμών έντασης για κάθε σημείο του φάσματος (frequency bin) (0-1 Hz, 1-2 Hz...). Στη συνέχεια οι διαφορές έντασης για

κάθε διάστημα προστίθενται και διαιρούνται με τη συνολική ένταση για ολόκληρη την ηχογράφιση.

Όπως έχει αναδειχθεί και σε αντίστοιχες έρευνες, οι δείκτες αυτοί αντιμετωπίζουν μια δυσκολία στην επιτυχημένη χρήση τους στα αστικά συγκροτήματα. Πιο συγκεκριμένα ο δείκτης ακουστικής ποικιλίας (ADI) δεν συσχετίζεται επαρκώς με τα επίπεδα βιοποικιλότητας που μετρήθηκαν με μεθόδους κλασικής οικολογίας (Fairbrass et al., 2017). Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της παρουσίας ανθρωπογενών ήχων που ενδεχομένως να παρερμηνευθούν επειδή έτυχε να παραχθούν σε εύρος συχνοτήτων που συνήθως καταλαμβάνεται από βιολογικούς ήχους. Το παρακάτω φασματογράφημα αποτελεί προϊόν ηχογράφησης σε ένα αστικό πάρκο και συμπεριλαμβάνει τον μεταλλικό ήχο των σκουριασμένων αλυσίδων μιας κούνιας. Το συγκεκριμένο ηχητικό γεγονός καταλαμβάνει μεγάλο εύρος τόσο χαμηλών όσο και υψηλών συχνοτήτων και απέδωσε υψηλά ποσοστά ακουστικής ποικιλίας που υποδηλώνει ότι η ηχογράφιση αφορά μια περιοχή με αυξημένα επίπεδα βιολογικής ποικιλίας.



Η παρερμηνευση οφείλεται στο γεγονός πως ενδεχομένως στο ίδιο εύρος συχνοτήτων να παραχθεί και το κάλεσμα κάποιου είδους ορνιθοπανίδας. Αντίστοιχα, η ίδια ηχογράφιση, έδωσε υψηλά επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας χάρις στην αυξημένη μεταβλητότητα εντάσεων που παρουσιάστηκαν. Η συγκεκριμένη διαπίστωση ενισχύει τις προσπάθειες ανάδειξης της προαναφερθείσας βιοπολιτιστικής πολυπλοκότητας.

Η χρήση των ακουστικών δεικτών και κυρίως του δείκτη ακουστικής ποικιλίας σε ένα αστικό περιβάλλον είναι χρήσιμη αλλά περιορισμένη (Ross et al., 2021) και ο πρωταρχικός σκοπός τους για την ανάδειξη των επιπέδων βιοποικιλότητας θα έπρεπε να αναθεωρηθεί, τροποποιώντας τις υπάρχουσες παραδοχές όσον αφορά τα εύρη εκπομπής βιολογικών και ανθρωπογενών ήχων. Τέλος, είναι φανερό η αυξημένη χρηστικότητα του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας και σε ένα αστικό περιβάλλον, καθώς τα “εμπόδια” που δημιουργούν προβλήματα στον δείκτη ακουστικής

ποικιλίας, αποτελούν χρήσιμες πληροφορίες που μπορούν να εξαχθούν μέσω του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας.

### 2.6.6 Δείκτες έντασης

Παράλληλα με τους δείκτες κυματομορφής και τους φασματικούς δείκτες, υπάρχουν και οι δείκτες έντασης, που σκοπό έχουν την αξιολόγηση του επιπέδου των ήχων ανθρωπογενούς προελεύσεως, ή αλλιώς του θορύβου. Συνεπώς, η συγκεκριμένη κατηγορία δεικτών ονομάζονται δείκτες θορύβου.

Σύμφωνα με την οδηγία 2002/49/EK σχετικά με την αξιολόγηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, ως δείκτης θορύβου έχει οριστεί “το φυσικό μέγεθος για την περιγραφή του περιβάλλοντος θορύβου και σχετίζεται με επιβλαβείς επιδράσεις”.

Στο παράρτημα της οδηγίας παρουσιάζονται οι δείκτες θορύβου όχλησης σε επίπεδο 24ώρου και σε επίπεδο νύχτας. Ως  $L_{den}$  ορίζεται ο δείκτης θορύβου για την εκτίμηση της συνολικής όχλησης και ως  $L_{night}$  ορίζεται ο δείκτης θορύβου για την εκτίμηση της διαταραχής του ύπνου. Οι οριακές τιμές των εναρμονισμένων δεικτών ορίζονται από τα κράτη μέλη με βάση την αρχή πρόληψης προκειμένου να προστατεύονται οι ήσυχες περιοχές των πόλεων και διαφέρουν αναλόγως τον τύπο του θορύβου, του περιβάλλοντος ή της διαφορετικής ευαισθησίας του πληθυσμού στο θόρυβο.

Το επίπεδο της όχλησης ημέρας-βραδιού-νύχτας  $L_{den}$ , ορίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

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

όπου:

- $L_{day}$  είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, όπως προσδιορίζεται στο σύνολο των περιόδων ημέρας ενός έτους
- $L_{evening}$  είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, όπως προσδιορίζεται στο σύνολο των βραδινών περιόδων ενός έτους
- $L_{night}$  είναι η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, όπως προσδιορίζεται στο σύνολο των νυχτερινών περιόδων ενός έτους

με δεδομένο ότι:

- η ημέρα διαρκεί δώδεκα ώρες, το βράδυ τέσσερις ώρες και η νύχτα οκτώ ώρες. Τα κράτη μέλη έχουν τη δυνατότητα να περικόψουν τη βραδινή περίοδο κατά μία ή δύο ώρες και να αυξήσουν αναλόγως την περίοδο της ημέρας

ή/και της νύχτας, υπό τον όρο ότι η επιλογή αυτή ισχύει για όλες τις πηγές, και ότι θα παράσχουν στην Επιτροπή πληροφορίες για τις συστηματικές διαφορές σε σχέση με τις βασικές επιλογές,

- η αρχή της ημέρας (και κατά συνέπεια η αρχή του βραδιού και της νύχτας) καθορίζεται από το κράτος μέλος. Οι τιμές αυτές στην Ελλάδα ορίζονται: 07.00 έως 19.00, 19.00 έως 23.00 και 23.00 έως 07.00,
- ένα έτος αντιστοιχεί στο υπόψιν έτος όσον αφορά την εκπομπή θορύβων και σε ένα μέσο έτος όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες,
- λαμβάνεται υπόψη ο προσπίπτων θόρυβος, δηλαδή ο ήχος που ανακλάται στην πρόσοψη του συγκεκριμένου κτιρίου δεν λαμβάνεται υπόψη.

Κατά τη διάρκεια του 24-ώρου οι εντάσεις του θορύβου ποικίλουν, παρουσιάζοντας μεγάλες αυξομειώσεις. Οι αυξομειώσεις αυτές είναι σύνηθες φαινόμενο σε ένα αστικό συγκρότημα κυρίως λόγω της ύπαρξης του θορύβου οδικής κυκλοφορίας. Το επίπεδο του ενεργειακού ισοδύναμου ( $L_{eq}$ ) ακολουθεί όλες αυτές τις διακυμάνσεις δίνοντας σαν αποτέλεσμα μια μέση τιμή ενέργειας. Ο δείκτης του ενεργειακού ισοδύναμου, είναι η μέση ένταση του ήχου σε μια δεδομένη χρονική περίοδο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή των ηχητικών επιπέδων που ποικίλλουν με την πάροδο του χρόνου, με αποτέλεσμα μια ενιαία τιμή ντεσιμπέλ που λαμβάνει υπόψη τη συνολική ηχητική ενέργεια κατά τη διάρκεια του χρόνου ενδιαφέροντος

## 2.7 Η απάτη των Ντεσιμπέλ και η ψυχοακουστική προσέγγιση αξιολόγησης ακουστικού περιβάλλοντος

Υπάρχουν τρεις βασικοί φυσικοί δείκτες περιγραφής του μεγέθους του ήχου, η ισχύς ήχου (sound power, P, SWL σε watt), που αφορά τον ρυθμό κατά τον οποίο η ακουστική ενέργεια μεταφέρεται από μια πηγή δόνησης σε ένα μέσο, η ένταση του ήχου (sound intensity, I, SIL) που αφορά τον μέσο ρυθμό κατά τον οποίο η ηχητική ενέργεια μεταδίδεται προς μια καθορισμένη κατεύθυνση και η ηχητική πίεση (sound pressure, p, SPL σε Pascal) που αφορά τη σταδιακή αλλαγή στην στατική πίεση που προκαλείται από ένα ηχητικό κύμα. Ο παλαιότερος και πιο κοινός επιστημονικός δείκτης για την μέτρηση του ήχου είναι τα ντεσιμπέλ (dB). Το decibel είναι το ένα δέκατο ενός bel (B), το οποίο επινοήθηκε από το ερευνητικό εργαστήριο Bell Telephone Laboratories (Britannica, 2019) για να ποσοτικοποιήσει τη μείωση των επιπέδων του ήχου στο τυπικό τηλεφωνικό καλώδιο ανά μίλι.

Είναι γεγονός πως υπάρχει μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ συχνότητας και μήκους κύματος. Καθώς αυξάνεται η συχνότητα, το μήκος κύματος μειώνεται δημιουργώντας ήχο υψηλής συχνότητας (high pitch) και καθώς μειώνεται η συχνότητα, το μήκος κύματος αυξάνεται, δημιουργώντας ήχο χαμηλής συχνότητας. Η αναλογία αυτή, δεν σχετίζεται με την ένταση του ήχου, αλλά υπό προϋποθέσεις με ψυχοακουστική διάσταση της την ηχηρότητα (Kuttruff, 2007). Παράλληλα, ένας ήχος, ή ένας θόρυβος, έχει διαφορετικά επίπεδα ηχητικής πίεσης (SPL) σε διαφορετικά εύρη συχνοτήτων (Long, 2014a, 2014b). Συνεπώς από έναν ήχο οι

έννοιες της συχνότητας, του μήκους κύματος, της έντασης και της πίεσης συμβάλουν στην υποκειμενική διάσταση της ηχηρότητας. Ένας τρόπος επικοινωνίας του βαθμού ηχηρότητας, είναι η χρήση της λογαριθμικής κλίμακας των decibel.

Το dB είναι μια λογαριθμική μονάδα που εκφράζει το μέγεθος της ηχητικής πίεσης ή της έντασης ή της ηχητικής ισχύος σε σχέση με ένα επίπεδο αναφοράς. Τα decibel δεν αποτελούν μονάδα μέτρησης του ήχου αλλά ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση των επιπέδων του ήχου. Είναι χρήσιμο επειδή οι εκθετικές αλλαγές του μεγέθους του ήχου γίνονται αισθητές από τους ανθρώπους με γραμμικό τρόπο, δηλαδή, ο διπλασιασμός της έντασης του ήχου προκαλεί και διπλασιασμό στην αντίληψη της έντασης δηλαδή την ηχηρότητα. Η λογαριθμική φύση των decibel επιτρέπουν πολύ μεγάλες ή πολύ μικρές αναλογίες στην ηχητική πίεση (ή ένταση ή ισχύ) να αντιπροσωπεύονται από έναν αριθμό που γίνεται εύκολα αντιληπτός από τους ανθρώπους.

Για την αναπαράσταση του συνολικού επιπέδου του ήχου δημιουργήθηκε μια κλίμακα στάθμισης συχνότητας ρυθμισμένη λαμβάνοντας υπόψη την ανθρώπινη απόκριση στον ήχο (20 – 20.000 Hz). Η στάθμιση αυτή είναι η στάθμιση A (A weighting, A = Adjusted) και αναπαριστάται ως dB(A) χρησιμοποιώντας τον δείκτη του ισοδύναμου συνεχές επιπέδου ( $L_{eq}$ ). Παρόλα αυτά, τα dBA δεν συσχετίζονται καλά με την αληθινή κατάσταση γιατί έχουν ρυθμιστεί έτσι ώστε να ανταποκρίνονται σε χαμηλά επίπεδα έντασης θορύβου. Για αυτό το λόγο σχηματίστηκε στάθμιση C (dB(C)) που συσχετίζεται καλύτερα με την ανθρώπινη απόκριση σε υψηλά επίπεδα θορύβου. Παράλληλα, μεταξύ άλλων, δημιουργήθηκε η στάθμιση Z (dB(Z), Z = Zero) που αφορά μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων (10 – 20.000 Hz). Η στάθμιση A χρησιμοποιείται εκτενώς για μετρήσεις θορύβου γενικού σκοπού αλλά παρόλα αυτά το εύρος εφαρμογής είναι περιορισμένο (Kang, 2017).

Στην παγκόσμια βιβλιογραφία που αφορά τις έρευνες ηχοτοπίου, υπάρχει μια γενική συναίνεση ότι για την ολιστική αξιολόγηση των ακουστικών περιβαλλόντων δεν αρκούν μόνο οι φυσικές μετρήσεις αλλά παράλληλα, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ανθρώπινη εμπειρία και προτίμηση (Kang, 2017; Schulte-Fortkamp & Fiebig, 2017).

Συνεπώς, ενώ οι συμβατικές μέθοδοι ελέγχου θορύβου στοχεύουν μόνο στη μείωση των επιπέδων έντασης, η προσέγγιση του ηχοτοπίου αναγνωρίζει ότι η φύση των ήχων είναι εξίσου σημαντική και οι ήχοι μπορεί να είναι επιθυμητοί ή ανεπιθύμητοι, ασχέτως από την ένταση εκπομπής τους.

Υπάρχει μια μεγάλη γκάμα ψυχοακουστικής ορολογίας που χρησιμοποιείται στις έρευνες ηχοτοπίου ως τρόπος περιγραφής του. Οι ορολογίες όπως η ηχηρότητα (loudness), η ηρεμία (Tranquillity), η ακουστική άνεση (Acoustic Comfort), το χαοτικό (Chaotic), η ποιότητα ήχου (Sound Quality), το ευχάριστο (Pleasant), το δραστήριο (Eventful), το ενοχλητικό (Annoying), το βαρετό (dull), το συναρπαστικό

(exciting), το αγχωτικό (stressful), και το ζωντανό (Vibrant) αποτελούν παράλληλα και ψυχοακουστικούς δείκτες (Lionello et al., 2020).

Οι μελέτες ηχοτοπίου και η προσέγγιση ηχοτοπίου, προσπαθεί να κατανοήσει τον τρόπο αντίληψης ενός υγιούς περιβάλλοντος, συμπεριλαμβάνοντας ακουστικούς, μη ακουστικούς και προσωπικής αντίληψης παράγοντες, σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (Mitchell et al., 2020). Τα παραπάνω πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα συνδυαστικά πρωτόκολλα που συμπεριλαμβάνουν, ποσοτικές μετρήσεις θορύβου, ερωτηματολόγια και ηχοπεριπάτους (Berglund & Nilsson, 2006), με σκοπό τον αστικό συνήθως σχεδιασμό τοπίου και ηχοτοπίου. Μια διαδεδομένη τακτική προσέγγισης ηχοτοπίου που συνδυάζει την παραπάνω ψυχοακουστική ορολογία με την οπτική ποιότητα του τοπίου, είναι το Σουηδικό πρωτόκολλο ποιότητας ηχοτοπίου (The Swedish Soundscape-Quality Protocol που έχει εφαρμοστεί στη Σουηδία, την Αγγλία, τη Γαλλία, την Ιταλία, την Ισπανία, , την Ολλανδία και πρόσφατα και στην Κορέα (Axelsson et al., 2012).

Όπως συζητήθηκε παραπάνω, υπάρχει διαφορά μεταξύ της έννοιας της έντασης με αυτή της ηχηρότητας. Η ένταση (Intensity) αφορά την ενέργεια που μεταδίδεται ανά μονάδα χρόνου και επιφάνεια από ένα ηχητικό κύμα. Όπως φαίνεται στον πίνακα της εικόνας 1, ο ήχος που αντιλαμβανόμαστε στον αέρα είναι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης και ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται διπλασιασμό της έντασης του ήχου, όταν η ατμοσφαιρική πίεση δεκαπλασιάζεται (πχ από  $20 \times 10^{-6}$  Pa μέχρι  $20 \times 10^{-7}$  Pa). Η μικρότερη ατμοσφαιρική πίεση που μπορεί να συλλάβει το αυτί είναι  $20 \times 10^{-6}$  Pascal και η μεγαλύτερη που προκαλεί κώφωση 200 Pascal. Πρόκειται για 7 δεκαπλασιασμούς, γεγονός που καθιστά την κλίμακα των ντεσιμπέλ (dB) ένα πολύ βολικό τρόπο συνεννόησης που εκτός από την ένταση μπορεί να προσδιορίσει και την ηχηρότητα. Η ηχηρότητα (Loudness) είναι ο υποκειμενικός (ψυχοακουστικός) τρόπος αντίληψης της φυσικής έντασης του ήχου.

Το εύρος των μεγεθών της ακουστικής είναι πολύ μεγάλο και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ευρέως λογαριθμικές κλίμακες. Η μονάδα Decibel ορίζεται ως το δεκαπλάσιο του λογαρίθμου μιας αδιάστατης ποσότητας. Όπως προαναφέρθηκε τα decibel dB(A) είναι μια χρήσιμη και βολική ποσότητα για να καταγράψουμε την ένταση και να εκφράσουμε την ηχηρότητα του ήχου και όχι η μονάδα μέτρησης του. Ακολουθούν λογαριθμική κλίμακα που εκφράζει τη διαφορά στάθμης μιας φυσικής ποσότητας. Σε μια λογαριθμική κλίμακα ντεσιμπέλ κάθε αύξηση 10 dB στην κλίμακα είναι ισοδύναμη με ένα δεκαπλασιασμό της έντασης που αντιστοιχεί με διπλασιασμό της ηχηρότητας. Ένας ήχος των 20 dB είναι 10 φορές πιο έντονος από έναν ήχο των 10 dB, ενώ ένας ήχος των 30 dB είναι 100 φορές πιο έντονος (πίνακας 4).

Επίπεδο Decibel	Παράδειγμα	Φορές εντονότερος	Φορές ηχηρότερος
10 dB	Θρόισμα φύλλων	1	1
20 dB	Χτύπος δείκτη ρολογιού	10	2
30 dB	Φτερούγισμα πουλιού	100	4
40 dB	Ήσυχη συζήτηση	1000	8
50 dB	Έντονη συζήτηση	10.000	16
60 dB	Ήχοι οδικής κυκλοφορίας	100.000	32
70 dB	Ηλεκτρική σκούπα	1 εκατομμύριο	64
80 dB	Έντονος θόρυβος οδικής κυκλοφορίας	10 εκατομμύρια	128
90 dB	Πρόβλημα ακοής μετά από 15 λεπτά		
100 dB	Μουσική σε κέντρο	1 δις	512
110 dB	Απογείωση Jet	10 δις	1024
120 dB	Κατώφλι του πόνου. Άμεσο πρόβλημα ακοής		

**Πίνακας 4.** Ηχητικό θερμόμετρο που αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ έντασης και της αντιληπτής ηχηρότητας από μια ψυχοακουστική σκοπιά

Τα τρία βασικά κριτήρια αξιολόγησης των ενεργειακών δεικτών θορύβου όπως ο δείκτης του ενεργειακού ισοδυνάμου  $L_{eq}$ , είναι η ικανότητα τους να περιγράφουν τη φυσική διάσταση του ήχου σε ένα αστικό ακουστικό περιβάλλον, η ικανότητα τους να περιγράφουν και να αξιολογούν την ψυχοακουστική διάσταση του ήχου από άποψη αντίληψης (πχ pleasantness) και τέλος, η ικανότητα και προσαρμοστικότητα τους όσον αφορά τη χρήση τους σε κάποιο μοντέλο αξιολόγησης θορύβου (Can et. al, 2016).

Οι δείκτες θορύβου χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση τεσσάρων κατηγοριών θορύβου από διαφορετικές πηγές. Η συνηθέστερη πηγή θορύβου είναι αυτή της οδικής κυκλοφορίας και συνεπώς έχει μελετηθεί περισσότερο. Εξίσου σημαντική πηγή θορύβου είναι και ο αεροπορικός θόρυβος, η μελέτη του οποίου γίνεται όλο και περισσότερο εντατική. Μια αδικημένη πηγή θορύβου είναι η προερχόμενη από σιδηροδρόμους (Nijland & Van Wee, 2005). Αν και εύκολο να καταγραφεί ο θόρυβος από τα τρένα, δεν υπάρχει ποικιλία στους σχετικούς δείκτες για να αξιολογηθεί

επαρκώς. Τέλος, η τέταρτη κατηγορία αφορά γενικά όλες τις πηγές θορύβου που μπορεί να εμφανιστούν σε ένα ακουστικό τοπίο (Pronello & Camusso, 2012). Όλες οι παραπάνω πηγές αξιολογούνται με διαφορετικούς δείκτες θορύβου, οι περισσότεροι εκ των οποίων είναι παράγωγα του δείκτη του ενεργειακού ισοδυνάμου (Brink et. al, 2018). Παράλληλα, όλες αυτές οι πηγές, συμπεριλαμβανομένων και επιπλέον πηγών όπως ο θόρυβος προερχόμενος από ανεμογεννήτριες, ή ο θόρυβος προερχόμενος από οδικές εργασίες (Suter, 2002), είναι γνωστό ότι προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου (Guski et. al, 2017).

Παρόλα αυτά όπως προαναφέρθηκε, κανένας δείκτης θορύβου δεν μπορεί να αποδώσει τις ψυχοακουστικές προεκτάσεις του ήχου και της ακρόασης και συνεπώς να αξιολογηθεί η αντίληψη του ήχου άσχετα από την ένταση του (Pronello & Camusso, 2012). Η αβεβαιότητα στον τρόπο αξιολόγησης, διαχείρισης και αντιμετώπισης του θορύβου αλλά και άλλων περιβαλλοντικών πιέσεων μπορεί να δημιουργήσει επιπτώσεις και σε ζητήματα που αφορούν τις κλιματικές αλλαγές.

## 2.8 Η αβεβαιότητα και τα συν-οφέλη του ήχου

Η αβεβαιότητα σε ζητήματα κλίματος (Latif, 2011) αντιμετωπίζεται από τα άτομα, με δύο διαφορετικούς τρόπους σκέψης. Τα δυο συστήματα επεξεργασίας είναι, το βιωματικό και το αναλυτικό (Marx et.al., 2007). Η βιωματική επεξεργασία σχετίζει τις τρέχουσες καταστάσεις με εμπειρίες, ενώ η αναλυτική, περιλαμβάνει μηχανισμούς που σχετίζουν την τρέχουσα κατάσταση με το συνδυασμό παλαιότερων εμπειριών, καθιστώντας ευκολότερη τη χρήση στατιστικών εννοιών. Μια διαδικασία λήψης απόφασης πρέπει να ενσωματώνει και τους δύο τρόπους σκέψης. Παρόλα αυτά, ειδικά σε ζητήματα κλιματικής αβεβαιότητας ο ρόλος της βιωματικής επεξεργασίας έχει αγνοηθεί. Η βιωματική επεξεργασία λειτουργεί καλύτερα με υλικό που μπορεί κανείς να φανταστεί εύκολα, ανακαλώντας αναμνήσεις και εμπειρίες. Παράλληλα, πολλές πτυχές της κλιματικής μεταβλητότητας και αλλαγής που είναι έννοιες αφηρημένες, ενσωματώνουν την αβεβαιότητα, απαιτώντας ένα ορισμένο επίπεδο αναλυτικής επεξεργασίας.

Το ανθρώπινο μυαλό δεν αντιδρά άμεσα σε απειλές που φαίνονται να εκδηλώνονται στο απώτερο μέλλον. Ως αποτέλεσμα, ανησυχίες μεγάλου βεληνεκούς όπως οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, δεν ανησυχούν τόσο, όσο τα περισσότερα άμεσα προβλήματα. Στατιστικές προσεγγίσεις και παρουσιάσεις δεδομένων κλιματικής αλλαγής, σπάνια μεταδίδουν την έννοια πως το φαινόμενο αυτό, αποτελεί ταυτόχρονα και άμεση και μελλοντική πρόκληση. Κοινωνιολογικές έρευνες, έχουν καταλήξει πως η βιωματική επεξεργασία μιας κατάστασης, είναι το ισχυρότερο κίνητρο για την ανάληψη δράσης. Παράλληλα, το γεγονός πως τα ζητήματα κλιματικής αλλαγής αντιμετωπίζονται με έναν αναλυτικό τρόπο σκέψης, έχει αποδειχθεί ανασταλτικός παράγοντας όσον αφορά την άμεση λήψη αποφάσεων (Weber, 2006).

Ο θόρυβος είναι ένα βίωμα. Η χρήση των βιωμάτων για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος, μπορεί να προσφέρει άμεση λύση. Αρκετά προβλήματα, όπως οι



επικείμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, είναι πολυεπίπεδα και μπορούν να αναχθούν στην αρχική πηγή τους. Οι μεταφορές και η βιομηχανία μπορεί να θεωρούνται λόγοι κλιματικής επιβάρυνσης, εξαιτίας των ρύπων που εκπέμπουν. Ένας από αυτούς τους ρύπους, εκτός του διοξειδίου του άνθρακα, είναι και ο περιβαλλοντικός θόρυβος, η αμεσότητα του οποίου όσον αφορά τον τρόπο που γίνεται αντιληπτός, μπορεί να αποτελέσει πλατφόρμα στην αντιμετώπιση του γενικότερου προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Το βιοματικό πλαίσιο του θορύβου, αποτελεί το τελικό στάδιο ενός γενικότερου προβλήματος. Η αμεσότητα αυτή αποτελεί ισχυρό κίνητρο για την ανάληψη δράσης, με συν-όφελος την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας των επικείμενων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, σε αντίθεση με πολλά άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα, η ηχορύπανση εξακολουθεί να αυξάνεται, ενώ είναι η μόνη περίπτωση περιβαλλοντικής πίεσης για την οποία τα παράπονα του κοινού έχουν αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια (*Gidlöf-Gunnarsson et.al., 2007*). Συνεπώς, ένα υγιές ακουστικό περιβάλλον, ή αλλιώς μια ήσυχη περιοχή, μπορεί να προσφέρει μια σειρά από οικοσυστημικές υπηρεσίες. Η αδιαμφισβήτητα συμβιωτική σχέση μεταξύ ήσυχων και πράσινων περιοχών, συχνά δημιουργεί και μια ταύτιση ως προς τις υπηρεσίες που προσφέρουν στον άνθρωπο.

Το φυσικό κεφάλαιο είναι μια πολύ σημαντική πηγή οικοσυστημικών υπηρεσιών για την ανθρώπινη ευημερία και επιβίωση (*Costanza et. al, 1997*) το οποίο προσβάλλεται από την αστική εξάπλωση (*Zhang & Ramirez, 2019*). Τα φυσικά οικοσυστήματα, ακόμη και οι χώροι πρασίνου σε μια πόλη, εξακολουθούν να επιδεινώνονται εξαιτίας της αλλαγής του κλίματος, της ρύπανσης και της μη βιώσιμης εκμετάλλευσης. Οι οικοσυστημικές υπηρεσίες των χώρων πρασίνου μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες προσαρμογής, ενώ η υγιής κατάσταση τους, παρέχει άμυνα κατά των αρνητικών επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος (*Munang et.al. 2013*). Αναλυτικότερα, οι οικοσυστημικές υπηρεσίες που προσφέρουν (*Liyun Yang et.al. 2015, Tratalos, et.al. 2007, Fisher, et.al. 2009*), είναι η ενίσχυση της ευημερίας των κατοίκων ενός αστικού συγκροτήματος, ο εμπλουτισμός της αισθητικής και της ψυχαγωγίας, η ενίσχυση της διαδικασίας απορρόφησης των ατμοσφαιρικών ρύπων, η μετρίαση και η προσαρμογή των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, η μείωση του φαινομένου της αστικής θερμονησίδας, η ρύθμιση του μικροκλίματος, η αύξηση της βιοποικιλότητας μιας περιοχής και η μείωση των επιπέδων περιβαλλοντικού θορύβου.

Τα υγιή, πλήρως λειτουργικά οικοσυστήματα, είναι περισσότερο ανθεκτικά σε περιβαλλοντικές πιέσεις και συνεπώς περισσότερο ευέλικτα, όσον αφορά την προσαρμογή τους στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (*Munang et al, 2011*). Παρόλα αυτά, τα οικοσυστήματα, συνεχίζουν να υποβαθμίζονται εξαιτίας της ρύπανσης και τις μη βιώσιμης εκμετάλλευσης. Το αστικό πράσινο με τη μορφή πράσινων περιοχών, προσφέρει μια σειρά από περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη στους κατοίκους μιας πόλης (*Kabisch, 2015*). Το φιλτράρισμα του αέρα, η ρύθμιση του μικροκλίματος, η ψυχαγωγική και πολιτιστική αξία, οι υδρολογικές υπηρεσίες, η

αύξηση βιοποικιλότητας και η μείωση του θορύβου (Bolund 1999, Elmqvist et.al. 2015), είναι μερικά από τα οφέλη που αποδίδονται στο αστικό πράσινο.

Τα αστικά κέντρα, αποτελούν κινητήρια δύναμη της αλλαγής του κλίματος, καθώς μεταξύ άλλων, αποτελούν βασική πηγή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου (GHGs). Το γεγονός αυτό, τα καθιστά ευάλωτα στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Govindarajulu, 2014). Η έντονη αστικοποίηση έχει ως αποτέλεσμα, την αύξηση της θερμοκρασίας με το φαινόμενο της θερμονησίδας (Wilby, 2006), την αύξηση της απορροής εξαιτίας των μη διαπερατών επιφανειών, την αύξηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Whitford et.al., 2001), και την αύξηση των επιπέδων περιβαλλοντικού θορύβου.

Οι οικοσυστημικές υπηρεσίες των πράσινων περιοχών, μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες προσαρμογής, ενώ η υγιής κατάσταση τους, παρέχει άμυνα κατά των αρνητικών επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος (Munang et.al. 2013).

Η αναδιάταξη, ο επανασχηματισμός και η αποκατάσταση του πρασίνου σε ένα αστικό συγκρότημα, δημιουργεί οφέλη όσον αφορά την ποιότητα του περιβάλλοντος, με πολλά “συν’ οφέλη”, σχετικά με την προετοιμασία κατά των επιπτώσεων της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των πράσινων περιοχών που προσφέρουν δυνατότητες προσαρμογής (Govindarajulu, 2014) είναι η ποσότητα, η ποιότητα, η συνδεσιμότητα και η προσβασιμότητα. Αναρίθμητες έρευνες έχουν καταλήξει πως η ύπαρξη πράσινων περιοχών σε ένα αστικό συγκρότημα μπορεί να προστατεύσει τους κατοίκους του από τον περιβαλλοντικό θόρυβο (Chiesura, 2004). Συνεπώς η δημιουργία και η διατήρηση ήσυχων περιοχών (Directive 2002/49/EC) σε ένα αστικό συγκρότημα, είναι ζωτικής σημασίας. Τα θέματα βιοποικιλότητας και οι ήσυχες περιοχές, είναι έννοιες συμβιωτικές. Είναι γεγονός, πως οι φυσικοί ήχοι που προέρχονται από βιολογικές και γεωφυσικές διεργασίες, δρουν θετικά στην αντιμετώπιση του ηχοτοπίου από τους χρήστες του (Ismail, 2014). Η σχέση μεταξύ των τεχνικών προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, με τη δημιουργία και τη διατήρηση ήσυχων περιοχών, είναι αναντίρρητη. Συνεπώς, οι κινήσεις ανάπλασης ενός αστικού ηχοτοπίου, αξιοποιώντας τις οικοσυστημικές υπηρεσίες μιας πράσινης περιοχής, είναι πιθανό να αποκτήσουν το συν-όφελος της προετοιμασίας και αντιμετώπισης των επικείμενων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

## 2.9 Αρχή Διαχείρισης Θορύβου

Η πολύ συχνή έκθεση σε ανεπιθύμητους ήχους, ειδικά σε ένα αστικό συγκρότημα, απαιτεί μια Αρχή Διαχείρισης Θορύβου. Μια κοντόφθαλμη αλλά αναντίρρητα πρακτική λύση στο πρόβλημα του θορύβου, είναι η απομάκρυνση της πηγής από τον δέκτη (Kuttruff, 2009; Everest & Pohlmann, 2009). Επαναλαμβάνοντας το ρητορικό ερώτημα, “αν ένα δέντρο πέσει και δεν είναι κανείς εκεί για να το ακούσει θα κάνει ήχο;”, μπορεί κανείς να αναρωτηθεί κάτι αντίστοιχο. “Αν μια βιομηχανία απομακρυνθεί και δεν είναι κανείς εκεί για να την ακούσει, θα κάνει θόρυβο;”. Προφανώς και μια πηγή πολλαπλών ρύπων θα συνεχίσει να ρυπαίνει και ας μην

υπάρχει ούτε οπτική, ούτε και ηχητική “επαφή” από τον άνθρωπο. Αν ένα αεροδρόμιο απομακρυνθεί από ένα αστικό συγκρότημα, θα ενοχλεί το ίδιο; Αν ναι, ποιους; Η τακτική “out of sight, out of mind” που ταυτίζεται με το φαινόμενο NIMBY (Not In My Back Yard), μεταξύ άλλων, είναι ένας από τους λόγους της γενικότερης περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Τα διλήμματα σε τέτοιες αποφάσεις είναι πολλά, ειδικά όσον αφορά περιπτώσεις όπως ο θόρυβος ανεμογεννητριών που διχάζουν απόψεις σχετικά με τα οφέλη τους και τις επιπτώσεις τους, κυρίως σε ζητήματα εκπομπής θορύβου.

Όπως έχει αναφερθεί, για να υπάρξει ήχος πρέπει να υπάρχει μια πηγή που εκπέμπει ηχητικά κύματα, ένα μέσο διάδοσης και ένας δέκτης που θα λάβει τα ηχητικά κύματα. Η περίπτωση ο ήχος αυτός να είναι, ή να ερμηνευτεί ως θόρυβος είναι υψηλή, ειδικά σε ένα αστικό περιβάλλον. Αντίστοιχα, υπάρχουν τρεις τρόποι διαχείρισης του περιβαλλοντικού θορύβου στα ίδια επίπεδα. Η διαχείριση απευθείας στην πηγή αφορά τον περιορισμό της έντασης εκπομπής. Παράλληλα, η εισαγωγή φυσικών εμποδίων όπως τα ηχοπετάσματα, θα μπορούσε να θεωρηθεί παρεμβολή στο μέσο διάδοσης του ηχητικού κύματος. Τέλος, είναι δυνατή η διαχείριση του ηχοτοπίου σε επίπεδο δέκτη με διάφορες επεμβατικές στο ηχητικό περιβάλλον μεθόδους. Επειδή ειδικά σε ζητήματα θορύβου κάθε περίπτωση είναι διαφορετική, παρουσιάζεται παρακάτω ένα αναλυτικό πολυπαραγοντικό διάγραμμα διαχείρισης.

### 2.9.1 Διαχείριση πηγής θορύβου

Η διαχείριση του θορύβου απευθείας στην πηγή του, είναι μια ιδιαίτερα δύσκολη, πολύπλοκη και δαπανηρή διαδικασία (Barron, 2001). Τα δίκτυα οδικής κυκλοφορίας και τα οχήματα αποτελούν πολύ βασικές πηγές θορύβου που επιβαρύνουν τους κατοίκους των κοντινών περιοχών και παράλληλα, δημιουργούν προβλήματα στην ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος. Τα αεροδρόμια που βρίσκονταν κοντά σε κατοικημένες περιοχές έχουν μεταφερθεί στο περιαστικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα τα αεροσκάφη που περνούν πάνω από τα αστικά συγκροτήματα και προστατευόμενες περιοχές αποτελούν ισχυρή περιβαλλοντική πίεση. Παράλληλα, ακόμη και σε οικιακό επίπεδο η εκπομπή θορύβου είναι ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο. Ένα κριτήριο επιλογής κάποιας οικιακής συσκευής είναι “το πόσο ήσυχη είναι” (Gupta & Mandloi, 2019). Σε πολλές περιπτώσεις, για την επιλογή μιας οικιακής συσκευής, υπάρχει το δίλημμα μεταξύ απόδοσης και χαμηλής εκπομπής θορύβου (πχ air condition, αφυγραντήρες κτλ).

Πλέον στα περισσότερα οχήματα Ιδιωτικής Χρήσης, χρησιμοποιούνται ειδικοί σιγαστήρες (mufflers) με σκοπό να μειώσουν τα επίπεδα εκπομπής θορύβου της εξάτμισης (Gupta & Mandloi, 2019; Aminuddin et. al, 2020). Παράλληλα, μέθοδοι ενεργής τεχνολογίας ακύρωσης θορύβου (Active Noise Cancellation technology - ANC) και άλλα συστήματα όπως η μείωση του βάρους του οχήματος βοηθούν στη μείωση εκπομπής θορύβου (Krueger et. al, 2018). Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός προσθήκης ήχου στα ηλεκτρικά και αυτόνομα οχήματα που εξαιτίας του πολύ χαμηλού επιπέδου εκπομπής θορύβου τέθηκε ζήτημα επικινδυνότητας (Kyvelou et al., 2021).

Αντίστοιχα τα αεροσκάφη αποτελούν μια σημαντική πηγή ηχορύπανσης (Planade et. al, 2001). Συγκεκριμένα ο αεροπορικός θόρυβος προκαλεί ενόχληση και διαταραχές του ύπνου (Mahashabde, et.al, 2011), επηρεάζει τη γνωστική λειτουργία στους μαθητές (Le Boennec, et.al, 2017), δημιουργεί προβλήματα ακοής (Püschel, et.al, 2012), αυξάνει την αρτηριακή πίεση μετά από μακροχρόνια έκθεση στον θόρυβο ιδίως κατά τη διάρκεια της νύχτας (Dimakoroulou, et.al, 2017) και αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών και ψυχιατρικών νοσημάτων (He, et.al, 2014). Παράλληλα, στις περιοχές που πλήττονται από αεροπορικό θόρυβο, παρατηρείται μείωση της αξίας των ακινήτων (Wolfe, et.al, 2016), ελάττωση των εσόδων στους ιδιοκτήτες των κατοικιών από τα μισθώματα (He, et.al, 2014), αύξηση ατομικών εξόδων των κατοίκων για να μειώσουν τα επίπεδα θορύβου (π.χ. τοποθέτηση τριπλών τζαμιών για την ηχομόνωση ενός κτιρίου) (Wadud, 2013) και μείωση εισοδήματος από την πτώση της παραγωγικότητας των ατόμων που εργάζονται στις περιοχές αυτές (He, et.al, 2014). Τέλος, σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η αεροπορική ηχορύπανση προκαλεί δυσλειτουργίες στους οργανισμούς των οικοσυστημάτων που υπόκεινται στον αεροπορικό θόρυβο (Dominoni, et.al, 2016) και επιδρά μακροχρόνια στις οικοσυστημικές λειτουργίες με μείωση της βιοποικιλότητας (Iglesias-Merchan, et.al, 2015). Ο θόρυβος που προέρχεται από ένα αεροπλάνο είναι αρκετά περίπλοκος.

Οι πηγές θορύβου από ένα αεροπλάνο (Gille et. al, 2017) είναι ο αεριοθούμενος θόρυβος (Jet Noise) που αποτελεί συνδυασμό εξάτμισης υψηλής ταχύτητας με τον αέρα του περιβάλλοντος, ο θόρυβος καυστήρα που συνδέεται με την ταχεία οξείδωση του καυσίμου των αεριοθουμένων και την απελευθέρωση ενέργειας, ο θόρυβος turbo machinery που μπορεί να γίνει αντιληπτός σαν ένα αεροσκάφος που πλησιάζει τον παρατηρητή και ο αεροδυναμικός θόρυβος που συνδέεται με την ταχεία κίνηση του αέρα πάνω στην άτρακτο και τις επιφάνειες του αεροπλάνου.

Ο αεροδυναμικός θόρυβος μεταξύ των βασικών πηγών παραμένει ο μοναδικός που δεν μπορεί ακόμη να αντιμετωπιστεί επαρκώς. Άξια αναφοράς είναι η μέθοδος μείωσης αεροπορικού θορύβου της επιβολής προστίμων σε αεροπορικές εταιρείες όπου τα αεροσκάφη τους εκπέμπουν υψηλά επίπεδα θορύβου. Όπως και με τα οχήματα οδικής κυκλοφορίας, έτσι και στα αεροσκάφη η χρήση σιγαστήρων σε ειδικά σημεία της εξάτμισης και της μηχανής, συνδυαστικά με νέες τεχνικές απογείωσης και προσγείωσης (reverse thrust) αποτελούν μια πολύ καλή λύση μείωσης των επιπέδων θορύβου στην πηγή (Patrick et. al, 2000).

Τέλος, σχετικά με τον θόρυβο ανεμογεννητριών οι προσπάθειες μείωσης των επιπέδων θορύβου αφορούν την εξέλιξη του σχεδιασμού του ρότορα και των λεπίδων, που με την κίνηση τους μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική και παράγουν ως υποπροϊόν θόρυβο (Li et. al, 2020; Rajesh et. al, 2020).

Συνοψίζοντας, σχετικά με τις προσπάθειες μείωσης των επιπέδων θορύβου στην πηγή, οι μέχρι τώρα λύσεις αφορούν τη χρήση σιγαστήρων στις εξατμίσεις και τον επανασχεδιασμό των τμημάτων της πηγής που παράγουν θόρυβο, με κίνητρο την αποφυγή προστίμων.

### 2.9.2 Διαχείριση μέσου διάδοσης ήχου

Το δεύτερο επίπεδο διαχείρισης θορύβου αφορά την παρεμβολή στο μέσο. Η ποσότητα του θορύβου που εκπέμπεται σε ένα αστικό περιβάλλον εξαρτάται από το επίπεδο ηχητικής ισχύος της πηγής, από τη φύση της δομής του κτιρίου με πιθανά αστικά κενά και από τον αριθμό των πηγών. Ταυτόχρονα, ο θόρυβος που λαμβάνεται εξαρτάται από τον βαθμό εξασθένησης, πληροφορία που παρέχεται μέσω της απόστασης από την πηγή, την εξασθένηση που προέρχεται από τον τύπο του εδάφους, την επιρροή από τοίχους και τις αστικές χαράδρες που σχηματίζονται (*Jancjur et. al, 2006*).

Τα βασικά κριτήρια για μια επιτυχημένη πρόβλεψη και οπτικοποίηση της διάδοσης του θορύβου έχουν προκύψει από την επιστήμη της ακουστικής ως κλάδο της φυσικής. Είναι γνωστό κυρίως μέσω πειραματισμού ότι η στάθμη του ήχου πέφτει δραματικά αυξάνοντας την απόσταση από την πηγή. Διπλασιάζοντας την απόσταση από μια σημειακή πηγή, εμφανίζεται μείωση του επιπέδου ήχου κατά 6 dB. Επιπλέον, εάν η απόσταση από μια πηγή διπλασιαστεί, τότε η ηχητική πίεση μειώνεται στο μισό, δηλαδή, 3 dB ανά διπλασιασμό της απόστασης.

Οι προσπάθειες περιορισμού του θορύβου σε πρακτικό επίπεδο είναι εξαιρετικά χρήσιμες για την ευημερία των ατόμων σε διάφορα περιβάλλοντα. Η επίδραση των φραγμάτων θορύβου (ηχοπετάσματα) όσον αφορά τη μείωση του, μπορεί να υπολογιστεί μέσω μοντελοποίησης και έτσι διάφορες αποφάσεις κόστους-οφέλους μπορούν να ληφθούν. Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ των τεχνικών μετριασμού του θορύβου είναι και η εγκατάσταση «πράσινων» φραγμάτων χρησιμοποιώντας δέντρα ως εμπόδιο μεταξύ της πηγής και του δέκτη. Ωστόσο, η επίδραση των δέντρων ως φράγμα θορύβου συχνά υπερεκτιμάται από μη ακουστικούς επιστήμονες. Τα δέντρα μπορεί να προσφέρουν μια σημαντική ψυχολογική επίδραση ουσιαστικά παρεμποδίζοντας μόνο οπτικά την πηγή θορύβου. Για να επιτευχθεί μείωση θα πρέπει να τοποθετηθεί σειρά δέντρων με πάχος άνω των 100 μέτρων με πολύ πυκνό φύλλωμα. Τα φράγματα αυτά ονομάζονται ηχοπετάσματα και αποτελούν ένα φυσικό εμπόδιο μεταξύ της πηγής θορύβου και του δέκτη.

Τα ηχοπετάσματα στους δρόμους υψηλής κυκλοφορίας έχουν σχεδιαστεί και τοποθετηθεί έτσι ώστε να μετριάσουν τις επιπτώσεις του θορύβου κυκλοφορίας κατά μήκος της εθνικής οδού εμποδίζοντας την άμεση διαδρομή του ήχου μεταξύ της πηγής θορύβου και του δέκτη που εκτίθεται σε αυτόν (*Kesten et. al, 2020*). Σε δρόμους μεγάλης κυκλοφορίας τα ηχοπετάσματα τοποθετούνται στις διαχωριστικές νησίδες, είτε στις πλευρές των δρόμων. Σκοπός να προστατέψουν τις κατοικίες που κατά πάσα πιθανότητα διαπερνά η οδός, ή κάποιο φυσικό οικοσύστημα το οποίο ο δρόμος κατατέμνει (*Bies et. al, 2017*).

Το υλικό που είναι φτιαγμένα τα ηχοπετάσματα, το σχήμα και η κλίση τους αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά που ανάλογα τον σκοπό επιφέρουν και διαφορετικά αποτελέσματα στον έλεγχο του θορύβου, ανακλώντας τον, απορροφώντας τον, ή διασπείροντας τον (*Li et. al, 2020*). Σε σχέση με τα “πράσινα”

ηχοπετάσματα, ως υλικό το τσιμέντο έχει καλύτερες ηχομονωτικές ιδιότητες. Αντιθέτως, τα “πράσινα” έχουν καλύτερες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες (Holmes et. al, 2014; Tie et. al, 2020). Σε αυτό το σημείο είναι άξια η ανάδειξη της διαφοράς μεταξύ των ηχομονωτικών και ηχοαπορροφητικών ιδιοτήτων των υλικών.

Η απορρόφηση του ήχου από τα τοιχώματα παίζει όπως είναι φυσικό πολύ σημαντικό ρόλο στην ακουστική των χώρων. Το είδος της προσπίπτουσας επιφάνειας, η γωνία πρόσπτωσης και η συχνότητα του ήχου είναι παράγοντες που επηρεάζουν τον συντελεστή απορρόφησης. Τα διάφορα απορροφητικά υλικά που χρησιμοποιούνται είτε είναι πορώδη ή διάτρητα και έχουν διαφορετικά ακουστικά χαρακτηριστικά. Μπορούν έτσι να λειτουργήσουν σαν «ηχοπαγίδες» επιτυγχάνοντας την επιθυμητή απορρόφηση του ήχου σε κλειστούς ή ανοικτούς χώρους. Παράλληλα, η ηχομόνωση απαιτεί υλικά με μεγαλύτερη μάζα τα οποία μειώνουν την ένταση του ηχητικού κύματος, κάμπτοντας το και αλλάζοντας την τροχιά και την ταχύτητα του εξαιτίας της πρόσκρουσης του σε ένα μονωτικό υλικό όπως είναι τα διπλά τζάμια, ο πετροβάμβακας και το τσιμέντο (Tie et. al, 2020). Άξιο αναφοράς είναι πως τα ηχοαπορροφητικά υλικά προσφέρουν ελάχιστες ως και μηδαμινές ηχομονωτικές ιδιότητες.

### 2.9.3 Διαχείριση στον δέκτη ήχου

Σχετικά με την μείωση του θορύβου σε επίπεδο δέκτη υπάρχουν πολλοί τρόποι αντιμετώπισης. Η βασικές αρχές αφορούν την ακουστική μορφοποίηση του δομημένου περιβάλλοντος και τον σχεδιασμό ηχοτοπίων με σκοπό την αντικατάσταση των ήχων που αποτελούν περιβαλλοντική πίεση. Πρόσφατες έρευνες απέδειξαν για άλλη μια φορά, πως ο θόρυβος της κυκλοφορίας, αποτελεί μια βασική πηγή όχλησης, ενώ ήχοι όπως το τρεχούμενο νερό, φωνές παιδιών που παίζουν και οι βιολογικοί ήχοι των πτηνών, δημιουργούν ένα ευχάριστο ηχητικό περιβάλλον και πιθανότατα ηχοτοπίο (Montazerrollhodjah et. al, 2019). Ένα οπτικά ευχάριστο περιβάλλον, θα μπορούσε να μειώσει τις αρνητικές επιπτώσεις ενός δυσάρεστου ηχοτοπίου (Liu et. al, 2019) και το ανάποδο. Παρόλα αυτά, η σχέση της οπτικής με την ηχητική καλαισθησία, πρέπει να είναι συμβιωτική και να περιέχει περιβαλλοντικά συν-οφέλη (Hong et. al, 2020).

Η ακουστική μορφοποίηση – σχηματισμός του δομημένου περιβάλλοντος καθοδηγούμενη από κοινωνικές διεργασίες, μπορεί να χαρακτηριστεί ως “αρχιτεκτονική ηχοτοπίου”. Το ηχοτοπίο υφίσταται μέσω των αντιληπτικών μηχανισμών του ανθρώπου όσον αφορά το ακουστικό του περιβάλλον. Συνεπώς, η αρχιτεκτονική του ηχοτοπίου μπορεί να βασιστεί σε ποιοτικά δεδομένα ακουστικής αντίληψης και σε ποσοτικά δεδομένα που αφορούν το φυσικό φαινόμενο του ήχου. Η ακουστική μορφοποίηση του περιβάλλοντος καθοδηγούμενη από φυσικές διεργασίες, μπορεί να χαρακτηριστεί ως αρχιτεκτονική ακουστικού περιβάλλοντος.

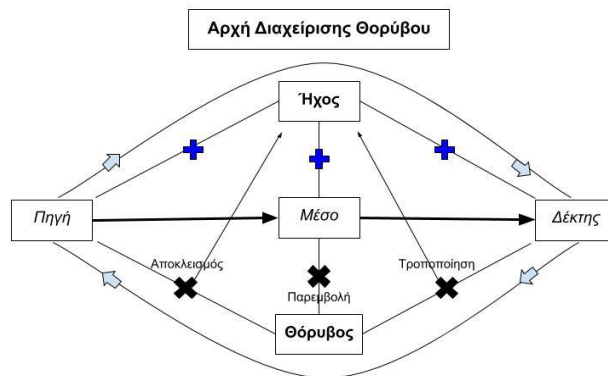
Ένα πρόσφατο παράδειγμα σχεδιασμού ηχοτοπίου, βραβευμένο στον διαγωνισμό “Ευρωπαϊκό Ηχοτοπίο” (European Soundscape Award, 2012) αποτελεί η πλατεία Nauener στο Βερολίνο. Η συγκεκριμένη πλατεία αποτελεί μια επιτυχημένη

προσπάθεια εισαγωγής εννοιών ηχοτοπίου στον αστικό σχεδιασμό του ηχητικού περιβάλλοντος (Schulte-Fortkamp & Jordan, 2016). Η συγκεκριμένη πλατεία αποτελεί μια επιτυχημένη προσπάθεια εισαγωγής εννοιών ηχοτοπίου στον αστικό σχεδιασμό του ηχητικού περιβάλλοντος. Συγκεντρώθηκαν ποσοτικά δεδομένα από καταγραφές ηχοτοπίου και δειγματοληψίες θορύβου, ενώ παράλληλα συγκεντρώθηκαν ποιοτικά δεδομένα από ηχοπεριπάτους και συνεντεύξεις. Η παρέμβαση στο ηχοτοπίο συμπεριλαμβάνει α) ηχοπετάσματα παράλληλα των δρόμων για την προστασία από τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας και την β) εισαγωγή “ηχητικών νήσων”, δηλαδή σημείων στο χώρο όπου οι επιθυμητοί ηχογραφημένοι ήχοι αναπαράγονται. Το αποτέλεσμα των συγκεκριμένων παρεμβάσεων ήταν η μείωση της έκθεσης των χρηστών του πάρκου σε ήχους χαμηλών συχνοτήτων και η δυνατότητα να ακούσουν τους επιθυμητούς συχνά “φυσικούς” ήχους, μέσω των “ηχητικών νήσων”.

Παράλληλα, η προσπάθεια με τίτλο “The West Street Story project” αποτελεί την πρώτη νυχτερινή παρέμβαση ηχοτοπίου. Σε περιοχή έντονης νυχτερινής δραστηριότητας (αναψυχής) πραγματοποιήθηκε εισαγωγή ήχων που μείωσαν περιστατικά βίας και την αστυνόμευση στην περιοχή (West Street Story, 2020). Παράλληλα, σε υπόγεια διάβαση πραγματοποιήθηκε εισαγωγή ήχων που δημιούργησε το αίσθημα της ασφάλειας στους χρήστες της.

Πολλά στοιχεία του δομημένου περιβάλλοντος μπορούν να συνεισφέρουν στην αναβάθμιση του ηχητικού περιβάλλοντος και ένα από αυτά είναι η ύπαρξη σωμάτων νερού σε μια περιοχή (Chitra et. al, 2020). Η ύπαρξη τρεχούμενου νερού μπορεί να καλύψει θορύβους χαμηλών συχνοτήτων όπως ο αεροπορικός θόρυβος (Lugten et. al, 2018) και γενικά να δημιουργήσει ένα ευχάριστο ηχητικό περιβάλλον. Σε αρκετές περιπτώσεις όπως στο Sheffield (UK), έχουν χρησιμοποιηθεί ήχοι νερού σε μορφή συντριβανιών προκειμένου να αποφευχθεί η επιρροή του θορύβου στους χρήστες της περιοχής. Άξιο συζήτησης είναι το δίλημμα ανάμεσα στην παρουσία νερού ή στην παρουσία τρεχούμενου νερού. Η παρουσία νερού, χωρίς αυτό να αποτελεί παρέμβαση ηχοτοπίου αλλά παρέμβαση τοπίου, μπορεί να ενισχύσει το ηχητικό περιβάλλον δημιουργώντας ευκαιρίες παρουσίας ορνιθοπανίδας. Παράλληλα, συνδυαστικά με τα οφέλη ύπαρξης αστικού πρασίνου, η παρουσία σωμάτων νερού (αστικό μπλε) έχει πολλά οφέλη στο μικροκλίμα της περιοχής, καθώς είναι λύση στο πρόβλημα της αστικής θερμονησίδας και συνεπώς αποτελεί μέτρο προετοιμασίας και προσαρμογής κατά των επιπτώσεων της ενδεχόμενης κλιματικής αλλαγής (Zhao et. al, 2018).

Συνοψίζοντας, η διαχείριση του θορύβου θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί συνδυαστικά στα επίπεδα “**Πηγή - Μέσο - Δέκτης**” χρησιμοποιώντας σαν αρχή διαχείρισης θορύβου την παρακάτω σχέση “**Αποκλεισμός - Παρεμβολή - Τροποποίηση**”. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 1, οποιαδήποτε επέμβαση στην πηγή μέσω του αποκλεισμού, στο μέσο, μέσω της παρεμβολής και στον δέκτη, μέσω της τροποποίησης, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια επιτυχημένη πρακτική διαχείρισης θορύβου (εικόνα 5).



**Εικόνα 5.** Διάγραμμα ροής, Αρχή Διαχείρισης Θορύβου. Οποιαδήποτε επέμβαση στην πηγή μέσω του αποκλεισμού, στο μέσο, μέσω της παρεμβολής και στον δέκτη, μέσω της τροποποίησης, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια επιτυχημένη πρακτική διαχείρισης θορύβου

Πληθώρα μελετών έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η επικοινωνία σε συνθήκες θορύβου και η ικανότητα εξαγωγής πληροφοριών με παρουσία θορύβου υποβάθρου θα μπορούσε να έχει πολυάριθμες επιπτώσεις, ακόμη και στην σεξουαλική επιλογή (sexual selection) (Slabbekoorn and Peet, 2003; Brumm and Slabbekoorn, 2005; Nemeth and Brumm, 2009). Παράλληλα, η ποιότητα των αστικών συγκροτημάτων υποβαθμίζεται μεταξύ άλλων, εξαιτίας της ρύπανσης και της μη βιώσιμης αστικής ανάπτυξης που επιπροσθέτως αποτελούν αιτίες ταχείας τροποποίησης τόσο των αστικών τοπίων, όσο και των ηχοτοπίων (Brueckner & Helsley, 2011; Votsi, Kallimanis, Mazaris, & Pantis, 2014). Συνεπώς, το ιδανικό μέτρο διαχείρισης θορύβου είναι η δημιουργία επαγρύπνησης. Προκειμένου να είναι επιτυχημένη μια προσπάθεια διαχείρισης θορύβου, απαραίτητη είναι και η αξιολόγηση του, με βασικά εργαλεία την χαρτογράφηση θορύβου, την χαρτογράφηση ήχου και την πρόβλεψη του, μέσω της μοντελοποίησης θορύβου.

## 2.10 Εργαλεία Ακουστικής Οικολογίας

Τα εργαλεία της ακουστικής οικολογίας δημιουργήθηκαν για να εξυπηρετήσουν τους διεπιστημονικούς και διαθεματικούς σκοπούς της. Οι δύο μορφές των δεδομένων που μπορούν να συλλεχθούν για μια έρευνα ακουστικής οικολογίας αφορούν τους αντικειμενικούς στόχους της, με χρήση ποσοτικών δεδομένων και τους υποκειμενικούς, με χρήση ποιοτικών δεδομένων. Συνεπώς, τα εργαλεία της θα μπορούσαν να χωριστούν στις δύο κατηγορίες αντικειμενικής και υποκειμενικής αξιολόγησης.

Η *αντικειμενική αξιολόγηση* χρησιμοποιεί δεδομένα όπως τα επίπεδα περιβαλλοντικού θορύβου, ή τα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας και οτιδήποτε έχει σχέση με τη φυσική διάσταση του ήχου. Τα εργαλεία της κατηγορίας αυτής αποτελούν ειδικό



εξοπλισμό καταγραφής, όπως το ηχόμετρο και ο ψηφιακός καταγραφέας. Πολύ σημαντικά νέα εργαλεία που εξυπηρετούν αυτούς τους στόχους είναι όλα τα λογισμικά χαρτογράφησης θορύβου και ανάλυσης ηχητικού σήματος. Η υποκειμενική αξιολόγηση χρησιμοποιεί δεδομένα που αφορούν την αντίληψη και γενικά τις ψυχοακουστικές προεκτάσεις του ήχου. Για αυτή την κατηγορία υπάρχουν εξειδικευμένα εργαλεία όπως ο ηχοπερίπατος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά με εργαλεία αντικειμενικής αξιολόγησης. Παράλληλα, υποκειμενικά δεδομένα μπορεί να συλλεχθούν με “δανεικά” εργαλεία άλλων επιστημονικών κλάδων όπως τα ερωτηματολόγια και οι συνεντεύξεις. Παρακάτω θα συζητηθούν τα εργαλεία αντικειμενικής και υποκειμενικής αξιολόγησης με κοινό γνώμονα τις έρευνες ακουστικής οικολογίας.

### 2.10.1 Αντικειμενική αξιολόγηση ήχου

Το ηχόμετρο είναι ένα επιστημονικό εργαλείο υπολογισμού των επιπέδων ηχητικής πίεσης (Tsuax, 1978). Συνήθως είναι μια φορητή συσκευή, που καταγράφει τα επίπεδα έντασης χρησιμοποιώντας την κλίμακα decibel. Στην εικόνα 6 παρουσιάζονται τα τμήματα του ηχομέτρου. Το μικρόφωνο είναι η διεπαφή μεταξύ του ακουστικού πεδίου και του συστήματος μέτρησης. Καθώς τα ηχητικά κύματα συγκρούονται με το μικρόφωνο, προκαλείται κίνηση της μεμβράνης (μπρος – πίσω) δημιουργώντας ηλεκτρικό σήμα. Ο προ-ενισχυτής μετατρέπει ένα αδύναμο ηλεκτρικό σήμα σε ένα σήμα αρκετά ισχυρό για περαιτέρω επεξεργασία, το οποίο ενισχύει στο ελάχιστο επίπεδο που μπορεί να χειριστεί ο κύριος ενισχυτής. Ο κύριος ενισχυτής είναι ένα ηλεκτρονικό στοιχείο που ενισχύει το ηλεκτρικό σήμα τόσο ώστε να κινήσει ξανά τη μεμβράνη. Τέλος, το αποτέλεσμα της μέτρησης αποτυπώνεται στην οθόνη. Τα αποτελέσματα καταγράφονται σε decibel και οι πιο συνηθισμένοι δείκτες που εξάγονται είναι ο  $L_{eq}$  (equivalent continuous sound level), καθώς και η μέγιστη ( $L_{max}$ ) και η ελάχιστη ( $L_{min}$ ) ηχητική πίεση κατά τη διάρκεια της καταγραφής. Κατά τη διάρκεια του 24-ώρου οι εντάσεις του θορύβου ποικίλουν, παρουσιάζοντας μεγάλες αυξομειώσεις. Οι αυξομειώσεις αυτές είναι σύνηθες φαινόμενο σε ένα αστικό συγκρότημα κυρίως λόγω της ύπαρξης του θορύβου οδικής κυκλοφορίας. Το επίπεδο του ενεργειακού ισοδύναμου ( $L_{eq}$ ) ακολουθεί όλες αυτές τις διακυμάνσεις δίνοντας σαν αποτέλεσμα μια μέση τιμή ενέργειας. Ο δείκτης του ενεργειακού ισοδύναμου, είναι η μέση ένταση του ήχου σε μια δεδομένη χρονική περίοδο.



**Εικόνα 6.** Ηχώμετρο και τα επιμέρους τμήματά του

Ένα ηχώμετρο έχει συνήθως γρήγορο (fast response) και αργό (slow response) τρόπο απόκρισης που τροποποιούν την ευαισθησία του σε γρήγορες διακυμάνσεις και μέγιστες τιμές της ηχητικής πίεσης. Παράλληλα, οι μετρητές στάθμης ήχου συνήθως περιέχουν διαφορετικά δίκτυα στάθμισης (weighting) για διάκριση έναντι διαφορετικών συχνοτήτων. Τα φίλτρα-στάθμισης συχνότητας συσχετίζουν την αντικειμενική μέτρηση του ήχου με την υποκειμενική ανθρώπινη απόκριση. Τα πιο κοινά σε χρήση φίλτρα είναι, το A weighting που καλύπτει το πλήρες φάσμα του αντληπτού ήχου και είναι λιγότερο ευαίσθητο σε πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές συχνότητες και το Z weighting που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται ανάλυση της ηχητικής πηγής και όχι το αποτέλεσμα που ο ήχος έχει στον άνθρωπο. Δεδομένου ότι το δίκτυο στάθμισης A αντιστοιχεί στην τάση του αυτιού να κάνει διακρίσεις έναντι ήχων χαμηλής συχνότητας, χρησιμοποιείται συχνά σε μετρήσεις θορύβου κοινότητας. Αυτές οι μετρήσεις ορίζονται και χαρακτηρίζονται ως dB(A).

Εκτός από τα φορητά ηχώμετρα, υπάρχουν οι μόνιμοι - σταθεροί σταθμοί δειγματοληψίας, που συχνά τοποθετούνται σε σημεία του οδικού δικτύου και οι ημι-μόνιμοι σταθμοί δειγματοληψίας. Η παρουσία ενός κινητού ημι-μόνιμου σταθμού παρακολούθησης περιβαλλοντικού θορύβου, αξιολογείται ως ιδιαίτερα σημαντική για την ολιστική αξιολόγηση των ηχητικών περιβαλλόντων. Ο συνδυασμός των δειγματοληψιών που προσφέρουν οι μόνιμοι σταθμοί δειγματοληψίας και η ευελιξία των αμιγώς φορητών οργάνων μέτρησης, επιτρέπουν την παρακολούθηση του συγκεκριμένου ρύπου σε ποικιλία περιοχών υψηλού ενδιαφέροντος. Πριν από κάθε μέτρηση θορύβου, οι μετρητές στάθμης ήχου βαθμονομούνται χρησιμοποιώντας τον τυπικό βαθμονομητή 94dB όπως απαιτείται για όλα τα όργανα μέτρησης κατηγορίας 1 σύμφωνα με τις προδιαγραφές EN61326-1: 1997 + A1: 1998.

Εξαιτίας όμως του αυξημένου κόστους των οργάνων καταμέτρησης ηχητικής στάθμης, πραγματοποιούνται ολοένα και περισσότερες μελέτες που αφορούν την ποιότητα των δειγματοληψιών θορύβου μέσω έξυπνων κινητών τηλεφώνων

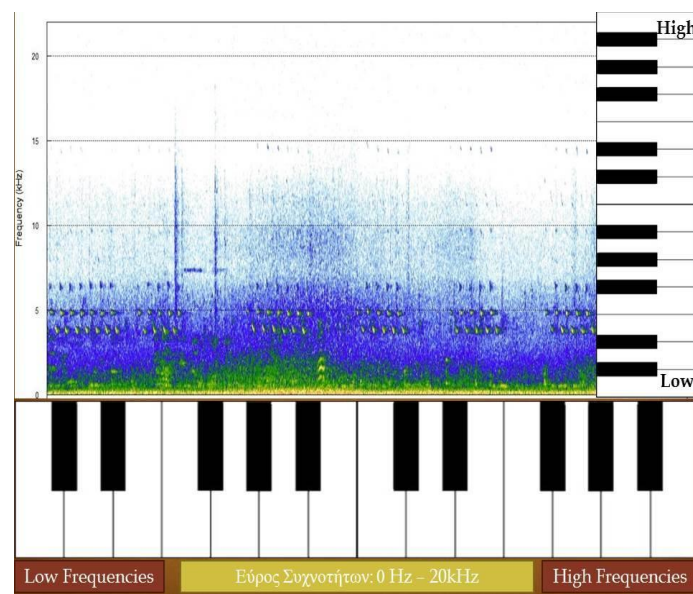
(smartphones) και των συνοδευτικών εφαρμογών. Η εφαρμογές για τα έξυπνα τηλέφωνα εξελίσσονται διαρκώς και εξυπηρετούν από επιστημονικούς, μέχρι και ιατρικούς σκοπούς (Jean-Francois et al., 2013). Η εξέλιξη των λογισμικών και των συσκευών, επιτρέπουν ακόμη και την αναγνώριση περιστατικών στεφανιαίας νόσου, καταγράφοντας τις αλλαγές στη φωνή ενός ασθενούς (Pareek & Sharma, 2016). Με μόνο ζήτημα την επιτυχημένη και αξιόπιστη βαθμονόμηση των συγκεκριμένων εργαλείων (Garg et al., 2019) και συνδυαστικά με την χρήση καλύτερων εξωτερικών μικροφώνων, η χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων σε έρευνες ακουστικής οικολογίας θα αυξηθεί τα επόμενα χρόνια (Kardous & Shaw, 2014; Murphy & King, 2016).

Ο καταγραφέας ήχου είναι μια συσκευή ψηφιακής και όχι αναλογικής ηχογράφησης. Η ψηφιακή και η αναλογική μορφή ενός ηχητικού αρχείου, έχουν σχέση με τον τρόπο εγγραφής και ξεκινούν από ένα μικρόφωνο που μετατρέπει την πίεση του αέρα (ήχο) σε ηλεκτρικό σήμα. Μια αναλογική εγγραφή γίνεται με την αποτύπωση του σήματος απευθείας πάνω σε μια ταινία (μαγνητισμός) ή σε ένα δίσκο μέσω αυλακώσεων. Σε σχέση με το ψηφιακό, το αναλογικό σήμα είναι συνεχές, ενώ το ψηφιακό ασυνεχές. Οι ψηφιακές εγγραφές παίρνουν το αναλογικό σήμα και το μετατρέπουν σε μια ψηφιακή αναπαράσταση του ήχου (μια σειρά αριθμών) με σκοπό το να ερμηνευτούν από κάποιο λογισμικό. Οι δύο βασικότερες μορφές ψηφιακού σήματος είναι η συμπίεσμένη μορφή mp3 και η ασυμπίεστη μορφή wave. Τα αρχεία wave (Waveform Audio File Format), είναι μια ακριβής, χωρίς απώλειες αλλά μεγάλου μεγέθους μορφή ψηφιακού ηχητικού σήματος. Παράλληλα, τα αρχεία MP3, αξιοποιούν τις θεωρίες της ψυχοακουστικής αφαιρώντας δεδομένα που αφορούν τις μη ακουστές από τον άνθρωπο συχνότητες (20-20.000Hz) αφαιρώντας τους καλυμμένους από θόρυβο ήχους (masking effect). Έχουν μικρό σε σχέση με τα αρχεία wave μέγεθος αλλά η συμπίεση αυτή επιφέρει απώλειες (Lossy compression). Επειδή ποιοτικά κοντινό στο αναλογικό σήμα έχει η ασυμπίεστη μορφή wave, χρησιμοποιούνται σε έρευνες ανάλυσης ηχητικού σήματος μέσω λογισμικών όπως η R statistics και τα αντίστοιχα πακέτα ανάλυσης σήματος.

Η χρήση λογισμικών όπως η R statistics προφέρουν την ποσοτικοποίηση διαφόρων πτυχών του ήχου μέσω των ακουστικών δεικτών βιοποικιλότητας και των φασματογραφήματων.

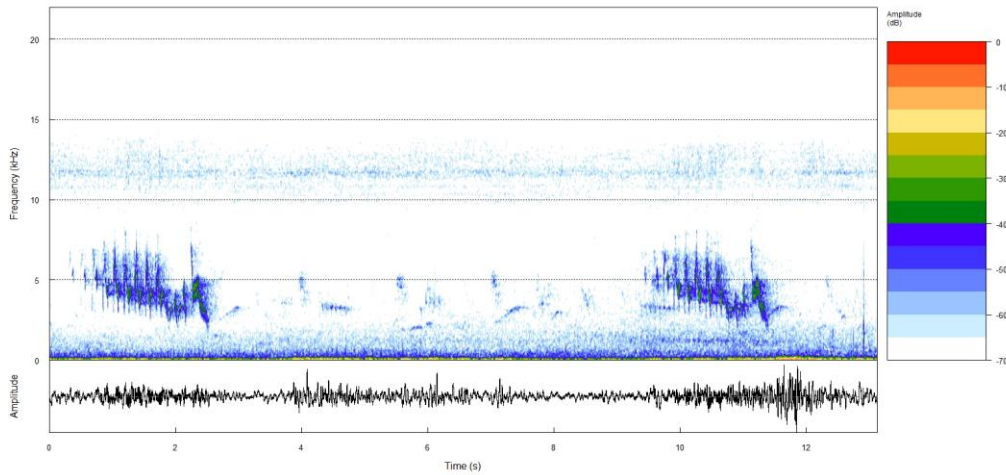
Τα φασματογραφήματα είναι μια οπτική αναπαράσταση του ήχου. Ένας ήχος μπορεί να αναπαρασταθεί σε μοτίβα (Nanni et. al, 2020) χρησιμοποιώντας τρεις βασικές πληροφορίες όπως η διάρκεια του, το φάσμα των συχνοτήτων του και τα επίπεδα της έντασης του. Ένας τρόπος να οπτικοποιηθούν αυτές οι τρεις διαστάσεις είναι η χρήση ενός διαγράμματος το φασματογράφημα στο οποίο ο άξονας x αναπαριστά το χρόνο σε δευτερόλεπτα, ο άξονας y τη συχνότητα που μετράται σε Hz και ο τρίτος άξονας z που αναπαριστά την ένταση (Farina & Gage, 2017). Παράλληλα, η ένταση του ήχου σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και συχνότητα υποδεικνύεται από το χρώμα του φασματογραφήματος (Farina, 2014).

Ένα φασματογράφημα δημιουργείται διαιρώντας τον ήχο σε τμήματα, υπολογίζοντας το φάσμα συχνοτήτων για κάθε τμήμα και στη συνέχεια ενώνοντας τα τμήματα μαζί κατά μήκος του άξονα του χρόνου. Τα φασματογραφήματα ουσιαστικά χαρτογραφούν έναν ήχο από τις συχνότητες του, όπως ένα μουσικό έργο χαρτογραφείται σε ένα πεντάγραμμο από τις νότες του. Όπως φαίνεται στον άξονα x του φασματογραφήματος της εικόνας 7, οι συχνότητες (f) που αναπαριστούνται είναι του εύρους των 0 Hz (υποήχοι) με πάνω από 20.000 Hz (υπερήχοι). Το εύρος των συχνοτήτων ενός φασματογραφήματος θα μπορούσε να γίνει περισσότερο κατανοητό αν συγκριθεί με τα πλήκτρα ενός πιάνου και την αυξητική σχέση των συχνοτήτων από χαμηλές προς τις υψηλές.



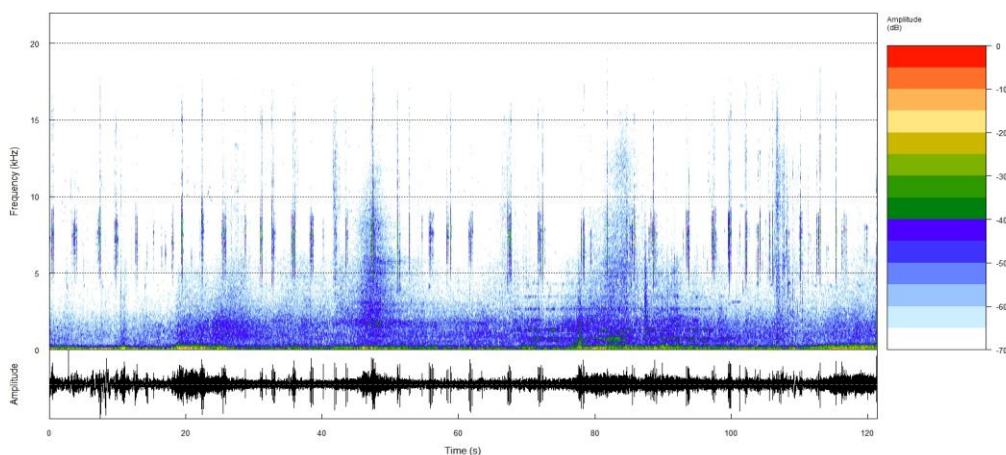
**Εικόνα 7.** Παράλληλισμός φασματογραφήματος με πλήκτρα πιάνου

Η ηχηρότητα σε ένα φασματογράφημα παρατίθεται ως ενέργεια και όχι ως αυξομείωση ατμοσφαιρικής πίεσης. Συνεπώς, η τιμή 0 σε ένα φασματογράφημα αναπαριστά την μέγιστη ηχηρότητα που εμφανίστηκε σε μια καταγραφή και όλες οι υπόλοιπες τιμές (πχ -30dB) παρατίθενται σε ευθεία αναλογία με την υψηλότερη τιμή (0 dB) χωρίς να αντιπροσωπεύονται. Στο φασματογράφημα της εικόνας 8, παρουσιάζεται μέρος του τραγουδιού ενός σπίνου (*Fringilla coelebs*). Στα δεξιά του φασματογραφήματος υπάρχει ένα υπόμνημα που αφορά την κλίμακα έντασης (amplitude). Τα χρώματα συμβολίζουν και ένα διαφορετικό εύρος decibel, το οποίο αναδεικνύει τα σημεία της ηχογράφησης όπου η ένταση είναι μεγαλύτερη.



**Εικόνα 8.** Φασματογράφημα τραγουδιού σπίνου (*Fringilla coelebs*)

Το φασματογράφημα της εικόνας 9, συμπεριλαμβάνει τη φωνή ενός κοκκινολαίμη (*Erithacus rubecula*), θόρυβο οδικής κυκλοφορίας στις χαμηλές συχνότητες, τον ήχο ενός δρομέα και τις καμπάνες της γειτονικής εκκλησίας. Ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας καλύπτει ένα τμήμα της φωνής του κοκκινολαίμη (*Erithacus rubecula*) που αναπαρίστανται με τις μεγάλοι εύρους συχνοτήτων κάθετες γραμμές, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο παρεμβολές. Είτε αυτό προκύπτει από τη βιοφωνία, τη γεωφωνία ή την ανθρωποφωνία, η συχνότητα αλληλεπικάλυψης μεταξύ του σήματος και του θορύβου δημιουργεί το φαινόμενο της ηχητικής κάλυψης (Krause 2012). Η σημασία αυτής της επίδρασης στην επικοινωνία των ζώων είναι πολύ μεγάλη. Αποτελέσματα ερευνών έχουν αποδείξει ότι η ηχητική κάλυψη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των χαρακτηριστικών των τραγουδιών των πτηνών (Brumm & Slabbekoorn, 2005; Nemeth et. al, 2013).



**Εικόνα 9.** Φασματογράφημα που συμπεριλαμβάνει τη φωνή ενός κοκκινολαίμη (*Erithacus rubecula*), θόρυβο οδικής κυκλοφορίας (συνεχόμενα στις χαμηλές συχνότητες), τον ήχο ενός δρομέα και τις καμπάνες της γειτονικής εκκλησίας. Ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας καλύπτει ένα τμήμα της φωνής του κοκκινολαίμη (*Erithacus rubecula*)

Παράλληλα, η δυσκολία αναγνώρισης και ερμηνείας ηχητικών σημάτων σε περιβάλλον θορύβου είναι κοινή και σε ανθρώπους και σε ζώα και ονομάζεται ως το πρόβλημα «κοκτέιλ πάρτι» (Bee 2008). Τέλος, στην κατηγορία των εργαλείων αντικειμενικής αξιολόγησης, ανήκουν τα λογισμικά χαρτογράφησης θορύβου όπως το CadnaA καθώς χρησιμοποιούν αποκλειστικά ποσοτικά δεδομένα.

### 2.10.2 Υποκειμενική αξιολόγηση

Το ηχοτοπίο, ή αλλιώς ο τρόπος που κάποιο άτομο αντιλαμβάνεται το ηχητικό του περιβάλλον, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την δραστηριότητα του εκείνη τη στιγμή και συνεπώς βρίσκεται σε ευθεία αναλογία με μια κατάσταση ακρόασης. Σύμφωνα με τον B. Tguax υπάρχουν τρεις καταστάσεις ακρόασης οι οποίες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο (Tguax, 1999).

Ακρόαση κατά την αναζήτηση (listening in search) ή αναλυτική ακρόαση (analytical listening). Αφορά μια ενεργή, συνειδητή δραστηριότητα (tuned in) όπου ο ακροατής “συντονίζεται” σε οτιδήποτε ακούει π.χ. επικεντρωμένος στην ακρόαση φωνοποιήσεων ορνιθοπανίδας.

Ακούγοντας σε ετοιμότητα (listening in readiness), που είναι ένας ενδιάμεσος τρόπος ακρόασης όπου η προσοχή του ακροατή είναι έτοιμη να λάβει σημαντικές πληροφορίες, χωρίς να αποβάλει οποιαδήποτε άλλη ηχητική δραστηριότητα του περιβάλλοντος π.χ. αναμονή και αναγνώριση του προσωπικού κουδουνίσματος του τηλεφώνου.

Ακρόαση στο παρασκήνιο (background listening) ή αφηρημένη ακρόαση (distracted listening), όπου ο ακροατής ασχολείται με μια άλλη δραστηριότητα, αποβάλλοντας (tuning out) άλλους ήχους του περιβάλλοντος π.χ. επίγνωση του ηχητικού περιβάλλοντος με αφηρημένο τρόπο κατά την ανάγνωση ενός βιβλίου.

Η διαδικασία της ακρόασης είναι πολυπαραγοντική και εκτός από την δραστηριότητα που επηρεάζει το αποτέλεσμα της, πολύ σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα δημογραφικά στοιχεία του ακροατή με την έννοια ότι ακόμη και η ηλικία τροποποιεί τον τρόπο ακρόασης, η χρονική στιγμή της ακρόασης, η διάρκεια της και τέλος, το τοπίο, η χρήση του και τα φυσικά χαρακτηριστικά του ίδιου του χώρου (Jennings & Cain, 2013). Η διαδικασία του ηχοπερίπατου μπορεί να ενισχύσει τη διαδικασία υποκειμενικής αξιολόγησης του ακουστικού περιβάλλοντος.

Ο ηχοπερίπατος είναι μια ευέλικτη μέθοδος ολιστικής αξιολόγησης ενός ή πολλών ηχοτοπίων. Η Hildegard Westerkamp περιγράφει τον ηχοπερίπατο (soundwalk) σε σχετικό κείμενο της το 1974, ως μια εξόρμηση με σκοπό οι περιπατητές να ακούσουν το περιβάλλον (Westerkamp, 1974). Ο ηχοπερίπατος υλοποιείται από ερευνητική ομάδα η οποία έχει ως κύριο στόχο να αφουγκραστεί το περιβάλλον και ιδιαίτερα το ηχητικό, καθώς και να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με αυτό. Είναι ένας τρόπος κατανόησης για το πώς γίνονται αντιληπτά τα ηχοτοπία από τους χρήστες τους (Davies et. al, 2013). Μαζί με τον όρο ηχοτοπίο, ο ηχοπερίπατος αποδίδεται επίσης αρχικά στον R. Murray Schafer. Ένα καλό παράδειγμα είναι ο ηχοπερίπατος που

πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα «positive soundscape project» (Davies et al., 2013) που υπογράμμισε τόσο τις αρνητικές όσο και τις θετικές ακουστικές πτυχές του Μάντσεστερ του Ηνωμένου Βασιλείου. Η πρακτική του ηχοπεριπάτου έχει αποδειχθεί πολύτιμο εργαλείο για μελέτες ηχητικού τοπίου και θα μπορούσε να ετοιμάσει το έδαφος για τον μελλοντικό σχεδιασμό ηχοτοπίων. Η ευελιξία της μεθοδολογίας του επιτρέπει νέες εμπνευσμένες αλλαγές που θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν διαφορετικούς σκοπούς σχετικά με το εύρος κάθε έρευνας. Οι κοινές πρακτικές για την υλοποίηση ηχοπεριπάτων, παρόλο που εξελίσσονται, αποτελούνται από πολλά ίδια βήματα. Συνήθως, σχεδιάζεται μια προκαθορισμένη διαδρομή που ακολουθούν οι συμμετέχοντες, χρησιμοποιώντας δομημένα ερωτηματολόγια και στάσεις σε προκαθορισμένα σημεία ελέγχου.

Οι ηχοπερίπατοι, είναι εμπειρικές μέθοδοι (Kang et al., 2016) για τον εντοπισμό συνιστωσών του ηχοτοπίου, με τη συμμετοχή άμεσα ενδιαφερομένων (Jeon & Hong, 2015). Οι ηχοπερίπατοι θεωρούνται εργαλεία στην έρευνα ηχοτοπίων και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μια μικρή ή μια μεγαλύτερη περιοχή (Radicchi, 2017). Η κύρια κινητήρια δύναμη της διαδικασίας, είναι η ακουστική αντίληψη των ατόμων, ενώ η ευέλικτη μεθοδολογία, επιτρέπει την εφαρμογή σε διάφορους διεπιστημονικούς τομείς όπως η οικολογία και ο σχεδιασμός ηχοτοπίων (Jeon et. al, 2013). Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης σχετικά με το «αποτύπωμα θορύβου - noise footprint» των ατόμων (Liu et al., 2014; Aletta, et al., 2016).

Τέλος, τα ερωτηματολόγια και οι σχετικές κοινωνιολογικές έρευνες, μπορούν να υπηρετήσουν σκοπούς ακουστικής οικολογίας. Οι κοινωνιολογικές έρευνες με ακουστικά-ηχητικά θέματα θα μπορούσαν να παρέχουν πολύτιμα δεδομένα για πολλούς σκοπούς. Παρ'όλα αυτά, η διαφοροποίηση στους στόχους τους δεν δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης σχετικά με την ακουστική ποιότητα μιας πόλης, ή τα επίπεδα έκθεσης των κατοίκων της, με αυτά μιας άλλης πόλης (Brown & Lam 1987).

### **2.11 Οπτικοποίηση και πρόβλεψη ήχου**

Ένας χάρτης θορύβου είναι μια γραφική αναπαράσταση ή αλλιώς οπτικοποίηση της κατανομής των ηχητικών επιπέδων και της διάδοσης των ηχητικών κυμάτων σε μια δεδομένη περιοχή, για μια καθορισμένη χρονική περίοδο (Ow & Ghosh, 2017). Πολυάριθμες μελέτες έχουν αναλύσει το ζήτημα του περιβαλλοντικού θορύβου μέσω της χαρτογράφησης του (Murphy & King, 2011) με βασικούς σκοπούς τη δημιουργία προτάσεων αντιμετώπισης και μείωσης ή με σκοπό την σύγκριση διαφορετικών πόλεων με διαφορετική ηχητική επιβάρυνση (Wang & Kang, 2011).

Μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας την τεχνολογία που προσφέρουν λογισμικά χαρτογράφησης όπως το λογισμικό χαρτογράφησης γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), αλλά και άλλα εξειδικευμένα λογισμικά μοντελοποίησης θορύβου παρόμοιο με το λογισμικό πρόβλεψης θορύβου CadnaA της εταιρείας Datakustic (Datakustic, 2019) που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό, την παρουσίαση, την αξιολόγηση και την πρόβλεψη του περιβαλλοντικού θορύβου. Οι

χάρτες θορύβου δημιουργούνται για να απεικονίσουν τη διάδοση μιας ή περισσότερων πηγών θορύβου σε μια αστική ή αγροτική περιοχή, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι θόρυβος που προέρχεται από την οδική κυκλοφορία.

Συνεπώς, τα λογισμικά μοντελοποίησης και χαρτογράφησης που αναφέρθηκαν, χρησιμοποιούν συγκεκριμένα δεδομένα και πληροφορίες. Οι τροποποιήσεις σχετικά με αυτές τις πληροφορίες που περιλαμβάνουν δεδομένα ροής κυκλοφορίας, σημεία στον οδικό άξονα περιορισμού ταχύτητας και δεδομένα εκπομπών θορύβου, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με τις ακουστικές συνθήκες μιας περιοχής. Η ανάλυση και η οπτικοποίηση αυτών των πληροφοριών επιτρέπει τη διεξαγωγή στρατηγικών σχεδίων σχετικά με τη μείωση του θορύβου. Επιπλέον, η συλλογή δεδομένων σχετικά με την εκπομπή θορύβου διαφορετικών τύπων οχημάτων θα μπορούσε επίσης να διαφοροποιήσει το τελικό αποτέλεσμα ενός χάρτη θορύβου. Παράλληλα, οι ηχογραφήσεις συνδυαστικά με τις δειγματοληψίες επιπέδων θορύβου σε βάθος χρόνου, μπορούν να οδηγήσουν προς μια περισσότερο λεπτομερή αξιολόγηση των ακουστικών συνθηκών μιας περιοχής, οδηγώντας έτσι σε πιο ακριβείς τεχνικές διαχείρισης.

Για τη χαρτογράφηση του θορύβου σε ένα αστικό ηχοτοπίο χρήσιμη είναι η συλλογή των παρακάτω πληροφοριών:

- Λεπτομερής χαρτογραφική απεικόνιση της εξεταζόμενης περιοχής (κτίρια, δρόμοι, βλάστηση)
- Ύψος κτιρίων και ακριβής θέση
- Ύψος διαθέσιμης βλάστησης και η ακριβής τοποθεσία
- Κατηγοριοποίηση δρόμων (αυτοκινητόδρομος, τοπική οδός)
- Τύπος επιφάνειας οδοστρώματος (ομαλή ή όχι)
- Περιορισμός ταχύτητας
- Θέση και λειτουργία των φωτεινών σηματοδοτών (πληροφορίες που συλλέγονται από τις τοπικές αρχές και την παρατήρηση του τόπου)
- Επαλήθευση της εγκυρότητας όλων των πληροφοριών που συλλέγονται μέσω της παρατήρησης πεδίου

Σε ένα μη αστικό περιβάλλον, τα περισσότερα από τα παραπάνω κριτήρια απουσιάζουν. Συνεπώς, ανάλογα με την πηγή θορύβου που θα μελετηθεί συγκεντρώνονται δεδομένα κυρίως από απευθείας μετρήσεις ηχοστάθμης.

Το ίδιο χρήσιμη με την χαρτογράφηση θορύβου είναι και η χαρτογράφηση ήχου. Τα εξαρτώμενα από την χωρική δομή του εκάστοτε οικοτόπου μοτίβα μετάδοσης ήχου, οι επιπτώσεις του θορύβου, η εκπομπή του ηχητικού σήματος και η ερμηνεία του, είναι τα βασικά επικοινωνιακά προβλήματα για τα οποία πρέπει να προσαρμοστούν τα πτηνά και ιδιαίτερα τα ωδικά πτηνά (Beckers et al., 2003) ως αποστολείς και δέκτες. Η δημιουργία ενός θεματικού ηχητικού χάρτη έχει σκοπό την ανάδειξη των ηχητικών διακυμάνσεων σε ένα ηχοτοπίο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε συμπεράσματα σχετικά με σημεία στο χώρο αυξημένης ηχητικής ποικιλίας (και



συνεπώς βιοποικιλότητας), αλλά και να αναδείξει άλλα σημεία με μειωμένη ηχητική δραστηριότητα εξαιτίας κάποιας περιβαλλοντικής πίεσης δομικής ή ηχητικής. Τα συμπεράσματα μιας προσπάθειας θεματικής χαρτογράφησης ήχου, θα πρέπει να συνοδεύονται με τις υπάρχουσες θεωρίες και υποθέσεις ανάλογα με το ερευνητικό ερώτημα της εκάστοτε έρευνας. Η τεχνική κατά την οποία μπορεί να επιτευχθεί μια τέτοιου τύπου χαρτογράφηση είναι αυτή της χωρικής παρεμβολής και πιο συγκεκριμένα της παρεμβολής ανάστροφης ζύγισης (Inverse Distance Weighting - IDW).

Η χωρική παρεμβολή (Spatial Interpolation) είναι μια παραδοσιακή γεωστατιστική λειτουργία που στοχεύει στην πρόβλεψη τιμών μεταξύ σημείων μιας τοποθεσίας (Coulbaly & Becker, 2007; Zhu et al. 2019). Μια μέθοδος χωρικής παρεμβολής είναι η παρεμβολή ανάστροφης ζύγισης (Inverse Distance Weighting - IDW).

Η συγκεκριμένη τεχνική η οποία μπορεί να υπολογιστεί σε λογισμικά χαρτογράφησης όπως το QGIS, υποθέτει ότι οι τιμές κοντινών μεταξύ τους σημείων σχετίζονται περισσότερο από ότι οι τιμές απομακρυσμένων σημείων (Inverse Distance Weighting (IDW) Interpolation - GIS Geography, 2019). Αυτή η χωρική αυτοσυσχέτιση (spatial autocorrelation) αναδεικνύει μια σχέση των τιμών μεταξύ σημείων χωρίς αυτό να προϋποθέτει αιτιότητα, με βασικό κριτήριο την μεταξύ τους απόσταση (Harvey, 2004) και την εξασθένηση κατά την απομάκρυνση από μια σημειακή στο χώρο πηγή. Παρά την έλλειψη αιτιότητας, η παρεμβολή ανάστροφης ζύγισης (IDW) μπορεί να αναδείξει τη χωρική σχέση κάποιων τιμών και να ενισχυθεί με την υπάρχουσα θεωρία. Η βασική προϋπόθεση για την συγκεκριμένη χωρική ανάλυση έχει βασιστεί στον “πρώτο νόμο της γεωγραφίας του Tobler” (Tobler’s first law of geography) και συνοψίζεται στην παρακάτω φράση (Tobler, 1970):

“τα πάντα σχετίζονται με όλα, αλλά τα κοντινά πράγματα σχετίζονται περισσότερο με τα απομακρυσμένα πράγματα”

“everything is related to everything else, but near things are more related than distant things”

Σε αντίστοιχες μελέτες ακουστικής οικολογίας και οικολογίας ηχοτοπίου χρησιμοποιήθηκαν τόσο υποκειμενικά, όσο και αντικειμενικά δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση της χώρο-χρονικής μεταβλητότητας του ηχοτοπίου της λιμνοθάλασσας Αντινάτη στην Κέρκυρα (Matsinos et al, 2008), κατέληξε στην οπτικοποίηση των τριών βασικών χαρακτηριστικών του ηχοτοπίου (ανθρωποφωνία – βιοφωνία – γεωφωνία) χρησιμοποιώντας υποκειμενικά κριτήρια από τη μεριά των παρατηρητών. Τα ποιοτικά αυτά δεδομένα οπτικοποιήθηκαν με χρήση παρόμοιας τεχνικής χωρικής παρεμβολής. Παράλληλα, αντίστοιχη τεχνική ηχητικής θεματικής χαρτογράφησης με παρόμοια αποτελέσματα, χρησιμοποιήθηκε σε έρευνα για την ίδια περιοχή μελέτης, αναδεικνύοντας όμως την επιρροή του θορύβου υποβάθρου σε σχέση με τους ήχους προσκηνίου (Mazaris et al, 2009). Ο συγκεκριμένος θεματικός χάρτης, παρουσίασε τα αποτελέσματα της υπό μελέτη ηχητικής διαφοροποίησης

χρησιμοποιώντας ζώνες (buffer zones), που ουσιαστικά ήταν ομόκεντροι κύκλοι τοποθετημένοι στα σημεία δειγματοληψίας. Η διάμετρος τους, ορίστηκε σύμφωνα με μια υποκειμενική κλίμακα που αφορούσε την ηχηρότητα των ήχων υποβάθρου και προσκηνίου σύμφωνα με την αντίληψη του παρατηρητή.

Οι θεματικοί ηχητικοί χάρτες μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας ποσοτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν στο πεδίο έρευνας και όχι με υποκειμενικά δεδομένα που αφορούν την αντίληψη. Η συγκεκριμένη τεχνική χαρτογράφησης συχνά παραλείπει τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του τοπίου όπως το υψόμετρο και άλλα φυσικά εμπόδια (πχ κορμοί δέντρων) που παίζουν ρόλο στον τρόπο μετάδοσης του ήχου. Παρόλα αυτά, από τη στιγμή που τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι αποτελέσματα πεδίου, οι πληροφορίες που μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα είναι ήδη ενσωματωμένες. Συνεπώς, η προσπάθεια αυτή αφορά την απεικόνιση της υφιστάμενης κατάστασης των συγκεκριμένων ηχοτοπίων και όχι την μοντελοποίηση – πρόβλεψη ηχητικών διακυμάνσεων.

Τα σημεία στο χώρο που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία των χαρτών ήχου, είναι τα σημεία δειγματοληψίας και οι τιμές, τα αποτελέσματα των ακουστικών δεικτών βιοποικιλότητας. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες λογισμικών γεωπληροφορικών συστημάτων (GIS), μπορεί να δημιουργηθεί νέα στήλη δεδομένων στους πίνακες ιδιοτήτων (attribute table), που αφορούν τα αποτελέσματα των ακουστικών δεικτών βιοποικιλότητας (ACI, ADI κτλ).

Ένα πολύ ισχυρό εργαλείο διαχείρισης θορύβου είναι η πρόβλεψη του μέσω της μοντελοποίησης θορύβου. Η μοντελοποίηση θορύβου είναι ένας τρόπος σύνδεσης της θεωρίας με τον πειραματικό σχεδιασμό προκειμένου να διεξαχθεί μια έρευνα απλουστεύοντας με αυτό τον τρόπο μια πραγματική κατάσταση και να καταστεί δυνατή η ανάπτυξη και η δοκιμή προβλέψεων. Τα μοντέλα ξεκινούν με μια μικρή ποσότητα δεδομένων για να δημιουργήσουν σταδιακά μια καλύτερη αναπαράσταση των φαινομένων που προσπαθούν να εξηγήσουν. Τα περιβαλλοντικά μοντέλα παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των περιβαλλοντικών συστημάτων και στην αντιμετώπιση διαφόρων πιέσεων (Hamilton et al., 2019). Η ακρίβεια ενός περιβαλλοντικού μοντέλου, ειδικά στην περίπτωση της μοντελοποίησης θορύβου, εξαρτάται τόσο από τα διαθέσιμα δεδομένα, όσο και από την ευελιξία του μοντέλου, προκειμένου να είναι εφικτή η αναγνώριση, η ταξινόμηση και η ενσωμάτωση των νέων δεδομένων (Gao et al., 2019).

### **2.11.1 Μοντελοποίηση θορύβου**

Τα μοντέλα θορύβου οδικής κυκλοφορίας αναπτύχθηκαν με γνώμονα την διαφορετικότητα και την τυχαιότητα των συνθηκών σε ποικιλία αστικών συγκροτημάτων. Η τυχαιότητα αυτή αναφέρεται στα διαφορετικά επίπεδα θορύβου που μπορεί να προκύψουν εξαιτίας του διαφορετικού τύπου δρόμων, οχημάτων, της ταχύτητας τους, την ποιότητα του εδάφους, την μορφή των προσόψεων των κτιρίων που αντανακλά ο ήχος, την ποιότητα των ελαστικών και των ατμοσφαιρικών συνθηκών. Οι δείκτες θορύβου, που είναι μια στατιστική που συνοψίζει μια πτυχή της

κατανομής της ακουστικής ενέργειας, αναπτύσσονται προκειμένου να παρέχουν μια εκτίμηση του θορύβου σε ορισμένες περιπτώσεις και συγκεκριμένες συνθήκες. Η έννοια του θορύβου δεν συμπίπτει πάντα με τις ψυχοακουστικές πτυχές της αντίληψης του ήχου (ανεπιθύμητος ήχος), αλλά αφορά όλες τις σταθερές εκπομπές ήχου από άποψη χρόνου και συχνότητας.

Μια κοινή πηγή θορύβου είναι ο θόρυβος της οδικής κυκλοφορίας και ένας από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους δείκτες θορύβου για την αξιολόγηση του θορύβου κίνησης, είναι ο δείκτης στάθμης θορύβου ημέρας - βραδιού - νύχτας (Lden). Ο συγκεκριμένος δείκτης περιγράφει τα επίπεδα θορύβου για διάστημα 24 ωρών και βασίζεται στο ενεργειακό ισοδύναμο επίπεδο θορύβου (Leq). Μια κοινή προϋπόθεση των μοντέλων θορύβου οδικής κυκλοφορίας που χρησιμοποιούν τον δείκτη Leq είναι η υπόθεση ότι η οδική κυκλοφορία συνίσταται από την κίνηση διακριτών οχημάτων και ότι ο θόρυβος κυκλοφορίας είναι το άθροισμα των ατομικών εκπομπών θορύβου (Suthanaya, 2015).

Τα περισσότερα από τα δεδομένα που απαιτούνται για την επιτυχημένη πρόβλεψη θορύβου οδικής κυκλοφορίας, έχουν τρισδιάστατα χωρικά χαρακτηριστικά. Η εύκολη διαχείριση και οπτικοποίηση αυτών των τρισδιάστατων χωρικών δεδομένων είναι σημαντική για τους πολεοδόμους και τους μηχανικούς καθώς τους προσφέρουν την δυνατότητα διαδραστικής τροποποίησης των σχεδίων τους για ιδανικά αποτελέσματα (Li et al., 2002).

Οι πηγές ηχορύπανσης στις αστικές περιοχές μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ομάδες, τις σταθερές πηγές και τις κινητές πηγές. Οι στατικές πηγές περιλαμβάνουν βιομηχανικές, κατασκευαστικές εγκαταστάσεις, εμπορικές, οικιακές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις, ενώ οι κινητές πηγές περιλαμβάνουν κυρίως χερσαίες και αεροπορικές μεταφορές (Quiñones-Bolaños et al., 2016). Επομένως, είναι απαραίτητη μια συνεχής εξέλιξη των μοντέλων θορύβου κίνησης για να ληφθούν υπόψη όχι μόνο τα αυτοκίνητα αλλά και τα βαρέα οχήματα αλλά και οι μοτοσυκλέτες. Επιπλέον, καθώς εξελίσσεται η τεχνολογία και εμφανίζονται νέες μορφές κινητών πηγών θορύβου όπως ο ήχος των drones θα πρέπει να υπάρχει μια ευελιξία έτσι ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν στην μοντελοποίηση θορύβου.

Υπάρχουν πολλά επιτυχημένα μοντέλα θορύβου που χρησιμοποιούνται ευρέως για αρκετές περιπτώσεις. Το μοντέλο TRAffic Noise EXPosure (TRANEX) είναι ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και την πρόβλεψη πηγών θορύβου που σχετίζονται με την οδική κυκλοφορία (Gulliver et al., 2015). Ένα άλλο μοντέλο που σχετίζεται με την κυκλοφορία θορύβου είναι το "Calculation of Road Traffic Noise" (CORTN) (Givargis & Mahmoodi, 2008) που λαμβάνει υπόψη την προσαρμογή της ροής της κυκλοφορίας, την κλίση του δρόμου, τον τύπο οδοστρώματος, την απόσταση των οχημάτων μεταξύ τους, καθώς και την γωνία ανάκλασης των ηχητικών κυμάτων στα δομικά χαρακτηριστικά του τοπίου.

Επιπλέον, το σκανδιναβικό μοντέλο πρόβλεψης (Nordic prediction model) του θορύβου οδικής κυκλοφορίας (Chang et al., 2012) επίσης γνωστό και ως NORD2000 εφαρμόζει μια νέα μεθοδολογική προσέγγιση δομικών στοιχείων για την πρόβλεψη των επιπτώσεων της διάθλασης στα επίπεδα του θορύβου. Κάθε μοντέλο που αναπτύχθηκε χρησιμοποιεί υποθέσεις που σχετίζονται με τις συνθήκες και τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης περίπτωσης. Η μέθοδος NORD2000 αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας πέντε παραδοχές: η επιφάνεια του δρόμου είναι στεγνή και χωρίς χιόνι ή πάγο, οι καιρικές συνθήκες είναι ομαλές, η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη από 2 m/s, δεν υπάρχει αντανάκλαση από προσόψεις όταν η πηγή θορύβου είναι μπροστά από ένα κτίριο, η απόσταση είναι μικρότερη από 300 μέτρα από τον δρόμο και τέλος η αλληλεπίδραση των ελαστικών με το δρόμο δεν λαμβάνεται υπόψη. Η αλληλεπίδραση λόγω της θερμοκρασίας αγνοείται. Υπό αυτές τις τυπικές συνθήκες, αυτή η μέθοδος μπορεί να υπολογίσει το ισοδύναμο σταθμισμένο επίπεδο ήχου ( $L_{eq}$ ) σε ντεσιμπέλ (dB) για μια χρονική περίοδο. Ωστόσο, η μέθοδος πρόβλεψης NORD2000 δεν λαμβάνει υπόψη τα επίπεδα θορύβου που εκπέμπονται από τα δίκυκλα οχήματα.

Μια προσπάθεια μοντελοποίησης θορύβου που οδηγεί σε χάρτες θορύβου είναι το μοντέλο θορύβου CNOSSOS-EU. Ο κύριος στόχος της διαδικασίας CNOSSOS-EE είναι η ανάπτυξη ενός κατανοητού μεθοδολογικού πλαισίου για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού θορύβου και των επιπτώσεών του στην ανθρώπινη υγεία, επιτρέποντας συνεπή και ακριβή αναφορά στρατηγικών χαρτών θορύβου (Kerhalopoulos et. al, 2014).

Λογισμικά παρόμοια με το CadnaA και το SoundPLAN θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη μοντελοποίηση, την πρόβλεψη και την απεικόνιση συμβάντων θορύβου από διάφορες πηγές χρησιμοποιώντας διάφορα δεδομένα. Οι προβλέψεις θορύβου μπορούν να είναι χρήσιμες σε τρεις περιπτώσεις. Πρώτον, σε μια προτεινόμενη εγκατάσταση ή μια επερχόμενη κατάσταση που συνεπάγεται υπερβολική παραγωγή ήχου και συνεπώς ο παραγόμενος θόρυβος πρέπει να ποσοτικοποιηθεί εκ των προτέρων. Δεύτερον, σε μια υπάρχουσα εγκατάσταση όπου πρέπει να αναθεωρηθεί η αποτελεσματικότητα διαφόρων τεχνικών ελέγχου θορύβου. Τέλος, απαιτούνται προβλέψεις θορύβου σε μια υπάρχουσα εγκατάσταση όπου προτείνονται αλλαγές στις λειτουργίες της.

## **2.12 Οικολογία των πόλεων, Οικολογία στις πόλεις και Ακουστική Οικολογία**

Μπορεί να μην υπάρχει ένας ενιαίος ορισμός για τον όρο “αστικό”, αλλά όλοι οι διαθέσιμοι αναδεικνύουν κάποια πτυχή του αστικού φαινομένου (Wu, 2014). Οι αστικές περιοχές είναι συνθετικά οικοσυστήματα που συμπεριλαμβάνουν τόσο φυσικά όσο και ανθρωπογενή στοιχεία (Gaston, 2010). Το αστικό φαινόμενο έχει διαφορετικές ερμηνείες. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει το πλήρες εύρος της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με το περιβάλλον προκειμένου να καθοδηγήσει δράσεις όπως ο αστικός σχεδιασμός. Οι κυβερνητικές υπηρεσίες και οι μεμονωμένοι ερευνητές, που ανέδειξαν κάποιο ορισμό για το αστικό φαινόμενο,

βασίστηκαν κατά κύριο λόγο στο συνολικό μέγεθος του πληθυσμού, την πυκνότητα πληθυσμού και την αδιαπέραστη επιφάνεια του εδάφους ή τα δομημένα χαρακτηριστικά (Wu, 2014).

Ο κλάδος που ενσωματώνει την πολυδιάστατη έννοια του αστικού φαινομένου είναι η αστική οικολογία, η οποία χωρίζεται στα ενδιαφέροντα της οικολογίας του ανθρώπου και της κοινωνιολογίας και σε αυτό της επιστήμης της οικολογίας (Wu, 2014). Στο πλαίσιο της κοινωνιολογικής προσέγγισης, η αστική οικολογία έχει οριστεί ως “η μελέτη των σχέσεων του ανθρώπου με το αστικό περιβάλλον”, ορισμός που ουσιαστικά αφορά την οικολογία του ανθρώπου. Παράλληλα, η όλο και αυξανόμενη ανησυχία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της αστικοποίησης ενέπλεξε επιστήμονες της οικολογίας στον κλάδο της αστικής οικολογίας (Pickett & Cadenasso, 2007; Wu, 2008), καθιστώντας τον κλάδο διεπιστημονικό.

Οι διεπιστημονικότητα αυτή έχει προσδιορίσει τις δυο προοπτικές που αφορούν την αστική οικολογία, την “οικολογία των πόλεων” και την “οικολογία στις πόλεις” (Grimm et al., 2000). Η οικολογία στις πόλεις, εστιάζει κυρίως στους μη ανθρώπινους οργανισμούς στο αστικό περιβάλλον, ενώ η οικολογία των πόλεων εκλαμβάνει ολόκληρη την πόλη ως ένα οικοσύστημα (McPhearson et al., 2016).

Τα αστικά οικοσυστήματα μπορούν να χαρακτηριστούν με τρεις τρόπους α) ο βióτοπος των εξαρτημένων από αυτόν αστικών ανθρώπων, τα κατοικίδια τους, τα φυτά, τα προσαρμοσμένα ζώα και οργανισμοί (πουλιά, μύκητες κ.λπ.) και τα παράσιτα (αρουραίοι, διάφορα έντομα κ.λπ.), β) το άμεσο σύστημα υποστήριξης της αστικής ζωής της αστικής περιοχής και των περιχώρων της, παρέχοντας οικοσυστημικές υπηρεσίες όπως παροχή νερού και γ) οι περιοχές που επηρεάζονται από την αστικοποίηση ως κινητήρια δύναμη στηρίζοντας ζωή σε αστικές περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των προμηθειών τροφίμων, ενέργειας, νερού και υλικών, καθώς και εκείνων των περιοχών που επηρεάζονται από τις εκπομπές και τη ροή αποβλήτων από αστικές περιοχές (Douglas et al., 2010).

Ωστόσο, οι σύγχρονες μεσογειακές πόλεις με τον πυκνό αστικό ιστό, ακολουθώντας το μοντέλο αστικής ανάπτυξης, δεν κατάφεραν να προσφέρουν κατάλληλους ανοιχτούς χώρους, πλατείες και χώρους πρασίνου.

Η πτώση της περιβαλλοντικής ποιότητας των αστικών περιοχών αποτελεί επί του παρόντος πραγματική πρόκληση, λόγω της ρύπανσης, μη βιώσιμης ανάπτυξης και μη προγραμματισμένης ανάπτυξης που είναι η αιτία ταχείας αλλαγής τόσο του τοπίου όσο και του ακουστικού περιβάλλοντος μιας πόλης (Brueckner et al., 2011) με παραγόμενο το υπό-προϊόν του θορύβου.

Η αστική μορφολογία είναι εξαιρετικά σημαντική για τη ρύθμιση του περιβαλλοντικού θορύβου, καθώς η διάδοση του, επηρεάζεται ουσιαστικά από τη μορφή των αστικών οικισμών (Ismail, 2014). Η διαρρύθμιση και το σχήμα των κτιρίων, μαζί με τα μη κανονικά δομικά χαρακτηριστικά τους, μπορούν να επιδιδώσουν την κατάσταση όσον αφορά την εξάπλωση του θορύβου, ή ακόμη και να

επιτρέψουν την εξασθένιση του (Han et al., 2018). Η συμβιωτική σχέση της αστικής ησυχίας με τις αστικές περιοχές πρασίνου είναι αναντίρρητη, τονίζοντας την ισχυρή σχέση μεταξύ ησυχίας και βιοποικιλότητας (Matsinos et al., 2017; Tsaligopoulos et al., 2018). Οι αστικές περιοχές πρασίνου παρέχουν οικοσυστημικές υπηρεσίες στους κατοίκους των πόλεων με πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη (Kabisch, 2014). Μερικά από τα οφέλη που αποδίδονται στις αστικές πράσινες περιοχές (Rey Gozalo et al., 2018) είναι το φιλτράρισμα του αέρα, η βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών, η δημιουργία ψυχαγωγικών και πολιτιστικών αξιών, οι υδρολογικές υπηρεσίες, ο εμπλουτισμός της βιοποικιλότητας (Bolund & Hunhammar, 2008). Η παρουσία χώρων πρασίνου σε αστικούς οικισμούς μπορεί επίσης να προστατεύσει τους κατοίκους της από περιβαλλοντικό θόρυβο (Chiesura, 2004). Οι πράσινες στέγες και οι κατακόρυφοι πράσινοι τοίχοι παρουσιάζουν ένα σημαντικό αποτέλεσμα μείωσης του θορύβου (Azkorga et al., 2015), αλλά η οικολογική έρευνα σε αυτό το ζήτημα είναι απολύτως απαραίτητη. Επιπλέον, πολλά χαρακτηριστικά των αστικών πράσινων περιοχών περιέχουν δυνατότητες προσαρμογής (Govindarajulu, 2014), όπως προσβασιμότητα, ποσότητα και ποιότητα. Το αστικό πράσινο είναι ένα ουσιαστικό καταφύγιο για τη βιοποικιλότητα (Fuller & Gaston, 2009), δεδομένης της υποβάθμισης των αγροτικών οικοτόπων που προκαλούνται από μη βιώσιμες γεωργικές πρακτικές (Goddard et al., 2010; Tsaligopoulos et al., 2019).

#### **2.12.1 Το αστικό ηχητικό παλίμψηστο**

Οι γεωγράφοι και οι αρχαιολόγοι αναφέρουν τα λεγόμενα παλίμψηστα, αναφερόμενοι στις τοποθεσίες όπου μορφές γης διαφορετικών γεωλογικών εποχών διαμορφώνουν έναν σύγχρονο χώρο (Bailey, 2007). Υπό το πρίσμα αυτό, οι πόλεις είναι πολυστρωματικές και επομένως τα φυσικά στοιχεία του παρελθόντος καλύπτονται από σύγχρονες αστικές δομές (Turgut, 2021).

Το παλίμψηστο ορίζεται ως το χειρόγραφο στο οποίο παλαιότερο κείμενο έχει διαγραφεί εν μέρει προκειμένου να τοποθετηθούν νέα επίπεδα κειμένου. Με την πάροδο του χρόνου και με την εφαρμογή στρώματος, τα προηγούμενα κείμενα μπορούν ακόμα να αναγνωριστούν (Colmenares-Roa et al., 2021). Ο όρος παλίμψηστο έχει χρησιμοποιηθεί ως μεταφορά σε πολλές περιπτώσεις (West 2020).

Μια πόλη θυμίζει περγαμηνή, μεταμορφωμένη από τη δράση της φύσης και του ανθρώπου. Η πόλη εμφανίζεται ως ένα παλίμψηστο παρεμβάσεων πάσης φύσεως. Τα στρώματα που εμφανίζονται σήμερα, υπερτιθέμενα στον αστικό ιστό, αντιπροσωπεύουν για την κοινωνία μας μια κληρονομιά που δεν πρέπει να αφαιρεθεί, αλλά να αναγνωριστεί και να ενισχυθεί.

Όπως προαναφέρθηκε, ο όρος ηχόσημο (soundmark) που εισήγαγε ο M. Schaffer (Schaffer, 1977) σε ευθεία αναλογία με το τοπόσημο αναφέρεται στους πολιτισμικά σημαντικούς ήχους ενός τόπου, όπως η καμπάνες μιας εκκλησίας ή το ρολόι σε μια κεντρική πλατεία μιας πόλης (Fowler, 2013). Τα ηχητικά σήματα, όπως τα ορόσημα, είναι "εικονικά" και σχετίζονται άμεσα με ένα μέρος. Επιπλέον, θεωρούνται ζωτικής σημασίας στην περιγραφή του ηχητικού τοπίου (Oldoni et al., 2015). Εκτός από τα

ηχώσημα, υπάρχουν και άλλα σημαντικά ηχητικά σήματα (Schafer et al., 1993) βιολογικής, γεωφυσικής και ανθρωπογενούς σε ένα αστικό περιβάλλον. Ο Bernie Krause (Krause, 2012) σημείωσε ότι για να λειτουργεί μια ορχήστρα, κάθε όργανο πρέπει να έχει τη δική του μοναδική φωνή-θέση. Ομοίως, για να λειτουργήσει ένα ακουστικό περιβάλλον, όλα τα ηχητικά σήματα βιολογικής, γεωφυσικής και ανθρωπογενούς προέλευσης χρειάζονται τη δική τους μοναδική θέση. Κάθε οργανισμός έχει τη δική του ηχητική θέση ή θώκο στο φάσμα συχνοτήτων που δεν καταλαμβάνεται από κάποιον άλλο τη συγκεκριμένη στιγμή (Henry, 2010). Η υπόθεση του ηχητικού θώκου υποστηρίζει ότι κάθε είδος εξελίσσεται για να δημιουργήσει και να διατηρήσει το δικό του ακουστικό εύρος ζώνης, έτσι ώστε η φωνή του να μην καλύπτεται (Krause, 2015).

Τα αυξημένα επίπεδα θορύβου των αστικών περιβαλλόντων εμποδίζουν την ακρόαση των ηχώσημων (Fowler, 2013; Truax, 2001), καταλαμβάνοντας την ακουστική θέση των ηχητικών σημάτων, με αποτέλεσμα την αλλαγή της ακουστικής ταυτότητας ενός τόπου σε μια πόλη. Σήμερα, τα αστικά τοπία και συνεπώς τα ηχητικά τοπία αποτελούνται από στρώματα δομικών και ηχητικών πληροφοριών. Η απόδειξη αυτής της γεωλογικής και ακουστικής διαστρωμάτωσης είναι η εκτίμηση ιστορικών τοπόσημων που υπάρχουν σε υψόμετρο κάτω από το επίπεδο του δρόμου (Korkontzila et al., 2020), δημιουργώντας με έναν αλληγορικό τρόπο, ένα ηχητικό παλίμψηστο.

Μια αναλογία μπορεί να διαμορφωθεί χρησιμοποιώντας τον όρο παλίμψηστο, που επινοείται από το γεγονός ότι τα ηχώσημα και τα ηχητικά σήματα καλύπτονται από θόρυβο (Bee, 2007). Αυτό το φαινόμενο μπορεί να περιγραφεί ως αστικό ακουστικό παλίμψηστο στο χρόνο, στο χώρο (Fishenden et al., 2017) και στο φάσμα. Ένα φασματογράφημα θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια οπτική αναπαράσταση ενός ακουστικού παλίμψηστου. Τα φασματογραφήματα διαιρούνται με ζώνες συχνοτήτων (Villanueva-Rivera et al., 2011) και το καθένα μπορεί να παρομοιαστεί με ένα διαφορετικό επίπεδο εδάφους.

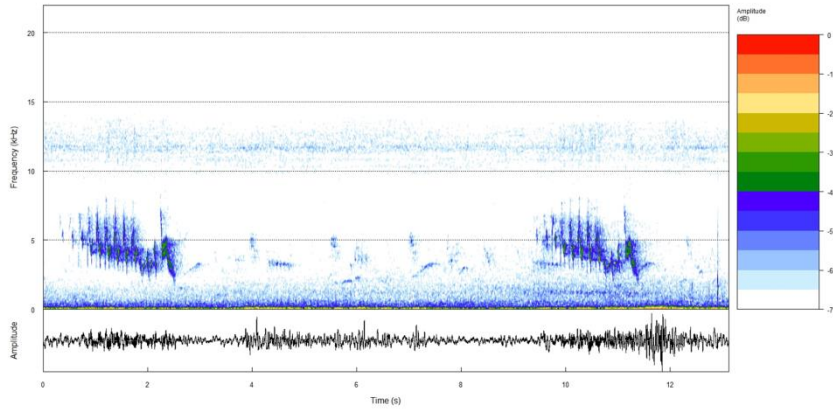
Με την απεμπλοκή του φάσματος χαμηλότερων συχνοτήτων σε ένα ακουστικό περιβάλλον που συνήθως καταλαμβάνεται από θόρυβο οδικής κυκλοφορίας, θα διατίθενται επιπλέον ηχητικές θέσεις-θώκοι. Ως αποτέλεσμα, το ακουστικό περιβάλλον θα εμπλουτιστεί, προσφέροντας πολλά οφέλη τόσο στην αποκατάσταση της πολιτιστικής όσο και της φυσικής κληρονομιάς.

Ένα φασματογράφημα θα μπορούσε να θεωρηθεί ως η οπτική αναπαράσταση ενός ακουστικού παλίμψηστου. Τα φασματογραφήματα χωρίζονται σε ζώνες (μπάντες) συχνοτήτων (Villanueva-Rivera et al., 2011) και η κάθε μια μπορεί να συσχετιστεί με μια διαφορετική στρώση εδάφους. Για να γίνει καλύτερα κατανοητή η παραπάνω παρομοίωση πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα. Χρησιμοποιώντας τη φορητή ψηφιακή συσκευή εγγραφής υψηλής ανάλυσης Tascam DR-2d, πραγματοποιήθηκαν ηχογραφήσεις και δημιουργήθηκαν φασματογραφήματα. Η εικόνα 10 περιέχει τα φασματογραφήματα ενός βιοφωνικού ηχητικού σήματος (Εικόνα 10α), ένα ενός

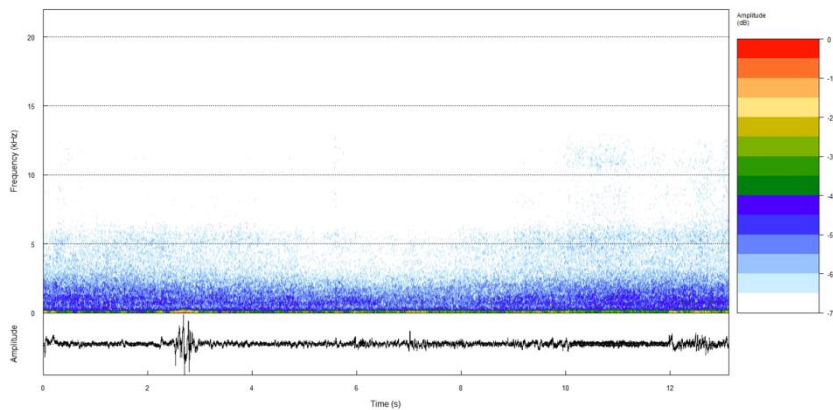
ανθρωπογενούς (Εικόνα 10β) και το φασματογράφημα της ταυτόχρονης μετάδοσης και των δύο σημάτων (Εικόνα 10c). Η εικόνα 1a παρουσιάζει το φασματογράφημα ενός τραγουδιού του σπίνου (*Fringilla coelebs*).

Οι δύο κύριες συλλαβές που διαμορφώνουν το μοτίβο του τραγουδιού (Mooney, 2009), καταλαμβάνουν ένα εύρος συχνοτήτων 2-7 kHz. Επιπλέον, στην εικόνα 1b το φασματογράφημα μιας ηχογράφησης θορύβου οδικής κυκλοφορίας φαίνεται να καταλαμβάνει ένα εύρος 0-6 kHz. Τέλος, η εικόνα 10c παρουσιάζει το φασματογράφημα της ταυτόχρονης μετάδοσής τους. Η παρεμπόδιση του τραγουδιού του σπίνου λόγω της ακουστικής κάλυψης που προκαλείται από το θόρυβο οδικής κυκλοφορίας είναι ορατή. Επιπλέον, τα ηχητικά σήματα μεταξύ των συλλαβών του τραγουδιού δεν είναι ορατά στην εικόνα 10c. Οι παραπάνω πληροφορίες αναδεικνύουν την ακουστική διαστρωμάτωση που υπάρχει σε ένα ακουστικό περιβάλλον.

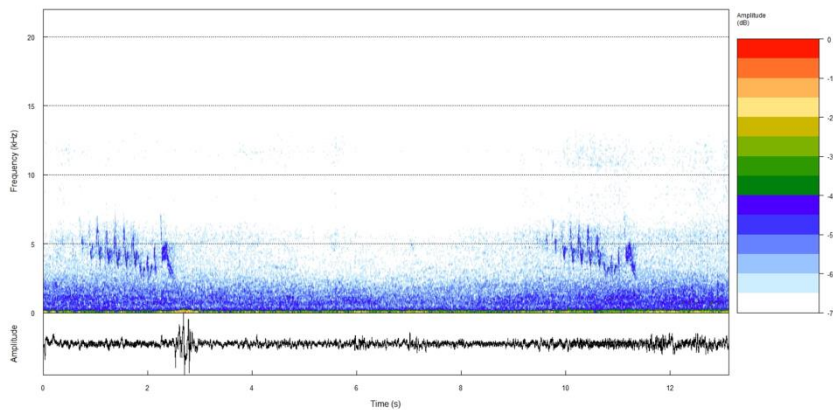




(1a)



(1b)



(1c)

**Εικόνα 10.** Παράδειγμα ακουστικού παλίμψηστου. Με τη βοήθεια του λογισμικού R stats v. 3.1.3, οι ηχογραφήσεις αναλύθηκαν και δημιουργήθηκαν φασματογραφήματα

Η εικόνα 10c παρουσιάζεται ως αποτέλεσμα των εικόνων 10a και 10b. Ωστόσο, η εικόνα 10 μπορεί να προβληθεί αντίστροφα. Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι ο θόρυβος της οδικής κυκλοφορίας είναι η πιο κοινή πηγή ρύπανσης και ενόχλησης (Di et al., 2019) σε αστικό περιβάλλον που συνήθως καταλαμβάνει τις ζώνες χαμηλότερης συχνότητας (Myllyntausta et al., 2020; Xu et al., 2020). Αφαιρώντας την εικόνα 1b από την εικόνα 1c, ή αλλιώς αφαιρώντας αυτό το στρώμα του ακουστικού

παλίμψηστου, αποκαλύπτονται περισσότερες πληροφορίες στο κάτω μέρος του φασματογραφήματος.

Με την απεμπλοκή του φάσματος χαμηλότερης συχνότητας σε ένα ακουστικό περιβάλλον που συνήθως καταλαμβάνεται από θόρυβο οδικής κυκλοφορίας, θα διατίθενται επιπλέον ηχητικές θέσεις. Ως αποτέλεσμα, το ακουστικό περιβάλλον θα εμπλουτιστεί προσφέροντας πολλά οφέλη τόσο στην αποκατάσταση της πολιτιστικής όσο και της φυσικής κληρονομιάς.

Ένα άλλο ζήτημα ύψιστης σημασίας είναι η βιολογική (Adami, 2000) και η πολιτιστική πολυπλοκότητα (Chick, 1997) που ακόμη και από ένα ακουστικό πρίσμα, είναι ζωτικής σημασίας τόσο για ένα υγιές περιβάλλον, όσο και για ένα πολιτιστικά πλούσιο περιβάλλον. Όσον αφορά τη βιολογική πολυπλοκότητα, οι εξελίξεις στον τομέα της οικοακουστικής (Pieretti et al., 2014) παρείχαν τα απαραίτητα εργαλεία αξιολόγησης.

Όσον αφορά την πολιτιστική πολυπλοκότητα, ανθρωπολογική έρευνα θα μπορούσε να βοηθήσει τη διαδικασία αξιολόγησής της. Τα δημογραφικά αποτελέσματα που αφορούν την πολιτιστική πολυπλοκότητα είναι καλά τεκμηριωμένα. Ένας μικρότερος πληθυσμός, που σημαίνει μειωμένος αριθμός ατόμων που είναι σε θέση να αλληλεπιδράσουν, αντιμετωπίζει απώλεια πολιτιστικής πολυπλοκότητας (Acerbi et al., 2017). Η απώλεια συνδεσιμότητας (Tsaligopoulos et al., 2019) σε ένα αστικό περιβάλλον μπορεί να είναι η αιτία της απομόνωσης σε ένα ακουστικά ομογενοποιημένο, μονότονο (un-eventful) ακουστικό περιβάλλον. Η προαναφερθείσα ομογενοποίηση μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της κατάληψης του φάσματος χαμηλότερων συχνοτήτων λόγω θορύβου που εκπέμπεται από την οδική κυκλοφορία. Η βιολογική ποικιλομορφία και η πολιτιστική ποικιλομορφία αλληλοσυνδέονται και κοινοποιούνται ως βιο-πολιτισμική πολυμορφία (Bridgewater & Rotherham, 2019). Η βιο-πολιτισμική ομογενοποίηση αποτελεί απειλή και η ανάγκη για βιο-πολιτισμική διατήρηση όσον αφορά την κοινωνικό-περιβαλλοντική δικαιοσύνη είναι αναμφισβήτητη (Rozzi et al., 2018).

Ένα σημαντικό ζήτημα στον αστικό ιστό για τη βελτίωση του ακουστικού περιβάλλοντος και όχι μόνο, είναι η οικολογική συνδεσιμότητα. Η βασική υπόθεση της οικολογικής συνδεσιμότητας (Tsaligopoulos et al., 2019) στο αστικό περιβάλλον είναι η αντίληψη των αστικών περιοχών όχι ως ανεξάρτητες μονάδες, αλλά ως αποσυνδεδεμένα κατατμήματα που χρειάζονται επανασύνδεση (LaPoint et al., 2015). Αυτό επίσης ισχύει ως μία από τις βασικές αρχές της έννοιας των πράσινων υποδομών. Ο πράσινος σχεδιασμός υποδομών περιλαμβάνει τις φυσικές-δομικές και λειτουργικές συνδέσεις μεταξύ χώρων πρασίνου σε διαφορετικές κλίμακες και από διαφορετικές οπτικές γωνίες (Hansen & Pauleit, 2014).

#### **2.12.2 Ο θόρυβος ως μη φυσικό φράγμα που εμποδίζει την οικολογική σύνδεση**

Σε παγκόσμιο επίπεδο, περισσότεροι άνθρωποι ζουν σε αστικές περιοχές παρά σε αγροτικές (Wu, 2008). Σύμφωνα με τη Διεύθυνση Πληθυσμού του Υπουργείου Οικονομικών και Κοινωνικών Υποθέσεων της Γραμματείας των Ηνωμένων Εθνών,

το 2007, για πρώτη φορά στην ιστορία ο παγκόσμιος αστικός πληθυσμός υπερέβη τον παγκόσμιο αγροτικό πληθυσμό και στη συνέχεια παρέμεινε κυρίως αστικός. Η διαδικασία της παγκόσμιας αστικοποίησης που έχει προχωρήσει γρήγορα τα τελευταία εξήντα χρόνια, δεν επηρεάζει μόνο τον ανθρώπινο πληθυσμό αλλά και τα άγρια ζώα με διάφορους τρόπους. Το 1950, περισσότερα από τα δύο τρίτα (70%) των ανθρώπων παγκοσμίως ζούσαν σε αγροτικούς οικισμούς και λιγότερο από το ένα τρίτο (30%) σε αστικούς. Μέχρι το 2014, το ποσοστό του παγκόσμιου αστικού πληθυσμού είχε φτάσει το 54%. Η παγκόσμια αστικοποίηση αναμένεται να συνεχιστεί σύμφωνα με την αναθεώρηση του 2014 του World Urbanization Prospect (United Nations Secretariat, 2015). Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις, ο κόσμος έως το 2050 θα είναι κατά 34% ύπαιθρος και κατά 66 % αστικοποιημένος.

Παράλληλα, νέες έρευνες έχουν αναδείξει πως η μείωση της ποιότητας των αγροτικών ενδιαιτημάτων λόγω της εντατικοποίησης της γεωργίας, καθιστά τους αστικούς χώρους πρασίνου ως και ολοένα σημαντικότερα “καταφύγια” για τη βιοποικιλότητα (Goddard et al, 2010). Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των πράσινων περιοχών που προσφέρουν δυνατότητες προσαρμογής (Govindarajulu, 2014) είναι η ποσότητα, η ποιότητα, η συνδεσιμότητα και η προσβασιμότητα. Αναρίθμητες έρευνες έχουν καταλήξει πως η ύπαρξη πράσινων περιοχών σε ένα αστικό συγκρότημα μπορεί να προστατεύσει τους κατοίκους του από τον περιβαλλοντικό θόρυβο (Chiesura, 2004).

Αναντίρρητα σημαντική, είναι η συνδεσιμότητα των αστικών χώρων πρασίνου όσον αφορά τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, ενώ η ύπαρξη οικολογικών διαδρόμων μπορεί να μειώσει τις επιπτώσεις της απόστασης και της απομόνωσης. Ο βαθμός της οικολογικής συνδεσιμότητας ενός ανθρωπογενώς τροποποιημένου τοπίου, επηρεάζει τη βιωσιμότητα των πληθυσμών στα κατακερματισμένα ενδιαιτήματα και διαφέρει τόσο σε δομικό, όσο και σε λειτουργικό επίπεδο (La Point et al, 2015).

Οι κινήσεις των οργανισμών πραγματοποιούνται σε μια ευρεία χωροχρονική κλίμακα, που εκτείνεται από ετήσιες μεταναστεύσεις, σε καθημερινές μικρο κινήσεις εντός επικράτειας, τόσο σε αστικά, όσο και σε αγροτικά τοπία (Robinson and Holmes, 1982; Cabrera-Cruz et al, 2017). Η ικανότητα των οργανισμών για μετακίνηση μεταξύ σημείων, ακόμη και σε ένα αστικό περιβάλλον, είναι γεγονός υψηλής οικολογικής σημασίας (Yu et al, 2012). Ορισμένοι οργανισμοί, όπως τα πουλιά (Chiquet et al, 2013) και διάφορα έντομα (Vergnes et al, 2014), έχουν την ικανότητα να πετάζουν από περιοχή σε περιοχή, παρόλα αυτά, κάποια στοιχεία του δομημένου περιβάλλοντος μπορεί να αποτελέσουν εμπόδιο σε αυτή τη διαδικασία. Η οικολογική συνδεσιμότητα συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τις προσπάθειες διατήρησης και θα μπορούσε να οριστεί ως “ο βαθμός στον οποίο το τοπίο και ως εκ τούτου το ηχητικό περιβάλλον, διευκολύνει ή εμποδίζει την κίνηση των οργανισμών μεταξύ πράσινων χωροσηφίδων (patches) σε δομικό και λειτουργικό επίπεδο” (La Point et al, 2015).

Οι τύποι της οικολογικής συνδεσιμότητας είναι:

**Δομική:** τα δομικά χαρακτηριστικά του τοπίου που μπορούν να λειτουργήσουν ως διάδρομοι άγριας φύσης ή ως εμπόδια (Taylor et al, 1993).

**Λειτουργική:** συμπεριφορικά χαρακτηριστικά των οργανισμών που τονίζουν το βαθμό συνδεσιμότητας (Pe'er et al, 2011).

Οι πράσινοι τοίχοι και οι πράσινες οροφές μπορούν να λειτουργήσουν ως μικρότεροι βιότοποι ή σκαλοπάτια για να βελτιώσουν τη διασπορά των ειδών στον αστικό ιστό (Williams et. al, 2014), ενώ παράλληλα παίζουν κρίσιμο ρόλο στην οικολογική λειτουργία των κατακερματισμένων περιοχών (Chiquet et. al, 2013). Επιπλέον, θα μπορούσαν να ενισχύσουν τη διασπορά πολλών ειδών που βρέθηκαν σε αστικές πράσινες περιοχές όπως τα πάρκα, πέρα από τα όρια του πάρκου και να μειώσουν τις επιπτώσεις φραγμού που δημιουργούνται από την αστική μορφολογία (Mayrand & Clergeau, 2018).

Εκτός από τα δομικά χαρακτηριστικά ενός αστικού τοπίου, ο περιβαλλοντικός θόρυβος αποτελεί ένα μη δομικό εμπόδιο που εμποδίζει την οικολογική συνδεσιμότητα σε λειτουργικό επίπεδο (Tsaligopoulos et. al, 2019). Η σύνθεση και η διαμόρφωση των κτιρίων, μαζί με τα ακανόνιστα δομικά τους χαρακτηριστικά (Han et al, 2018), η μορφολογία των αστικών οικισμών και οι διαφορετικές αστικές συνθήκες (Ismail, 2013) γενικότερα, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον τρόπο διάδοσης του θορύβου. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, η εφαρμογή πράσινων τοίχων στις προσόψεις των κτιρίων είναι αρκετά αποτελεσματική στη μείωση και γενικότερα στον τρόπο της διασποράς του θορύβου (Azkorrta et. al, 2015). Ένα σημαντικό βήμα προς μια επιτυχημένη οικολογική σύνδεση σε ένα αστικό συγκρότημα, είναι η αντίληψη των πράσινων περιοχών όχι ως ανεξάρτητες μονάδες, αλλά ως αποσυνδεδεμένα - κατακερματισμένα τμήματα που χρειάζονται επανασύνδεση (La Point et. al, 2015). Απαραίτητος είναι ο σχεδιασμός πράσινων υποδομών που περιλαμβάνει δομικές και λειτουργικές συνδέσεις μεταξύ χώρων πρασίνου σε διαφορετικές κλίμακες και από διαφορετικές οπτικές γωνίες (Hansen & Pauleit, 2014 ).

Συνεπώς, εκτός από τη δομική και τη λειτουργική, αναγνωρίστηκε μια τρίτη μορφή οικολογικής συνδεσιμότητας, η ηχητική συνδεσιμότητα.

Η **ηχητική συνδεσιμότητα** αφορά τις συνθήκες του ακουστικού περιβάλλοντος που προωθούν την βιο-πολιτισμική ετερογένεια.

Σε αυτή την περίπτωση ο θόρυβος επιδρά ως ένα μη φυσικό φράγμα συνδεσιμότητας, ενώ η ακουστική πολυπλοκότητα ως ένα χαρακτηριστικό ετερογένειας.

Τα χαρακτηριστικά του ακουστικού περιβάλλοντος που προωθούν την οικολογική συνδεσιμότητα, μπορούν να ευνοήσουν τις συμπεριφορικές - λειτουργικές αποκρίσεις των ειδών. Ο συνδυασμός χαρακτηριστικών του αστικού τοπίου, του ηχοτοπίου μιας πόλης και των συμπεριφορικών συνιστωσών της ορνιθοπανίδας

μέσω της χαρτογράφησης των επικρατειών τους, μπορούν να αποτελέσουν επαρκή στοιχεία προκειμένου να αναδειχθεί ο βαθμός της οικολογικής συνδεσιμότητας των αστικών χώρων πρασίνου της πόλης. Επιπλέον, αποτελεί ευκαιρία για αρχιτεκτονικές, αστικές επεμβάσεις που είναι πραγματικά βιώσιμες, μετασχηματίζοντας την οπτική του αστικού περιβάλλοντος ως ένα “φυσικό” και συνδεδεμένο ηχητικά τοπίο.

Η κοινωνική και οικολογική συνδεσιμότητα υπογραμμίζει τη σημασία της κυκλοφορίας ανθρώπων, αγαθών, άγριων ζώων κ.λπ. στη σύγχρονη πόλη. Η έρευνα οικολογικής ή βιοφυσικής συνδεσιμότητας σε αστικές περιοχές επικεντρώνεται στο φυσικό τοπίο και το ακουστικό περιβάλλον (Tsaligopoulos et al., 2019) ενώ η έρευνα κοινωνικού και πολεοδομικού σχεδιασμού εξετάζει μέτρα κοινωνικών χαρακτηριστικών μιας δεδομένης περιοχής της πόλης κατά την αξιολόγηση της συνδεσιμότητας. Ένα διεπιστημονικό πλαίσιο κοινωνικής-οικολογικής συνδεσιμότητας που αναγνωρίζει και προσεγγίζει τα δίκτυα από μια ενοποιημένη προοπτική οικολογικής και κοινωνικής συνδεσιμότητας μπορεί να εξηγήσει και να υποστηρίξει καλύτερα τα ανθρώπινα και άγρια πρότυπα και την ευημερία σε δυναμικά αστικά τοπία (Egerer & Anderson, 2020).

Η συσχέτιση τεχνικών προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, με τεχνικές δημιουργίας και διατήρησης ήσυχων περιοχών, συνδυαστικά με τεχνικές οικολογικής συνδεσιμότητας αστικών πράσινων επικρατειών, αποτελούν μια καινοτόμα προσέγγιση στο σχεδιασμό ηχοτοπίων. Η εξ’ ορισμού ανθρωποκεντρική ερμηνεία των αστικών ήσυχων περιοχών, έχει οδηγήσει κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε δημιουργία χώρων με χαρακτήρα αναρρωτικό όσον αφορά την ψυχική υγεία του ανθρώπου ή και ξεκάθαρα ψυχαγωγικό, συχνά δημιουργώντας μια “φυσική” ψευδαίσθηση. Τα βραχυπρόθεσμα αυτά οφέλη, παρά την αναντίρρητη χρησιμότητα τους ως πολιτιστικές οικοσυστημικές υπηρεσίες, έχουν περιορίσει την προώθηση των ρυθμιστικών οικοσυστημικών υπηρεσιών και των μακροπρόθεσμων συν-οφελών που μπορεί να προσφέρουν σε επίπεδο βιοποικιλότητας (Munang et al, 2013).

### **2.13 Προς μια ταύτιση του ηχοτοπίου και της υγείας υπό το πρίσμα του αστικού σχεδιασμού και του σχεδιασμού ηχητικού περιβάλλοντος**

Οι αστικοί σχεδιαστές μπορούν να δημιουργήσουν νέα έργα που αφορούν τα υλικά και άυλα χαρακτηριστικά του δημόσιου χώρου. Θα πρέπει να εμπλέξουν τους ανθρώπους στην ανάλυση των επιπτώσεων των οικοδομικών υλικών, της μορφολογίας, του τοπίου και των μοντέλων κινητικότητας προς τον στόχο της δημιουργίας υγιέστερων αστικών ακουστικών περιβαλλόντων. Είναι αναγκαία η επίγνωση της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς του τόπου όταν ασχολούνται με την προστασία και την ανανέωση της ιστορικής πόλης. Η καινοτόμος αυτή πρακτική πρέπει να δει τους διεπιστημονικούς ερευνητές και τους επαγγελματίες να εργάζονται μαζί για να διερευνήσουν το βαθμό στον οποίο ο αστικός ήχος και η ψυχολογική δομή της αίσθησης του τόπου συνδέονται. Η αίσθηση του τόπου μπορεί να αλλάξει τις αντιλήψεις μας για το αστικό περιβάλλον με θετικούς τρόπους: να μάθουμε

περισσότερα για το πώς η προσκόλληση του τόπου, η ταυτότητα του τόπου και η εξάρτηση από το μέρος συνδέονται με τους τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι χρησιμοποιούν, θυμούνται και αισθάνονται για τις πόλεις θα είναι σημαντικοί για πιο περιεκτικές στρατηγικές σχεδιασμού και διαχείρισης του ηχητικού τοπίου (Radicchi et al., 2020).

Η ακουστική μορφοποίηση – σχηματισμός του δομημένου περιβάλλοντος καθοδηγούμενη από κοινωνικές διεργασίες, μπορεί να χαρακτηριστεί ως “αρχιτεκτονική ηχοτοπίου”. Το ηχοτοπίο υφίσταται μέσω των αντιληπτικών μηχανισμών του ανθρώπου όσον αφορά το ακουστικό του περιβάλλον. Συνεπώς, η αρχιτεκτονική του ηχοτοπίου μπορεί να βασιστεί σε ποιοτικά δεδομένα ακουστικής αντίληψης και σε ποσοτικά δεδομένα που αφορούν το φυσικό φαινόμενο του ήχου. Η ακουστική μορφοποίηση του περιβάλλοντος καθοδηγούμενη από φυσικές διεργασίες, μπορεί να χαρακτηριστεί ως αρχιτεκτονική ακουστικού περιβάλλοντος.

Ένα πρόσφατο παράδειγμα σχεδιασμού ηχοτοπίου, βραβευμένο στον διαγωνισμό “Ευρωπαϊκό Ηχοτοπίο” (European Soundscape Award, 2012) αποτελεί η πλατεία Nauener στο Βερολίνο. Η συγκεκριμένη πλατεία αποτελεί μια επιτυχημένη προσπάθεια εισαγωγής εννοιών ηχοτοπίου στον αστικό σχεδιασμό του ηχητικού περιβάλλοντος (Schulte-Fortkamp & Jordan, 2016). Η συγκεκριμένη εφαρμογή συμπεριλαμβάνει ηχοπετάσματα παράλληλα των δρόμων και την εισαγωγή “ηχητικών νήσων”, δηλαδή σημείων στο χώρο όπου επιθυμητοί ηχογραφημένοι ήχοι αναπαράγονται. Το αποτέλεσμα των συγκεκριμένων παρεμβάσεων ήταν η μείωση της έκθεσης των χρηστών του πάρκου σε ήχους χαμηλών συχνοτήτων και η δυνατότητα να ακούσουν τους επιθυμητούς συχνά “φυσικούς” ήχους, μέσω των “ηχητικών νήσων”.

Η συγκεκριμένη πλατεία αποτελεί μια επιτυχημένη προσπάθεια εισαγωγής εννοιών ηχοτοπίου στον αστικό σχεδιασμό του ηχητικού περιβάλλοντος. Συγκεντρώθηκαν ποσοτικά δεδομένα από καταγραφές ηχοτοπίου και δειγματοληψίες θορύβου, ενώ παράλληλα συγκεντρώθηκαν ποιοτικά δεδομένα από ηχοπεριπάτους και συνεντεύξεις. Η παρέμβαση στο ηχοτοπίο συμπεριλαμβάνει α) ηχοπετάσματα παράλληλα των δρόμων για την προστασία από τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας και την β) εισαγωγή “ηχητικών νήσων”, δηλαδή σημείων στο χώρο όπου οι επιθυμητοί ηχογραφημένοι ήχοι αναπαράγονται. Το αποτέλεσμα των συγκεκριμένων παρεμβάσεων ήταν η μείωση της έκθεσης των χρηστών του πάρκου σε ήχους χαμηλών συχνοτήτων και η δυνατότητα να ακούσουν τους επιθυμητούς συχνά “φυσικούς” ήχους, μέσω των “ηχητικών νήσων”.

Η προσπάθεια The West Street Story project αποτελεί την πρώτη νυχτερινή παρέμβαση ηχοτοπίου. Σε περιοχή έντονης νυχτερινής δραστηριότητας (αναψυχής) πραγματοποιήθηκε εισαγωγή ήχων που μείωσαν περιστατικά βίας και την αστυνόμευση στην περιοχή (West Street Story). Παράλληλα, σε υπόγεια διάβαση πραγματοποιήθηκε εισαγωγή ήχων που δημιούργησε το αίσθημα της ασφάλειας στους χρήστες της. Σε αρκετές περιπτώσεις όπως στο Sheffield (UK), έχουν

χρησιμοποιηθεί ήχοι νερού σε μορφή σιντριβανιών προκειμένου να αποφευχθεί η επιρροή του θορύβου στους χρήστες της περιοχής.

Στον πολεοδομικό σχεδιασμό, αλλά και στον αστικό σχεδιασμό γενικότερα, το αίσθημα της ασφάλειας και η οικολογική ασφάλεια είναι ένα πολύ βασικό συστατικό της ευημερίας (Bespalov & Kotlyarova, 2017).

### 2.13.1 Ήχος και ασφάλεια

Ο ήχος συνδράμει στο αίσθημα της ασφάλειας. Κοινωνικοί παράγοντες διαμορφώνουν τον τρόπο που σκεφτόμαστε, αισθανόμαστε και συμπεριφερόμαστε (Barlow, 2019), ενώ η συμπεριφορική ανάπτυξη του ανθρώπου και άλλων ειδών, εξελίσσεται μέσω της πολύπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ της φύσης (nature) και της ανατροφής (nurture), δηλαδή μεταξύ της κληρονομικότητας σε επίπεδο γονιδίων (nature) και της επιρροής που ασκεί το περιβάλλον (nurture) (Rodenburg & de Haas, 2016). Η ζωή σε ένα αστικό περιβάλλον σχηματίζει μια ειδική συνθήκη ανατροφής (nurture) με ποικιλία οφελών αλλά και επιπτώσεων στη συμπεριφορά του ανθρώπου και κυρίως στην ψυχική του υγεία. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαία τα προληπτικά μέτρα και η προώθηση της ψυχικής υγείας, όπως η αύξηση των χώρων πρασίνου και η μείωση του θορύβου, καθώς και η μείωση της βίας και της φτώχειας (Lecic-Tosevski, 2019)

Συνδυαστικά με άλλους παράγοντες, η ασφάλεια είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της ποιοτικής ζωής σε μια Ευρωπαϊκή πόλη (Weziak-Białowolska, 2016). Τα αποτελέσματα μιας έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε 75 πόλεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης έδειξαν ότι οι μισές από αυτές (38 από τις 75) κατοικούνται από κατοίκους που αισθάνονται πάντα ασφαλείς στην πόλη τους. Το υψηλότερο ποσοστό των ερωτηθέντων από το Oviedo στην Ισπανία, το Groningen στην Ολλανδία και το Aalborg στη Δανία απάντησαν ότι πάντα αισθάνονται ασφαλείς. Παρόλα αυτά, ερωτηθέντες από την Αθήνα Ελλάδα, την Κωνσταντινούπολη Τουρκία και τη Σόφια Βουλγαρία, απάντησαν ότι ποτέ δεν αισθάνονται ασφαλείς στις πόλεις τους. Επιπλέον, ένα άλλο θέμα συζητήθηκε για το αίσθημα εμπιστοσύνης μεταξύ των κατοίκων κάθε πόλης, με παρόμοια αποτελέσματα.

Το ζήτημα της ασφάλειας στις αστικές περιοχές είναι ένα πρόβλημα που αφορά όλους τους δημόσιους χώρους. Η ασφάλεια σε μια περιοχή συνοδεύεται από υψηλά επίπεδα απεικονισμότητας (imageability), που σε αυτή την περίπτωση διαφέρει από την ερμηνεία του Lynch και θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως ένα οπτικά κατανοητό περιβάλλον. Σύμφωνα με έρευνα του 1995 (Don T. Luymes & Ken Tamminga, 1995) υπάρχουν πέντε αρχές με σκοπό τον σχεδιασμό δημόσιων χώρων με κύριο γνώμονα την ασφάλεια. Η πρώτη αρχή αναφέρεται ως “ορατότητα προς άλλους (Visibility of others)” και αφορά την ικανότητα αναγνώρισης ξένων προσώπων. Η δεύτερη αναφέρεται ως “Ορατότητα από άλλους (Visibility by others)” και αφορά το ότι οι άνθρωποι αισθάνονται ασφαλέστεροι όταν έχουν επαφή με το υπόλοιπο αστικό περιβάλλον. Η τρίτη αρχή αναφέρεται ως “Επιλογή και έλεγχος (Choice and control)” και αφορά την ατομική ελευθερία πρόσβασης και δράσης σε ένα δημόσιο χώρο. Η

τέταρτη αναφέρεται ως “περιβαλλοντική επίγνωση και διαύγεια (Environmental awareness and legibility)”. Η επίγνωση αναφέρεται στη δυνατότητα του να είναι φανερό και κατανοητό το άμεσο περιβάλλον, ενώ η διαύγεια αφορά την οπτική σαφήνεια του περιβάλλοντος χώρου. Η τελευταία αρχή αναφέρεται ως “μοναχικότητα χωρίς απομόνωση (Solitude without isolation)” και αφορά το γεγονός πως θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα για την θετική εμπειρία της μοναχικότητας και όχι της αρνητικής εμπειρίας της απομόνωσης.

Ο Kevin Lynch, ένας Αμερικανός πολεοδόμος, περιγράφει στο βιβλίο του “the Image of the City” την οπτική αναγνωσιμότητα των πόλεων και στην ουσία εμβαθύνει και δημιουργεί μια σειρά από διακριτά μοτίβα μέσω των οποίων οργανώνεται ο αστικός χώρος. Η πλειονότητα των πόλεων συμπεριλαμβάνουν πέντε ιδιότητες – χαρακτηριστικά, που συμβάλλουν στην προαναφερθείσα απεικονιστικότητα. Τα χαρακτηριστικά αυτά σημειώνονται από τον Lynch ως μονοπάτια (paths), άκρες (edges), περιοχές (districts), κόμβοι (nodes) και ορόσημα (landmarks) και συμπεριλαμβάνουν την δική τους ηχητική διάσταση. Περισσότερο συγκεκριμένα (Lynch, 1960) περιγράφονται τα μονοπάτια, οι άκρες, οι περιοχές, οι κόμβοι και τα ορόσημα. Τα μονοπάτια, είναι οι διαδρομές τις οποίες οι άνθρωποι ακολουθούν συστηματικά, περιστασιακά ή τυχαία με οποιοδήποτε μέσον. Μπορεί να είναι δρόμοι, πεζοδρόμια, σιδηρόδρομοι και άλλες διαδρομές τις οποίες ακολουθούν οι άνθρωποι. Οι άνθρωποι παρατηρούν την πόλη καθώς κινούνται μέσα σε αυτήν και ταυτόχρονα παρατηρούν και άλλα περιβαλλοντικά στοιχεία. Οι άκρες είναι τα γραμμικά στοιχεία που δεν γίνονται αντιληπτά ως μονοπάτια από τους παρατηρητές. Είναι τα όρια που μπορεί να είναι αληθινά όπως κτίρια και τοίχοι, ή αντιληπτά όπως τα σύνορα. Οι περιοχές είναι μεσαίες ή μεγάλες περιοχές στις οποίες ένα άτομο μπαίνει ή βγαίνει από αυτές νοητά και έχουν κοινά χαρακτηριστικά αναγνώρισης. Οι κόμβοι, είναι στρατηγικά σημεία σε μια πόλη που ενώνουν περιοχές, όπως οι διασταυρώσεις, οι διαβάσεις κτλ. Και τέλος, τα ορόσημα είναι επίσης στρατηγικά σημεία αλλά παράλληλα μπορούν να χρησιμεύσουν ως σημεία αναφοράς. Μπορεί είναι κτίρια, πινακίδες, καταστήματα, βουνά και δημόσια έργα τέχνης.

Το αίσθημα της ασφάλειας ή αλλιώς η αντιληπτή ασφάλεια, είναι ένα εμπειρικό συναίσθημα, διαφορετικό από την πραγματική ασφάλεια. Οι ψυχολογικοί παράγοντες που το επηρεάζουν, είναι προσωπικοί, κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί (Jansson et. al, 2013). Ένας σημαντικός παράγοντας που το δημιουργεί, συνδυαστικά με άλλα αισθητικά, κοινωνικά ψυχολογικά και περιβαλλοντικά συν-οφέλη, είναι η παρουσία πρασίνου σε μια πόλη (Maas et. al, 2009; Li et. al, 2015; Kuo & Sullivan, 2001; Jorgensen et. al, 2002). Παράλληλα, είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της ποιοτικής ζωής σε ένα αστικό περιβάλλον (Kondo et. al, 2015) προσφέροντας δυνατότητες ψυχικής και σωματικής αποκατάστασης (Janeczko et. al, 2020). Έρευνες έχουν καταλήξει πως οι ανοιχτοί δημόσιοι χώροι και ειδικά αυτοί που συμπεριλαμβάνουν πράσινο, αναβαθμίζουν την ποιότητα της ζωής και μπορούν να αναπτύξουν το αίσθημα της ασφάλειας (Burgess et. al, 1988; Madge, 1997). Ένας ακόμη πολύ σημαντικός παράγοντας που δημιουργεί μια αίσθηση ασφάλειας στους δημόσιους



χώρους είναι ο φωτισμός, που σύμφωνα με την έρευνα των Don T. Luymes και Ken Tamminga (1995), θα πρέπει να είναι αρκετός έτσι ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί ένα πρόσωπο στα 25 μέτρα.

Παράλληλα, η ομοιομορφία στον τρόπο φωτισμού, η αποφυγή δηλαδή σκοτεινών σημείων σε μια περιοχή (Peña-García et. al, 2015; Calleri et. al, 2019), επίσης συνεισφέρει στο αίσθημα της ασφάλειας. Παρά το ότι ο φωτισμός προσφέρει μια μορφή ασφάλειας στους χρήστες κάποιου δημόσιου χώρου, είναι γεγονός πως το περιττό τεχνητό φως είναι ρύπος. Συνεπώς, όπως και ο θόρυβος, έτσι και το περιττό φως μπορεί να προκαλέσει επιπτώσεις στα επίπεδα βιοποικιλότητας σε μια πράσινη περιοχή.

Όλες οι μορφές περιβαλλοντικού θορύβου μπορεί να μειώσουν το αίσθημα της ασφάλειας σε ένα αστικό περιβάλλον. Ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας (Peris & Fenech, 2020) αυξάνει τα επίπεδα του άγχους, σηματοδοτεί αυξημένα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μειώνει τα επίπεδα κοινωνικής αλληλεπίδρασης, μειώνει τα επίπεδα περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και παράλληλα μειώνει τόσο τα επίπεδα του αισθήματος της ασφάλειας, όσο και τα επίπεδα της πραγματικής ασφάλειας (Hays, 2017). Συνεπώς, ένα υγιές και ήσυχο ακουστικό περιβάλλον μπορεί να μειώσει τα επίπεδα άγχους και να αυξήσει το αίσθημα της ασφάλειας (Wassenaar et. al, 2014; Calleri et. al, 2019).

## **2.14 Προς έναν Οικολογικό Πολεοδομικό Προγραμματισμό και Σχεδιασμό**

Ο θόρυβος και η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι οι δύο κύριοι ρύποι που επηρεάζουν την ανθρώπινη ευημερία. Όπως προαναφέρθηκε, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2018), η υπερβολική έκθεση στον θόρυβο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ψυχικής υγείας, προβλήματα ακοής, διαταραχές του ύπνου, ακόμη και καρδιαγγειακές παθήσεις. Το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της Ευρώπης εκτίθεται σε επίπεδα θορύβου οδικής κυκλοφορίας άνω των 55 dB (A) διαμορφώνει την ανάγκη αντιμετώπισης του περιβαλλοντικού θορύβου μαζί με άλλες περιβαλλοντικές πιέσεις (Goddard et al, 2010).

Τα αστικά ακουστικά περιβάλλοντα είναι η πρώτη γραμμή των αστικών πιέσεων και ο ήχος μπορεί να θεωρηθεί ως δείκτης αλλαγής που μπορεί να μετρηθεί. Το γεγονός ότι η παραμικρή αλλαγή στο περιβάλλον έχει άμεσες ακουστικές επιπτώσεις, αναδεικνύει τον ήχο ως σημαντικό εργαλείο ανίχνευσης περιβαλλοντικών αλλαγών που σχετίζονται ακόμη και με την κλιματική αλλαγή (Krause & Farina 2016). Επομένως, ένας αυξανόμενος αριθμός πολεοδόμων και αρχιτεκτόνων τοπίου στράφηκαν προς τον σχεδιασμό ακουστικών τοπίων. Ο κύριος στόχος του πολεοδομικού σχεδιασμού είναι η αειφορία η οποία μπορεί να διατυπωθεί ως η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής, οικονομικής και κοινωνικής αειφορίας (Heymans et al., 2019). Ωστόσο, η έλλειψη οικολογικών γνώσεων για την αντιμετώπιση των υλικών και άυλων (ηχητικών) ιδιοτήτων ενός δημόσιου χώρου έχει δημιουργήσει την

ανάγκη για διεπιστημονικές ερευνητικές συνεργασίες (Radicchi et al., 2020) μεταξύ αστικών σχεδιαστών και ακουστικών οικολόγων.

Προκειμένου να είναι βιώσιμες, οι τεχνικές πολεοδομικού σχεδιασμού και σχεδιασμού ηχοτοπίων πρέπει να είναι σε θέση να κάνουν προβλέψεις. Οι σχεδιαστές σε συνεργασία με οικολόγους πρέπει να σχεδιάζουν μακροπρόθεσμα για έργα μικρής κλίμακας, ενόψει μιας «ασφαλούς αποτυχίας» έτσι ώστε να «μάθουν κάνοντας» (Ahern, 2013).

Οι πόλεις είναι κοινωνικό-οικολογικά συστήματα και ο ήχος μπορεί να είναι το μέσο για έναν πραγματικά βιώσιμο αστικό σχεδιασμό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω προσπαθειών μείωσης του θορύβου (Matsinos et al., 2017), αξιολόγησης ήσυχων αστικών περιοχών (Tsaligoroulos et al., 2018) και σχεδιασμού ηχητικής οικολογικής συνδεσιμότητας (Tsaligoroulos et al., 2019). Οι κύριες αρχές για έναν πραγματικά βιώσιμο πολεοδομικό σχεδιασμό είναι ο σχεδιασμός για ανθεκτικότητα, ο σχεδιασμός για βιοποικιλότητα και ο σχεδιασμός για συνδεσιμότητα.

Ο σχεδιασμός για την ανθεκτικότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος να απορροφά και να προσαρμόζεται στις αλλαγές, διατηρώντας παράλληλα τη θεμελιώδη δομή και λειτουργία του, καθώς και την ικανότητα ανάκαμψης από τις διαταραχές χωρίς να αλλάζει τη θεμελιώδη του κατάσταση (Heymans et al., 2019).

Ο σχεδιασμός για τη βιοποικιλότητα συνοδεύεται από κίνδυνο που περιλαμβάνει ανθρωποκεντρικούς στόχους που περιλαμβάνουν την οικονομική ανάπτυξη και την αναψυχή. Η προσέγγιση των οικοσυστημικών υπηρεσιών μπορεί να εφαρμοστεί και η σημασία της βιοποικιλότητας για την ανθρώπινη ευημερία μπορεί να τονιστεί μέσω του σχεδιασμού για την οικολογική συνδεσιμότητα (Ahern, 2013; Tsaligoroulos et al., 2019). Η πράσινες υποδομές, συμπεριλαμβανομένων οικολογικών δικτύων, διαδρόμων, πράσινων οροφών και τοίχων, μπορεί να είναι το μέσο προκειμένου να μειωθούν τα υπερβολικά επίπεδα θορύβου σε μια αστική περιοχή, αλλά και για την αύξηση της βιοποικιλότητας (Kyvelou, 2019).

Έργα μικρής κλίμακας που σχετίζονται με την πρόβλεψη του θορύβου και περιλαμβάνουν σενάρια σχετικά με αλλαγές στον όγκο της κυκλοφορίας, στα όρια ταχύτητας (Kyvelou et al., 2021), στα όρια εκπομπής και στην εισαγωγή ηχοπετασμάτων (Tsaligoroulos et al., 2019) θα μπορούσαν να βοηθήσουν τους πολεοδόμους και τους σχεδιαστές στη λήψη αποφάσεων. Παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα του αστικού προγραμματισμού (urban planning), μπορούν να εκτιμηθούν τα κόστη και τα οφέλη της πραγματικής εφαρμογής σχεδιασμού (urban design) έτσι ώστε να παρθεί η βέλτιστη επιλογή. Με αυτό το σκεπτικό, οι πόλεις μπορούν να θεωρηθούν ως ερευνητικά εργαστήρια στα οποία μπορούν να διεξαχθούν πειράματα και εφαρμογές, η αποτυχία των οποίων μπορεί να έχει μικρό κόστος, ενώ η επιτυχία μεγάλο όφελος.

## 2.15 Το τερπνό και το ωφέλιμο στοιχείο της ησυχίας

Υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για δημιουργία υγιών ηχοτοπίων που προέρχονται από τα ακουστικά περιβάλλοντα που προωθούν τη σωματική και ψυχική υγεία (Medvedev et al., 2015). Η ευχαρίστηση κατά τη χρήση, είναι ένας από τους κύριους παράγοντες (Axelsson et al., 2010) κατά την περιγραφή ενός θεμιτού ηχοτοπίου και για αυτό το λόγο οι επισκέπτες των αστικών πάρκων προτιμούν τους φυσικούς ήχους (Ma et al., 2021; Kang & Zhang et al., 2010; Elizalde, 2019). Είναι κατανοητό ότι το ηχοτοπίο επηρεάζεται από παράγοντες του τοπίου (Hong et al., 2019) ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός του, θα μπορούσε ενδεχομένως να εξαρτηθεί από τις παρεμβάσεις στο τοπίο. Συνεπώς, είναι αναγκαία η αναζήτηση των οικολογικών οφελών στο σχεδιασμό των ηχοτοπίων και ο συνδυασμός μιας ευχάριστης εμπειρίας με τα πρακτικά και οικολογικά βιώσιμα μακροπρόθεσμα οφέλη που σχετίζονται με την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Krause & Farina, 2016) και την υιοθέτηση πράσινων υποδομών στο αστικό περιβάλλον (Kisser et al., 2020).

Τα κλιματικά ζητήματα, διατηρούν ένα επίπεδο αβεβαιότητας. Η στατιστική αβεβαιότητα (αναφέρεται επίσης ως «θόρυβος» με μεταφορική έννοια), εγείρει ανησυχίες σχετικά με τη μεταβλητότητα της φύσης όσον αφορά πολλές απρόβλεπτες αλλαγές στην κατανομή και την αφθονία των ειδών (Hilborn, 1987). Η αβεβαιότητα αναφέρεται στην αδυναμία που περιβάλλει μια μεταβλητή όταν η κατάστασή της είναι άγνωστη, αλλά είναι γνωστή η κατανομή πιθανότητας που χαρακτηρίζει αυτή τη μεταβλητή (Huntzinger et al., 2017). Για παράδειγμα, η πιθανότητα να συμβεί απροσδόκητο συμβάν θορύβου σε ένα κατά τα άλλα ήσυχο ακουστικό περιβάλλον είναι μια μορφή στατιστικής αβεβαιότητας.

Η αβεβαιότητα σε θέματα κλίματος (Latif, 2011) υποστηρίζεται από δύο διαφορετικές σχολές σκέψης, τα βιωματικά και αναλυτικά συστήματα επεξεργασίας (Marx et al., 2007). Η αναλυτική διαδικασία περιλαμβάνει έναν μηχανισμό που συνδέει τις τρέχουσες καταστάσεις με το συνδυασμό προηγούμενων εμπειριών, καθιστώντας ευκολότερη τη χρήση στατιστικών εννοιών. Ωστόσο, η αναλυτική διαδικασία έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την άμεση λήψη αποφάσεων (Weber, 2006). Η βιωματική επεξεργασία σχετίζει τις υπάρχουσες καταστάσεις με εμπειρίες. Το ανθρώπινο μυαλό δεν αντιδρά άμεσα στις απειλές που φαίνεται να εμφανίζονται στο μακρινό μέλλον. Ως αποτέλεσμα, οι μακροχρόνιες δυσχέρειες όπως η κλιματική αλλαγή δεν αφορούν τόσο τα πιο άμεσα προβλήματα. Το βιωματικό πλαίσιο του θορύβου είναι το τελικό στάδιο ενός γενικού πολλαπλού προβλήματος που επηρεάζει άμεσα την ανθρώπινη ευημερία και την υγεία του οικοσυστήματος. Η χρήση αυτής της εμπειρίας όσον αφορά την αντιμετώπιση ενός συνδυασμού προβλημάτων θα μπορούσε να προσφέρει μια άμεση λύση.

Το ηχητικό τοπίο αναφέρεται στην προσωπική εμπειρία ενός ακουστικού περιβάλλοντος και επομένως αποτελεί φαινομενολογικό ζήτημα. Η φαινομενολογία είναι μια σχολή σκέψης που επικεντρώνεται στην εμπειρία (Simpson et al., 2009). Κατά συνέπεια, η αντίληψη των ήχων είναι μια προσωπική εμπειρία που είναι δύσκολο να μεταφερθεί και να περιγραφεί. Μέχρι στιγμής, ο μέσος όρος

αντιληπτικών απαντήσεων έχει παράσχει συγκρίσιμα δεδομένα που πρέπει να ενσωματωθούν σε δείκτες, στη λήψη αποφάσεων και στον σχεδιασμό ηχητικού τοπίου (Schulte-Fortkamp, 2017). Ωστόσο, η μελέτη ενός ακουστικού περιβάλλοντος είναι ένα φαινολογικό ζήτημα. Η φαινολογία περιγράφεται ως «η μελέτη του συγχρονισμού των επαναλαμβανόμενων βιολογικών γεγονότων, των αιτιών του συγχρονισμού τους σε σχέση με τις βιοτικές και αβιοτικές δυνάμεις, και η σχέση μεταξύ των φάσεων του ίδιου ή διαφορετικών ειδών» (Forrest & Miller-Rushing, 2010).

Ο συνδυασμός διαφορετικών απόψεων με τη χρήση ψυχοακουστικών δεικτών μπορεί να παρέχει πολύτιμα δεδομένα σχετικά με την αξιολόγηση των ηχοτοπίων χρησιμοποιώντας μια φαινομενολογική προσέγγιση και ένα βιωματικό σύστημα επεξεργασίας. Η αξιολόγηση του ηχητικού περιβάλλοντος ως φαινολογικό ζήτημα θα μπορούσε να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ένα αναλυτικό σύστημα επεξεργασίας που χρησιμοποιεί μετρήσεις που σχετίζονται με τις φυσικές πτυχές του ήχου που παράγονται και διαδίδονται σε ένα τοπίο. Ως εκ τούτου, η λήψη αποφάσεων σχετικά με τα ηχοτοπία και τα ακουστικά περιβάλλοντα θα πρέπει να περιλαμβάνει τόσο συστήματα βιωματικής όσο και αναλυτικής επεξεργασίας, προκειμένου να συνδυάζονται πρακτικά και επιθυμητά αποτελέσματα. Λόγω του γεγονότος ότι οι φυσικοί ήχοι προωθούν την ευχαρίστηση και δημιουργούν υγιή ηχοτοπία (Ma et al., 2021) υπάρχει μια ευκαιρία για βιώσιμο σχεδιασμό στο σχεδιασμό ακουστικού περιβάλλοντος. Επομένως, τα προβλήματα του παρόντος και του μέλλοντος θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν προωθώντας λύσεις που βασίζονται στη φύση (nature based solutions) προσφέροντας ευχαρίστηση αλλά και τα μακροπρόθεσμα οφέλη σχετικά με την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, μέσω της ησυχίας.

## 2.16 Η ισοδικαιοσύνη της ησυχίας

Η ησυχία είναι η αιτία και το αποτέλεσμα ενός υγιούς οικοσυστήματος και θα μπορούσε να θεωρηθεί ως οικοσυστημική υπηρεσία που αποδίδεται στις αστικές πράσινες περιοχές (Votsi et al., 2014). Τα οφέλη της ησυχίας που επεκτείνονται από την ανθρώπινη ευημερία στην περιβαλλοντική υγεία και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή είναι αναμφισβήτητα (Krause & Farina, 2016). Είναι κατανοητό ότι εάν οι αστικοί ήχοι θεωρούνται ως αρνητικοί παράγοντες, η ανάγκη για ησυχία είναι μεγαλύτερη, αλλά εάν γίνεται αντιληπτή ως θετικός παράγοντας, τότε η συγκεκριμένη ανάγκη μειώνεται (Booi & Berg, 2012). Πιθανότατα, η αρνητική αντίληψη των αστικών ήχων είναι υποκειμενική σε πολλούς κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες παρόμοιοι με το υψηλό ποσοστό ανεργίας (Tong & Kang, 2021).

Ο διεπιστημονικός τομέας της ακουστικής και της οικολογίας ηχοτοπίου μαζί με τη θεωρητική διεύρυνση του όρου ηχοτοπία, άνοιξε το δρόμο για νέες προσεγγίσεις σχετικά με τη διαχείριση του θορύβου (Matsinos et al., 2016). Τα ηχοτοπία αποτελούν ζωτικό μέρος της ηχητικής ταυτότητας μιας πόλης (Rehan, 2016) και η ησυχία ως χαρακτηριστικό και μέρος αυτής της ταυτότητας (Simpson et al., 2009), είναι ένα ζήτημα που πρέπει να διευκρινιστεί.

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος είναι ένα σοβαρό πολυπαραγοντικό και πολυμετωπικό πρόβλημα τόσο για την ανθρώπινη ευημερία όσο και για τη βιοποικιλότητα (Matsinos & Tsaligopoulos, 2018). Ο θόρυβος ως μέρος της ηχητικής ταυτότητας μιας πόλης, ή τουλάχιστον σε ορισμένες γειτονίες μιας πόλης, έχει τόσο υποκειμενικά όσο και αντικειμενικά στοιχεία. Ο Schafer δήλωσε ότι ο θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ανεπιθύμητος ήχος τονίζοντας με αυτόν τον τρόπο την υποκειμενική διάσταση του. Επιπλέον, ο θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί ως ένας άμουσος μη περιοδικός ήχος και οποιοσδήποτε ηχηρός ήχος που θα μπορούσε ενδεχομένως να καλύψει ή να αναχαιτίσει ένα άλλο ηχητικό σήμα (Schafer, 1977; Rehan, 2016). Οι τελευταίες «απτές» ιδιότητες του θορύβου οδήγησαν στη δημιουργία ενός ποσοτικοποιήσιμου μεγέθους ως τρόπο επικοινωνίας της ηχηρότητας του ήχου και ως εκ τούτου να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης μείωσης θορύβου. Η κλίμακα ντεσιμπέλ εξυπηρετούσε καλά για αυτό το θέμα, αλλά παρόλα αυτά, τα dB δεν συσχετίζονται καλά με την ανθρώπινη αντίληψη (Kang et al., 2017).

Η έννοια του θορύβου είναι θέμα αμφισημίας όσον αφορά τον ορισμό και την αντίληψή του. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο θόρυβος συμπίπτει με την ψυχοακουστική του χρήση ως ανεπιθύμητος ήχος. Σε αυτήν την περίπτωση, ο θόρυβος δεν είναι μια απόλυτη συνθήκη, αλλά αποτελεί αντικείμενο των αντιληπτικών δυνατοτήτων και ακοής του ακροατή. Επιπλέον, ο θόρυβος αφορά όλες τις περιπτώσεις επίμονης εκπομπής ακουστικής ενέργειας, ανεξάρτητα από την πηγή και την έννοια του παραγόμενου ήχου. Επομένως, είναι δυνατή η ταυτόχρονη, διπολική συμβολή μιας πηγής στον σηματοθορυβικό λόγο.

Μια διαφορετική προσέγγιση για το πρόβλημα του θορύβου είναι ότι μπορεί να θεωρηθεί ως ταξικό ζήτημα από οικονομική άποψη. Ο θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί ασήμαντο πρόβλημα σε σχέση με άλλα, που αφορά "ασήμαντα" άτομα σχετικά με την τάξη και την κατάσταση (Keizer & Miller, 2010). Υπό αυτήν την έννοια, εάν ο θόρυβος είναι ένα πρόβλημα που αφορά τους πολίτες της κατώτερης τάξης, τότε η ησυχία είναι όφελος της «ελίτ». Είναι γεγονός, πως μια κινητήριος δύναμη ακόμη και της βιοποικιλότητας των φυτών σε μια αστικής περιοχής, περιέχει κοινωνικοοικονομικές κινητήριες δυνάμεις (Hope et al. 2008). Μελέτες έχουν δείξει ότι, σε ένα αστικό τοπίο, οι πλουσιότερες γειτονίες τείνουν να είναι πιο πράσινες και έχουν υψηλότερα επίπεδα ποικιλομορφίας φυτών. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως "φαινόμενο πολυτέλειας" (Hope et al. 2008; Wu, 2014). Παράλληλα, αναλύσεις των περιβαλλοντικών ανισοτήτων δείχνουν ότι σε ολόκληρη την αστική επικράτεια, το εισόδημα αποτελεί έναν ισχυρό διερμηνέα για την έκθεση στο θόρυβο (Verbeek, 2019). Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η ησυχία είναι ένα δημόσιο αγαθό και πρέπει να αντιμετωπίζεται αναλόγως, λαμβάνοντας υπόψη τη βιωσιμότητα και την ισοδικαιοσύνη (Matsinos & Tsaligopoulos, 2018).

Η ησυχία φαίνεται να είναι η πανάκεια σχετικά με την επιθυμητή ανακούφιση από την ηχορύπανση, αλλά, ωστόσο, ως όρος, πρέπει να αποσαφηνιστεί προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σωστά στον σχεδιασμό. Η συσχέτιση της ησυχίας με τη σιωπή είναι συνηθισμένη. Παρόλα αυτά, η σιωπή, με την έννοια της παντελούς απουσίας του

ήχου, δεν είναι πραγματικά πουθενά διαθέσιμη στη φύση. Οι πρόσφατοι περιορισμοί που σχετίζονται με την πανδημία εξαιτίας του COVID-19 στην καθημερινή ζωή έχουν απεικονίσει μια διαφορετική άποψη σχετικά με αυτό το θέμα (Aletta et al., 2020). Η βαθιά ησυχία σε ένα κατά τα άλλα θορυβώδεις ή ηχητικά “ζωντανό” αστικό ηχητικό περιβάλλον, θα μπορούσε ενδεχομένως να συσχετιστεί με μια αίσθηση αισθητικής στέρησης, άγχους λόγω περιορισμού και επιπτώσεων στην υγεία (Radicchi et al., 2020), αλλά έχει αποδειχθεί ευεργετική για τα πουλιά που ανακτούν αγαπημένες συχνότητες (Keizer & Miller, 2010; Karapostoli Votsi, 2018; Derryberry et al., 2020). Δεν είναι όμως αυτή η ησυχία που επιδιώκουμε. Συνεπώς, τα οφέλη της ησυχίας πρέπει να διαφοροποιούνται από τις επιπτώσεις που προκαλούνται λόγω της σιωπής.

### 2.16 Αποδόμηση πολύπλοκων προβλημάτων ακουστικής οικολογίας

Τα *πολύπλοκα περιβαλλοντικά προβλήματα* λύνονται ευκολότερα με την αποδόμηση τους. Η ηχορύπανση και γενικότερα η ρύπανση, η έντονη αστικοποίηση, η περιβαλλοντική ανισότητα, η υποβάθμιση και ο κατακερματισμός των πράσινων περιοχών καθώς και οι προσπάθειες οικολογικής σύνδεσης τους, είναι πολύπλοκα προβλήματα που εκφράζονται σε πολλαπλές χώρο-χρονικές κλίμακες. Οι πιθανές λύσεις, θα πρέπει να πηγάζουν από μια ολιστική προσέγγιση του εκάστοτε προβλήματος, που θα συνδυάζει τόσο τις φυσικές όσο και τις κοινωνικό-οικονομικές διαστάσεις τους. Μια προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων βασίζεται στην πεποίθηση πως τα συστατικά ενός συστήματος κατανοούνται καλύτερα στο πλαίσιο των σχέσεων και των αλληλεπιδράσεών τους. Τις λήψεις αποφάσεων για ζητήματα που αφορούν τις αλληλεπιδράσεις της κοινωνίας με το περιβάλλον, βοηθά η εφαρμογή θεωρητικών περιβαλλοντικών μοντέλων, όπως το DPSIR, τα οποία με χρήση περιβαλλοντικών δεικτών, περιγράφουν την υφιστάμενη κατάσταση σε μια περιοχή και προσδιορίζουν τα αίτια και την ένταση των πιέσεων που ασκούνται (EEA, 2000).

Το θεωρητικό πλαίσιο DPSIR υιοθετήθηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (EEA) και είναι μια επέκταση του μοντέλου PSR που αναπτύχθηκε από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD). Το πλαίσιο DPSIR θεωρεί την ανθρώπινη δραστηριότητα ως την κινητήρια δύναμη (**D**riving Force) που ασκεί πιέσεις (**P**ressure), οδηγώντας σε αλλοιώσεις σε μια δεδομένη περιβαλλοντική κατάσταση (**S**tate). Ως αποτέλεσμα, αυτές οι αλλαγές δημιουργούν επιπτώσεις (**I**mpacts) στα οικολογικά συστήματα, την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνία που μπορεί να προκαλέσουν μια κοινωνική αντίδραση ή αλλιώς απόκριση (**R**esponse) (Spanò et al, 2017).

Το θεωρητικό πλαίσιο DPSIR παρέχει ένα ευέλικτο, καλά καθορισμένο εννοιολογικό μοντέλο με σκοπό την οργάνωση και την επικοινωνία περίπλοκων περιβαλλοντικών ζητημάτων. Οι συνιστώσες του περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω (Bradley & Yee, 2015).

Οι κινητήριες δυνάμεις (Driving Forces) είναι οι παράγοντες που παρακινούν τις ανθρώπινες δραστηριότητες και εκπληρώνουν τις βασικές ανθρώπινες ανάγκες, οι οποίες έχουν αναγνωριστεί ως οι απαραίτητες προϋποθέσεις και υλικά για μια καλή ζωή, καλή υγεία, καλές κοινωνικές σχέσεις, ασφάλεια και ελευθερία. Επιπροσθέτως, κατηγοριοποιούνται στις οικονομικές κινητήριες δυνάμεις που ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες για τρόφιμα και πρώτες ύλες, νερό, πολιτισμό, ασφάλεια, υγεία, στέγη και υποδομή και στις κοινωνικές κινητήριες δυνάμεις που αποτυπώνουν το σύνολο των κοινωνικών, κοινοτικών και πολιτικών χαρακτηριστικών που επηρεάζουν τη δομή και τη λειτουργία των οικονομικών τομέων, καθώς επίσης ενεργούν ως βασικοί καθοριστικοί παράγοντες της ανθρώπινης υγείας όπως η ισότητα (equity).

Οι πιέσεις (Pressures) ορίζονται ως ανθρώπινες δραστηριότητες, που προέρχονται από τη λειτουργία των κοινωνικών και οικονομικών κινητήριων δυνάμεων που προκαλούν αλλαγές στο περιβάλλον ή ανθρώπινες συμπεριφορές που μπορούν να επηρεάσουν την ανθρώπινη υγεία. Χωρίζονται επιμέρους στις περιβαλλοντικές πιέσεις και στις πιέσεις ανθρώπινης συμπεριφοράς. Οι περιβαλλοντικές πιέσεις περιλαμβάνουν την εκπομπή περιβαλλοντικού θορύβου, τις απορρίψεις χημικών, φυσικών ή βιολογικών παραγόντων και αλλαγές στη χρήση γης. Οι πιέσεις ανθρώπινης συμπεριφοράς μπορεί να επηρεάσουν την ανθρώπινη υγεία ανεξάρτητα από τις περιβαλλοντικές πιέσεις, οι οποίες επηρεάζουν τη φυσική κατάσταση του περιβάλλοντος.

Η κατάσταση (State) αναφέρεται στην κατάσταση του φυσικού και του δομημένου περιβάλλοντος δηλαδή την ποσότητα και την ποιότητα των φυσικών, χημικών και βιολογικών συστατικών και των ανθρώπινων συστημάτων όπως η πληθυσμιακή πυκνότητα. Αυτή η συνιστώσα μπορεί να χωριστεί επιμέρους στην περιβαλλοντική κατάσταση και στην κατάσταση του ανθρώπινου συστήματος. Η περιβαλλοντική κατάσταση αναφέρεται σε όλα τα φυσικά, χημικά και βιολογικά συστατικά του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος παρόμοια με την αβιοτική κατάσταση (φυσικό περιβάλλον) και τη βιοτική κατάσταση (οικοσύστημα). Κατάσταση του ανθρώπινου συστήματος ή αλλιώς, η ανθρώπινη υγεία αναφέρεται σε μια κατάσταση πλήρους σωματικής, ψυχικής και κοινωνικής ευημερίας και όχι απλώς την απουσία ασθένειας ή αναπηρίας.

Οι επιπτώσεις (Impacts) αναφέρονται στις αλλαγές στην ποιότητα και τη λειτουργία του οικοσυστήματος που έχουν αντίκτυπο στην ευημερία των ανθρώπων, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών του οικοσυστήματος και της ανθρώπινης ευημερίας.

Οι αποκρίσεις (Responses) είναι ενέργειες που λαμβάνονται από ομάδες ή άτομα στην κοινωνία και την κυβέρνηση για την πρόληψη, αποζημίωση, βελτίωση ή προσαρμογή στις αλλαγές στην κατάσταση του περιβάλλοντος. Παράλληλα, μπορούν να τροποποιήσουν τις ανθρώπινες συμπεριφορές που συμβάλλουν στους κινδύνους για την υγεία, να τροποποιήσουν άμεσα την υγεία μέσω ιατρικών θεραπειών ή να

αντισταθμίσουν τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις (impacts) στην ανθρώπινη ευημερία.

Το πλαίσιο DPSIR αξιολογεί την αλληλεπίδραση μεταξύ περιβάλλοντος και ανάπτυξης, κατασκευάζοντας ένα σύστημα αξιολόγησης που αναλύει διάφορες πτυχές της αειφορίας (Liu et al, 2018), παρέχοντας έναν συνολικό μηχανισμό ανάλυσης περιβαλλοντικών προβλημάτων (Bojja et al, 2006). Παρέχει μια ουσιαστική εξήγηση των σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, συνδέοντας τα επιστημονικά αποτελέσματα με ρεαλιστικά ζητήματα παρόμοια με την ηχορύπανση, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ έρευνας και λήψης αποφάσεων (Tscherning et al, 2012).

Ένας πρόδρομος του DPSIR ήταν το πλαίσιο PSR (Pressure - State - Response) που αναπτύχθηκε από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organization for Economic Co-operation and Development) (OECD, 1994). Το μοντέλο PSR βασίζεται στην έννοια της αιτιότητας, καθώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες δημιουργούν πιέσεις στο περιβάλλον, μεταβάλλουν την ποιότητά του, αλλά και την ποσότητα των φυσικών πόρων (κατάσταση). Το πλαίσιο PSR παρουσιάζει συγκεκριμένους περιορισμούς που οδήγησαν τελικά στη δημιουργία του πλαισίου DPSIR. Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο PSR δεν περιέχει μια κατηγορία που εστιάζει στους κύριους λόγους για την ύπαρξη πιέσεων και επιπλέον, δεν μπορεί να αντιμετωπίσει τα κίνητρα πίσω από τις διαθέσιμες απαντήσεις (Carr et. al, 2007). Αυτοί ήταν οι κύριοι λόγοι για τη δημιουργία του πλαισίου DPSIR για ολοκληρωμένη περιβαλλοντική αναφορά και αξιολόγηση.

Επιπλέον, το πλαίσιο DPSIR είναι αποτελεσματικό στην κατανόηση των επιπτώσεων της ταχείας αστικοποίησης (Jago-on et. al, 2009) που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε υπερβολική διάδοση περιβαλλοντική θορύβου. Αρκετοί δείκτες χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις ακουστικές συνθήκες ενός ηχητικού περιβάλλοντος σχετικά με την έκθεση στον περιβαλλοντικό θόρυβο. Σε μια ανασκόπηση που αφορά τους δείκτες θορύβου μεταφορών (πχ οδική κυκλοφορία), επισημάνθηκε ότι η ένδειξη του δείκτη του ενεργειακού ισοδυνάμου  $L_{eq}$  (Equivalent Continuous Sound Level), η οποία χρησιμοποιείται για την περιγραφή των διακυμάνσεων του ήχου στο χρόνο, θα μπορούσε επίσης να ορίσει τόσο την πίεση (Pressure) όσο και την κατάσταση (State) σε ένα πλαίσιο DPSIR (Pronello & Camusso, 2012) σχετικά με το θόρυβο. Επιπλέον, ο συγκεκριμένος δείκτης, μεταξύ άλλων, θα μπορούσε να βοηθήσει στην κατανόηση των προβλημάτων που σχετίζονται με τον θόρυβο και να υποστηρίξει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η περιβαλλοντική συνειδητοποίηση των υπευθύνων χάραξης πολιτικής και των αστικών κατοίκων, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, ενώ οι καταστάσεις συνειδητοποίησης και γνώσης, επηρεάζουν την ικανότητα αναγνώρισης για το τι είναι μια πίεση (Maxim et al, 2009).

Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη του μοντέλου DPSIR είναι ότι επιτρέπει στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να κατανοούν εύκολα τα περιβαλλοντικά



προβλήματα. Ωστόσο, οι πραγματικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι πολυδιάστατες και θα μπορούσαν να προκληθούν από έναν αριθμό πολύπλοκων παραγόντων. Η σχέση μεταξύ των κατηγοριών ενός μοντέλου DPSIR θεωρείται συνεργιστική (Maxim et al, 2009), πράγμα που σημαίνει ότι ένας αντίκτυπος θα μπορούσε να εκφραστεί διαφορετικά σε διαφορετικές συνθήκες κατάστασης και επιπλέον, πολλές επιπτώσεις, θα μπορούσαν να είναι η αιτία δημιουργίας άλλων επιπτώσεων.

### 2.16.1 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και Ακουστική Οικολογία

Η λήψη αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) είναι ένα πολύτιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη λήψη αποφάσεων παρουσία κάποιων κριτηρίων. Αυτή η διαδικασία αξιολογεί εναλλακτικές επιλογές χρησιμοποιώντας πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα κριτήρια που περιστασιακά είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν και να μετρηθούν. Μεγάλη ποικιλία πολυκριτηριακών αναλύσεων έχει χρησιμοποιηθεί προκειμένου να ενισχύσει οικολογικές έρευνες. Οι έρευνες αυτές συνήθως αφορούν την ανάδειξη βέλτιστων μεθόδων επεξεργασίας στερεών αποβλήτων (Roca & Herva, 2013), την αξιολόγηση της βαρύτητας ρύπων στην βιοποικιλότητα (De Lange et. al, 2009), έρευνες περιβαλλοντικών οικονομικών που αφορούν μεταξύ άλλων την αποκατάσταση ενδιαιτημάτων (Nijkamp, 1975), αλλά και έρευνες που αφορούν τη χωροθέτηση μιας μονάδας χρησιμοποιώντας συνδυαστική χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (GiS) (Patrono, 1998). Σκοπός σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις είναι η ανάδειξη της ιδανικής λύσης σε κάποιο οικολογικό ζήτημα, που συνήθως καταλήγει σε μια ιεράρχηση πολλαπλών επιλογών, έτσι ώστε να ληφθεί μια απόφαση.

Συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία εμφανίζονται έρευνες που προσπαθούν να δώσουν απάντηση σε κάποιο πρόβλημα, του οποίου η λύση περιέχει τόσο αντικειμενικές, όσο και υποκειμενικές διαστάσεις (Matsinos et. al, 2017).. Για παράδειγμα, η επιλογή μιας περιοχής που προσφέρει ένα ήσυχο (quiet) ή ήρεμο (tranquil) ηχητικά τοπίο, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας κριτήρια όπως η ένταση του θορύβου, που αποτελεί ένα εύκολα μετρήσιμο ποσοτικό μέγεθος. Παράλληλα όμως, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και κριτήρια όπως ο βαθμός ευχαρίστησης που προσφέρει στον χρήστη του. Ίσως μια τέτοια μεταβλητή να μπορεί εν τέλει να ποσοτικοποιηθεί χρησιμοποιώντας διάφορες στατιστικές τεχνικές και είναι γεγονός πως τα μη ακουστικά κριτήρια αξιολόγησης ενός ηχοτοπίου (υποκειμενικά), θεωρούνται εξίσου σημαντικά με τα ακουστικά (αντικειμενικά) (De Coensel & Botteldooren, 2006; De Coensel, 2013) Παρόλα αυτά, η υποκειμενική διάσταση του κριτηρίου της ευχαρίστησης ωθεί τους ερευνητές που διεξάγουν μια πολυκριτηριακή ανάλυση στην ομογενοποίηση απόψεων, στάσεων και προτιμήσεων, χρησιμοποιώντας συνήθως τον μέσο όρο κωδικοποιημένων ποιοτικών δεδομένων. Η συγκεκριμένη παρατήρηση, δεν αποτελεί απαραίτητα περιοριστικό παράγοντα στη διαδικασία της λήψης απόφασης που ενσωματώνει υποκειμενικά και αντικειμενικά κριτήρια, αλλά αναδεικνύει την ανάγκη επιλογής των σωστών κριτηρίων προκειμένου να ληφθεί μια όσο το δυνατόν περισσότερο αμερόληπτη απόφαση. .

Διάφορες τεχνικές χρησιμοποιούνται προκειμένου να ολοκληρωθεί μια διαδικασία λήψης απόφασης. Για την επίτευξη του σκοπού και των στόχων της διαδικασίας, αναγκαία είναι η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου που ταιριάζει στον τύπο του προβλήματος (Belton, 1986). Συχνά καμία από τις εναλλακτικές λύσεις δεν ταιριάζει απόλυτα στην επίτευξη του σκοπού. Η εναλλακτική λύση που ταιριάζει καλύτερα στους στόχους μπορεί να επιλεγεί αξιολογώντας τις εναλλακτικές επιλογές με ένα σύνολο κριτηρίων (Mateo, 2011) τα οποία πρέπει να είναι διακριτά, λίγα σε αριθμό και ουσιαστικά για τη λύση του προβλήματος (Baker et. al., 2002).

Για την καλύτερη και ακριβέστερη λήψη αποφάσεων με χρήση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών δεδομένων είναι συνηθισμένη η ανάθεση βαρύτητας στα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν. Η απόδοση βαρύτητας ή αλλιώς στάθμιση των κριτηρίων μπορεί να οδηγήσει σε μια ακριβή διαδικασία λήψης αποφάσεων για τα ποσοτικά κριτήρια, αλλά στα ποιοτικά αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί μειονέκτημα (Jong, 1984). Η ανάθεση βαρύτητας σε ποιοτικά κριτήρια μπορεί να επηρεαστεί από την προτίμηση του υπεύθυνου λήψης απόφασης και μπορεί να ποικίλλει εξαιρετικά από το ένα άτομο στο άλλο (Mareschal, 1988). Για την κάλυψη αυτής της αδυναμίας, προτάθηκε μια αριθμητική κλίμακα (0-9) για τη μετατροπή των ποιοτικών δεδομένων σε ποσοτικά (Saaty, 1977; Mateo, 2011).

Μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους (Marcus & Minc, 1988; Gass & Rapsák, 2004) για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η αναλυτική ιεραρχική μέθοδος (AHP), που εισήχθη από τον Saaty (Saaty, 1977; Saaty 2004, Saaty 2008). Η AHP είναι μια μέθοδος αποσύνθεσης προβλημάτων σε μια ιεραρχία υπο-προβλημάτων, η οποία μπορεί να κατανοηθεί και να αξιολογηθεί καλύτερα. Η AHP είναι μια διαδικασία σύγκρισης κατά ζεύγη με κλίμακες βαθμολόγησης από το 1 έως το 9, με το 1 να εκφράζει την ουδετερότητα μεταξύ των εναλλακτικών και του 9 ως «ακραία υπέρ-επιλογή». Προκειμένου να υποστηριχθεί η μέθοδος AHP μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόσφατα αναπτυγμένο εργαλείο εκτίμησης προτεραιότητας (Priority Estimation Tool - PriEsT) (Siraj et al, 2015).

Με την μέθοδο AHP η τελική απόφαση πρέπει να δομηθεί σε ένα ιεραρχικό μοντέλο πραγματοποιώντας ζευγαρωτές συγκρίσεις των εναλλακτικών επιλογών, βάση των διαθέσιμων αντικειμενικών και υποκειμενικών κριτηρίων (Mateo, 2011). Τα κύρια μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου αφορούν τη διαδικασία ανάθεσης βαρύτητας για κάθε κριτήριο. Το γεγονός αυτό, έχει σημαντική επίδραση στην τελική βαθμολογία (σκορ), καθώς η στάθμιση βασίζεται στην προτίμηση του λήπτη αποφάσεων (Baker et. al, 2002). Ωστόσο, έχουν γίνει προσπάθειες για την κάλυψη αυτών των αδύνατων σημείων (de Jong, 1984; Marcus & Minc, 1988).

Εκτός από την Αναλυτική Ιεραρχική Μέθοδο, έχουν χρησιμοποιηθεί και οι μέθοδοι PROMETHEE και ELECTRE. Η μέθοδος κατάταξης PROMETHEE (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations) (Saaty & Vargas, 1984; Brans & Vique, 1985) δεν αποκλείει καμία λύση συγκρίνοντας τις εναλλακτικές κατά ζεύγη, αλλά τις βάζει σε μια σειρά σύμφωνα με τα κριτήρια και την προτίμηση του

υπεύθυνου λήψης αποφάσεων. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι κατά κύριο λόγο η απλότητα της (Brans et. al, 1986; Mateo, 2011). Ακόμη μια μέθοδος κατάταξης είναι η μέθοδος ELECTRE (ELimination Et Choice Translating REality) που επινοήθηκε το 1968 (Mateo, 2011). Η συγκεκριμένη μέθοδος λαμβάνει υπόψη όλα τα ζεύγη εναλλακτικών (Hui-Fen Li, 2007) ενώ μπορεί να χειριστεί τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά δεδομένα (Mateo, 2011). Τέλος, μια πολύ χαρακτηριστική και βασική μορφή πολυκριτηριακής μεθόδου είναι η χρήση ενός πίνακα επιδόσεων (performance matrix). Σε αυτόν τον πίνακα, κάθε σειρά περιγράφει μια επιλογή-εναλλακτική και κάθε στήλη περιγράφει την απόδοση των επιλογών σε σχέση με κάθε κριτήριο (Matsinos et. al, 2017). Οι αξιολογήσεις είναι συχνά αριθμητικές και μπορούν να είναι γρήγορες και αποτελεσματικές. Μπορεί όμως να οδηγήσουν σε εσφαλμένη κυριαρχία μιας επιλογής καθώς αποτελεί μέθοδο που χρησιμοποιεί αστάθμητα κριτήρια. Η κυριαρχία προκύπτει όταν μια επιλογή αποδίδει τουλάχιστον όπως και μια άλλη σε όλα τα κριτήρια και παράλληλα, είναι καλύτερη από την άλλη σε τουλάχιστον ένα κριτήριο.

Η μέθοδος της αναλυτικής ιεράρχησης (AHP) και γενικά οι πολυκριτηριακές αναλύσεις, αποτελούν πολύ δυνατά και εύχρηστα εργαλεία ανάδειξης ήσυχων περιοχών (Tsaligoroulos et. al, 2018) αλλά και ανάδειξης περιβαλλοντικής αντίληψης (Carlsen & Bruggemann, 2020). Παρόλα αυτά, πρέπει να σημειωθεί πως μια πληθώρα κοινωνικών και ψυχολογικών παραγόντων επηρεάζουν την εγκυρότητα των υποκειμενικών κριτηρίων αξιολόγησης ηχοτοπίων, όπως αυτό του βαθμού της ενόχλησης (Paunović et. al, 2009). Συνεπώς, η αύξηση των ερευνών σε παγκόσμιο επίπεδο (Carlsen & Bruggemann, 2020), θα μπορούσε να αποδώσει στα υποκειμενικά αυτά κριτήρια μια σταθερότητα καθιστώντας τα περισσότερο ουσιώδη και χρήσιμα (Mateo, 2011) με σκοπό την επίλυση σχετικών προβλημάτων. Ένα ακόμη δύσκολο μετρήσιμο, αλλά πολύ βασικό πρόβλημα που αφορά την ποιότητα των αστικών τοπίων και ηχοτοπίων, είναι το αίσθημα της ασφάλειας που νιώθουν οι πολίτες κατά τη χρήση τους.

## **2.17 Μεροληψία στην έρευνα ακουστικής οικολογίας**

Η μεροληψία αφορά την τάση που ωθεί προς μια προκατειλημμένη απάντηση σε μια οποιαδήποτε ερώτηση. Στην έρευνα συχνά εμφανίζεται και ως συστηματικό λάθος (systematic error) και προκύπτει όταν κατά τη δειγματοληψία ή την διεξαγωγή μιας έρευνας μια πιθανή απάντηση ή αποτέλεσμα προωθείται σε σχέση με κάποιο άλλο (Pannucci & Wilkins, 2010).

Μπορεί να προκύψει σε διάφορες φάσεις της έρευνας (Agabegi & Stern, 2008) από το σχεδιασμό, την υλοποίηση, την ανάλυση, μέχρι και τη δημοσίευση της, εσκεμμένα ή μη (Gerhard, 2008). Συχνά, συλλέγοντας δημογραφικά δεδομένα και προκειμένου να συλλεχθούν περισσότερα δεδομένα, μπορεί να παρουσιαστούν φυλετικές διακρίσεις (gender bias) (Xiao & Hilton, 2019). Σε έρευνες ακουστικής οικολογίας, η μεροληψία μπορεί να προκύψει για διάφορους λόγους.

Για παράδειγμα, η πιθανότητα ανίχνευσης ενός ωδικού πτηνού σε μια περιοχή δεν εξαρτάται μόνο από το αν το συγκεκριμένο είδος είναι ηχητικά ενεργό κατά τη διάρκεια της έρευνας, αλλά και από άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της ανίχνευσης όπως μεταξύ άλλων (Wiley & Richards, 1982):

- η απόσταση του είδους από τον ερευνητή ή το εργαλείο καταγραφής
- οι οπτικές παρεμβολές εξαιτίας της πυκνότητας της βλάστης
- ο θόρυβος υποβάθρου που μπορεί να καλύψει το ηχητικό σήμα ενδιαφέροντος
- οι ικανότητες του εκάστοτε ερευνητή

Συνεπώς, οι αστοχίες αυτές μπορεί να αποτελούν μη εσκεμμένη μεροληψία (*Rappaport et. al, 2020*). Παράλληλα, σε έρευνες που μελετούν τις επιπτώσεις του θορύβου και παράλληλα αναδεικνύουν στάσεις κατοίκων προς αυτό τον ρύπο μέσω κάποιου ερωτηματολογίου, υπάρχει ο κίνδυνος εμφάνισης μεροληψίας ανάλογα με το ερωτηματολόγιο που θα σχηματιστεί και ακόμη με την περιοχή που θα πραγματοποιηθεί η κοινωνιολογική έρευνα ηχοτοπίου. Αν κάποιος ερευνητής επιχειρήσει να ορίσει το αν μια πόλη είναι θορυβώδης ή όχι πραγματοποιώντας μια κοινωνιολογική έρευνα σε ένα θορυβώδες σημείο, μπορεί να προκύπτει μια γενίκευση και να αποδώσει λάθος χαρακτηρισμό, χρησιμοποιώντας λάθος κλίμακα.

Το μικρό μέγεθος του δείγματος σε έρευνα που αφορά την αντίληψη ενός αστικού ηχοτοπίου δεν είναι αντιπροσωπευτικό και συνεπώς τα συμπεράσματα μπορεί να θεωρηθούν μεροληπτικά (*Lionello et. al, 2020*). Παράλληλα, οι ιδιαιτερότητες των χαρακτήρων που συμμετέχουν σε μια κοινωνιολογική έρευνα, επηρεάζει τον τρόπο κατά τον οποίο ένα ηχοτόπιο γίνεται αντιληπτό (*Lindborg & Friberg, 2016*). Συνεπώς, οι ιδιαιτερότητες αυτές μπορεί να οδηγήσουν σε μεροληπτικά συμπεράσματα.

Σε προσπάθειες αποτίμησης βιοποικιλότητας μέσω του ήχου ή σε έρευνες βιοακουστικής και στην περίπτωση που ο θόρυβος δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης, ο θόρυβος υποβάθρου μπορεί να επηρεάσει την ακουστική πολυπλοκότητα και να θεωρηθεί προϊόν μεροληψίας (*Dein & Rüdissler, 2020*) αλλοιώνοντας τα αποτελέσματα.

Οι έρευνες με βασικό σκοπό τη διατήρηση της βιοποικιλότητας θα πρέπει να παραμένουν αμερόληπτες και μη κατευθυνόμενες. Συχνά όμως τα ερευνητικά ενδιαφέροντα δεν ευθυγραμμίζονται με τις ερευνητικές ανάγκες. Μεταξύ άλλων, οι πηγές χρηματοδότησης και τα ερευνητικά ενδιαφέροντα των εκδοτικών οίκων, σχηματίζουν τάσεις γεννώντας έτσι μεροληψία στις οικολογικές έρευνες. Έτσι δημιουργούνται κενά στις βάσεις δεδομένων που τα οποία θέτουν σε κίνδυνο τις προσπάθειες διατήρησης βιοποικιλότητας (*Trimble & van Aarde, 2012*).

Οι επιλογή μιας περιοχής δειγματοληψίας μπορεί επίσης να αποτελεί προϊόν μεροληψίας ανάλογα με τους στόχους της. Σε πρόσφατη βιβλιογραφική έρευνα που αφορούσε την χωρική μεροληψία σε οικολογικές έρευνες, αναδείχθηκε το γεγονός πως η επιλογή μιας περιοχής δειγματοληψίας πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο με

γνώμονα την άνεση και την προσβασιμότητα (Piccolo et. al, 2020). Συνεπώς, επιλέγονται περισσότερο πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις παρά προστατευόμενες περιοχές, με τη συνέπεια να δημοσιεύονται έρευνες με οικολογία δεδομένα σε ανθρωπογενώς διαταραγμένα οικοσυστήματα. Η επιλογή μιας περιοχής δειγματοληψίας με γνώμονα την εύκολη προσβασιμότητα (Reddy & Dávalos, 2003) αλλά και την εγγύτητα σε ανθρώπινες εγκαταστάσεις και μεταφορικά μέσα, οδηγεί σε μη αντιπροσωπευτικά με την πραγματικότητα επίπεδα βιοποικιλότητας, τόσο σε αφθονία, όσο και σε ποικιλία ειδών.

Αυτή η μορφή μεροληψίας στις οικολογικές έρευνες μπορεί να καλυφθεί μέσω της διεπιστημονικότητας της ακουστικής οικολογίας. Ο σχηματισμός δικτύων παρακολούθησης με καταγραφικά ήχου (Sheng et. al, 2019; Bradfer-Lawrence et. al, 2020) μπορεί να καλύψει γεωγραφικά πολύ μεγαλύτερο εύρος και να προφέρει δεδομένα βιοποικιλότητας αξιοποιώντας τα έκδηλα φωνητικά είδη αλλά και θηλαστικά (Rog et. al, 2020) μιας περιοχής ενδιαφέροντος ακόμη και με την παρουσία περιβαλλοντικού θορύβου (Doser et. al, 2020). Η παθητική ακουστική παρακολούθηση (Passive Acoustic Monitoring) σε συνδυασμό με το σχεδιασμό δικτύων παρακολούθησης (Nascimento et. al, 2020) μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερο και αμερόληπτο όγκο οικολογικών δεδομένων.

## **2.18 Η συνδρομή της τοπικής γνώσης σε ζητήματα ακουστικής οικολογίας - Η επιστήμη των πολιτών**

Οι έρευνες ακουστικής οικολογίας που ακολουθούν μια κοινωνιολογική προσέγγιση θα μπορούσαν να παρέχουν πολύτιμα δεδομένα όσον αφορά τον τρόπο κατά τον οποίο ένα ηχοτοπίο γίνεται αντιληπτό. Παρ'όλα αυτά, η διαφοροποίηση στους στόχους των συγκεκριμένων ερευνών και η έλλειψη μιας κοινής γραμμής όσον αφορά τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιούνται, δεν δίνει τη δυνατότητα της σύγκρισης μεταξύ ηχοτοπίων ή πόλεων (Brown & Lam 1987).

Ειδικά σε ζητήματα αξιολόγησης αστικών ηχοτοπίων η γνώση των πολιτών είναι πολύτιμη. Προγράμματα επιστήμης πολιτών (Citizen Science) και τα προγράμματα δικτύου παρακολούθησης με βάση την κοινότητα (Community Based Monitoring - CBM), συνεισφέρουν με τεράστιο αριθμό δεδομένων σχετικά με διάφορους οικολογικούς στόχους (Whitelaw et al., 2003; Cohn 2008; Conrad & Hilchey 2011; Resnik et al., 2015; Loss et al., 2015). Επιπλέον, αυτά τα προγράμματα προωθούν την ευαισθητοποίηση και παρέχουν στις κοινότητες πολλά οφέλη σχετικά με την αύξηση της περιβαλλοντικής δημοκρατίας (Conrad & Hilchey, 2010).

Η επιστήμη των πολιτών (Citizen Science) μεταξύ των πολλών ορισμών που έχουν δοθεί για αυτήν (Eitzel et al., 2017), αφορά την συμμετοχή μη επαγγελματιών ερευνητών στην επιστημονική έρευνα που βοηθά στη δημιουργία νέων γνώσεων και πληροφοριών (Resnik et al., 2015; Lee et al., 2020). Πολλοί ερευνητές χαρακτηρίζουν την επιστήμη των πολιτών ως ένα ερευνητικό εργαλείο, ή μια μέθοδο, ή μια συμμετοχική έρευνα (Follett & Strezov, 2015), επιτρέποντας την χώρο-χρονική εξάπλωση μιας έρευνας που θα είχε πραγματοποιηθεί με παραδοσιακές μεθόδους.

Παράλληλα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένα εργαλείο ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης για διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα (Bonney, 1996). Σημαντικό ζήτημα είναι η ανάδειξη του ρόλου και της αξίας του συμμετέχοντα σε κάποια διαδικασία επιστήμης των πολιτών η οποία αντιμετωπίζει δυσκολίες. Οι συμμετέχοντες χαρακτηρίζονται ως επιστήμονες με την κλασική έννοια του όρου, αλλά ο προσδιορισμός τους ως πολίτες έχει θεωρηθεί προβληματικός (Eitzel et al., 2017), καθώς εμπίπτει σε διάφορα πρακτικά, νομικά και ηθικά ζητήματα.

Η επιστήμη των πολιτών αφορά έρευνες φυσικών επιστημών αλλά και κοινωνιολογικού ενδιαφέροντος τόσο σε φυσικά (Mourad et al., 2020), όσο και σε αστικά περιβάλλοντα. Η αστική ζωή μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ψυχική ευημερία των πολιτών μιας πόλης (Pykett et al. 2020). Συχνά οι έρευνες της επιστήμης των πολιτών κοινωνιολογικού ενδιαφέροντος αφορούν συναισθηματικές αποκρίσεις σε συγκεκριμένα αστικά περιβάλλοντα (Birenboim 2018), όπως η ανάδειξη ηχοτοπίων υψηλού ενδιαφέροντος (Tsaligopoulos et. al, 2018). Οι πολίτες που εμπλέκονται σε προγράμματα επιστήμης πολιτών κοινωνιολογικού ενδιαφέροντος, καλούνται να συλλέξουν προσωπικά δεδομένα όπως η παρακολούθηση της ρουτίνας τους όσον αφορά ψυχολογικές αντιδράσεις σε ποικιλία ερεθισμάτων και πιέσεων, η παρακολούθηση προσωπικών μετακινήσεων και τέλος, η ανάδειξη στάσεων και απόψεων για κάποιο ζήτημα (Tauginienė et. al, 2020).

Η επιστήμη των πολιτών θα μπορούσε να είναι ένα πολύ δυνατό εργαλείο παρακολούθησης βιοποικιλότητας (Callaghan et al., 2020) όπως η καταγραφή ειδών ορνιθοπανίδας (Johansson et. al, 2020) σε μια ευρεία χώρο-χρονική κλίμακα με αρκετές όμως ενδεχόμενες αστοχίες (Snäll et al. 2014; Aceves-Bueno et al. 2017) που αφορούν κυρίως την ομοιογένεια των δεδομένων.

## **2.19 Χαρτογράφηση Επικράτειας Ορνιθοπανίδας και Ταχεία Αξιολόγηση Βιοποικιλότητας με υβριδικές ακουστικές μεθόδους**

Υπάρχουν πολλοί τρόποι καταγραφής και αξιολόγησης επιπέδων βιοποικιλότητας. Η καταγραφή συχνά προϋποθέτει μακροχρόνιες και δαπανηρές μεθόδους καθιστώντας την σπάνια, έως αδύνατη. Η παρουσία αυτών των χρονοβόρων προβλημάτων οδήγησε σε νέες ταχείες προσεγγίσεις, χρησιμοποιώντας μικρότερη χωρική και χρονική κλίμακα με στόχο την άμεση εξαγωγή δεδομένων για την διαχείριση.

Τα αποτελέσματα μπορούν να περιγράψουν την αφθονία την ομοιογένεια και την ποικιλότητα των ειδών ενός οικοσυστήματος, καθώς επίσης την γενική υγεία του οικοσυστήματος και την αξιολόγηση των πόρων. Τέλος, μέσω της επανάληψης προσδιορίζονται οι άμεσες επιδράσεις των μεταβολών στο οικοσύστημα, όσον αφορά τους οργανισμούς.

Η σχεδίαση μιας μεθόδου ταχείας αξιολόγησης βιοποικιλότητας προϋποθέτει τη δημιουργία σκληρού πρωτοκόλλου (Patrick, 2014) που θα αφορά κυρίως τα είδη της αξιολόγησης, το χρονοδιάγραμμα των σταδίων σχεδιασμού καθώς και τον τρόπο συλλογής δεδομένων. Προκειμένου να είναι επιτυχημένη μια ταχεία αξιολόγηση

βιοποικιλότητας τα δεδομένα θα πρέπει να είναι διαθέσιμα γρήγορα και σε ένα χρονοδιάγραμμα κατάλληλο για λήψη αποφάσεων. Συνεπώς, η διαδικασία θα πρέπει να επικεντρωθεί σε ένα ταξινομικό γκρουπ (πχ πουλιά). Η συγκεκριμένη μέθοδος, δεν μπορεί να πει ποια είδη σίγουρα δεν υπάρχουν, μπορεί όμως να αναδείξει την πιθανή έλλειψη κάποιων ειδών αξιοποιώντας προϋπάρχουσες λίστες. Το πόσο πλήρης είναι μια λίστα ειδών με την εφαρμογή της ταχείας αξιολόγησης βιοποικιλότητας εξαρτάται από τις δεξιότητες του ερευνητή, τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους και το χρονικό διάστημα στο πεδίο (Patrick, 2014).

Βιολογικά και οικολογικά, τα πουλιά είναι μια από τις πιο ποικίλες ομάδες ζώων και συχνά μελέτες αξιολόγησης βιοποικιλότητας επικεντρώνονται σε αυτά. Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας ειδών ορνιθοπανίδας αλλά και των συμπεριφορικών ιδιαιτεροτήτων τους, δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί μια καθολική μέθοδος παρακολούθησης και απογραφής πληθυσμών για όλα τα είδη (Bibby *et.al.*, 2000). Η παρακολούθηση, η απογραφή και ο χωρικός προσδιορισμός των δραστήριων ηχητικά ειδών ορνιθοπανίδας συχνά βασίζεται στην ακρόαση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του ακουστικού τριγωνισμού (acoustic triangulation) (Longoni *et. al.*, 2011). Η μέθοδος του τριγωνισμού είναι μια διαδικασία εκτίμησης τοποθεσίας απομονώνοντας το περιβάλλον σε τριγωνικές περιοχές μετρώντας γωνίες από τα άκρα μιας επιλεγμένης γνωστής βάσης προς το σημείο που αποτυπώνεται. Ο ακουστικός τριγωνισμός μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάταξη μικροφώνων καθώς αρκετά είδη περισσότερο ακούγονται παρά φαίνονται (Lefebvre & Poulin, 2003).

Πολλά είδη πουλιών, περιορίζονται σε μικρούς σχετικά χώρους όπως οι αστικοί χώροι πρασίνου, υπερασπίζοντας περιοχές συνήθως κοντά στη φωλιά τους. Η χαρτογράφηση των περιοχών επικράτειας, παρά κάποιους περιορισμούς, έχει αποδειχθεί χρήσιμο εργαλείο συλλογής δεδομένων για οικολογική έρευνα (Bibby *et.al.*, 2000).

Ανάλογα με το μέγεθος του οικοσυστήματος και του χώρου όπου έχει επιλεγεί για να αναδειχθούν οι επικράτειες της ορνιθοπανίδας, σχηματίζονται γραμμές – διαδρομές συγκεκριμένης απόστασης, που διατέμνουν την περιοχή μελέτης (Budka & Kokociński, 2015). Ο ερευνητής πεδίου θα πρέπει να ακολουθήσει αυτές τις διαδρομές μέχρι να συναντήσει ή να ακούσει κάποιο αρσενικό του υπό μελέτη είδους και να σημειώσει τη θέση του σε ένα τυπωμένο χάρτη. Παράλληλα, η χρήση κωδικών για το φύλο, την ηλικιακή κλάση, την συμπεριφορά, καθώς και η σημείωση για την ύπαρξη φωλιών, βοηθούν στη δημιουργία του τελικού χάρτη επικράτειας των ειδών ορνιθοπανίδας και την μείωση πιθανών ασθενειών και θήρευσης. Τα πτηνά διεκδικούν τις επικράτειες τους μέσω μιας σειράς συμπεριφορών όπως το τραγούδι (Κυρίως mating calls), με οπτικές επιδείξεις και με τη δημιουργία φωλιών

Στην ταχεία αξιολόγηση της ορνιθοπανίδας η μέθοδος της σημειακής καταμέτρησης (point count) έχει επίσης καθιερωθεί τα τελευταία χρόνια. Η μέθοδος προϋποθέτει την σχεδίαση νοητού κύκλου με συγκεκριμένη χωρική κάλυψη η οποία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του οικοσυστήματος. Έπειτα παρατηρείται για

συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ενώ παράλληλα προστίθεται η βιοποικιλότητα εκτός της περιοχής ενδιαφέροντος (Patrick, 2014).

Η μέθοδος της χαρτογράφησης επικράτειας μπορεί να αποδώσει καλύτερα και λιγότερο μεροληπτικά αποτελέσματα σε σχέση με τη μέθοδο σημειακής καταμέτρησης (Budka & Kokociński, 2015). Παρόλα αυτά, κάθε μέθοδος έχει πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα ανάλογα με το αντικείμενο και την περιοχή μελέτης (Wesołowski et. al, 2010; Newell et. al, 2013). Οι νέες μεθοδολογίες και τα εργαλεία της ακουστικής οικολογίας και της οικολογικής ακουστικής μπορούν να ενισχύσουν τις κλασικές αυτές μεθόδους και να συνδράμουν στην ταχεία αξιολόγηση βιοποικιλότητας μειώνοντας σε πολύ σημαντικό βαθμό την μεροληψία και τις πιθανές αστοχίες από τη μεριά των ερευνητών (Parker, 1991). Συνεπώς, μια υβριδική μέθοδος που συνδυάζει τις κλασικές μεθόδους με τις σύγχρονες ακουστικές είναι αναντίρρητα χρήσιμη.

## 2.20 Νομικό πλαίσιο θορύβου στην Ελλάδα και υποχρεώσεις διαχείρισης

Το ελληνικό νομικό πλαίσιο αναγνωρίζει τον θόρυβο ως ρύπο και προωθεί μια τακτική περιορισμού του, τόσο σε επίπεδο πηγής όσο και δέκτη, κυρίως μέσω της εφαρμογής επιτρεπτών ορίων. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το νομικό πλαίσιο για τα ζητήματα του θορύβου βρίσκονται στο παράρτημα Ι.

Στο Προεδρικό Διάταγμα 1180 (ΦΕΚ 293/Α/6-10-1981), «Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και τη εκ τούτων διασφάλισης περιβάλλοντος εν γένει» παρουσιάζονται οι ορισμοί της ρύπανσης και του επιτρεπόμενου ορίου εκπομπής. Ως ρύπανση ορίζεται η “*Η άμεση ή έμμεση εκπομπή στο περιβάλλον, ουσιών, θορύβου ή άλλων μορφών ενέργειας σε τέτοια ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορεί να προκαλέσει βλάβη στην υγεία των ανθρώπων, ή υλικές ζημιές ή να επιδράσει δυσμενώς επί των ζώντων οργανισμών ή των οικοσυστημάτων και να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις κατά προορισμό επωφελείς χρήσεις*”. Επίσης, ως επιτρεπόμενο όριο εκπομπής ορίζεται “*το καθοριζόμενο κατά τις διατάξεις του παρόντος ανώτατο επιτρεπόμενο ποσό εκπομπής ρυπαινούσης ουσίας, θορύβου ή άλλης μορφής ενέργειας*”.

Με βασική πηγή τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις αναφέρονται τα επιτρεπτά όρια εκπομπής θορύβου ανάλογα με το βαθμό αστικοποίησης της περιοχής. Τα επιτρεπτά όρια είναι τα παρακάτω:

- Νομοθετημένες Βιομηχανικές Περιοχές → 70dB(A)
- Περιοχές εις τις οποίες επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο → 65dB(A)
- Περιοχές στις οποίες επικρατεί εξίσου βιομηχανικό και αστικό στοιχείο → 55dB(A)
- Περιοχές στις οποίες επικρατεί το αστικό στοιχείο → 50dB(A)



Επίσης, αναφέρεται ότι για τις εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε επαφή με κατοικημένα κτίσματα το επιτρεπόμενο όριο θορύβου είναι ακόμη χαμηλότερο στα 45 dB(A). Παρόλα αυτά στο συγκεκριμένο διάταγμα δεν αναφέρεται ο δείκτης θορύβου και το πρωτόκολλο ανάδειξης του. Συνεπώς, υπάρχουν γκριζες ζώνες καθώς τα 45 dB(A) του δείκτη  $L_{eq}$  είναι μια εντελώς διαφορετική κατάσταση από τα 45 dB(A) του δείκτη  $L_{max}$  που αφορά την μέγιστη ένδειξη έντασης σε μια δειγματοληψία θορύβου.

Στην Υπουργική Απόφαση 17252/92 (ΦΕΚ 395/B/19-6-92) πραγματοποιήθηκε ο «Καθορισμός δεικτών και ανωτάτων επιτρεπομένων ορίων θορύβου που προέρχεται από την κυκλοφορία σε οδικά και συγκοινωνιακά έργα». Σε αυτή την περίπτωση αναφέρεται η χρήση της ισοδύναμης συνεχούς στάθμης θορύβου  $L_{eq}$  ως ο δείκτης θορύβου. Παράλληλα, αναφέρεται η χρονική περίοδος από 08.00 έως 20.00 όπου θα επιβάλλονται τα επιτρεπτά επίπεδα των **67 dB(A)** για τον δείκτη  $L_{eq}$ .

Με την Υπουργική Απόφαση 13586/724 (ΦΕΚ 384/B/28-3-2006), εναρμονίστηκε στο ελληνικό νομικό πλαίσιο η οδηγία 2002/49/EK «σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου» του Συμβουλίου της 25.6.2002». Η Τεχνική Διυπουργική Ομάδα Εργασία (ΤΔΟΕ) με μέριμνα της Διεύθυνσης Ελέγχου της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου (ΕΑΡΘ) επεξεργάζεται τους στρατηγικούς χάρτες θορύβου και τα σχέδια δράσης για τη διαχείριση των προβλημάτων και επιδράσεων του θορύβου. Η στρατηγική χαρτογράφηση θορύβου είναι μια τυπική χαρτογράφηση του συγκεκριμένου ρύπου, με την προσθήκη δημογραφικών πληροφοριών που αφορούν τον αριθμό των ατόμων που προσβάλλονται από περιβαλλοντικό θόρυβο και συνήθως συνοδεύονται από προτάσεις διαχείρισης. Σχετικά με τη στρατηγική χαρτογράφηση θορύβου, ως τελική ημερομηνία εκπόνησης, είχε οριστεί η 30η Ιουνίου 2007 και αφορούσε όλα τα πολεοδομικά συγκροτήματα άνω των 250000 κατοίκων, τους μεγάλους οδικούς άξονες, όπου καταγράφεται μέση ημερήσια κυκλοφορία ετησίως άνω των 16.500 οχημάτων, τον κύριο σιδηροδρομικό άξονα όπου διακινούνται άνω των 60000 συρμών ετησίως, και τα μεγάλα αεροδρόμια της Ελλάδας.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ζήτησε επίσημα από 11 κράτη μέλη να μεταφέρουν στο εθνικό δίκαιο την κοινοτική νομοθετική πράξη που αποβλέπει στο να υπάρξει μια κοινή βάση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων θορύβου σε ολόκληρη την ΕΕ. Η μεταφορά στο εθνικό δίκαιο έπρεπε να είχε γίνει έως τις 18 Ιουλίου 2004. Τα ενεχόμενα κράτη μέλη είναι η Αυστρία, το Βέλγιο, η Τσεχική Δημοκρατία, η Φινλανδία, η Γαλλία, η Ελλάδα, η Ιρλανδία, η Ιταλία, το Λουξεμβούργο, η Πορτογαλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Εάν ένα κράτος μέλος δεν συμμορφωθεί με το εν λόγω αίτημα, η Επιτροπή μπορεί να παραπέμψει την υπόθεση στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο.

Ο Επίτροπος Περιβάλλοντος κ. Σταύρος Δήμας δήλωσε: «Στόχος της ΕΕ είναι να μειωθεί σημαντικά ο αριθμός των ατόμων στην Ευρώπη που θίγονται από το θόρυβο έως το 2012. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, είναι καίριας σημασίας να υλοποιηθούν

*όλα τα κράτη μέλη τα μέτρα που έχουν συμφωνηθεί. Σχεδόν τα μισά από αυτά δεν το έχουν πράξει ακόμη. Προτρέπω τα εν λόγω κράτη μέλη να επιταχύνουν τις προσπάθειές τους.» (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2005).*

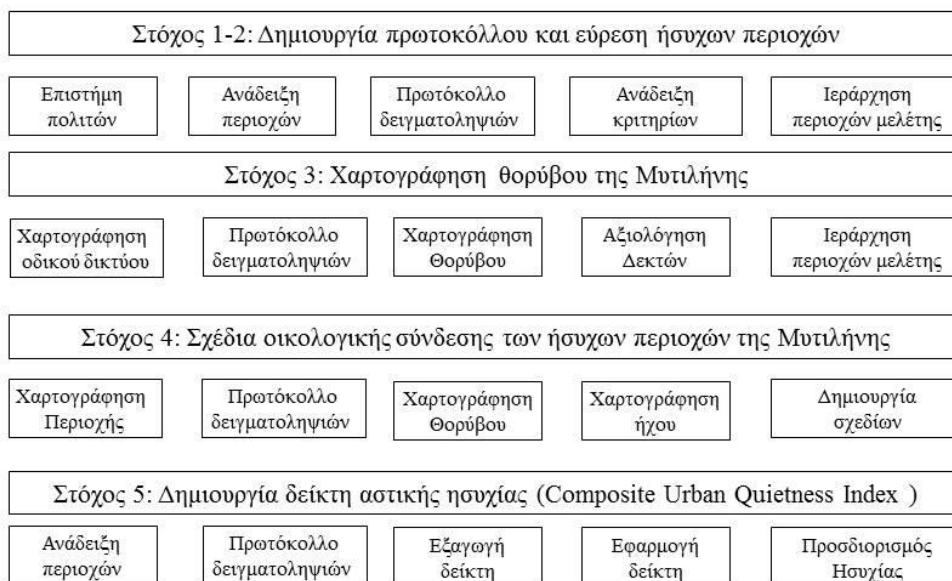
Μέχρι στιγμής έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβου σε διάφορες πόλεις τις Ελλάδας, που αφορούν τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας (Vogiatzis, 2011), τον σιδηροδρομικό θόρυβο (Kouroussis et al., 2018) και τον αεροπορικό θόρυβο (Vogiatzis, 2014). Παράλληλα, αντίστοιχες μελέτες πραγματοποιούνται και στην Κύπρο (Vogiatzis, 2013). Η συγκεκριμένες προσεγγίσεις προτείνουν επεμβατικές λύσεις διαχείρισης όπως η εισαγωγή ηχοπετασμάτων (Antoniadis et al., 2016), αλλά παράλληλα, εμφανίζονται και νέες προτάσεις που ακολουθούν μια προσέγγιση ηχοτοπίου (Licitra & Vogiatzis, 2019) προκειμένου να αλλάξει το ηχητικό περιβάλλον των αστικών συγκροτημάτων της Ελλάδας και της Κύπρου. (Vogiatzis & Rémy, 2018).

Σχετικά με τις ήσυχες περιοχές, έχουν γίνει προσπάθειες εύρεσης με βασικό κριτήριο την απόσταση από τις βασικές πηγές σε Πανελλαδικό επίπεδο (Votsi et al., 2012) παρουσιάζοντας έναν χάρτη σε επίπεδο χώρας που αναδεικνύει τις λιγότερο επηρεασμένες από θόρυβο περιοχές εκτός πολεοδομικών συγκροτημάτων. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ακόμη σημαντικά κενά τα οποία δεν έχουν καλυφθεί ακόμη. Μια από αυτές τις υποχρεώσεις, είναι η εύρεση, η εγκαθίδρυση και η διαχείριση των ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος.

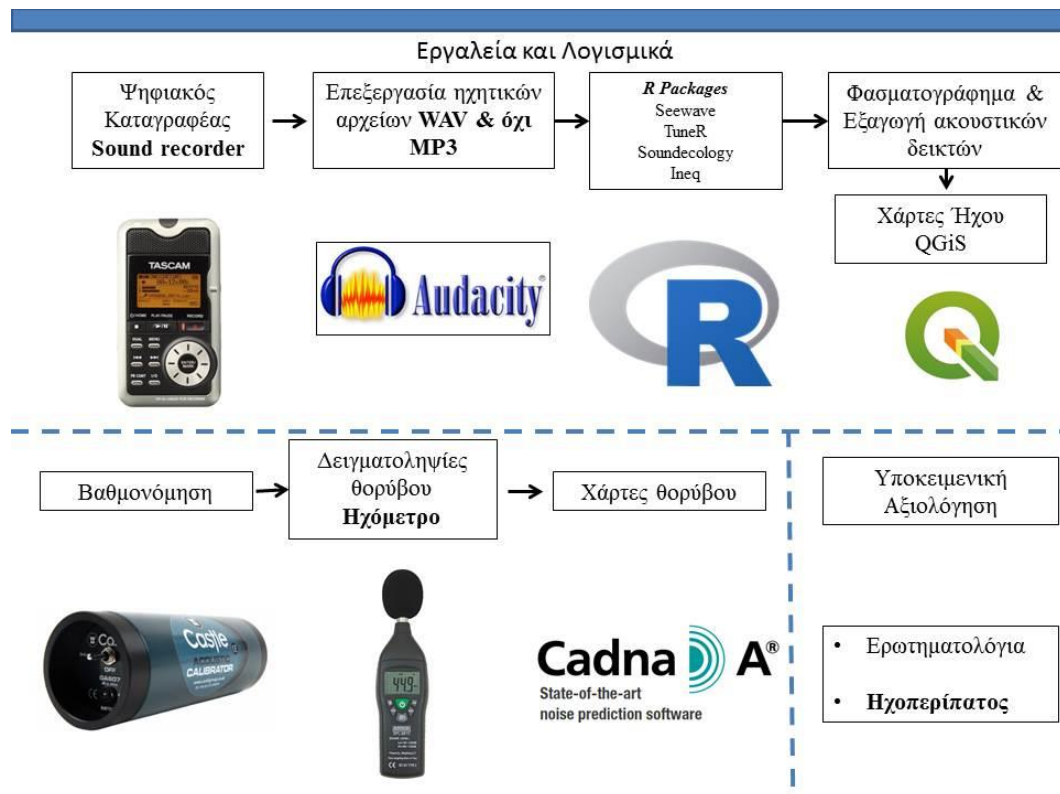
### **3. Μεθοδολογία – Σφαιρική εικόνα**

Στο διάγραμμα ροής παρουσιάζονται όλα τα βήματα υλοποίησης των βασικών στόχων της έρευνας τα οποία αναλύονται στα υπό-κεφάλαια που ακολουθούν (εικόνα 11; εικόνα 11.1). Τα τέσσερα ορόσημα της έρευνας είναι η *ανάδειξη των ήσυχων περιοχών*, η *εισαγωγική προσπάθεια οικολογικής σύνδεσης των ήσυχων περιοχών*, η *δημιουργία του δείκτη αστικής ησυχίας* και ο *προσδιορισμός της έννοιας της αστικής ησυχίας*.

## Γενική Μεθοδολογία



Εικόνα 11. Γενική Μεθοδολογία



Εικόνα 11.1. Εργαλεία και λογισμικά

Πιο συγκεκριμένα, μέσω εργαστηρίων (workshop) ενημερώθηκαν 55 κάτοικοι της Μυτιλήνης για ζητήματα που αφορούν την ακουστική οικολογία. Στη συνέχεια, εφαρμόζοντας τεχνικές επιστήμης των πολιτών (citizen science) αναδείχθηκαν οι περιοχές μελέτης στην πόλη της Μυτιλήνης. Κατόπιν προετοιμασίας των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν (βαθμονόμηση) και αξιολόγησης των δεικτών θορύβου και ακουστικής βιοποικιλότητας, δημιουργήθηκε ένα πρωτόκολλο δειγματοληψίας έτσι ώστε να συλλεχθούν ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα. Τα ποσοτικά δεδομένα συνδυαστικά με άλλα που αναδείχθηκαν μέσω της παγκόσμιας βιβλιογραφίας, χρησιμοποιήθηκαν ως κριτήρια επιλεξιμότητας με σκοπό την ιεράρχηση των περιοχών μελέτης. Χρησιμοποιώντας την πολυκριτηριακή ανάλυση Analytical Hierarchy Process ιεραρχήθηκαν και σημειώθηκαν οι εν δυνάμει ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης. Η προσέγγιση αυτή ονομάζεται “προσέγγιση ηχοτοπίου” η οποία συνδυάζει ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα και έχει συζητηθεί σε προηγούμενα κεφάλαια.

Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε μια προσέγγιση “ακουστικού περιβάλλοντος” η οποία αξιοποιεί αποκλειστικά ποσοτικά δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε χάρτης θορύβου για την πόλη της Μυτιλήνης χρησιμοποιώντας τα επίπεδα θορύβου οδικής κυκλοφορίας από τα τμήματα του οδικού δικτύου της πόλης που βρίσκονται κοντά στις περιοχές μελέτης.

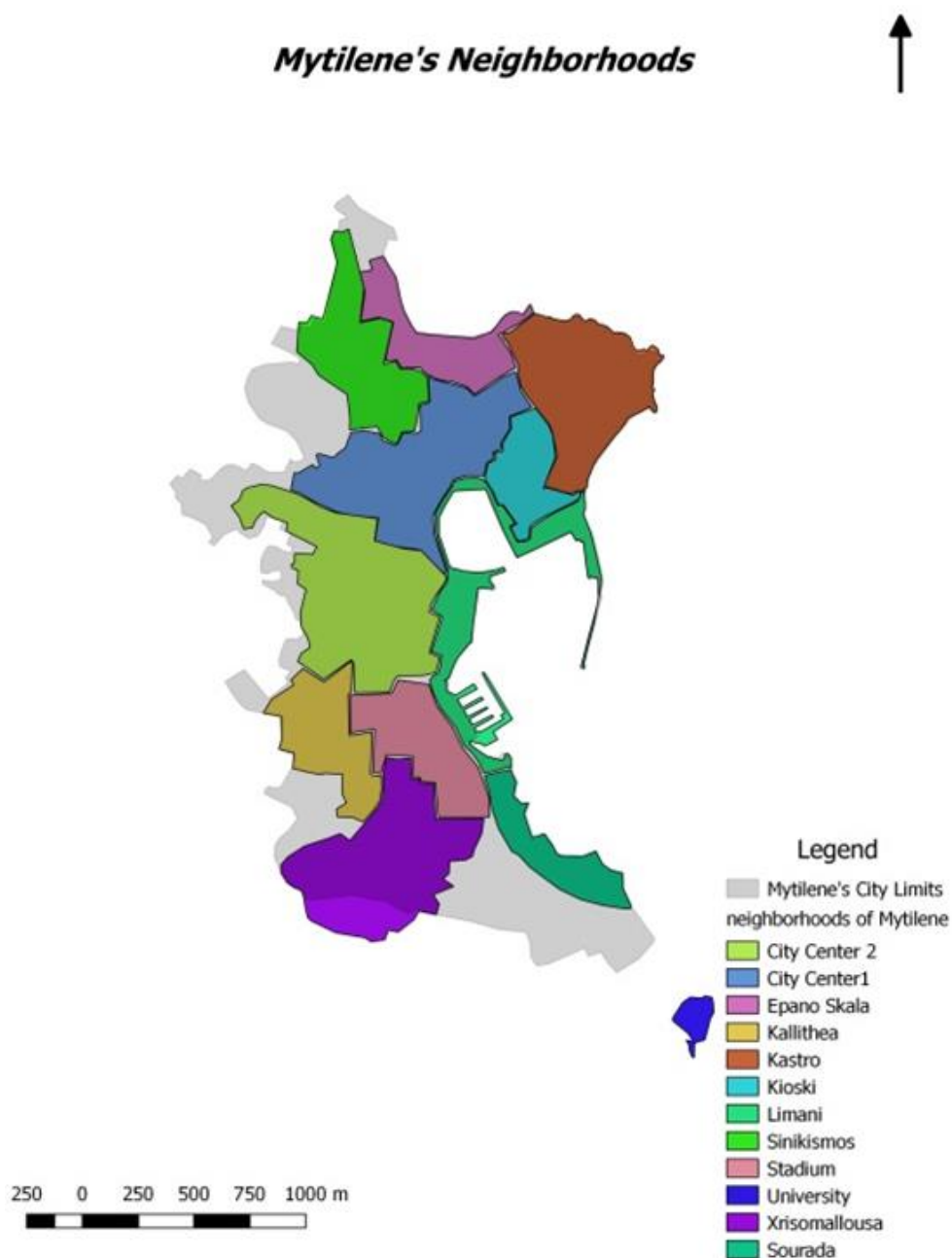
Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μια εισαγωγική προσπάθεια εφαρμογής οικολογικής συνδεσιμότητας σε δομικό και λειτουργικό επίπεδο στην περιοχή που συμπεριλαμβάνει τις δυο ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης.

Χρησιμοποιώντας μεταξύ άλλων, τα ποσοτικά δεδομένα από τις δειγματοληψίες που συγκεντρώθηκαν, σχηματίστηκε ο σύνθετος δείκτης αστικής ησυχίας (Composite Urban Quietness Index – CUQI), ο οποίος εφαρμόστηκε σε συγκεκριμένες περιοχές μελέτης για επαλήθευση των αποτελεσμάτων και τέλος, σχηματίστηκε ένας νέος ορισμός που αφορά την έννοια της αστικής ησυχίας (urban quietness).

### **3.1 Πεδίο Έρευνας: Η Πόλη της Μυτιλήνης**

Βασικό πεδίο έρευνας της συγκεκριμένης διατριβής ήταν η πόλη της Μυτιλήνης. Η Μυτιλήνη είναι η πρωτεύουσα της νήσου Λέσβου, έδρα του Δήμου Μυτιλήνης και της περιφέρειας Βορείου Αιγαίου. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ο πληθυσμός της Μυτιλήνης αποτελείται από 25.871 άτομα και είναι έκτασης 107,46 km<sup>2</sup>. Η οδηγία 2002/49/EK σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου ορίζει ως πολεοδομικό συγκρότημα το “μέρος της επικρατείας ενός κράτους μέλους οριοθετημένο από αυτό, με πληθυσμό μεγαλύτερο των 100 000 ατόμων και πυκνότητα πληθυσμού τέτοια που το κράτος μέλος εκτιμά ότι αποτελεί αστικοποιημένη ζώνη”. Παρόλα αυτά η Μυτιλήνη θεωρείται αστικό συγκρότημα καθώς σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία ένας οικισμός άνω των 10.000 κατοίκων μπορεί να χαρακτηριστεί ως πόλη.

Η πόλη της Μυτιλήνης χωρίστηκε σε 11 γειτονιές (εικόνα 12) που σύμφωνα με τις τοπικές αρχές είναι: το κέντρο της πόλης, ο Συνοικισμός, η Επάνω Σκάλα, το Κάστρο, το Κιόσκι, το Λιμάνι, η Χρυσομαλλούσα, η Καλλιθέα, η περιοχή Στάδιο, η Σουράδα και η τοπική περιοχή του Πανεπιστημίου. Αυτές οι γειτονιές διαφέρουν τόσο ηχητικά όσο και οπτικά, ενώ οι περισσότερες περιλαμβάνουν, αστικούς χώρους πρασίνου, παιδικές χαρές, σχολεία και αρχαιολογικούς χώρους.



**Εικόνα 12.** Οι γειτονιές της Μυτιλήνης

Τα νησιά και τα νησιωτικά συστήματα ξεχωρίζουν για τον βιολογικό ενδημισμό τους και εγκολπώνουν στα σύνορα τους διάφορες βιολογικές και ανθρωπολογικές

διεργασίες, όπως η μετανάστευση των ειδών και η δημογραφική συγκέντρωση του ανθρώπου. Επιπροσθέτως, τα νησιά έχουν το πλεονέκτημα του ότι είναι πολυάριθμα, πολλαπλών σχημάτων και μεγεθών, με διαφορετικούς βαθμούς απομόνωσης και με διαφορετικές οικολογίες. Ως εκ τούτου αποτελούν τα ιδανικά εργαστήρια στα οποία μπορούν να διεξαχθούν πειράματα για τη μελέτη εξελικτικών υποθέσεων (MacArthur & Wilson, 1967). Μεταξύ των πολυτιμότερων πόρων που σχετίζονται με τα νησιά είναι και τα ηχητικά τους περιβάλλοντα τα οποία αποτελούν μέρος και της πολιτιστικής κληρονομιάς τους καθρεφτίζοντας παράλληλα σημαντικές οικοσυστημικές υπηρεσίες. Παρόλα αυτά, η πολιτιστική κληρονομιά που παρέχουν τα νησιωτικά ηχοτοπία δέχεται επίθεση από τις ανθρώπινες πιέσεις (Farina & Pieretti, 2012) συχνά μέσω του θορύβου.

### 3.2 Εργαλεία και λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν

Στο συγκεκριμένο υπό-κεφάλαιο παρουσιάζονται τα εργαλεία και τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την έρευνα και περιγράφεται ο σκοπός της χρήσης τους.

#### 3.2.1 Εργαλεία - Hardware

Βασικό εργαλείο της έρευνας ήταν το ηχόμετρο Pro-DX Vocis της εταιρείας Castle Group, integrating averaging sound level meter με σκοπό τις δειγματοληψίες των ηχητικών επιπέδων στα σημεία δειγματοληψίας. Για κάθε έτος έρευνας της διδακτορικής διατριβής το ηχόμετρο βαθμονομήθηκε χρησιμοποιώντας τον τυπικό βαθμονομητή GA607 της Castle Group (εικόνα 13) όπως απαιτείται για όλα τα όργανα μέτρησης κατηγορίας 1 και σύμφωνα με τις προδιαγραφές της τροπολογίας EN61326-1: 1997 + A1: 1998. Η βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε με σημείο αναφοράς τα 94dB, ενώ ο βαθμονομητής είχε βαθμονομηθεί με τα απαραίτητα εργαλεία από την εταιρεία που τον κατασκεύασε, κατά την αγορά του. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε το ηχόμετρο Sound Level Meter 2250 Light της εταιρείας Brüel & Kjær αφού βαθμονομήθηκε με τον ίδιο βαθμονομητή επίσης με σημείο αναφοράς τα 94dB.



Εικόνα 13. Ο βαθμονομητής GA607 της εταιρείας Castle

Παράλληλα, πολύ σημαντικά εργαλεία της έρευνας αποτέλεσαν οι ψηφιακοί καταγραφείς Tascam DR-680 8-Track Portable Field Audio Recorder και Tascam DR-2d Portable digital high-resolution recorder. Συνδυαστικά με τα μικρόφωνα Sontronics STC-1S πραγματοποιήθηκαν ηχογραφήσεις σε ασυμπιεστη μορφή wave οι

οποίες αποθηκεύονταν απευθείας σε κάρτες SD. Σε κάθε σημείο ηχογράφησης, τα μικρόφωνα στήθηκαν στη φορητή βάση τους με αντίθετη φορά μεταξύ τους προκειμένου να πραγματοποιηθεί πανκατευθυντική (omnidirectional) ηχογράφηση. Σε κάθε ηχογράφηση που πραγματοποιήθηκε για αυτή την έρευνα διατηρήθηκε σταθερή η απόκριση συχνότητας (frequency response) στο εύρος 20 Hz με 20 kHz που αποτελεί και το ανθρώπινο εύρος ακοής.

### 3.2.2 Λογισμικά – Software

Το ανοιχτού κώδικα λογισμικό *Audacity* χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των ηχητικών αρχείων wave που συγκεντρώθηκαν. Η επεξεργασία αφορούσε την αφαίρεση τμημάτων του ηχητικού αρχείου στην αρχή ή στο τέλος της ηχογράφησης, προκειμένου να μην συμπεριληφθούν οι ηχητικές σημειώσεις που αφορούσαν την τοποθεσία και τη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας, αλλά και για να υπάρχει ομοιομορφία στη διάρκεια των ηχητικών αρχείων. Αν και εφικτό σύμφωνα με τις δυνατότητες του λογισμικού, αποφεύχθηκε σε όλες τις περιπτώσεις η αφαίρεση και επανένωση τμημάτων του ηχητικού αρχείου και ο συνδυασμός πολλών ηχητικών αρχείων σε ένα.

Το λογισμικό *R Statistics* χρησιμοποιήθηκε με σκοπό την εξαγωγή ακουστικών δεικτών βιοποικιλότητας. Πιο συγκεκριμένα, τα υπολογιστικά πακέτα της R, *seewave* (Sueur et al, 2008) συνδυαστικά με το πακέτο *tuner* (Ligges et.al., 2013), χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση σήματος και την εξαγωγή φασματογραφημάτων, ενώ τα πακέτα, *soundecology* (Villanueva-Rivera et al, 2015) και *ineq* (Zeileis, 2014) χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό την εύρεση ακουστικών δεικτών οικολογίας ηχοτοπίου.

Το λογισμικό πρόβλεψης θορύβου *CadnaA v.4.3 Noise Mapping Software* της εταιρείας Datakustik, χρησιμοποιήθηκε με σκοπό τη δημιουργία χαρτών θορύβου. Το λογισμικό είναι χωρισμένο σε πακέτα ανά πηγή θορύβου, όπως θόρυβος οδικής κυκλοφορίας (road noise), σιδηροδρομικός θόρυβος (railway noise), αεροπορικός θόρυβος (airport και aircraft noise), θόρυβος εργοστασιακών εγκαταστάσεων (industrial noise), θόρυβος σημειακών πηγών (point source noise) και θόρυβος εσωτερικών χώρων (indoor noise). Για τη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκε το πακέτο ανάλυσης και οπτικοποίησης θορύβου οδικής κυκλοφορίας καθώς ο συγκεκριμένος τύπος θορύβου είναι και ο πιο συνηθισμένος στα αστικά συγκροτήματα. Το λογισμικό CadnaA χρησιμοποιεί σαν χάρτη υποβάθρου αρχεία γεωγραφικών χαρακτηριστικών (shapefile) σε μορφή γραμμών, σημείων και πολυγώνων, από λογισμικά όπως το QGIS.

Για τη δημιουργία χαρτών ήχου και την εξαγωγή αρχείων γεωγραφικών χαρακτηριστικών (shapefile) χρησιμοποιήθηκε το δωρεάν ανοιχτού κώδικα *Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών QGIS*. Σε όλες τις περιπτώσεις ψηφιοποίησης χρησιμοποιήθηκε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ'87).

Τέλος, το λογισμικό *IBM SPSS software* χρησιμοποιήθηκε για την στατιστική ανάλυση των ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων που συγκεντρώθηκαν. Η ανάλυση αφορούσε την εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών δεδομένων, τον έλεγχο

κανονικότητας των δεδομένων, τους ελέγχους συσχέτισης, την ανάδειξη των κυρίων συνιστωσών που επηρεάζουν το σύνολο των μεταβλητών της έρευνας και τέλος, την οπτικοποίηση των δεδομένων μέσω διαγραμμάτων.

### 3.2.3 Δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα

Σε ευθεία αναλογία με τους κλασσικούς οικολογικούς δείκτες, στην οικοακουστική έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια τουλάχιστον 28 διαφορετικοί ακουστικοί δείκτες. Ακολουθώντας την κλασσική οικολογική πρακτική, οι δείκτες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: την ομάδα των α και την ομάδα των β δεικτών. Περίπου 21 α ακουστικοί δείκτες προτάθηκαν σε λιγότερο από έξι χρόνια (Sueur et al., 2014). Οι δείκτες αυτοί εκτιμούν το εύρος, την ομαλότητα, τον πλούτο ή την ετερογένεια μιας ακουστικής κοινότητας ή ενός ηχητικού τοπίου. Στην ίδια περίπου χρονική περίοδο, επτά β δείκτες ακουστικής ποικιλότητας προτάθηκαν (Sueur et al., 2014) με στόχο την σύγκριση στα επίπεδα του πλάτους φακέλου ή, πιο συχνά, του φασματικού προφίλ συχνότητας. Και οι δύο ομάδες δεικτών έχουν να επιδείξουν σημαντικά αποτελέσματα αλλά σε γενικές γραμμές πάσχουν εν γένει στο σύνολό τους λόγω συστηματικού σφάλματος (bias), οφειλόμενου κυρίως στον ανθρωπογενή θόρυβο ή στη διακύμανση της έντασης των φωνοποιήσεων λόγω απόστασης καταγραφής (Towsey & Wimmer, 2014). Καθίσταται λοιπόν σαφές, όπως αναφέρεται και στην σύγχρονη βιβλιογραφία η επιτακτική ανάγκη για την βελτίωση της αξιοπιστίας αυτών των νέων μαθηματικών εργαλείων για την αξιολόγηση και την παρακολούθηση της βιοποικιλότητας (Krause & Farina 2016; Sueur et al., 2014; Farina et al., 2015). Πρώτο βήμα σε αυτή τη διαδικασία δεν μπορεί πάρα να αποτελεί η ενδεδειγμένη αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων αυτών των δεικτών με τα κλασικώς αποκτηθέντα δεδομένα, με στόχο την αξιολόγηση των δεικτών και την επικείμενη βελτιστοποίηση τους.

Πιο αναλυτικά, ως ακουστικός δείκτης μπορεί να οριστεί, το στατιστικό μέγεθος που συνοψίζει κάποια πτυχή της κατανομής της ακουστικής ενέργειας και άλλων πληροφοριών σε μια ηχογράφηση. Οι κατηγορίες των δεικτών αφορούν τους δείκτες κυματομορφής (waveform indices), τους φασματικούς δείκτες (spectral indices) και τους δεύτερης γενιάς δείκτες (second order indices). Σημαντική αποτελεί η διευκρίνιση της έννοιας του θορύβου στις καταγραφές οικολογικής ακουστικής που έχουν σκοπό την εξαγωγή ακουστικών δεικτών.

Για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις, ο θόρυβος δεν ταυτίζεται με την ψυχοακουστική αντιμετώπιση του ως ανεπιθύμητος ήχος, αλλά αφορά όλες τις περιπτώσεις εκπομπής σταθερής σε διάρκεια ακουστικής ενέργειας, ανεξαρτήτου πηγής. Συνεπώς, είναι πιθανή η ταυτόχρονη, διπολική συνεισφορά μιας πηγής στη σχέση του σηματοθορυβικού λόγου.

Για τη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν φασματικοί δείκτες και δείκτες έντασης. Οι βασικοί φασματικοί δείκτες ακουστικής ήταν ο δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας (Acoustic Complexity Index) και ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς ηχοτοπίου (Normalized Difference Soundscape Index – NDSI).



Παράλληλα, οι δείκτες έντασης ήταν ο δείκτης θορύβου του ενεργειακού ισοδυνάμου  $L_{eq}$  και ο δείκτης ημερήσιας έκθεσης σε περιβαλλοντικό θόρυβο  $L_{den}$ .

#### *Δείκτης Ακουστικής Πολυπλοκότητας – ACI*

Ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας, βασίζεται στην παρατήρηση πως οι βιοτικοί ήχοι όπως το τραγούδι των πουλιών, χαρακτηρίζονται από μια μεταβλητότητα εντάσεων, ενώ οι ανθρωπογενείς ήχοι (θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) παρουσιάζουν σταθερές τιμές έντασης. Ο δείκτης αυτός, υπολογίζει τον αριθμό των μεγάλων κορυφώσεων (peaks) όσον αφορά την ένταση και τη συχνότητα, σε ένα φασματογράφημα.

#### *Δείκτης Κανονικοποιημένης Διαφοράς Ηχοτοπίου – NDSI*

Ο δείκτης NDSI (Normalized Difference Soundscape Index), εκτιμά το επίπεδο της ανθρώπινης διαταραχής στο ηχοτοπίο, υπολογίζοντας την αναλογία ανθρωποήχων και βιοήχων σε ένα ηχητικό δείγμα. Ο δείκτης, έχει εύρος τιμών στην κλίμακα -1 έως +1, με +1 να υποδεικνύει πως ένα ηχητικό σήμα περιέχει μόνο βιοήχους.

#### *Δείκτης ενεργειακού ισοδυνάμου $L_{eq}$*

Ο δείκτης του ενεργειακού ισοδυνάμου  $L_{eq}$  (equivalent noise level) έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για την ανάδειξη του θορύβου οδικής κυκλοφορίας. Κατά τη διάρκεια του 24-ώρου οι εντάσεις του θορύβου ποικίλουν, παρουσιάζοντας μεγάλες αυξομειώσεις. Οι αυξομειώσεις αυτές είναι σύνηθες φαινόμενο σε ένα αστικό συγκρότημα κυρίως εξαιτίας της ύπαρξης του θορύβου οδικής κυκλοφορίας. Το επίπεδο του ενεργειακού ισοδυνάμου ( $L_{eq}$ ) ακολουθεί όλες αυτές τις διακυμάνσεις δίνοντας σαν αποτέλεσμα μια μέση τιμή ενέργειας και μπορεί να περιγραφεί ως η μέση τιμή της έντασης του ήχου σε μια δεδομένη χρονική περίοδο.

#### *Δείκτης συνολικής ημερήσιας έκθεσης $L_{den}$*

Ο δείκτης της συνολικής ημερήσιας έκθεσης σε θόρυβο  $L_{den}$ , σύμφωνα με την οδηγία 2002/49/EK για την αντιμετώπιση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, έχει χωριστεί σε τρεις επιμέρους υπό-δείκτες που αφορούν τα τρία χρονικά στάδια του 24ώρου (ημέρα – βράδυ – νύχτα), τον  $L_{day}$  (07.00-19.00),  $L_{evening}$  (19.00-23.00) και  $L_{night}$  (23.00-07.00). Κάθε ένας από αυτούς τους υπό-δείκτες αφορά τα αποτελέσματα μιας δειγματοληψίας θορύβου και πιο συγκεκριμένα τις τιμές του δείκτη  $L_{eq}$ .

#### **3.2.4 Εξαγωγή φασματικών δεικτών με χρήση του λογισμικού R Statistics**

Προκειμένου να εξαχθούν οι φασματικοί δείκτες και τα φασματογραφήματα, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό R statistics και τα αντίστοιχα πακέτα. Αξιοποιώντας τις βάσεις δεδομένων της R σχηματίστηκαν οι παρακάτω εντολές προκειμένου να εξαχθούν οι δείκτες. Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στον πίνακα 5. Στα σημεία που υπάρχει ? τοποθετήθηκε το όνομα του ηχητικού αρχείου wave.

<b><i>Εξαγωγή φασματογραφήματος</i></b>
<pre>sound1 &lt;- readWave('?.wav') spectro(sound1, wl=512) spectro(sound1, wl=512, collevels=seq(-70, 0, 5), osc=TRUE) data &lt;- spectro(sound1, wl=512, plot = FALSE)</pre>
<b><i>Εξαγωγή δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας - ACI</i></b>
<pre>soundfile &lt;- readWave("?.wav") soundfile.aci &lt;- acoustic complexity(soundfile)</pre>
<b><i>Εξαγωγή δείκτη ηχοτοπίου NDSI</i></b>
<pre>soundfile &lt;- ?.wav") ndsi(soundfile, fft_w = 1024, anthro_min = 1000, anthro_max = 2000, bio_min = 2000, bio_max = 11000)</pre>

**Πίνακας 5.** Κώδικας R που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των φασματικών δεικτών

### 3.3 Χαρτογράφηση

Η χαρτογράφηση για τη συγκεκριμένη έρευνα αφορά τόσο τη χαρτογράφηση θορύβου όσο και τη χαρτογράφηση ήχου.

#### 3.3.1 Γενική Μεθοδολογία χαρτογράφησης θορύβου

Προκειμένου να χαρτογραφηθεί η εξάπλωση του θορύβου απαραίτητη ήταν η συλλογή δεδομένων δομικού χαρακτήρα έτσι ώστε να οπτικοποιηθεί η περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα συλλέχθηκαν τα παρακάτω δεδομένα:

- Σημείο οικοδομικών τετραγώνων και οικοδομημάτων
- Ύψος Πολυκατοικιών
- Κατηγορία Δρόμου (Motorway, Ordinary Road, Local)
- Τύπος Οδοστρώματος (smooth/rough)
- Όρια Ταχύτητας
- Σηματοδότες (σημείο, λειτουργία)

Τα στοιχεία που αφορούσαν τα οικοδομικά τετράγωνα της περιοχής ενδιαφέροντος ψηφιοποιήθηκαν με χρήση του λογισμικού QGIS προκειμένου να εισαχθούν ως shapefiles στο λογισμικό πρόβλεψης θορύβου CadnaA. Το περιβάλλον του λογισμικού επιτρέπει τον επαναπροσδιορισμό των εισαχθέντων στοιχείων προσδίδοντας τους ιδιότητες που αφορούν ηχητικές πηγές, δέκτες και φυσικών εμποδίων. Το ύψος και γενικά η γεωμετρία των δομικών χαρακτηριστικών μπορεί να τροποποιηθεί και ουσιαστικά να δοθεί μια τρισδιάστατη μορφή στα στοιχεία που έχουν εισαχθεί.

Ο θόρυβος που προέρχεται από τα οχήματα, χωρίζεται σε δυο επιμέρους πηγές, τον θόρυβο κύλισης (rolling noise) που είναι ο θόρυβος που προκαλείται από την τριβή μεταξύ των ελαστικών του οχήματος και της επιφάνειας του δρόμου και τον θόρυβο πρόωσης (propulsion noise) που περιλαμβάνει θόρυβο που προέρχεται από τον κινητήρα και την εξάτμιση (Maffei & Masullo, 2014). Εξαιτίας της πολυμετωπικής αυτής διάστασης του θορύβου οδικής κυκλοφορίας, με την έννοια ότι τα οχήματα απαρτίζονται από περισσότερες από μια πηγές, αξιολογούνται οι δρόμοι ως πηγές

θορύβου και όχι τα οχήματα. Συνεπώς, τα δεδομένα ροής κυκλοφορίας ή δεδομένα επιπέδων θορύβου συλλεγμένα από το πεδίο, είναι οι δυο μορφές δεδομένων που μπορεί να εισαχθούν στο λογισμικό CadnaA για να οπτικοποιηθεί ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας. Στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα επιπέδων θορύβου, καθώς μπορούσαν να συλλεχθούν με μικρότερο κόστος. Παράλληλα, με αυτόν τον τρόπο απεφεύχθησαν πιθανά σφάλματα καταμέτρησης οχημάτων. Ανάλογα με το μήκος του δρόμου εντός της περιοχής μελέτης, ορίστηκαν πολλαπλά σημεία. Στη συνέχεια, ο μέσος όρος των δειγματοληψιών χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό ως χαρακτηριστικό της πηγής θορύβου “δρόμος (road)”, για κάθε δρόμο που αξιολογήθηκε.

### 3.3.2 Μεθοδολογία χαρτογράφησης ήχου

Ομοίως με τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τους Matsinos et al, (2008) και Mazaris et al, (2009), χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό QGIS με σκοπό τη δημιουργία θεματικών χαρτών ήχου. Χρησιμοποιώντας την τεχνική παρεμβολής (interpolation) Inverse Distance Weighted (IDW) , δημιουργήθηκαν χάρτες ήχου χρησιμοποιώντας δεδομένα ακουστικών δεικτών βιοποικιλότητας. Η πειραματική διάταξη των δειγματοληψιών στο πεδίο εξυπηρέτησε τη μέθοδο της παρεμβολής IDW καθώς καλύφθηκε το χωρικό εύρος της περιοχής δειγματοληψίας. Έτσι, ήταν εφικτή η πρόβλεψη και η οπτικοποίηση των επιπέδων του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας (ACI) ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας οπτικοποιώντας με αυτό τον τρόπο τις διακυμάνσεις του δείκτη.

## 3.4 Μεθοδολογίες των τριών προσεγγίσεων εύρεσης ήσυχων περιοχών

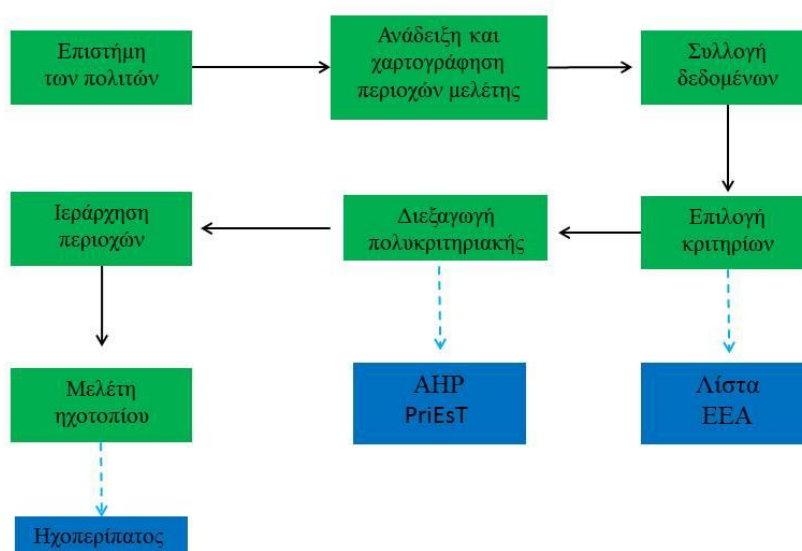
Για τη συγκεκριμένη διδακτορική έρευνα πραγματοποιήθηκαν 3 τρόποι εύρεσης των ήσυχων περιοχών. Η πρώτη ήταν μια “προσέγγιση ηχοτοπίου” (soundscape approach) η οποία συμπεριλάμβανε τον συνδυασμό ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων με σκοπό την ιεράρχηση των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών. Για την πρώτη αυτή προσέγγιση, ο θόρυβος και η ησυχία αντιμετωπίστηκαν ως υποκειμενικές έννοιες που αφορούν το ηχοτοπίο ενός ακουστικού περιβάλλοντος και οι οποίες τροποποιούνται από μια λίστα κριτηρίων. Η δεύτερη προσέγγιση, η “προσέγγιση ακουστικού περιβάλλοντος” αφορούσε αποκλειστικά ποσοτικά δεδομένα και πιο συγκεκριμένα τα επίπεδα θορύβου των δρόμων πλησίον των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών. Για τη δεύτερη προσέγγιση δημιουργήθηκε ένας χάρτης θορύβου για ολόκληρη την πόλη της Μυτιλήνης με βασική πηγή θορύβου τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας. Μελετώντας τα επίπεδα ηχητικής πίεσης σε κάθε εν δυνάμει ήσυχη περιοχή αναδείχθηκαν οι περισσότερο ήσυχες. Κατά την προσέγγιση αυτή, η ησυχία αντιμετωπίστηκε ως ένα αντικειμενικό χαρακτηριστικό του ακουστικού περιβάλλοντος, το οποίο είναι άμεσα εξαρτώμενο από την έλλειψη της ποσότητας του θορύβου. Για την τρίτη προσέγγιση δημιουργήθηκε ένας νέος σύνθετος δείκτης αστικής ησυχίας ο οποίος χρησιμοποιεί ποσοτικά δεδομένα προερχόμενα όμως από άλλη πτυχή του ήχου, αυτή της συχνότητας και της πολυπλοκότητας. Αφετηρία των

τριών προσεγγίσεων είναι η χρήση της τοπικής γνώσης που είχε σκοπό την ανάδειξη των περιοχών μελέτης που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγκεκριμένη έρευνα.

Όσον αφορά τις δειγματοληψίες θορύβου, υπάρχουν 3 διαφορετικές αποκρίσεις – μέθοδοι χρήσης του ηχομέτρου, ανάλογα με το σκοπό της μέτρησης. Για τις στοχευμένες μετρήσεις στάθμης ήχου όπου η πηγή ήταν γνωστή το ηχόμετρο ήταν στραμμένο προς αυτήν (απόκριση 0°). Για τις μετρήσεις όπου οι πηγές ήταν πολλαπλές και σκοπός ήταν η αποτύπωση της συνολικής στάθμης θορύβου από όλες τις υπάρχουσες πηγές, η κατεύθυνση από την πηγή ήχου είναι γενικά άγνωστη και συνεπώς χρησιμοποιείται τυχαία απόκριση. Τέλος, η βέλτιστη θέση για την μέτρηση θορύβου πηγών που βρίσκονται στο έδαφος είναι η τοποθέτηση του ηχομέτρου κάθετα με απόκριση 90 °.

### 3.4.1 Μεθοδολογία ανάδειξης ήσυχων περιοχών με τη δημιουργία ενός ευέλικτου πρωτοκόλλου εύρεσης: Η προσέγγιση ηχοτοπίου

Η μεθοδολογία εύρεσης των ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης αποτελείται από 7 βήματα τα οποία αναλύονται παρακάτω (εικόνα 13). Το πρώτο στάδιο του πρωτοκόλλου αφορά την εύρεση των περιοχών μελέτης με χρήση της επιστήμης των πολιτών. Κατόπιν χαρτογράφησης των περιοχών ενδιαφέροντος, δημιουργήθηκε πρωτόκολλο δειγματοληψίας ποικιλίας μεταβλητών, με σκοπό τη δημιουργία λίστας κριτηρίων επιλεξιμότητας. Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που αναδείχθηκαν διεξάχθηκε πολυκριτηριακή ανάλυση με σκοπό την ιεράρχηση των ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ηχοπερίπατος στην ευρύτερη περιοχή των δυο εν δυνάμει ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης.



Εικόνα 13. Στάδια πρωτοκόλλου εύρεσης ήσυχων περιοχών

### 3.4.2 Επιστήμη των πολιτών με σκοπό την εύρεση των περιοχών μελέτης στη Μυτιλήνη

Η συμβολή των πολιτών στην αξιολόγηση του ηχητικού περιβάλλοντος είναι ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο, ενώ εμφανίζονται νέα επιστημονικά εργαλεία πολιτών όπως εφαρμογές σε έξυπνα τηλέφωνα (Hush City App) με σκοπό την καταγραφή και αξιολόγηση των ήσυχων περιοχών αλλά και των ηχητικών περιβαλλόντων γενικότερα (Radicchi, 2017b).

Η χρήση της τοπικής γνώσης βοήθησε στον προσδιορισμό των περιοχών μελέτης της έρευνας. Μέσω εργαστηρίων (workshop) συνολικά 55 μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας που κατοικούν μόνιμα στην πόλη της Μυτιλήνης, ενημερώθηκαν για ζητήματα ακουστικής οικολογίας. Η χρήση της τοπικής γνώσης προσδιόρισε τις προσπάθειες για την εύρεση των ήσυχων περιοχών, χωρίς απαραίτητα να αναζητούνται μέρη με χαμηλά επίπεδα θορύβου. Λόγω του γεγονότος ότι η προοπτική του πολίτη σχετικά με το ηχητικό περιβάλλον της Μυτιλήνης ήταν το επίκεντρο αυτής της έρευνας, κρίθηκε απαραίτητη η ενημέρωση σχετικά με τη διεπιστημονικότητα της ακουστικής οικολογίας. Ως εκ τούτου, πραγματοποιήθηκε μια σειρά επιστημονικών και ακαδημαϊκών δράσεων στις εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου Αιγαίου και όχι μόνο. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν σεμινάρια, εργαστήρια, συζητήσεις και ένας εκπαιδευτικός ηχοπερίπατος. Ο κύριος στόχος αυτών των δράσεων ήταν η ανάδειξη των αποτελεσμάτων που συγκεντρώθηκαν, από τοπική γνώση, σε κρίση εμπειρογνομόνων. Μεταξύ άλλων σχετικών θεμάτων, τα σεμινάρια κάλυψαν μια σειρά θεμάτων ακουστικής και οικολογίας, που κυμαίνονται από την έννοια της ήσυχης περιοχής, έως τη μελέτη οικολογικά σημαντικών ηχητικών γεγονότων, όπως η χορωδία της αυγής των πουλιών (bird dawn chorus) (Farina, Ceraulo, Bobryk, Pieretti, Quinci & Lattanzi, 2015).

Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να παρακολουθούν την καθημερινή τους ρουτίνα, συμπεριλαμβανομένων των εργασιμων ημερών και των Σαββατοκύριακων, παρατηρώντας κυρίως το ηχητικό τους περιβάλλον. Το επόμενο βήμα ήταν μια σύντομη συνέντευξη. Ο σκοπός αυτής της διαδικασίας ήταν να επισημάνει τα ηχητικά περιβάλλοντα που επέλεξαν οι συμμετέχοντες ως αυτά με το μεγαλύτερο ηχητικό ενδιαφέρον προκειμένου να ενσωματωθούν στη διαδικασία αξιολόγησης.

### 3.4.3 Πρωτόκολλο δειγματοληψίας για την προσέγγιση ηχοτοπίου

Όλες οι δειγματοληψίες θορύβου και οι ηχογραφήσεις πραγματοποιήθηκαν ταυτόχρονα με τυχαία απόκριση την ανοιξιάτικη και την καλοκαιρινή περίοδο του 2012 (1<sup>η</sup> Μαΐου – 30 Ιουλίου). Τα ηχητικά επίπεδα θορύβου που συγκεντρώθηκαν από τις δειγματοληψίες, χρησιμοποιήθηκαν μεταξύ άλλων λόγων για την εξαγωγή του δείκτη ημερήσιας έκθεσης σε θόρυβο  $L_{den}$  (day, evening, night levels). Σύμφωνα με την οδηγία 2002/49/EK για την αξιολόγηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, η περίοδος της ημέρας έχει διάρκεια 12 ώρες (day: 07.00 – 19.00), του απογεύματος 4 ώρες (evening: 19.00 – 23.00) και της νύχτας 8 ώρες (night: 23.00 – 07.00).

Προκειμένου να επιτευχθεί ένα ρεαλιστικό αποτέλεσμα που θα αντιπροσωπεύει το 24ωρο αποτύπωμα του θορύβου, πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις για κάθε μια από τις 3 περιόδους του 24ώρου όπως φαίνεται και στον πίνακα 6 χρησιμοποιώντας το βαθμονομημένο ηχόμετρο Pro-DX Vocis της Castle Group.

Measurement Protocol			
$L_{den}$	Time of Measurement		
$L_{day}$ (07:00 – 19:00)	09:00	13:00	17:00
$L_{evening}$ (19:00 – 23:00)	20:00	21:00	22:00
$L_{night}$ (23:00 – 07:00)	24:00	02:00	06:00

**Πίνακας 6.** Πρόγραμμα δειγματοληψιών θορύβου

Το ακριβές σημείο κάθε δειγματοληψίας θορύβου και ηχογράφησης επιλέχθηκε σε σχέση με την τοπογραφία και την αστική δομή κάθε περιοχής με προτίμηση στο κεντρικό σημείο κάθε τοποθεσίας. Τα πιο προτιμώμενα σημεία, δεδομένου ότι ήταν διαθέσιμα, ήταν ανοιχτοί χώροι μακριά από ψηλά τείχη ή αιχμηρές αστικές κατασκευές. Η ιδέα ήταν να μην επηρεάζονται οι μετρήσεις από παράγοντες όπως η αντανάκλαση του ήχου, η διάθλαση και η περίθλαση.

Για κάθε σημείο ελέγχου πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία θορύβου διάρκειας 10 λεπτών, 1,5 m από το έδαφος με κατεύθυνση αναφοράς  $0^\circ$  και όχι απόκριση  $90^\circ$  που απαιτεί ειδική βάση στήριξης του μικροφώνου του ηχομέτρου.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος των μετρήσεων για κάθε περίοδο προκειμένου να ληφθεί ένας μοναδικός αριθμός που αντιπροσώπευε το ισοδύναμο συνεχές επίπεδο θορύβου της περιόδου ( $L_{A_{eq}}$ ). Το αποτέλεσμα ενσωματώθηκε στον τύπο του δείκτη  $L_{den}$ , μετά τις απαραίτητες προσαρμογές που απαιτούνται για τον υπολογισμό. Για την πρόβλεψη απροσδόκητων ηχητικών γεγονότων, η οδηγία 2002/49 / EK προτείνει προσθήκη ποινής 5 dB (A) για την απογευματινή περίοδο και προσθήκη 10 dB (A) για τη νυχτερινή περίοδο.

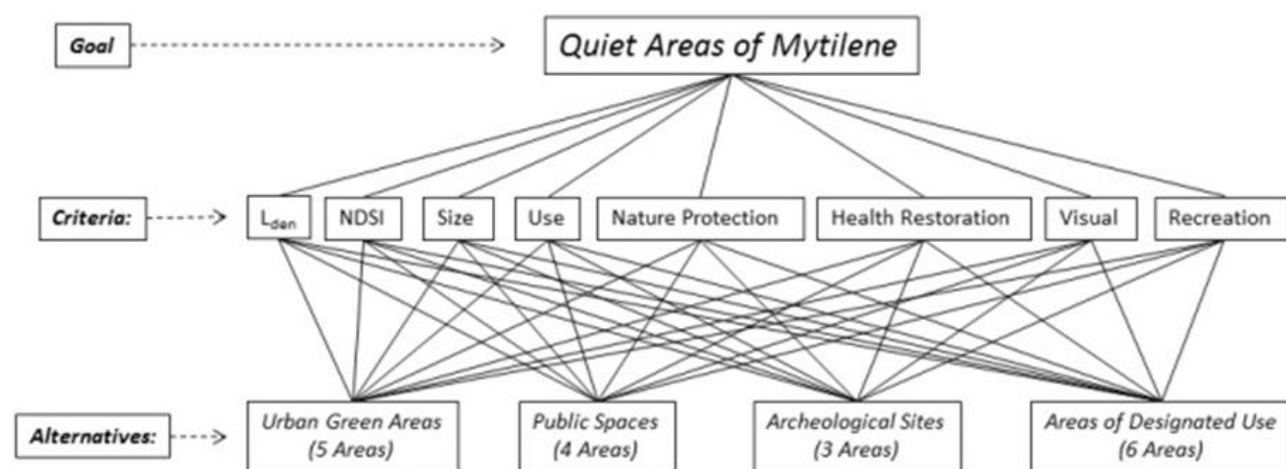
Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν 10λεπτες ηχογραφήσεις στα ίδια σημεία με τις μετρήσεις στάθμης θορύβου, χρησιμοποιώντας τη φορητή ψηφιακή συσκευή ηχογράφησης υψηλής ανάλυσης Tascam DR-2d. Τα αρχεία ήχου που συλλέχθηκαν σε ασυμπιεστη μορφή WAVE υποβλήθηκαν σε επεξεργασία αρχικά στο λογισμικό audacity με σκοπό τον διαμοιρασμό του κάθε αρχείου σε άλλα μικρότερης διάρκειας και μεγέθους και στη συνέχεια με το λογισμικό R stats v. 3.1.3 («R: The R Project for Statistic Computing») και τα αντίστοιχα πακέτα Seewave, TuneR, Ineq και Soundecology (Sueur et al., 2008; Villanueva-Rivera, Pijanowski, Doucette, & Pekin, 2011; Zeileis & Kleiber, 2014) προκειμένου να εξαχθούν φασματογραφήματα και ακουστικοί δείκτες.

#### 3.4.4 Μεθοδολογία Ιεράρχησης Ήσυχων Περιοχών – AHP

Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι ένα πολύτιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη λήψη απόφασης παρουσία πολλών κριτηρίων. Αυτή η διαδικασία αξιολογεί εναλλακτικές επιλογές χρησιμοποιώντας πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα κριτήρια που περιστασιακά είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν και να μετρηθούν.

Για αυτήν την έρευνα αποφασίστηκε η ταυτόχρονη αξιολόγηση των εναλλακτικών περιοχών σε συγκρίσεις κατά ζεύγη. Μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process), που εισήχθη από τον Saaty (2004).

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας της επιστήμης των πολιτών ανέδειξαν τις επιμέρους περιοχές μελέτης οι οποίες εντάχθηκαν στις παρακάτω 4 κατηγορίες περιοχών α) αστικές πράσινες περιοχές, β) δημόσιοι χώροι γ) αρχαιολογικοί χώροι δ) περιοχές καθορισμένης χρήσης. Οι επιμέρους αυτές περιοχές μελέτης αντιμετωπίστηκαν ως εναλλακτικές επιλογές στην προσπάθεια ιεράρχησης τους με σκοπό την ανάδειξη των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης (εικόνα 14).



**Εικόνα 14.** Γενικό πλαίσιο του μοντέλου AHP, σχετικά με τον προσδιορισμό των ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης

Η AHP είναι μια μέθοδος αποδόμησης προβλημάτων σε μια ιεραρχία υπό-προβλημάτων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ευκολότερη αξιολόγηση και την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος. Η συγκεκριμένη πολυκριτηριακή μέθοδος είναι μια διαδικασία σύγκρισης κατά ζεύγη με κλίμακες βαθμολόγησης από το 1 έως το 9, με το 1 να εκφράζει την ουδετερότητα μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων και το 9 την ακραία υπέρ επιλογή (Saaty, 2008). Για την αξιολόγηση όλων των εναλλακτικών περιοχών που επισημάνθηκαν από τους κατοίκους της Μυτιλήνης, χρησιμοποιήθηκε το Εργαλείο Εκτίμησης Προτεραιότητας (PriEsT), το οποίο αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων AHP (Siraj et al., 2015). Η αξιολόγηση των κριτηρίων και των εναλλακτικών πραγματοποιήθηκε με σύγκριση κατά ζεύγη (Handfield et al., 2002) χρησιμοποιώντας κλίμακες βαθμολογίας από 1 – 9. Τα αποτελέσματα της ζευγαρωτής σύγκρισης μετατράπηκαν σε αριθμητικά βάρη που χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό τη σύγκριση των εναλλακτικών επιλογών. Τα βάρη εκχωρήθηκαν αυτόματα σε κάθε εναλλακτική περιοχή σε σχέση με κάθε κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του Εργαλείου Εκτίμησης Προτεραιότητας (PriEsT).

Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που δόθηκαν από την τεχνική έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Περιβάλλοντος (EEA) σχετικά με τις ήσυχες περιοχές, καθώς και από τα αποτελέσματα του προγράμματος QUADMAP για τις αστικές ήσυχες περιοχές επιλέχθηκαν οκτώ κριτήρια για την αξιολόγηση, τη σύγκριση και την ιεράρχηση των υποψηφίων ήσυχων περιοχών (πίνακας 7).

<b>Κριτήρια επιλεξιμότητας</b>	
1	Επίπεδα δείκτη θορύβου ( $L_{den}$ )
2	Normalized Difference Soundscape Index (NDSI)
3	Προώθηση της φύσης σε κάθε περιοχή
4	Δυνατότητες αποκατάστασης υγείας
5	Μέγεθος κάθε περιοχής
6	Ευκαιρίες για αναψυχή
7	Οπτική αξία κάθε περιοχής
8	Χρήση γης

**Πίνακας 7.** Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών

Είναι φανερό πως τα κριτήρια που έχουν προταθεί από την μέχρι τώρα βιβλιογραφία όπως οι δυνατότητες αποκατάστασης υγείας είναι υποκειμενικά και δύσκολα μετρήσιμα. Συνεπώς, για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η προσέγγιση της ζευγαρωτής αξιολόγησης των εναλλακτικών περιοχών με σκοπό την ιεράρχηση τους.

Παράλληλα, εκτός από την διεξαγωγή της πολυκριτηριακής ανάλυσης σχηματίστηκε και ένας πίνακας απόδοσης (performance matrix) προκειμένου να αναδειχθούν οι ήσυχες περιοχές με απλούστερο και γρηγορότερο τρόπο. Οι εναλλακτικές επιλογές (περιοχές) βαθμολογήθηκαν με χρήση κλίμακας 0-1, όπου το μηδέν είναι το χειρότερο αποτέλεσμα και το 1 είναι το καλύτερο αποτέλεσμα (Steele et al., 2009). Ο στόχος αυτής της μεθόδου ήταν να απλοποιήσει την περίπλοκη διαδικασία επιλογής περιοχής, καθορίζοντας τη συνολική απόδοση κάθε περιοχής.

#### **3.4.5 Μεθοδολογία ηχοπεριπάτων**

Σκοπός του συγκεκριμένου σταδίου της έρευνας ήταν η ανάδειξη των αντιλήψεων και των προτιμήσεων των πολιτών της Μυτιλήνης σχετικά με το ακουστικό περιβάλλον των δυο ήσυχων περιοχών.

Όπως έχει προαναφερθεί ο ηχοπερίπατος (soundwalk) είναι μια οποιαδήποτε εξόρμηση που έχει σκοπό την ακρόαση του ακουστικού περιβάλλοντος με απώτερο στόχο την προσπάθεια προσδιορισμού του ηχοτοπίου και με σκοπό την ανάδειξη της βέλτιστης σύμφωνα με τον άνθρωπο κατάστασης. Παράλληλα, είναι ένα είδος ηχητικής εκπαίδευσης, που εκθέτει τους συμμετέχοντες στο συνολικό περιεχόμενο του περιβάλλοντος με σκοπό τη δημιουργία επαγρύπνησης όσον αφορά την ατομική συμβολή στην ποιότητα του ηχητικού περιβάλλοντος.

Αν και υπάρχει μεγάλη ποικιλία στις μεθοδολογίες του ηχοπερίπατου μια κοινή συνιστώσα στη διεξαγωγή του, είναι η ύπαρξη μιας διαδρομής σε ένα ηχητικό περιβάλλον με συχνές στάσεις. Από τη στιγμή που το ηχοτοπίο είναι η προσωπική



αντίληψη του εκάστοτε ακροατή για το ηχητικό περιβάλλον όπου αυτός βρίσκεται, η διεξαγωγή ενός ηχοπερίπατου με παραπάνω από έναν συμμετέχοντα προσπαθεί να καταφέρει έναν συντονισμό. Ο συντονισμός αυτός αφορά το πλαίσιο που πραγματοποιείται ένας ηχοπερίπατος και ο σκοπός του. Οι ηχοπερίπατοι, είναι εμπειρικές μέθοδοι (Kang et al., 2016) που στοχεύουν στον εντοπισμό συνιστωσών του ηχητικού περιβάλλοντος, με τη συμμετοχή άμεσα ενδιαφερομένων (Jeon & Hong, 2015). Θεωρούνται εργαλεία ερευνών ηχοτοπίου (soundscape research) που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή των απαραίτητων ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων, σχετικά με μια συγκεκριμένη τοποθεσία ή μια ευρύτερη περιοχή (Radicchi, 2017c). Η κινητήρια δύναμη της διαδικασίας του ηχοπερίπατου (soundwalking), είναι η ακουστική αντίληψη των ατόμων, ενώ η ευέλικτη μεθοδολογία του, επιτρέπει την εφαρμογή σε διάφορους διεπιστημονικούς τομείς όπως η οικολογία και ο σχεδιασμός ηχητικού περιβάλλοντος (Yong Jeon, Young Hong, & Jik Lee, 2013). Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης σχετικά με το προσωπικό αποτύπωμα θορύβου των συμμετεχόντων (Liu, Kang, Behm, & Luo, 2014; Aletta, Kang, & Axelsson, 2016).

Για τη συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκαν δύο ηχοπερίπατοι με ομάδα ερευνητών με στόχο να ακούσουν το ηχητικό περιβάλλον και να αποσπάσουν πληροφορίες χρησιμοποιώντας ένα ερωτηματολόγιο. Οι ερευνητές που αναλαμβάνουν την οργάνωση ενός ηχοπερίπατου θα πρέπει να εξετάσουν το τοπίο της υπό εξέταση περιοχής. Προκειμένου να συμπεριληφθεί το πλήρες ηχητικό και οπτικό φάσμα περιοχών, οι στάσεις του ηχοπερίπατου πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά. Οι στάσεις που επιλέχθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα, παρουσιάστηκαν ως αναπαράσταση της ηχητικής ταυτότητας της περιοχής. Στην περίπτωση αστικών πράσινων περιοχών, πρέπει να ληφθεί υπόψη η δομή της κοινότητας των πτηνών, προκειμένου να συμπεριληφθούν οι επικράτειες τους στις στάσεις του ηχοπερίπατου. Ο αριθμός των σημείων ελέγχου εξαρτάται από το μέγεθος της περιοχής και η ακριβής τοποθεσία τους ποικίλλει ανάλογα με τα διαθέσιμα ορόσημα και ηχητικά σήματα όπως δέντρα, σιντριβάνια, παιδικές χαρές κ.λπ. Κατά το πρώτο μέρος του ηχοπερίπατου, ο ερευνητής θα μπορούσε να συλλέξει τα απαραίτητα ποσοτικά δεδομένα, πραγματοποιώντας μετρήσεις θορύβου και ηχογραφήσεις σε κάθε στάση που πραγματοποιούν οι συμμετέχοντες.

Ο πρώτος ηχοπερίπατος διεξάχθηκε το 2012 εντός των δύο ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης, προκειμένου να αναδειχθούν οι προτιμήσεις των ακροατών. Για αυτήν την έρευνα προτάθηκε μια νέα πρακτική ηχοπερίπατου. Ήταν μια προσπάθεια να απομακρυνθούν οι συμμετέχοντες από την συνηθισμένη δραστηριότητα και να «συντονιστούν» στο υπό εξέταση ακουστικό περιβάλλον. Συνεπώς, 5 μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας συνέβαλαν στο θέμα της ακουστικής αντίληψης με τη συμμετοχή τους στον ηχοπερίπατο.

Ο τρόπος εξοικείωσης των συμμετεχόντων με το ηχοτοπίο αφορούσε μια προκαθορισμένη διαδρομή με 5 στάσεις, καθεμία με μοναδικά ηχητικά και οπτικά

χαρακτηριστικά, προκειμένου να εισαχθεί το πλήρες φάσμα του τοπίου. Κατά τη διάρκεια κάθε στάσης, πραγματοποιήθηκαν ηχογραφήσεις και δειγματοληψίες θορύβου (εικόνα 15). Αυτό το πρώτο στάδιο του ηχοπεριπάτου πραγματοποιήθηκε ως «εξόρμηση» στο τοπίο, ακολουθώντας τον κανόνα της «σιωπής» κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Η χρήση όλων των αισθήσεων ήταν σημαντική για την αποδόμηση των χαρακτηριστικών κάθε σημείου ελέγχου, με έμφαση σε αυτό που θα μπορούσε να ακουστεί. Το δεύτερο μέρος του ηχοπεριπάτου ήταν μια «ελεύθερη διαδρομή» για τους συμμετέχοντες και για πρώτη φορά τους δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο που περιελάμβανε ανοιχτές ερωτήσεις σχετικά με το τι ακούν τη συγκεκριμένη στιγμή και ποιος θα ήταν ο προτιμώμενος ήχος για κάθε τοποθεσία (πίνακας 8). Οι συμμετέχοντες είχαν την ελευθερία επιλογής να περπατήσουν στο πάρκο χωρίς σειρά ή περιορισμό χρόνου, μεμονωμένα ή ομαδικά. Αυτή η ελευθερία επιλογής συνέβαλε στο «συντονισμό» των ηχοπεριπατητών με το περιβάλλον. Παρόλο που οι συμμετέχοντες ήταν ελεύθεροι να εξερευνήσουν την περιοχή, όλες οι ερωτήσεις αφορούσαν συγκεκριμένα σημεία ελέγχου. Ο συγκεκριμένος ηχοπερίπατος πραγματοποιήθηκε τις πρωινές ώρες και με ήπιες κλιματολογικές συνθήκες, αποφεύγοντας δυνατούς ανέμους και βροχερές ημέρες.



Εικόνα 15. Διαδρομές και στάσεις 1<sup>ου</sup> ηχοπεριπάτου στις δύο ήσυχες περιοχές

<b>Ερώτηση 1</b>	Σημειώστε τι μπορεί να ακουστεί σε αυτήν τη στάση
<b>Ερώτηση 2</b>	Επισημάνετε την χρήση γης για αυτήν τη στάση
<b>Ερώτηση 3</b>	Ποιος ήχος κυριαρχεί σε αυτή τη στάση;
<b>Ερώτηση 4</b>	Αναφέρετε τι θα προτιμούσατε να ακούσετε σε αυτήν τη στάση

Πίνακας 8. Ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στον πρώτο ηχοπερίπατο

Ο δεύτερος ηχοπερίπατος πραγματοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή που συμπεριλαμβάνει τις πιθανές ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης, ενώ συμμετείχαν σε αυτόν 10 τυχαία επιλεγμένοι συμμετέχοντες από την αρχική ομάδα των 55 μελών του προγράμματος επιστήμης πολιτών. Προκειμένου να παραμείνουν οι συμμετέχοντες συντονισμένοι (tuned in) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, ήταν απαραίτητο να

ενσωματωθούν πολλές στάσεις που βρίσκονταν εκτός των ορίων των ήσυχων περιοχών. Ως εκ τούτου, σχεδιάστηκε μια διαδρομή περίπου 700 μέτρων, ενώ πραγματοποιήθηκαν συνολικά 12 στάσεις (2 λεπτών), δύο εκ των οποίων αποτελούν τα σημεία αφετηρίας και τερματισμού και δύο που αφορούσαν στάσεις μεταξύ των δύο ήσυχων περιοχών. Οι υπόλοιπες 8 στάσεις, πραγματοποιήθηκαν εντός των οριοθετημένων ήσυχων περιοχών (πάρκο Αγίας Ειρήνης και πάρκο Καραπαναγιώτη) (Εικόνα 16).



**Εικόνα 16.** Διαδρομή ηχοπεριπάτου με 12 στάσεις

Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να περπατήσουν σιωπηλά κατά μήκος της προκαθορισμένης διαδρομής. Η διαδικασία συλλογής δεδομένων περιελάμβανε ερωτηματολόγιο και ταυτόχρονες μετρήσεις στάθμης θορύβου και ηχογραφήσεις ηχητικού περιβάλλοντος, που διεξήχθησαν από τον υποφαινόμενο. Οι συμμετέχοντες έλαβαν έντυπους χάρτες της ευρύτερης περιοχής, που περιείχαν τη διαδρομή του ηχοπεριπάτου με όλες τις στάσεις και κλήθηκαν να επισημάνουν στον τυπωμένο χάρτη την κατεύθυνση της πηγής ήχου που ακούστηκε σε σχέση με κάθε στάση που έγινε, σύμφωνα με την κρίση τους. Οι ακριβείς ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται στον πίνακα 9.

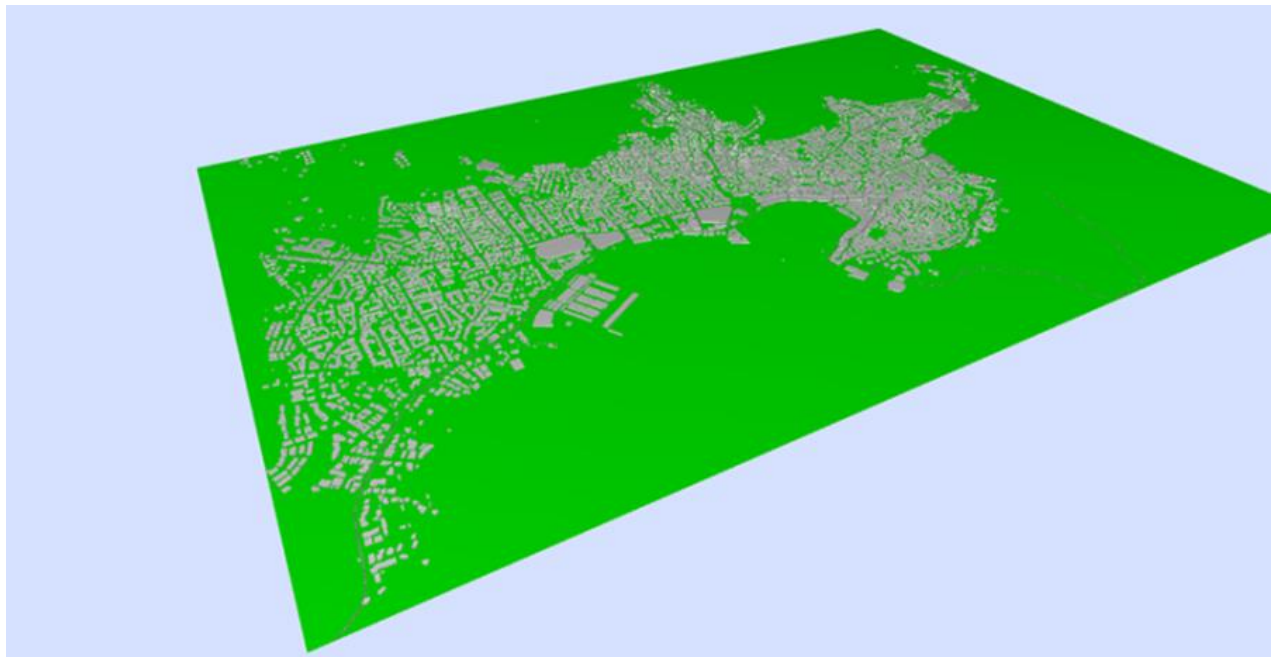
<b>Ερώτηση 1</b>	Σημειώστε τι μπορεί να ακουστεί σε αυτήν τη στάση
<b>Ερώτηση 2</b>	Επισημάνετε την κυρίαρχη πηγή ήχου για αυτήν τη στάση
<b>Ερώτηση 3</b>	Αναφέρετε τι θα προτιμούσατε να ακούσετε σε αυτήν τη στάση

**Ερώτηση 4** | Επισημάνετε στον χάρτη την προέλευση του κυρίαρχου ήχου  
**Πίνακας 9.** Ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στον δεύτερο ηχοπερίπατο

### 3.5 Μεθοδολογία προσέγγισης ακουστικού περιβάλλοντος και αξιολόγησης θορύβου

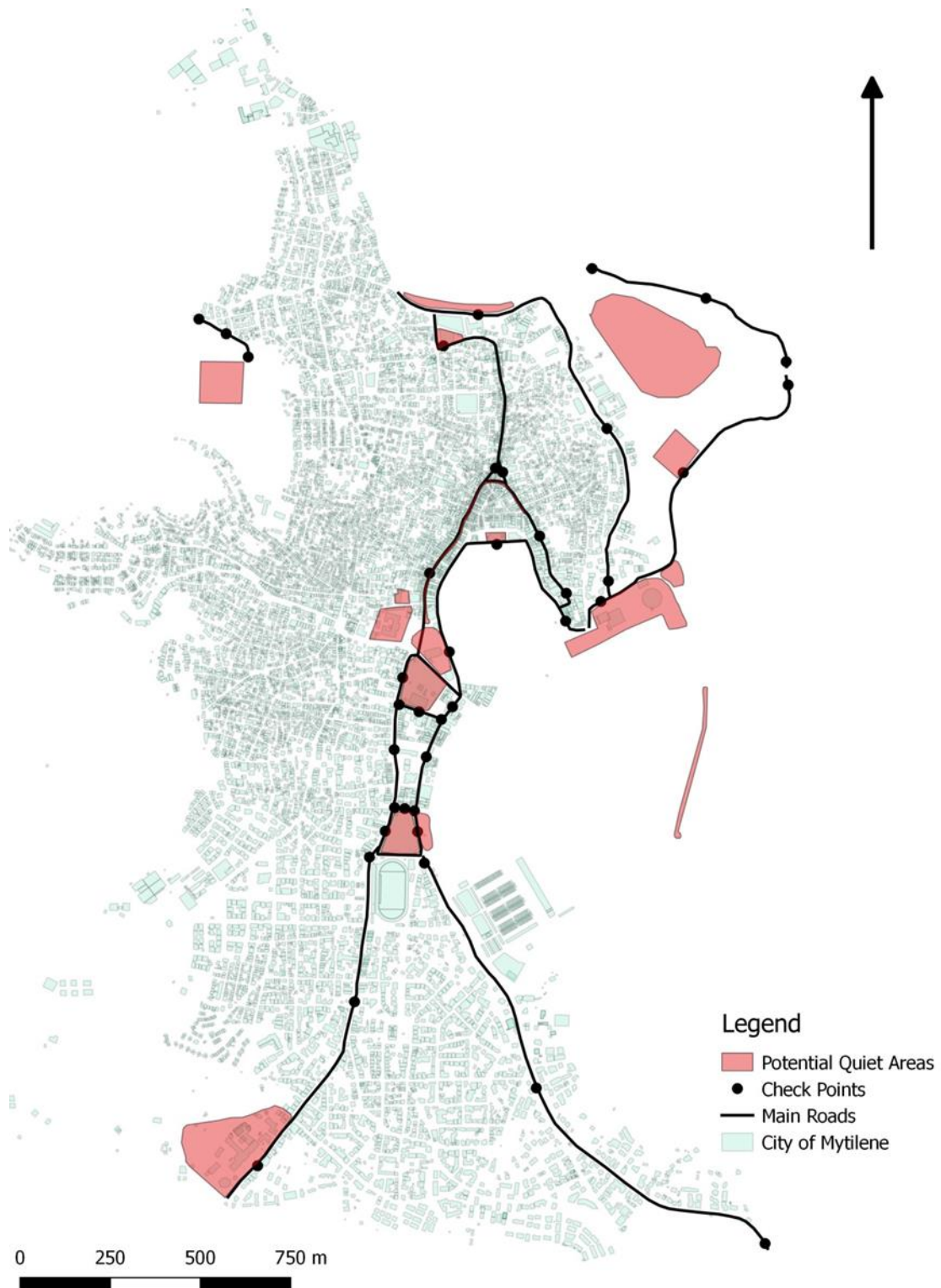
Για την χαρτογράφηση θορύβου της Μυτιλήνης, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόβλεψης θορύβου CadnaA και το λογισμικό χαρτογράφησης QGIS. Αρχικά, ψηφιοποιήθηκαν στο QGIS τα οικοδομικά τετράγωνα της πόλης στα οποία δόθηκε το χαρακτηριστικό (attribute table) ύψους ( $H_a > 5$  m σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις).

Τα ψηφιοποιημένα αυτά στοιχεία, εισήχθησαν στο λογισμικό CadnaA. Εκεί τους ανατέθηκε το ύψος χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες εντολές στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού (elevation =  $H_a$ ) (εικόνα 17) έτσι ώστε να θεωρηθούν χωρικά εμπόδια στην εξάπλωση θορύβου και να αποκτήσουν τρισδιάστατη μορφή.



**Εικόνα 17.** Τρισδιάστατος χάρτης της Μυτιλήνης στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού CadnaA

Παράλληλα, ψηφιοποιήθηκαν 13 δρόμοι οι οποίοι διασχίζουν τις περιοχές μελέτης (εικόνα 18).



**Εικόνα 18.** Οι 13 ψηφιοποιημένοι δρόμοι της Μυτιλήνης και τα σημεία δειγματοληψίας 39 σημεία δειγματοληψίας

Σε κάθε έναν από τους 13 δρόμους πραγματοποιήθηκαν 3 δειγματοληψίες θορύβου στην αρχή, στη μέση και το τέλος του, χρησιμοποιώντας το βαθμονομημένο ηχόμετρο PRO-DX Vocis της Castle Group με στοχευμένες προς το δρόμο δειγματοληψίες, απόκρισης 0°. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τις πρωινές ώρες τον Μάιο του 2018 την ίδια μέρα. Κάθε δειγματοληψία είχε διάρκεια ενός λεπτού και πραγματοποιήθηκε σε ύψος 1,5 μέτρο από το έδαφος. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 39 σημεία δειγματοληψίας (εικόνα 18).

Στη συνέχεια, εξάχθηκε ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων κάθε σημείου, έτσι ώστε κάθε δρόμος που χρησιμοποιήθηκε στην χαρτογράφηση θορύβου να εκπροσωπείται από μια τιμή του δείκτη θορύβου. Τέλος, για κάθε μέτρηση χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης του ενεργειακού ισοδυνάμου  $L_{eq}$ . Προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση του θορύβου στις εν δυνάμει ήσυχες περιοχές αξιοποιήθηκαν οι δυνατότητες του λογισμικού CadnaA και τοποθετήθηκε δέκτης (receiver) στο κέντρο κάθε περιοχής μελέτης. Μετά την εξαγωγή του χάρτη θορύβου παράχθηκε πίνακας αποτελεσμάτων που αναδεικνύει την ηχητική πίεση που δέχεται ο κάθε δέκτης από τον θόρυβο οδικής κυκλοφορίας, χρησιμοποιώντας τον δείκτη SPL (Sound Pressure Level). Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου δείκτη, χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό την ιεράρχηση των εν δυνάμει περιοχών μελέτης.

Τέλος, σχηματίστηκαν σενάρια εισαγωγής ηχοπετάσματος προκειμένου να αναδειχθούν οι πιθανές βελτιώσεις όσον αφορά τα επίπεδα του δείκτη SPL. Όπως έχει αναφερθεί τα ηχοπετάσματα αποτελούν ένα φυσικό εμπόδιο παρεμβολής στο μέσο διάδοσης του θορύβου μεταξύ πηγής και δέκτη (Mun & Cho, 2009) με σκοπό την μείωση των επιπέδων SPL. Χρησιμοποιώντας το πάρκο Αγίας Ειρήνης στο κέντρο της πόλης της Μυτιλήνης, ψηφιοποιήθηκαν στο λογισμικό CadnaA ηχοπετάσματα περιμετρικά της περιοχής μελέτης, ύψους 3, 5 και 7 μέτρων. Στη συνέχεια, μελετήθηκαν οι αλλαγές στα επίπεδα ηχητικής πίεσης σε δέκτη τοποθετημένο εντός του πάρκου.

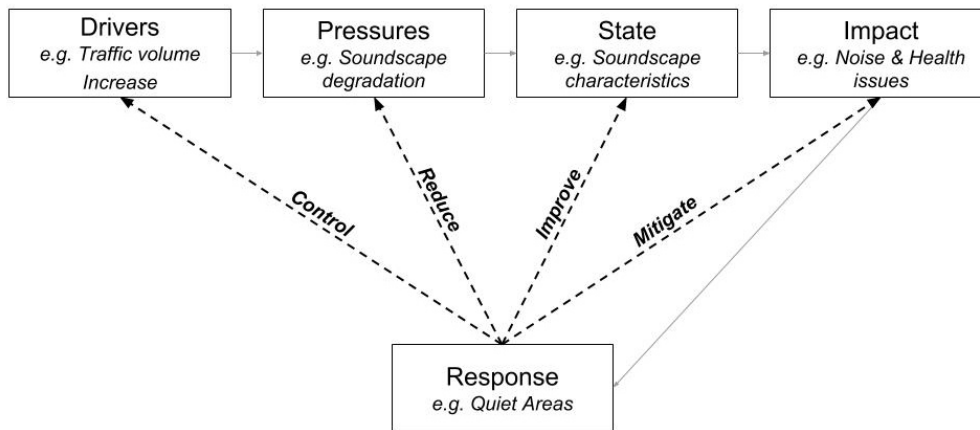
### **3.6 Μεθοδολογία οικολογικής σύνδεσης ήσυχων περιοχών**

Ο κατακερματισμός των οικοσυστημάτων αποτελεί μείζονα απειλή που αφορά την απομόνωση ειδών (McHugh & Thompson, 2011), ενώ ένα αποτελεσματικό δίκτυο συνδεσιμότητας μειώνει τις αρνητικές επιπτώσεις της διακοπής του τοπίου (Nor et al., 2017). Η συνδεσιμότητα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του τοπίου σχετικά με τη βιολογία της διατήρησης (Gilbert - Norton et al., 2010), ενώ επιτρέπει τη βιωσιμότητα του πληθυσμού διατηρώντας τη γονιδιακή ροή.

Ο συνδυασμός της ετερογένειας του τοπίου με την οικολογική συνδεσιμότητα στις αστικές περιοχές παρέχει μεγαλύτερη σταθερότητα και ανθεκτικότητα στις οικολογικές διαδικασίες (Goddard et al., 2010; Goddard et al., 2013; Díaz-Varela et al., 2016; Dupras et al., 2016). Ο όρος οικολογική συνδεσιμότητα αναφέρεται στον βαθμό που το τοπίο επιτρέπει ή εμποδίζει τη ροή ή την κίνηση των οργανισμών και χωρίζεται στη δομική και λειτουργική συνδεσιμότητα (LaPoint et al, 2015).

### 3.6.1 Οργάνωση δεδομένων με χρήση του μοντέλου DPSIR

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι παράγοντες που συμβάλλουν στην υποβάθμιση του ηχητικού περιβάλλοντος της πόλης της Μυτιλήνης εφαρμόστηκε το θεωρητικό μοντέλο Driving force–Pressure–State–Impact–Response (DPSIR) (εικόνα 19).



**Εικόνα 19.** Διάγραμμα ροής σχετικά με την εφαρμογή του μοντέλου DPSIR για το ηχητικό περιβάλλον της Μυτιλήνης

Το θεωρητικό μοντέλο DPSIR (Driving Force – Pressure – State – Impact – Response) θεωρεί την ανθρώπινη δραστηριότητα ως την κινητήρια δύναμη (Driving Force - D) που ασκεί πιέσεις (Pressures - P), οδηγώντας σε αλλοιώσεις σε μια δεδομένη κατάσταση (State - S) του περιβάλλοντος. Ως αποτέλεσμα, αυτές οι αλλαγές δημιουργούν επιπτώσεις (Impacts - I) στα οικολογικά συστήματα, την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνία που μπορεί να προκαλέσουν μια κοινωνική απόκριση (Response - R) (Spanò et al, 2017).

Το DPSIR αξιολογεί την αλληλεπίδραση μεταξύ περιβάλλοντος και ανάπτυξης, κατασκευάζοντας ένα σύστημα αξιολόγησης που αναλύει διάφορες πτυχές της αειφορίας (Liu et al., 2018), παρέχοντας έναν συνολικό μηχανισμό ανάλυσης περιβαλλοντικών προβλημάτων (Bojja et al., 2006). Παρέχει μια ουσιαστική εξήγηση των σχέσεων αιτίας και αποτελέσματος στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, συνδέοντας τα επιστημονικά αποτελέσματα με ρεαλιστικά ζητήματα παρόμοια με τη ηχορύπανση, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ έρευνας και λήψης αποφάσεων (Tscherning et al., 2012).

Κατά τη θερινή περίοδο τα ελληνικά νησιά και πολλές πόλεις, βιώνουν αύξηση της τουριστικής ζήτησης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια χρονική αύξηση του πληθυσμού και την αύξηση του όγκου της κυκλοφορίας. Αυτή η ανθρώπινη ζήτηση (Κινητήριος δύναμη - Driving force) ασκεί πιέσεις στο τοπίο και το ηχητικό περιβάλλον, μέσω της εντατικοποίησης της αστικοποίησης. Αυτές οι πιέσεις (Pressures) οδηγούν σε αλλαγές στην κατάσταση (State) του τοπίου και στην

κατάσταση του ηχητικού περιβάλλοντος, δημιουργώντας ζητήματα σχετικά με τα επίπεδα της βιοποικιλότητας, ιδίως στις αστικές πράσινες περιοχές. Οι προαναφερθείσες αλλαγές στην κατάσταση του αστικού περιβάλλοντος, προκαλούν επιπτώσεις (Impacts), μεταξύ των οποίων ο περιβαλλοντικός θόρυβος (που θα μπορούσε επίσης να απεικονιστεί ως υποπροϊόν της προόδου) που επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία (WHO, 1999). Επιπλέον, μεταξύ αυτών των επιπτώσεων, μπορεί να υπάρξει μείωση των επιπέδων βιοποικιλότητας στις αστικές πράσινες περιοχές, λόγω της αδυναμίας των οργανισμών (π.χ. πουλιά) να επικοινωνούν σε ένα θορυβώδες περιβάλλον (Brumm & Slabbekoorn, 2005). Σε αυτήν την περίπτωση, μια ιδανική απάντηση (Response) θα μπορούσε να είναι η δημιουργία, η οριοθέτηση, η διατήρηση και η οικολογική σύνδεση των αστικών ήσυχων περιοχών (πίνακας 10).

<i>Ανθρώπινη ζήτηση</i>	<i>Χρήση φυσικών πόρων</i>	<i>Κατάσταση φυσικών πόρων</i>	<i>Αλλαγή φυσικών πόρων</i>	<i>Δράσεις/Πολιτικές</i>
<b><i>Driving Force</i></b> <b><i>Κινητήριοις Δύναμη</i></b>	<b><i>Pressure</i></b> <b><i>Πίεση</i></b>	<b><i>State</i></b> <b><i>Κατάσταση</i></b>	<b><i>Impact</i></b> <b><i>Επίπτωση</i></b>	<b><i>Response</i></b> <b><i>Απόκριση</i></b>
Αύξηση ροής κυκλοφορίας	Αλλαγή στις χρήσεις γης	Χαρακτηριστικά τοπίου	Περιβαλλοντικός θόρυβος	Ήσυχες περιοχές
Αύξηση πληθυσμού	Υποβάθμιση ηχοτοπίου	Χαρακτηριστικά ηχητικού περιβάλλοντος	Προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου	Οικολογική σύνδεση ηχητικού περιβάλλοντος
Αύξηση τουριστικής ζήτησης	Αύξηση αστικοποίησης	Επίπεδα βιοποικιλότητας	Μείωση βιοποικιλότητας	
<b>Ελεγχόμενο από απόκριση</b>	<b>Μειωμένο από απόκριση</b>	<b>Βελτιωμένο από απόκριση</b>	<b>Μετριασμένο από απόκριση</b>	

**Πίνακας 10.** Εφαρμογή μοντέλου DPSIR στην Μυτιλήνη

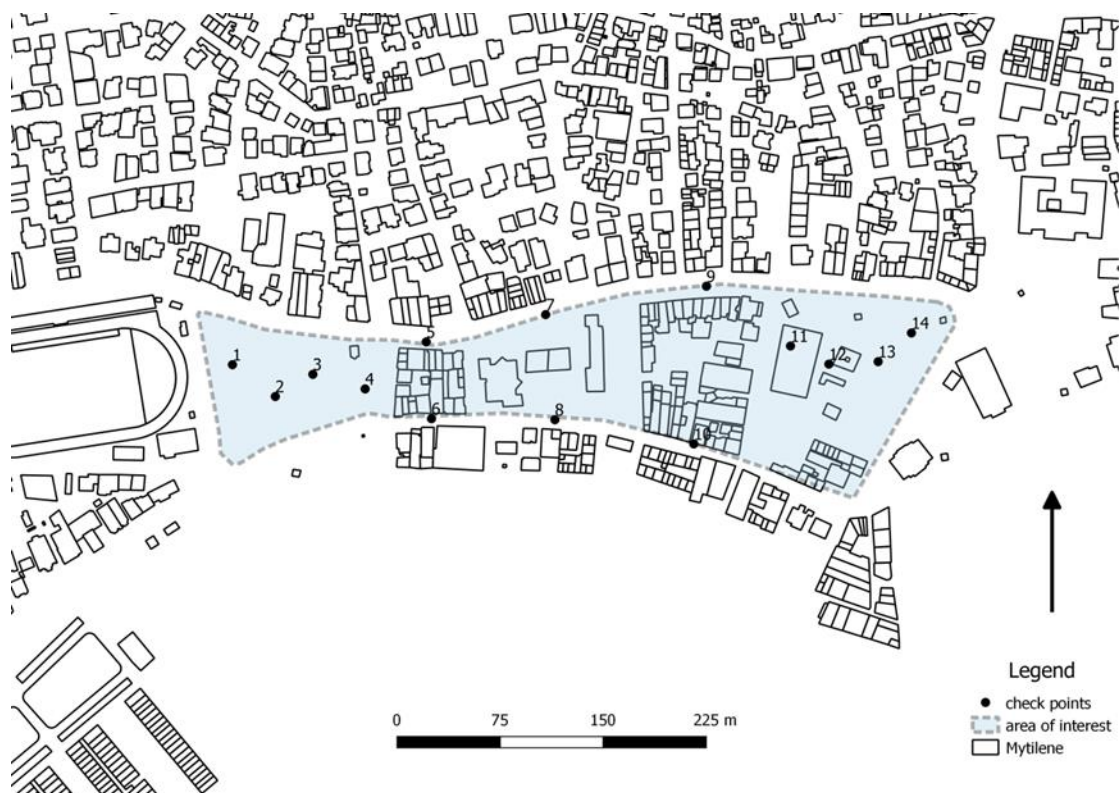
### 3.6.2 Μεθοδολογία Δομικής Συνδεσιμότητας

Όλα τα δομικά χαρακτηριστικά της περιοχής ενδιαφέροντος στη Μυτιλήνη χαρτογραφήθηκαν λεπτομερώς με χρήση του λογισμικού QGIS. Επιπλέον, συγκεντρώθηκαν πληροφορίες σχετικά με την κατηγορία των δρόμων (Αυτοκινητόδρομος, Συνηθισμένος δρόμος και Τοπικός δρόμος), τον τύπο της επιφάνειας του δρόμου (ομαλή / τραχιά), τον περιορισμό της ταχύτητας και την ακριβή θέση των σηματοδοτών. Οι παραπάνω πληροφορίες και τα δεδομένα επιπέδου θορύβου που συλλέχθηκαν χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία χάρτη θορύβου με χρήση του λογισμικού CadnaA. Σε συνεργασία με το Τμήμα αρχιτεκτονικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και με το Τμήμα Πολεοδομίας του Παντείου Πανεπιστημίου ορίστηκαν σχέδια δομικής σύνδεσης των περιοχών μελέτης.

Χρησιμοποιώντας το βαθμονομημένο ηχόμετρο Pro DX – Vocis της Castle Group τις πρωινές ώρες του Μαΐου του 2016, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες θορύβου διάρκειας 5 λεπτών σε 14 σημεία δειγματοληψίας χρησιμοποιώντας τον δείκτη  $L_{eq}$ . Τα σημεία αυτά βρίσκονταν εντός των ορίων των ήσυχων περιοχών, αλλά και σε



περιοχές ανάμεσα τους (εικόνα 20). Παράλληλα, στα ίδια σημεία πραγματοποιήθηκαν ηχογραφήσεις διάρκειας επίσης 5 λεπτών χρησιμοποιώντας τον ψηφιακό καταγραφέα Tascam DR-2d οι οποίες επεξεργάστηκαν στο λογισμικό audacity και στη συνέχεια στην R statistics προκειμένου να εξαχθεί ο δείκτης ACI.



**Εικόνα 20.** Τα 14 σημεία δειγματοληψίας θορύβου και ηχογράφησης

### 3.6.3 Μεθοδολογία λειτουργικής συνδεσιμότητας, μια πρώτη προσέγγιση - *Birding by Ear*

Τα πουλιά αποτελούν τους πολυλογάδες της φύσης. Συνεπώς, τα εύκολα παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά των φωνοποιήσεων της ορνιθοπανίδας, ήταν ο κύριος λόγος για την επιλογή των πουλιών ως δείκτη λειτουργικής συνδεσιμότητας. Οι τεχνικές έρευνας παρακολούθησης πτηνών χρησιμοποιούνται ευρέως από οικολόγους και ορνιθολόγους προκειμένου να παρατηρούν την κατάσταση και τις τάσεις του πληθυσμού τους. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για να επιτευχθεί μια τέτοια έρευνα είναι η οπτική αναγνώριση των ειδών πουλιών που υπάρχουν σε μια περιοχή. Ωστόσο, εξαιτίας πολλών περιορισμών, κυρίως λόγω των δομικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής και του πυκνού φυλλώματος, η οπτική ταυτοποίηση από μόνη της δεν είναι αρκετή. Επομένως, η οπτική αναγνώριση συνοδεύτηκε από ηχητική, χρησιμοποιώντας τεχνικές παθητικής ακουστικής. Προκειμένου να εκτιμηθεί ο βαθμός λειτουργικής συνδεσιμότητας, πραγματοποιήθηκε χαρτογραφήθηκε η επικράτεια πουλιών στις δύο υπό μελέτη ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης. Αρκετά είδη πτηνών περιορίζονται σε μικρά πράσινα τμήματα παρόμοια με τους αστικούς χώρους πρασίνου, υπερασπίζοντας υπό-περιοχές συνήθως κοντά στη φωλιά τους και την περιοχή διατροφής τους.

Η χαρτογράφηση επικράτειας των πουλιών, παρά ορισμένους περιορισμούς, αποδείχθηκε χρήσιμο εργαλείο για την οικολογική έρευνα (Bibby et al., 2000). Για δέκα συνεχόμενες ημέρες κάθε εποχή ενός έτους, τα δεδομένα σχετικά με τις κινήσεις τεσσάρων ειδών πτηνών παρακολούθηθηκαν και καταγράφηκαν. Τα αποτελέσματα της έρευνας απεικονίστηκαν αρχικά σε έναν τυπωμένο χάρτη και αργότερα ψηφιοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το λογισμικό QGIS. Πιο συγκεκριμένα, τα είδη που παρατηρήθηκαν οπτικά και ακουστικά ήταν τα ακόλουθα:

*Parus major* 25/3 – 3/4 2015 (Άνοιξη)

*Turdus merula* 25/6 – 4/7 2015 (Καλοκαίρι)

*Erithacus rubecula* 25/10 – 3/11 2015 (Φθινόπωρο)

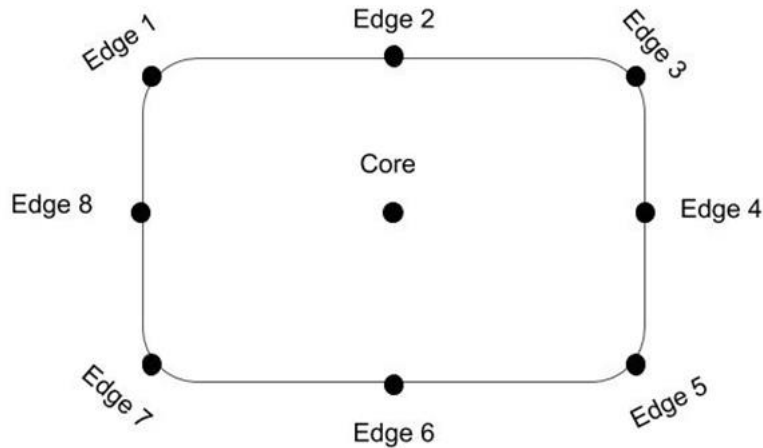
*Phylloscopus collybita* 25/11 – 4/12 2015 (Χειμώνας)

Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας, δημιουργήθηκε από ένας τελικός χάρτης επικράτειας για κάθε είδος πουλιού. Οι πληροφορίες σχετικά με την εδαφικότητα κάθε είδους πουλιών, για κάθε εποχή του έτους, υπογραμμίζουν τη χωροχρονική μεταβλητότητα όσον αφορά τη χρήση των υπό εξέταση περιοχών. Τα μελλοντικά βήματα στο θέμα της αξιολόγησης της λειτουργικής συνδεσιμότητας θα περιλαμβάνουν ένα μακροπρόθεσμο σύστημα παρακολούθησης, σχετικά με τις πραγματικές κινήσεις των πτηνών μεταξύ των δύο ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης.

### 3.7 Δημιουργία Σύνθετου Αστικού Δείκτη Ησυχίας – Composite Urban Quietness Index

Οι αστικές ήσυχες περιοχές μπορούν να περιγραφούν ως περιοχές που παρόλο που ο θόρυβος υπάρχει, δεν κυριαρχεί (EEA, 2014; Verbeek, 2019). Για να εξηγηθεί και να ποσοτικοποιηθεί η προαναφερθείσα ασαφής κατάσταση, απαιτείται μια πολλαπλή προσέγγιση με τη χρήση των υπαρχόντων δεικτών. Ωστόσο, αρκετές ασυνέπειες μεταξύ των δεικτών παράγουν αποτελέσματα που είναι δύσκολο να αποκρυπτογραφηθούν. Κατά συνέπεια, ο προσδιορισμός των κατάλληλων δεικτών και ο συνδυασμός τους σε έναν νέο σύνθετο δείκτη (Montis et al., 2020) είναι απαραίτητος.

Πραγματοποιήθηκαν ηχογραφήσεις σε συγκεκριμένες από τις διαθέσιμες περιοχές μελέτης, προκειμένου να εξαχθούν οι ακουστικοί δείκτες. Πολύ σημαντικό ρόλο στο πρωτόκολλο δειγματοληψίας έπαιξε το σχήμα της εκάστοτε περιοχής μελέτης. Όπως φαίνεται στην εικόνα 21 χρησιμοποιήθηκαν σημεία περιμετρικά της περιοχής μελέτης τα οποία ήταν στις περισσότερες περιπτώσεις 8 και ένα στο κέντρο προκειμένου να καλυφθεί ολόκληρη η περιοχή. Αστοχία αποτέλεσε η έλλειψη δυνατότητας για ταυτόχρονη δειγματοληψία σε όλα τα σημεία ελέγχου.



**Εικόνα 21.** Σημεία δειγματοληψίας για τις περιοχές μελέτης με αντίστοιχο σχήμα

### 3.7.1 Μέθοδος προσδιορισμού της έννοιας της ησυχίας

Σκοπός του συγκεκριμένου σταδίου της έρευνας ήταν ο προσδιορισμός των δεικτών που περιγράφουν καλύτερα την έννοια της αστικής ησυχίας και στη συνέχεια ο συνδυασμός τους σε ένα νέο σύνθετο δείκτη. Προκειμένου να αποσαφηνιστεί αυτή η ασάφεια και να οριστικοποιηθούν οι ιδανικοί για την αστική ησυχία δείκτες, χρησιμοποιήθηκαν τα συλλεγμένα για την έρευνα δεδομένα, τα οποία αναλύθηκαν στατιστικά με σκοπό την ανάδειξη των κύριων συνιστωσών (PCA) της ησυχίας. Παράλληλα εφαρμόστηκε μεθοδολογία ασαφούς χαρτογράφησης αξιοποιώντας τις γνώσεις που έχουν μέχρι τώρα αποκτηθεί.

Σε ένα αστικό συγκρότημα η ταυτόχρονη εκπομπή πολλαπλών πηγών ήχου είναι αναμενόμενη. Η συνδυαστική αυτή εκπομπή μπορεί να προκαλέσει αυξημένα επίπεδα ηχητικής έντασης τα οποία μπορεί να ερμηνευτούν ως θόρυβος. Η αρνητική επιρροή του θορύβου στη σωματική και ψυχική υγεία του ανθρώπου, αλλά και στην ποιότητα του συνολικού περιβάλλοντος, δημιούργησε την ανάγκη διαχείρισης και αντιμετώπισης του, μέσω της δημιουργίας των ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος.

Η ανάγκη αυτή έχει μέχρι στιγμής αντιμετωπιστεί με τη χρήση υποκειμενικών όρων και ψυχοακουστικών δεικτών στις προσπάθειες προσδιορισμού της ησυχίας. Η αντιμετώπιση αυτή ονομάζεται προσέγγιση ηχοτοπίου (The soundscape approach). Προκειμένου να προσδιοριστεί η ησυχία, είναι αναγκαία η ποσοτικοποίηση αυτών των αντιλήψεων και η εξαγωγή μέσου όρου άποψης. Οι ψυχοακουστικοί αυτοί δείκτες που αφορούν έννοιες όπως “ζωντάνια – vibrancy” ”ηχηρότητα – loudness” και ”ηχώχρωμα – timbre” συχνά συνδέονται με την έννοια του ηχοτοπίου, δηλαδή τον προσωπικό τρόπο αντίληψης του ηχητικού περιβάλλοντος. Η προσέγγιση σε αυτό το ζήτημα μπορεί να γίνει μέσω ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων και ενδεχομένως να αποτελέσει πηγή μεροληψίας, καθώς κατά τον συνδυασμό πολλών προσωπικών αντιλήψεων για κάτι που έτσι και αλλιώς αντιμετωπίζεται ως υποκειμενικό (ηχοτοπίο), μπορεί να χαθεί πληροφορία.

Η άλλη προσέγγιση στην ποσοτικοποίηση της ησυχίας είναι η χρήση δεικτών θορύβου. Η έννοια της ησυχίας όμως, περιέχει μια ασάφεια η οποία δεν μπορεί να περιγραφεί χρησιμοποιώντας μόνο ένα δείκτη θορύβου που ενσωματώνει πολλαπλές τεχνητές (ανθρωποφωνία) αλλά συχνά και φυσικές πηγές ήχου (βιοφωνία). Η αυξητική τάση της κλίμακας των decibel αναδεικνύει την λογαριθμική αύξηση της έντασης και παράλληλα η μείωση της καταλήγει στην σιωπή. Η σιωπή όμως, ως η απόλυτη απουσία ή το αντίθετο του ήχου δεν είναι πραγματικά διαθέσιμη στη φύση και μπορεί να υπάρχει μόνο ως αφηρημένη έννοια. Συνεπώς, η έννοια της ησυχίας δεν προϋποθέτει απουσία ήχου, αλλά την παρουσία θεμιτών ήχων. Η όλη συνύπαρξη των όρων θόρυβος, ησυχία και σιωπή σε ένα πλαίσιο αξιολόγησης ηχητικού περιβάλλοντος και συνεπώς ηχοτοπίου, περιέχει μια ασάφεια.

Η θεωρία των ασαφών συνόλων είναι ένας τρόπος προσδιορισμού για το πόσο καλά ένα αντικείμενο ικανοποιεί μια αόριστη περιγραφή. Αυτός ο προσδιορισμός είναι υποκειμενικός γιατί είναι εξαρτώμενος από τον τρόπο που ο καθένας αντιλαμβάνεται τους λεκτικούς προσδιορισμούς ποσοτικών μεγεθών. Σε αυτό το πλαίσιο ανήκει και η ησυχία “quietness”, η οποία συχνά αναφέρεται και ως ηρεμία “tranquility”. Η φράση του ότι κάτι, ή κάποιος, ή μια περιοχή είναι ήσυχη ή ήρεμη, περιέχει μια ασάφεια. Όσον αφορά το θόρυβο θα μπορούσε κανείς να πει ότι και σε αυτή την έννοια υπάρχει μια αοριστία στο λεκτικό προσδιορισμό της. Παρόλα αυτά, υπάρχουν οι μέθοδοι της ποσοτικής περιγραφής της φυσικής έντασης του ήχου και της υποκειμενικής αίσθησης της ηχηρότητας. Για την ώρα, η έννοια της ησυχίας και της ηρεμίας, προϋποθέτουν την έλλειψη από “κάτι” ακόμη και αν αυτό το “κάτι” είναι ο θόρυβος. Μπορεί η ησυχία λοιπόν να ποσοτικοποιηθεί;

Η ασάφεια για το συγκεκριμένο ζήτημα, δεν προκύπτει λόγω της αβεβαιότητας για τον εξωτερικό κόσμο και το φυσικό περιβάλλον, αλλά γιατί ο γλωσσολογικός όρος “ησυχία” δεν διαχωρίζει το ηχητικό περιβάλλον σε αυστηρά δυο κατηγορίες (ήσυχα – όχι ήσυχα in a binary fashion), αλλά σε πολλές διαβαθμίσεις.

Ένα ηχητικό περιβάλλον λοιπόν, μπορεί να χαρακτηρίζεται από επίπεδα περιβαλλοντικού θορύβου κάποιου δείκτη της τάξης των 56 dB, ενώ ένα άλλο από επίπεδα της τάξης των 55 dB. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), αλλά και σύμφωνα με την κλασική λογική, το δεύτερο ηχητικό περιβάλλον (55 dB) είναι πιο ήσυχο από το πρώτο. Η ασαφής λογική όμως ορίζει ότι η παραπάνω πρόταση είναι αληθής μεν, αλλά με κάποιο βαθμό αλήθειας, όχι απόλυτης. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι δεν λαμβάνουμε υπόψη αποκλειστικά τα επίπεδα έντασης, αλλά και άλλα ποσοτικά στοιχεία, όπως είναι η ακουστική πολυπλοκότητα, η ακουστική ποικιλία, η ακουστική ομοιογένεια και άλλα υποκειμενικά στοιχεία όπως η συνολική ποιότητα του περιβάλλοντος χώρου, οι ευκαιρίες αναψυχής, το πόσο φυσικό είναι το τοπίο, το πόσο αστικοποιημένο κ.α.

Στόχος του συγκεκριμένου σταδίου της έρευνας, ήταν ο επαναπροσδιορισμός του όρου “ησυχία” σε ένα αστικό περιβάλλον, καθώς και ο προσδιορισμός των συνιστωσών που την προκαλούν. Βασικός σκοπός, είναι η δημιουργία μιας νέας

μετρικής ποσοτικού προσδιορισμού της ησυχίας και η εισαγωγή ενός νέου δείκτη, του Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας – Composite Urban Quietness Index (CUQI). Τη διαδικασία προσδιορισμού των ιδανικών υπό-δεικτών για τον νέο σύνθετο δείκτη έχει ενισχύσει η μέθοδος της Ασαφούς Γνωστικής Χαρτογράφησης – Fuzzy Cognitive Mapping (FCM).

Ένας γνωστικός χάρτης ασάφειας, μπορεί να περιγραφεί ως ένα ποιοτικό μοντέλο που περιγράφει τον τρόπο λειτουργίας ενός συστήματος και αποτελείται από μεταβλητές (σε κύκλο), τα βέλη σύνδεσης των μεταβλητών, το θετικό ή αρνητικό πρόσημο που καθορίζουν το είδος της σχέσης και τέλος το βαθμό (βαρύτητα) της σχέσης χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο εύρος.

Ο χάρτης βασίζεται σε καθορισμένες μεταβλητές και στις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των συγκεκριμένων μεταβλητών. Αυτές οι μεταβλητές μπορούν να είναι φυσικές ποσότητες που μπορούν να μετρηθούν, όπως τα επίπεδα περιβαλλοντικού θορύβου, ή περίπλοκες και αφηρημένες έννοιες, όπως αυτή του ηχοτοπίου και του τρόπου αντίληψης του. Το πρώτο βήμα σε αυτή τη διαδικασία είναι ο προσδιορισμός των σημαντικών μεταβλητών που επηρεάζουν το υπό μελέτη σύστημα. Στη συνέχεια απαραίτητη είναι η ανάδειξη των αιτιωδών σχέσεων μεταξύ αυτών των μεταβλητών αναφέροντας την ισχύ των σχέσεων με έναν αριθμό μεταξύ  $-1$  και  $1$ . Παράλληλα, οι κατευθύνσεις των αιτιωδών σχέσεων (που υποδεικνύονται με βέλη) αφορούν στον τρόπο κατά τον οποίο μια μεταβλητή επηρεάζει μια άλλη. Ένα παράδειγμα σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, είναι πως η αύξηση της οδικής κυκλοφορίας επηρεάζει θετικά (αυξητικά) τα επίπεδα περιβαλλοντικού θορύβου (οδική κυκλοφορία  $\rightarrow$  + θόρυβος). Παράλληλα, δεδομένης της αρνητικής συσχέτισης μεταξύ της ακουστικής πολυπλοκότητας και του περιβαλλοντικού θορύβου, η αρνητική επιρροή της αύξησης του θορύβου στα επίπεδα πολυπλοκότητας είναι δεδομένη (θόρυβος  $\rightarrow$  - πολυπλοκότητα). Βασική προϋπόθεση για την επιτυχημένη γνωστική χαρτογράφηση ασάφειας, είναι η γνώση πάνω στο αντικείμενο μελέτης και η αναζήτηση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών σε ένα πλαίσιο αιτίας/σύνδεσης/αποτελέσματος.

Στη συνέχεια, ένας γνωστικός χάρτης μετατρέπεται σε πίνακα γειννίας (adjacency matrices) στον οποίο οι μεταβλητές τοποθετούνται στον κάθετο και οριζόντιο άξονα προκειμένου να σχηματιστεί μια τετράγωνη μήτρα (square matrix). Όταν υπάρχει σύνδεση μεταξύ δύο μεταβλητών, η τιμή κωδικοποιείται στην τετραγωνική μήτρα μεταξύ του εύρους  $-1$  και  $1$ .

Για την ανάλυση ενός γνωστικού χάρτη, μπορεί να μετρηθεί ο αριθμός των μεταβλητών ( $N$ ) και ο αριθμός των συνδέσεων ( $C$ ) στο χάρτη. Αξιοποιώντας αυτές τις δυο πληροφορίες μπορεί να υπολογιστεί η **πυκνότητα** ( $D$ ) του χάρτη χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$D = \frac{C}{N(N - 1)}$$

Εάν η πυκνότητα ενός χάρτη είναι υψηλή, τότε υπάρχει μεγάλος αριθμός αιτιωδών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών.

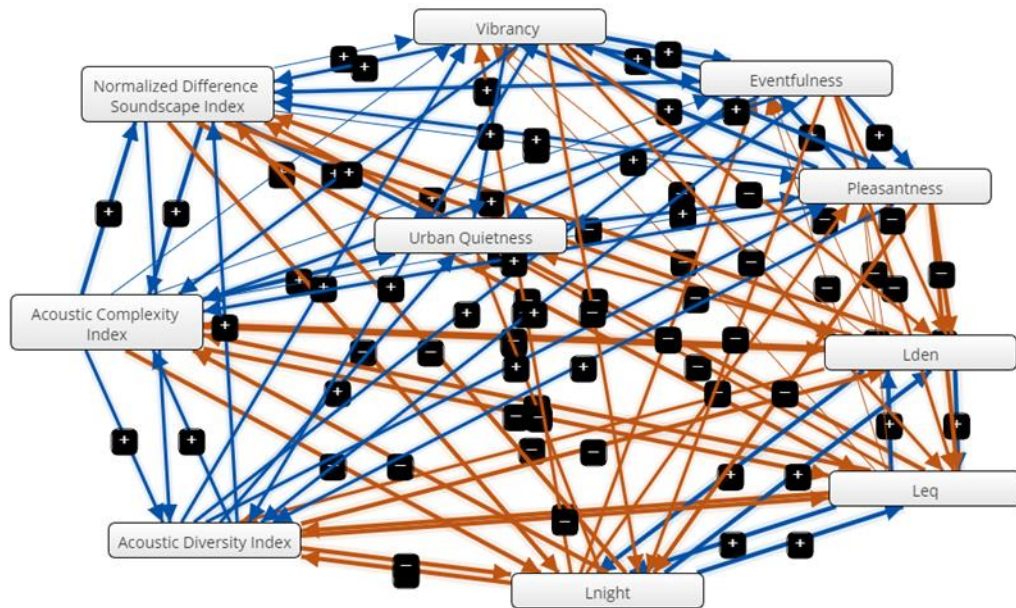
Υπάρχουν τριών ειδών μεταβλητές, οι transmitter ή driving, οι receiver και οι ordinary. Οι μεταβλητές **transmitter** είναι αυτές που δεν επηρεάζονται από άλλες μεταβλητές, αλλά επηρεάζουν. Οι μεταβλητές δέκτες (**receiver**) είναι αυτές που μόνο επηρεάζονται και τέλος οι **ordinary** μεταβλητές είναι αυτές που επηρεάζονται και επηρεάζουν. Παράλληλα, οι μεταβλητές transmitter και receiver, χαρακτηρίζονται από το βαθμό outdegree και indegree.

Ο βαθμός **Outdegree** είναι το άθροισμα της σειράς των απόλυτων τιμών μιας μεταβλητής στον πίνακα γειτνίασης. Δείχνει τα αθροιστικά πλεονεκτήματα των συνδέσεων που εξέρχονται από τη μεταβλητή. Ο βαθμός **Indegree** είναι το άθροισμα στηλών των απόλυτων τιμών μιας μεταβλητής. Δείχνει τη σωρευτική ισχύ των μεταβλητών που εισέρχονται στη μεταβλητή. Οι μεταβλητές transmitter έχουν θετικό Outdegree και μηδενικό Indegree, ενώ οι μεταβλητές receiver έχουν θετικό Indegree και μηδενικό Outdegree. Οι ordinary μεταβλητές δεν εμφανίζουν ποτέ μηδενικό βαθμό Indegree και Outdegree.

Η συνεισφορά μιας μεταβλητής σε έναν γνωστικό χάρτη μπορεί να γίνει κατανοητή υπολογίζοντας την **κεντρικότητα** (centrality) της, η οποία δείχνει πόσο συνδεδεμένη είναι η μεταβλητή με άλλες μεταβλητές και ποια είναι η ισχύς αυτών των συνδέσεων.

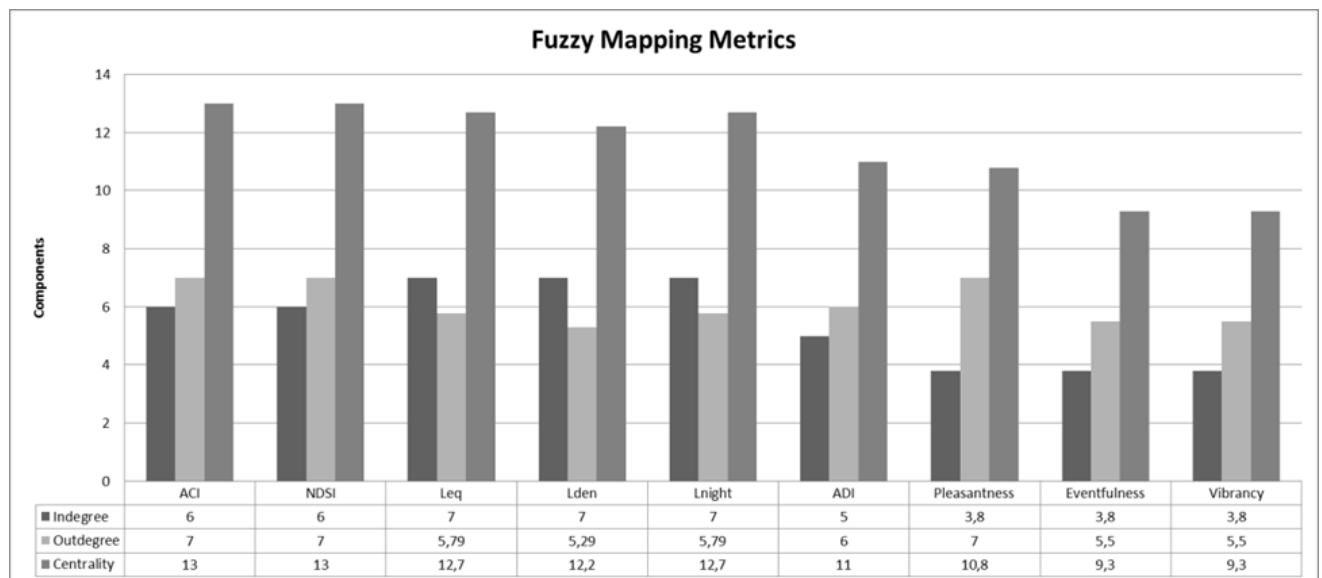
Οι προτεινόμενοι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την ασαφή χαρτογράφηση έχουν κατηγοριοποιηθεί σε τρεις κλάσεις. α) Φασματικοί δείκτες: Acoustic Complexity Index, Acoustic Diversity Index, Normalized Difference Soundscape Index, β) δείκτες έντασης: Lden, Lnight, Background Noise ( $L_{eq}$ ) και γ) ψυχοακουστικοί δείκτες: Pleasantness, Eventfulness, Vibrancy.

Σχηματίστηκε ο παρακάτω χάρτης ασάφειας (εικόνα 21) που αναδεικνύει τις σχέσεις των μεταβλητών – δεικτών μεταξύ τους αλλά και με τον δέκτη που είναι η έννοια της αστικής ησυχίας.



**Εικόνα 21.** Χάρτης ασάφειας δεικτών που περιγράφουν την έννοια της αστικής ησυχίας

Η πυκνότητα (D) του χάρτη είναι μεγέθους 0,9 ενώ περισσότερες πληροφορίες για τις μετρηκές της ασαφούς χαρτογράφησης φαίνονται στην εικόνα 22. Όπως είναι φανερό οι μεταβλητές ACI και NDSI έχουν την υψηλότερη κεντρικότητα καθώς είναι περισσότερο συνδεδεμένες με τις άλλες μεταβλητές αλλά και τον δέκτη.



**Διάγραμμα 22.** Μετρικές ασαφούς χαρτογράφησης

### 3.7.2 Μέθοδος αποσαφήνισης της έννοιας της ησυχίας και αξιολόγηση δεικτών μέσω SWOT analysis

Η ανάλυση SWOT (Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats/ Ισχυρά χαρακτηριστικά - Αδυναμίες - Ευκαιρίες - Απειλές) είναι ένα εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού. Τα βασικά συστατικά του περιγράφονται παρακάτω (Leigh, 2009):

Ισχυρό χαρακτηριστικό: ένας εσωτερικός ενισχυτής ικανότητας, πολύτιμος πόρος ή χαρακτηριστικό

Αδυναμία: ένας εσωτερικός αναστολέας της ικανότητας, των πόρων ή των χαρακτηριστικών που απαιτούνται για την επιτυχία

Ευκαιρία: ένας εξωτερικός ενισχυτής απόδοσης που μπορεί να επιδιωχθεί ή να αξιοποιηθεί για να κερδίσει όφελος

Απειλή: ένας εξωτερικός αναστολέας της απόδοσης που έχει τη δυνατότητα να μειώσει τα επιτεύγματα

Για τη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκε αυτό το εργαλείο προκειμένου να αναδειχθούν οι Δυνατότητες, οι Αδυναμίες, οι Ευκαιρίες και οι Απειλές των δεικτών έτσι ώστε να αναδειχθούν οι ιδανικοί δείκτες που μπορούν να εξηγήσουν την έννοια της ησυχίας καλύτερα και πιο ολοκληρωμένα. Παρακάτω ακολουθούν οι πίνακες της SWOT ανάλυσης για κάθε υπό μελέτη δείκτη (πίνακας 11).

<i>ACI</i>		<i>ADI</i>	
<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>	<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>
-Εκτιμά τα επίπεδα πολυπλοκότητας Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αστικά περιβάλλοντα -Προσδιορίζει αλλαγές στη συμπεριφορά και τη δομή μιας κοινότητας -Μπορεί να δεχτεί παραμετροποιήσεις	-Μεταβάλλεται ανάλογα με την ώρα και τη μέρα καταγραφής Εξαρτώμενος από το μέγεθος της περιοχής -Πηγές γεωφωνίας μπορεί να τροποποιήσουν το αποτέλεσμα	-Εκτιμά τα επίπεδα ποικιλίας -Είναι ο αντίστοιχος δείκτης Shannon -Αναδεικνύει την ομοιογένεια	-Μεταβάλλεται ανάλογα με την ώρα και τη μέρα καταγραφής -Μεγάλη επιρροή από θόρυβο -Πηγές γεωφωνίας τροποποιούν το αποτέλεσμα -Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αστικά συγκροτήματα
<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
-Μπορεί να αναδείξει διαφοροποιήσεις σε βάθος χρόνου Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την παρακολούθηση -Έχει περιθώρια εξέλιξης Μπορεί να συνδεθεί με την πολιτιστική πολυπλοκότητα	-Η βροχή μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα πολυπλοκότητας	-Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μη επεμβατικό και οικονομικό συμπληρωματικό εργαλείο	-Δεν υπάρχει πάντα συσχέτιση με τους κλασικούς δείκτες βιοποικιλότητας
<i>NDSI</i>		<i>Leq</i>	
<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>	<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>
-Αναδεικνύει την ανθρώπινη διαταραχή Υπολογίζει την αναλογία ανθρωποήχων βιοήχων -Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αστικά περιβάλλοντα -Μπορεί να δεχτεί παραμετροποιήσεις	-Μεταβάλλεται ανάλογα με την ώρα και τη μέρα καταγραφής -Δεν μπορεί να συνδεθεί με τα επίπεδα βιοποικιλότητας	-Εκτιμά τα επίπεδα του θορύβου Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αστικά συγκροτήματα	-Μεταβάλλεται ανάλογα με την ώρα και τη μέρα καταγραφής -Δεν υπάρχει συσχέτιση με τους κλασικούς δείκτες βιοποικιλότητας
<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>



-Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάδειξη διαφοροποιήσεων σε βάθος χρόνου -Έχει περιθώρια εξέλιξης	O- θόρυβος υποβάθρου μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα -Βιοήχοι χαμηλών συχνοτήτων θα ερμηνευτούν ως ανθρωποήχοι	-Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την ανάδειξη του θορύβου τις νυχτερινές ώρες	-Αποτελεί ανθρωποκεντρικό δείκτη βασισμένο στο ανθρώπινο εύρος ακοής
--	---	---	--

**Πίνακας 11.** SWOT analysis για τους υπό μελέτη δείκτες

### 3.8 Στατιστική προσέγγιση

Η στατιστική μέσω του λογισμικού SPSS χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο διερεύνησης των ερευνητικών ερωτημάτων της έρευνας και ανάδειξης των περιγραφικών αποτελεσμάτων των ποιοτικών δεδομένων που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων του ηχοπεριπάτου. Η ανάδειξη της σχέσης μεταξύ των επιπέδων θορύβου και των δεικτών ακουστικής βιοποικιλότητας, μελετήθηκε μέσω συσχετίσεων. Παράλληλα, ανεδείχθησαν οι μεταβλητές που περιγράφουν καλύτερα την κατάσταση της ησυχίας έτσι ώστε να συμπεριληφθούν ως υπό-δείκτες στο νέο προτεινόμενο σύνθετο δείκτη αστικής ησυχίας. Το παραπάνω πραγματοποιήθηκε μέσω ανάλυσης των κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis – PCA) που αποτελεί μέθοδο συμπίεσης δεδομένων στα ποσοτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν. Τέλος, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Mental Modeler (Gray, 2014; Nyaki et al., 2014) πραγματοποιήθηκε ασαφής χαρτογράφηση των δεικτών με σκοπό την ανάδειξη των ιδανικών που περιγράφουν καλύτερα την αστική ησυχία.

## 4. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας έχουν δομηθεί σε τέσσερα κεφάλαια σύμφωνα με τα ορόσημα της. Τα τέσσερα ορόσημα της συγκεκριμένης διδακτορικής έρευνας αφορούν την ανάδειξη των ήσυχων περιοχών με τη δημιουργία ενός ευέλικτου πρωτοκόλλου εύρεσης, την εισαγωγική προσπάθεια οικολογικής σύνδεσης των ήσυχων περιοχών, τη δημιουργία του δείκτη αστικής ησυχίας και τέλος τον προσδιορισμό της έννοιας της αστικής ησυχίας.

### 4.1 Ανάδειξη ήσυχων περιοχών με τη δημιουργία ενός ευέλικτου πρωτοκόλλου εύρεσης: Προσέγγιση ηχοτοπίου

Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου σταδίου της έρευνας δημοσιεύτηκαν το 2017 στο άρθρο με τίτλο “Identifying the Quiet Areas of a Small Urban Setting: The Case of Mytilene” (Matsinos et al., 2020) και το 2018 στο κεφάλαιο με τίτλο “Identification, Prioritization, and Assessment of Urban Quiet Areas” (Tsaligopoulos et al., 2018).

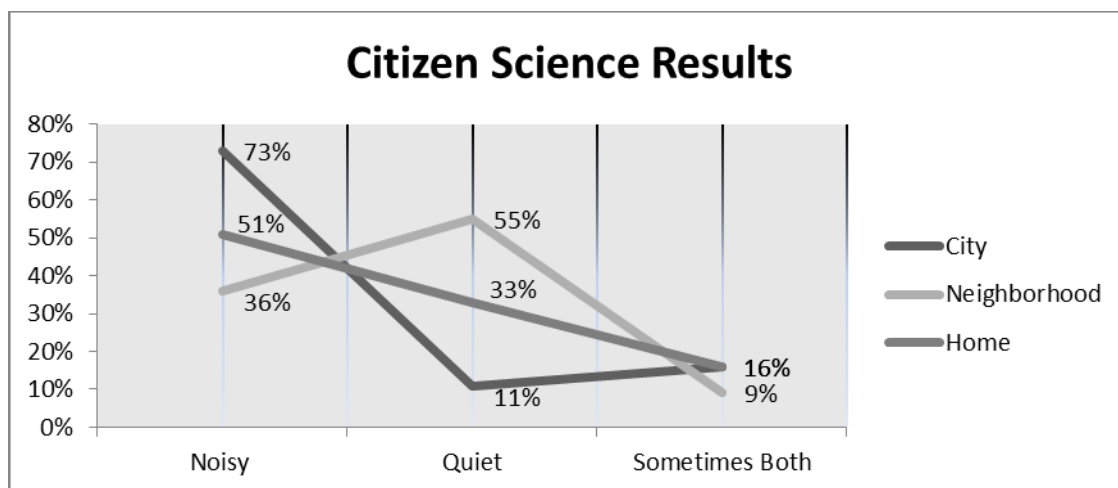
Τα αποτελέσματα της δράσης της επιστήμης των πολιτών, βοήθησαν στην εύρεση των περιοχών μελέτης στην πόλη της Μυτιλήνης. Μετά τη χαρτογράφηση των περιοχών, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες θορύβου και ηχογραφήσεις με ειδικό πρωτόκολλο με στόχο να ολοκληρωθεί η λίστα με τα κριτήρια επιλεξιμότητας των ήσυχων περιοχών. Στη συνέχεια, οι περιοχές ιεραρχήθηκαν με χρήση της

πολυκριτηριακής ανάλυσης Analytical Hierarchy Process και τέλος, πραγματοποιήθηκε ηχοπερίπατος στις εν δυνάμει ήσυχες περιοχές. Τέλος, τα δεδομένα των δεικτών έντασης ( $L_{den}$  και  $L_{eq}$ ) συσχετίστηκαν με τα αποτελέσματα των φασματικών δεικτών (NDSI) προκειμένου να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα για το αν ο θόρυβος επηρεάζει τα επίπεδα πολυπλοκότητας.

#### 4.1.1 Αποτελέσματα δράσης επιστήμης των πολιτών

Οι 55 συμμετέχοντες ενημερώθηκαν με workshops για ζητήματα που αφορούν το ηχητικό περιβάλλον και την έννοια του ηχοτοπίου και στη συνέχεια κλήθηκαν να παρατηρούν το ηχητικό τους περιβάλλον στην καθημερινότητα τους. Μετά τη λήξη της περιόδου της παρατήρησης πραγματοποιήθηκε μια τελική συνάντηση από την οποία συγκεντρώθηκαν δεδομένα που αφορούν τον τρόπο που το αντιλήφθηκαν οι συμμετέχοντες το ηχητικό περιβάλλον της Μυτιλήνης σε επίπεδο πόλης, γειτονιάς και σπιτιού και τέλος, τους ζητήθηκε να αναδείξουν μια περιοχή που να έχει ηχητικό ενδιαφέρον.

Οι συμμετέχοντες επέλεξαν μεταξύ των τριών επιλογών “Θορυβώδης/Ήσυχη/Και τα δυο” στην ερώτηση για το ποια είναι η ηχητική κατάσταση της πόλης της Μυτιλήνης, της γειτονιάς τους και της κατοικίας τους (εικόνα 22). Όσον αφορά το “θορυβώδες”, όπως έγινε αντιληπτό από τους κατοίκους που συνέβαλαν σε αυτήν την έρευνα, το επίπεδο πόλης και το επίπεδο κατοικίας ήταν οι κορυφαίες επιλογές. Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι συμμετέχοντες θεωρούσαν τη γειτονιά τους ως “ήσυχο” μέρος σε αντίθεση με τις άλλες δύο επιλογές. Η χαμηλότερη βαθμολογία σχετικά με την κατάσταση της ησυχίας αφορά την πόλη της Μυτιλήνης, ενώ η ενδιάμεση κατάσταση, παρουσίασε μια χαμηλή βαθμολογία στα συνολικά αποτελέσματα.



Εικόνα 22, Αποτελέσματα συνέντευξης μετά τη δράση επιστήμης των πολιτών

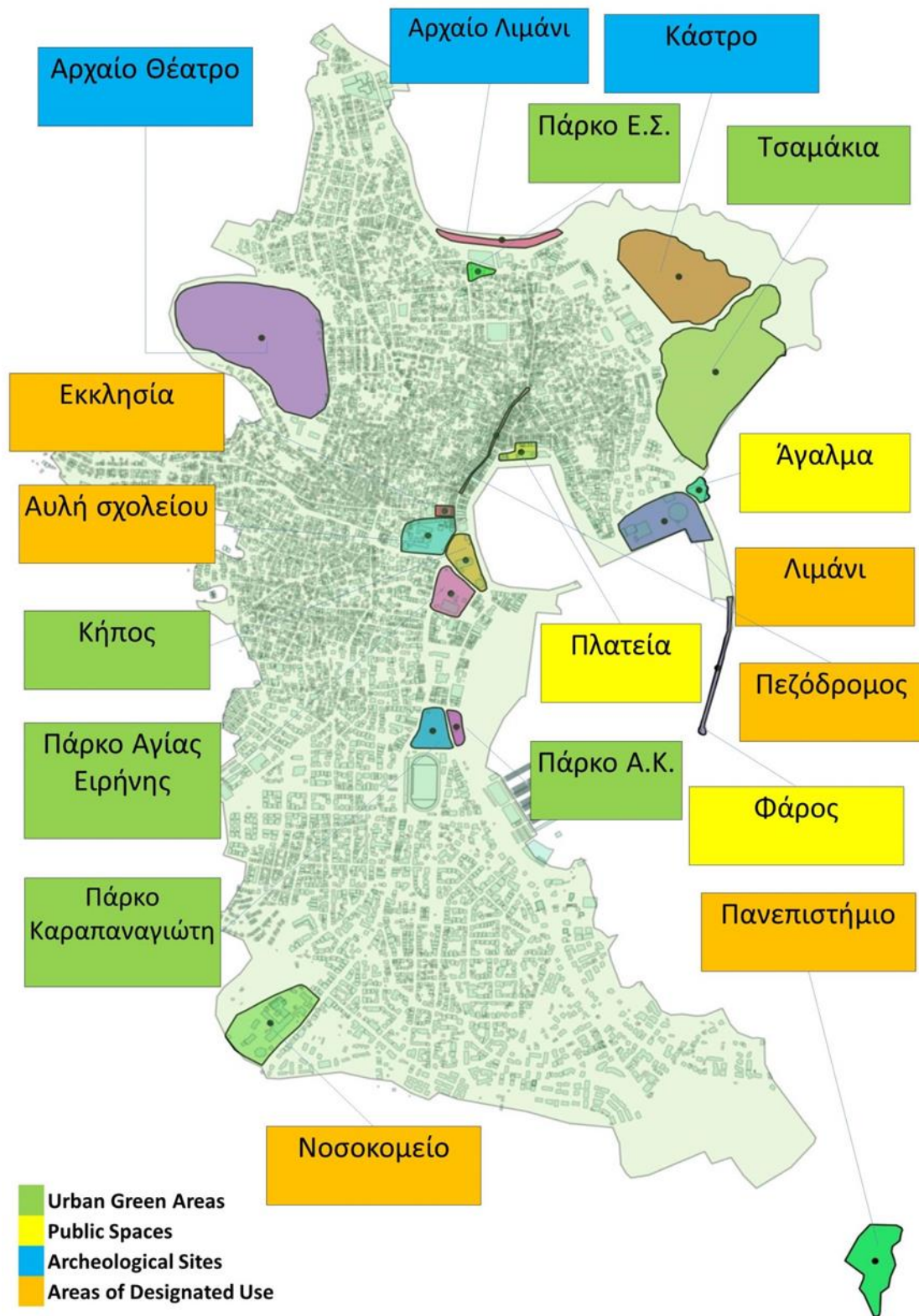
Στη συνέχεια κλήθηκαν να αναδείξουν μια περιοχή που τους κέντρισε το ενδιαφέρον για το ηχητικό της περιεχόμενο. Προέκυψαν οι 18 περιοχές που παρουσιάζονται στον πίνακα 12. Από αυτές οι 6 ήταν περιοχές αστικού πρασίνου, 3 δημόσιοι χώροι, 3 αρχαιολογικοί χώροι και 6 περιοχές καθορισμένης χρήσης (Areas of Designated Use).

<b>Περιοχές Αστικού Πρασίνου</b>
Το <b>Δημοτικό Θέατρο</b> της Μυτιλήνης, το <b>πάρκο Αγίας Ειρήνης</b> που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, το <b>πάρκο Καραπαναγιώτη</b> , το <b>πάρκο Επάνω Σκάλας</b> , η κεντρική παραλία της πόλης <b>Τσαμάκια</b> και ένα μικρό <b>πάρκο</b> κοντά στο πάρκο Καραπαναγιώτη
<b>Δημόσιοι Χώροι</b>
Ένας μικρό αστικός δημόσιος χώρος που ονομάζεται <b>Αγαλμα της Ελευθερίας</b> που βρίσκεται κοντά στο μεγάλο λιμάνι της πόλης, ο <b>φάρος</b> της προκυμαίας που χρησιμεύει και ως χώρος συνάντησης για τη νεολαία της Μυτιλήνης, την κεντρική <b>πλατεία</b> της Μυτιλήνης που είναι δημόσιος χώρος ο οποίος χρησιμοποιείται από τους πολίτες και τον δήμο της πόλης για διάφορες περιπτώσεις
<b>Αρχαιολογικοί Χώροι</b>
Ένας αρχαιολογικός χώρος που βρίσκεται στα περίχωρα της πόλης το <b>αρχαίο θέατρο</b> , τα ερείπια του <b>αρχαίου λιμανιού</b> της πόλης και το Βυζαντινό <b>Κάστρο</b> της Μυτιλήνης που είναι ένας σημαντικός αρχαιολογικός χώρος με άφθονο πράσινο χώρο
<b>Περιοχές Καθορισμένης Χρήσης</b>
Ο <b>πεζόδρομος</b> της πόλης που χρησιμεύει επίσης ως τμήμα του οδικού δικτύου όταν κλείνει η τοπική αγορά, μια <b>αυλή σχολείου</b> που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, το προαύλιο τμήμα της μεγαλύτερης <b>εκκλησίας</b> της Μυτιλήνης (Εκκλησία του Αγίου Θεραπόντα), το σύγχρονο επιβατικό <b>λιμάνι</b> της πόλης, η περιοχή του Γενικού <b>Νοσοκομείου</b> και το <b>Πανεπιστήμιο</b> της πόλης

**Πίνακας 12.** Περιοχές μελέτης που προτάθηκαν

Οι προτεινόμενες αυτές περιοχές ενσωματώθηκαν στο πρωτόκολλο δειγματοληψίας ως περιοχές μελέτης με σκοπό την ανάδειξη των ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης. Ο φάρος του λιμανιού ήταν από τις κορυφαίες επιλογές των συμμετεχόντων. Εκτός από τον αρχικό σκοπό του, ο φάρος χρησιμεύει ως τόπος συνάντησης για τη νεολαία της Μυτιλήνης. Ωστόσο, λόγω του μικρού μεγέθους και της έλλειψης άλλων σημαντικών κριτηρίων, ένα τέτοιο μέρος δεν μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «ήσυχη περιοχή». Η δεύτερη πιο δημοφιλής επιλογή ήταν ένας αστικός χώρος πρασίνου, που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, το Πάρκο Αγίας Ειρήνης. Ο συγκεκριμένος αστικός χώρος πρασίνου είναι ένα πάρκο υψηλής επισκεψιμότητας που χρησιμεύει επίσης ως χώρος αναψυχής. Όλες οι περιοχές που αναφέρθηκαν ενσωματώθηκαν στη διαδικασία μέτρησης προκειμένου να κατασκευαστεί το ακουστικό προφίλ της Μυτιλήνης (εικόνα 22), με κλιμάκωση από σημείο ελέγχου, σε γειτονιά και τέλος σε επίπεδο πόλης.

Τέλος, συζητήθηκε το αίσθημα ασφάλειας σχετικά με την περιοχή που ανέφεραν. Το 47% των συμμετεχόντων απάντησε ότι δεν αισθάνονται ασφαλείς στο μέρος που ανέφεραν. Η ασφάλεια σε μια περιοχή συνοδεύεται από υψηλά επίπεδα ευκρίνειας (Imageability), που σημαίνει ένα σαφώς κατανοητό οπτικό περιβάλλον (Lynch, 1960; Luymes & Tamminga, 1995). Το ζήτημα της ασφάλειας στους δημόσιους χώρους θα μπορούσε επίσης να είναι ένα πρόβλημα που αφορά τις αστικές ήσυχες περιοχές.



Εικόνα 22. Περιοχές μελέτης

Παρακάτω αναλύονται κάποιες από τις σημαντικότερες περιοχές μελέτης.

#### *Άλσος Τσαμάκια*

Η περιοχή Τσαμάκια είναι ένας αστικός χώρος πρασίνου που βρίσκεται στα προάστια της πόλης της Μυτιλήνης. Το συγκεκριμένο άλσος είναι περίπου 30.000 m<sup>2</sup> και αποτελείται κυρίως από πεύκα (*Pinus*) με πολλά είδη πουλιών, συμπεριλαμβανομένων μεγάλου αριθμού κουρουνών (*Corvus cornix*), κοτσύφων (*Turdus merula*), Καλόγερων (*Parus major*) και άλλων παρόμοιων ειδών. Είναι ένα μέρος που χρησιμοποιείται τακτικά από ντόπιους και τουρίστες για αναψυχή και άσκηση, ενώ αποτελεί μέρος του τοπικού οδικού δικτύου αλλά με περιορισμένη πρόσβαση.

#### *Πάρκο Αγίας Ειρήνης*

Το Πάρκο Αγίας Ειρήνης είναι μια μικρή αστική καταπράσινη περιοχή που βρίσκεται στο κέντρο της Μυτιλήνης. Αυτό το πάρκο είναι περίπου 12000 m<sup>2</sup> και αποτελείται κυρίως από ψευδοακακίες (*Robinia pseudoacacia*) και άλλα φυλλοβόλα δέντρα και θάμνους. Στον συγκεκριμένο αστικό χώρο πρασίνου υπάρχουν πολλά είδη ωδικών πτηνών με μεγάλες εποχιακές παραλλαγές. Κουρούνες (*Corvus cornix*), Κότσυφες (*Turdus merula*), Καλόγεροι (*Parus major*), Φυλλοσκόποι (*Phylloscopus collybita*), Κοκκινολαίμηδες (*Erithacus rubecula*) και άλλα παρόμοια είδη φωλιάζουν εκεί. Επιπλέον, είναι ένας δημοφιλής δημόσιος χώρος πρασίνου λόγω του γεγονότος ότι περιέχει καφετέρια, παιδική χαρά και εκκλησία. Περιβάλλεται από δρόμους υψηλής κυκλοφορίας, ωστόσο, ανάλογα με την εποχή, το φύλλωμα των ψευδοακακιών (*Robinia pseudoacacia*) ενεργεί ως φράγμα θορύβου μειώνοντας ελαφρώς τις επιπτώσεις στο θόρυβο.

#### *Πάρκο Καραπαναγιώτη*

Το Πάρκο Καραπαναγιώτη είναι μια ακόμη μικρή αστική πράσινη περιοχή που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης κοντά στο Πάρκο Αγίας Ειρήνης. Είναι περίπου 9.500 m<sup>2</sup> και αποτελείται από Μουριές (*Morus alba*), ψευδοακακίες (*Robinia pseudoacacia*) και άλλα είδη δέντρων και μεγάλων θάμνων όπως δάφνες (*Laurus nobilis*). Αρκετά είδη πουλιών μπορούν να βρεθούν σε αυτήν την πράσινη περιοχή μεταξύ των οποίων, Κίσσες (*Garrulus glandarius*), Κουρούνες (*Corvus cornix*), Κότσυφες (*Turdus merula*), Καλόγεροι (*Parus major*), Γαλαζοπαπαδίτσες (*Cyanistes caeruleus*), Φυλλοσκόποι (*Phylloscopus collybita*), Κοκκινολαίμηδες (*Erithacus rubecula*) και Λευκοσουσουράδες (*Motacilla alba*). Αυτός ο χώρος πρασίνου περιβάλλεται επίσης από δρόμους με μεγάλη κυκλοφορία και επιπλέον βρίσκεται δίπλα στο γήπεδο ποδοσφαίρου της Μυτιλήνης. Κατά συνέπεια, το Πάρκο Καραπαναγιώτη επηρεάζεται τόσο από τον περιβαλλοντικό θόρυβο από το γύρω οδικό δίκτυο όσο και από την τεχνητή ρύπανση του φωτός που προέρχεται από τους προβολείς του γηπέδου ποδοσφαίρου φτάνοντας τα 200.000 lumens ανά φωτιστικό.

### *Πλατεία Σαπφούς*

Η πλατεία Σαπφούς είναι ένας δημόσιος χώρος περίπου 1000 m<sup>2</sup> που βρίσκεται στο κέντρο της Μυτιλήνης. Είναι ένα μέρος που επισκέπτονται πολύ συχνά οι κάτοικοι και οι τουρίστες της Μυτιλήνης. Εκεί πραγματοποιούνται πολλές δραστηριότητες, παρόμοιες με διαμαρτυρίες για πολιτικούς λόγους και συναυλίες που καθιστούν την πλατεία Σαπφούς ανάμεσα στους πιο σημαντικούς και δημοφιλείς δημόσιους χώρους. Παράλληλα, εκεί βρίσκεται και ο τερματικός σταθμός των αστικών λεωφορείων της πόλης γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα θορυβώδη σαν περιοχή. Εκτός από κάποιους καλλωπιστικούς θάμνους, δεν υπάρχει βλάστηση και επιπλέον, εκτός από περιστέρια (*Columba livia domestica*) δεν υπάρχει κανένα είδος πουλιού που να μπορεί να βρεθεί ή να ακουστεί.

### *Φάρος*

Περίπου 1,50 χλμ. από το κέντρο της Μυτιλήνης βρίσκεται ο φάρος του λιμανιού. Εκτός από την αρχική του χρήση, ο φάρος θεωρείται ένας από τους πιο δημοφιλείς δημόσιους χώρους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο χαλάρωσης και αναψυχής, ενώ η διαδρομή προς το φάρο είναι μια από τις πιο επιλεγμένες διαδρομές άσκησης λόγω του εντυπωσιακού τοπίου και της απουσίας οχημάτων.

### *Αρχαίο Θέατρο*

Το αρχαίο θέατρο είναι ένας αρχαιολογικός χώρος και μια πράσινη περιοχή. Είναι περίπου 125.000 m<sup>2</sup> και βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο των προαστίων της πόλης. Αποτελείται κυρίως από πεύκα (*Pinus*) με διάφορα είδη πουλιών, όπως Κουρούνες (*Corvus cornix*), και Κότσυφες (*Turdus merula*).

### *Βυζαντινό Κάστρο*

Το βυζαντινό κάστρο είναι ένας πολύ δημοφιλής αρχαιολογικός χώρος και μια πράσινη περιοχή που βρίσκεται στα περίχωρα της Μυτιλήνης στην ανατολική πλευρά. Είναι περίπου 265.000 m<sup>2</sup> και αποτελείται κυρίως από πεύκα (*Pinus*) με πολλά είδη πουλιών, συμπεριλαμβανομένων μεγάλων ποσοτήτων Κουρούνων (*Corvus cornix*), Κοτσύφων (*Turdus merula*), Καλόγερων (*Parus major*) και άλλων παρόμοιων ειδών. Το βυζαντινό κάστρο αποτελείται από διάφορες υποπεριοχές, όπως μικρές παραλίες, ένας μικρότερος φάρος, άλση και μνημεία. Είναι επίσης ένα μέρος υψηλής επισκεψιμότητας για διάφορους λόγους, μεταξύ των οποίων χαλάρωση, αναψυχή και τα υπαίθρια σπορ.

### *Εκκλησία Αγίου Θεράποντα*

Η εκκλησία του Αγίου Θεράποντα είναι μια περιοχή καθορισμένης χρήσης και έχει μια μεγάλη αυλή που μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως κοινοτικός χώρος. Αρχιτεκτονικά θεωρείται μια από τις πιο καλά σχεδιασμένες περιοχές. Δεν υπάρχουν είδη δέντρων ή ζώων εκτός από περιστέρια (*Columba livia domestica*) και τα σπουργίτια (*Passer domesticus*) που αποτελούν αστικούς αποικιστές.

## Πεζόδρομος

Μεγάλο τμήμα της τοπικής αγοράς της Μυτιλήνης βρίσκεται στον πεζόδρομο (Ερμού) που έχει μέγεθος περίπου 1 χλμ. Είναι μια πολύ ενεργή περιοχή καθορισμένης χρήσης που αποτελείται από πολλά καταστήματα, καφετέριες και εστιατόρια. Δεν υπάρχουν είδη δέντρων ή ζώων εκτός από περιστέρια (*Columba livia domestica*) και σπουργίτια (*Passer domesticus*). Το ακουστικό περιβάλλον της περιοχής έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γεγονός που το καθιστά ένα ευχάριστο ηχοτοπίο.

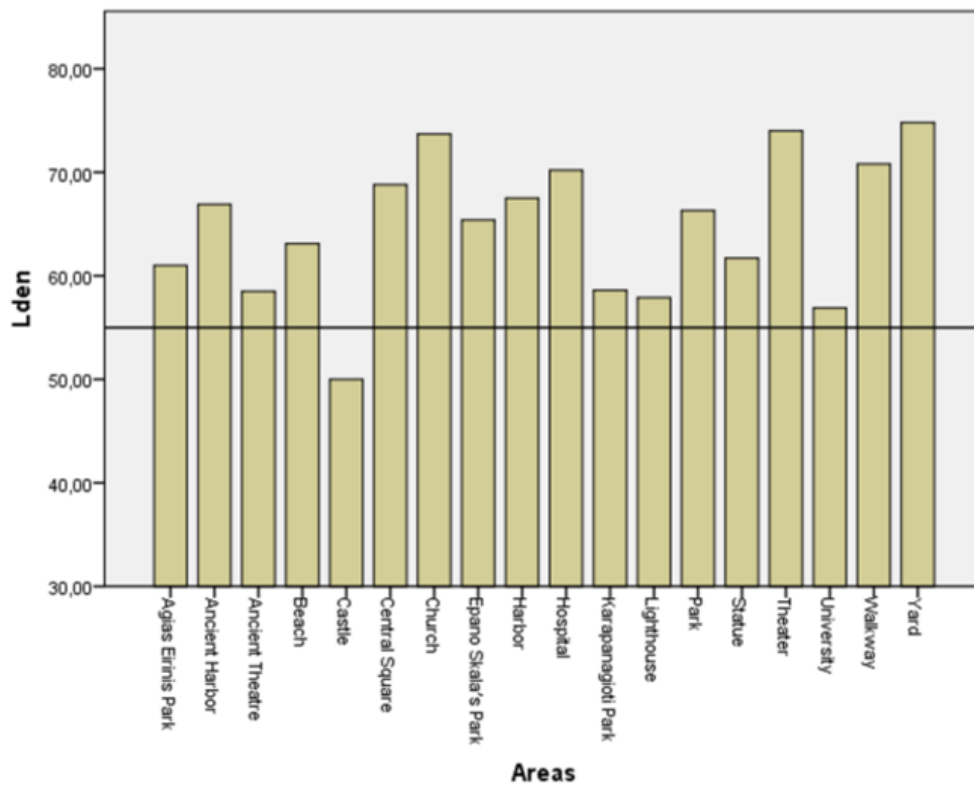
### 4.1.2 Αποτελέσματα δειγματοληψιών θορύβου και ηχογραφήσεων

Με την εφαρμογή του πρωτοκόλλου δειγματοληψίας συγκεντρώθηκαν ποσοτικά δεδομένα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

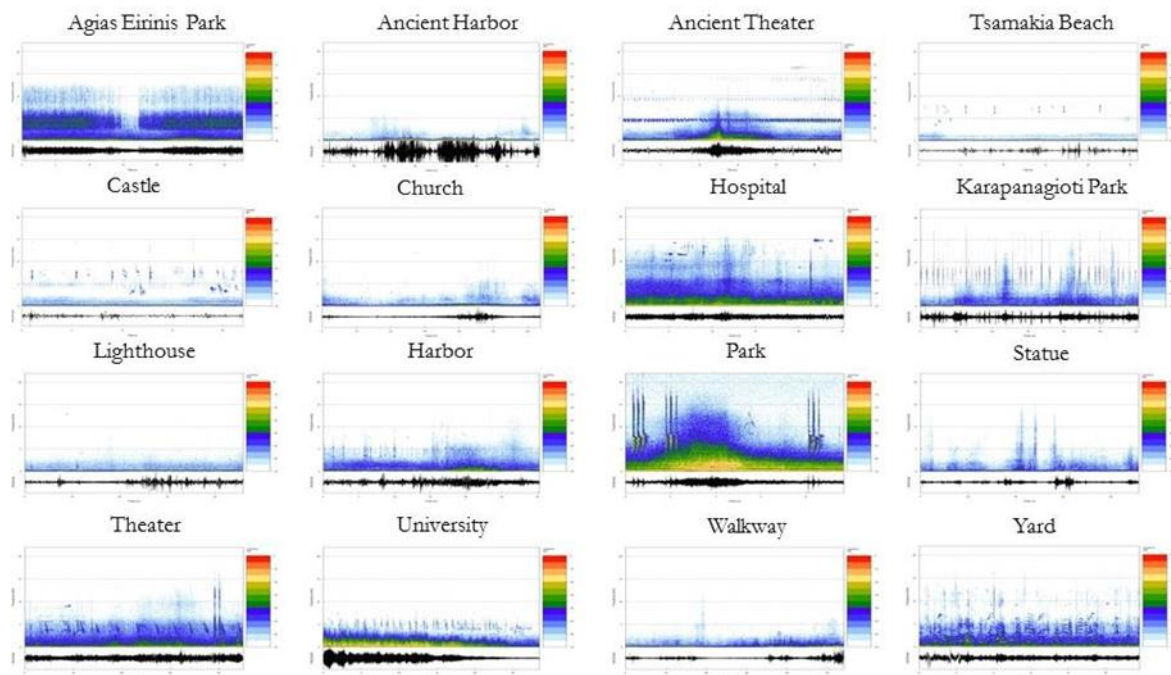
Από τη στατιστική ανάλυση που ακολούθησε τη συλλογή δεδομένων (πίνακας 13) προέκυψε ότι και τα δύο σύνολα δεδομένων ( $L_{den}$  & NDSI), ακολουθούν κανονική κατανομή. Επιπλέον, και τα δύο σύνολα δεδομένων παρουσιάζουν μια ισχυρή αρνητική συσχέτιση (Pearson's  $r = -,660$  significant at the 0,05 level, sig.2-tailed ,003). Παράλληλα, η ένδειξη θορύβου  $L_{den}$  για κάθε υπό εξέταση περιοχή συσχετίζεται αρνητικά με το μέγεθος της περιοχής (Pearson's  $r = -,660$  significant at the 0,01 level, sig.2 tailed ,036). Αντιθέτως, ο δείκτης NDSI παρουσιάζει θετική συσχέτιση με το μέγεθος της περιοχής (Pearson's  $r = ,527$  significant at the 0,01 level, sig.2 tailed ,025). Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις θορύβου που πραγματοποιήθηκαν (εικόνα 23) σε κάθε σημείο ελέγχου μαζί με τα φασματογραφήματα (εικόνα 24) και τα αποτελέσματα του δείκτη Normalized Difference Soundscape Index (εικόνα 25) θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση σχετικά με τον πιθανό χαρακτηρισμό της περιοχής ως ήσυχη. Είναι προφανές ότι οι περισσότερες από τις πιθανές ήσυχες περιοχές, εκτός από το Κάστρο υπερβαίνουν τον περιορισμό των 55 dB (A)  $L_{den}$ , ενώ οι περισσότερες από τις ίδιες περιοχές (13 από τις 18) παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα ανθρωποφωνίας από ότι βιοφωνίας.

	N	M	SD	Mdn	Min	Max
$L_{den}$	18	64,7±1,61 dB(A)	6,8	65,85	50	74,8
NDSI	18	-,0071±,09856	0,41	-,1304	-,46	,80
Μέγεθος	18	19766,6±6306,92 Sq. m	26758,02	9750	300	105,000 Sq. m

**Πίνακας 13.** Περιγραφικά στατιστικά αποτελέσματα

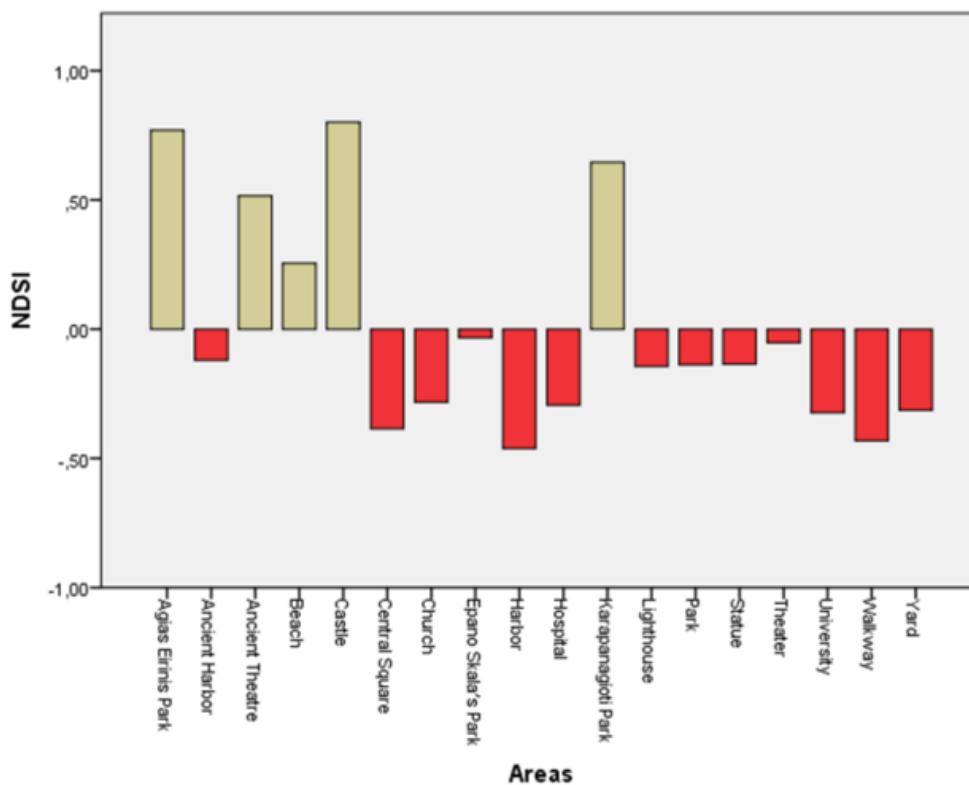


**Εικόνα 23.** Αποτελέσματα δείκτη Lden με γραμμή αναφοράς στα 55 dB(A) που αφορά τα όρια επιπέδου θορύβου που προτείνει ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΕΑ) και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) (European Environment Agency, 2014; WHO, 2019)



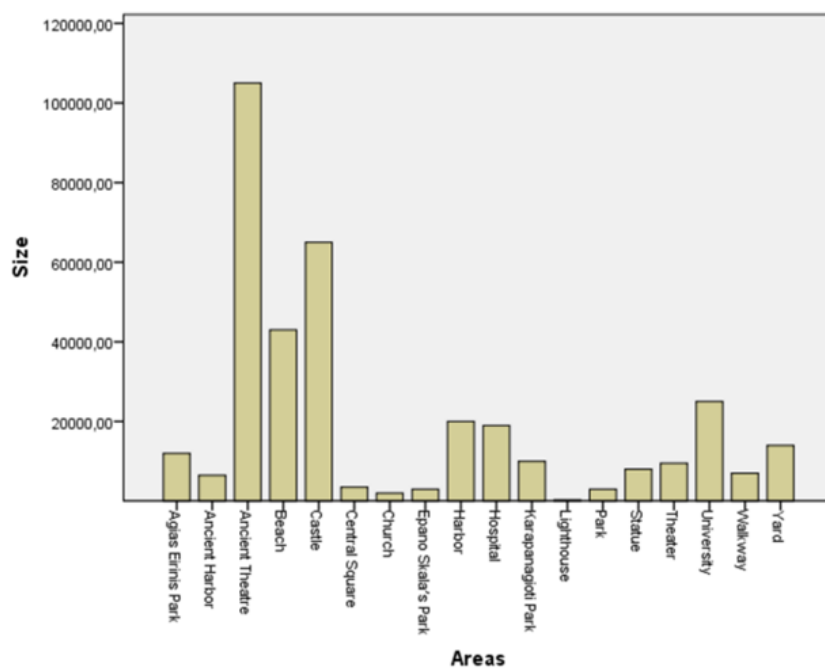
**Εικόνα 24.** Φασματογραφήματα που δημιουργήθηκαν από τις ηχογραφήσεις στις εν δυνάμει ήσυχες περιοχές





**Εικόνα 25.** Το αποτέλεσμα NDSI για κάθε πιθανή ήσυχη περιοχή. Οι τιμές από τις περιοχές που εμφανίζονται στην κορυφή του διαγράμματος, αποτελούνται κυρίως από βιολογικούς ήχους, ενώ οι κόκκινες από ανθρωπογενείς

Στην εικόνα 26 παρουσιάζεται η κατάταξη των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών ανά μέγεθος.



**Εικόνα 26.** Μέγεθος των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών

#### 4.1.3 Δημιουργία λίστας κριτηρίων και διεξαγωγή πολυκριτηριακής Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP)

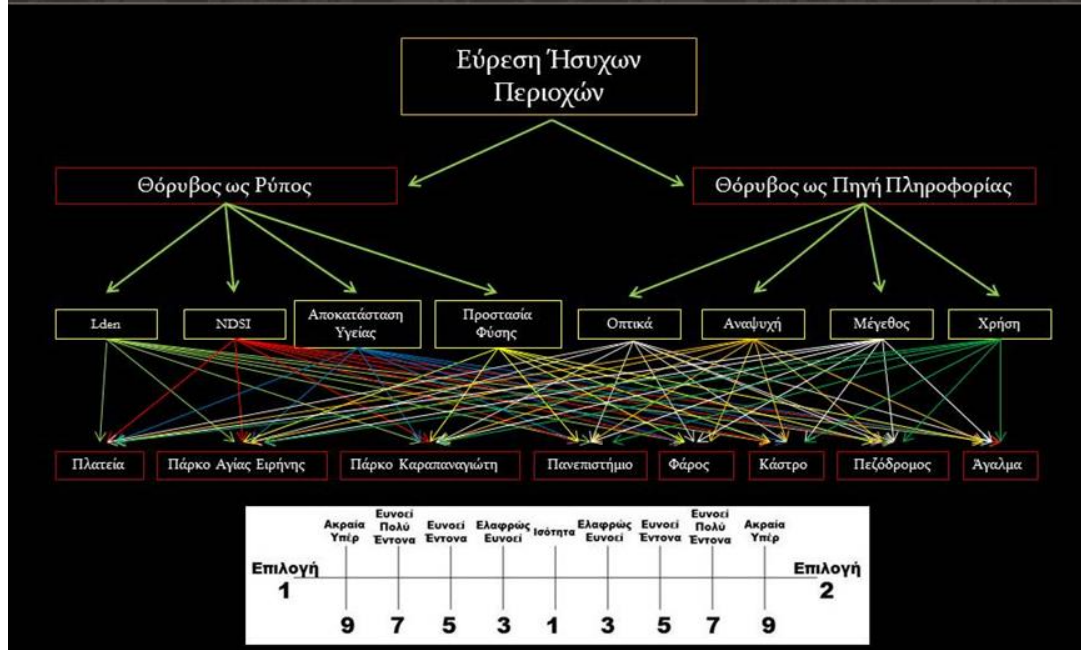
Για αυτήν την έρευνα, τα βάρη ανατέθηκαν αυτόματα σε κάθε εναλλακτική περιοχή σε σχέση με κάθε κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε (εικόνα 27), χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του Εργαλείου Εκτίμησης Προτεραιότητας (PriEsT). Χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που παρέχονται μέσω της τεχνικής έκθεσης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Περιβάλλοντος (EEA) σχετικά με τις ήσυχες περιοχές, τα πρότυπα του QUADMAP και με την προσθήκη του δείκτη NDSI, επιλέχθηκαν τα παρακάτω οκτώ κριτήρια για την αξιολόγηση, τη σύγκριση και την ιεράρχηση των υποψηφίων ήσυχων περιοχών.

- Επίπεδα δείκτη θορύβου ( $L_{den}$ )
- Normalized Difference Soundscape Index (NDSI)
- Προώθηση φυσικού τοπίου
- Δυνατότητες ανάκτησης υγείας
- Μέγεθος οριοθετημένης περιοχής
- Δυνατότητες αναψυχής
- Ύπαρξη ορόσημων
- Χρήση γης

Αξιολογώντας τις εναλλακτικές περιοχές χρησιμοποιώντας το Εργαλείο Εκτίμησης Προτεραιότητας της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP) (PriEsT), υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές κάθε εναλλακτικής λύσης (εικόνα 28). Οι πράσινοι αστικοί χώροι της Μυτιλήνης, το πάρκο Αγίας Ειρήνης και το πάρκο Καραπαναγιώτη που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης είναι οι δυο καλύτερες διαθέσιμες επιλογές. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν προτεραιότητα στις αστικές περιοχές πρασίνου, όσον αφορά το ακουστικό τους προφίλ και άλλα χαρακτηριστικά παρόμοια με την αναψυχή.

Ο πίνακας επιδόσεων που δημιουργήθηκε είχε σκοπό την συμπληρωματική αξιολόγηση κάθε σημείου ελέγχου σε σχέση με τα κριτήρια που έδωσε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Περιβάλλοντος για τον προσδιορισμό ήσυχων περιοχών (πίνακας 14). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το Πάρκο Αγίας Ειρήνης είναι η καλύτερη επιλογή για οριοθέτηση ήσυχης περιοχής λόγω της υψηλής βαθμολογίας του. Το συγκεκριμένο πάρκο επισημάνθηκε καθώς ικανοποιεί σχεδόν κάθε σύνολο κριτηρίων. Μεταξύ των σημείων ελέγχου, το Πάρκο Καραπαναγιώτη θα μπορούσε να είναι η επόμενη καλύτερη επιλογή. Συνολικά, η Μυτιλήνη χαρακτηρίζεται από πληθώρα πολιτιστικών και φυσικών αξιών, ενώ η αναψυχή φαίνεται να είναι μια πολύ σημαντική πτυχή της πόλης.

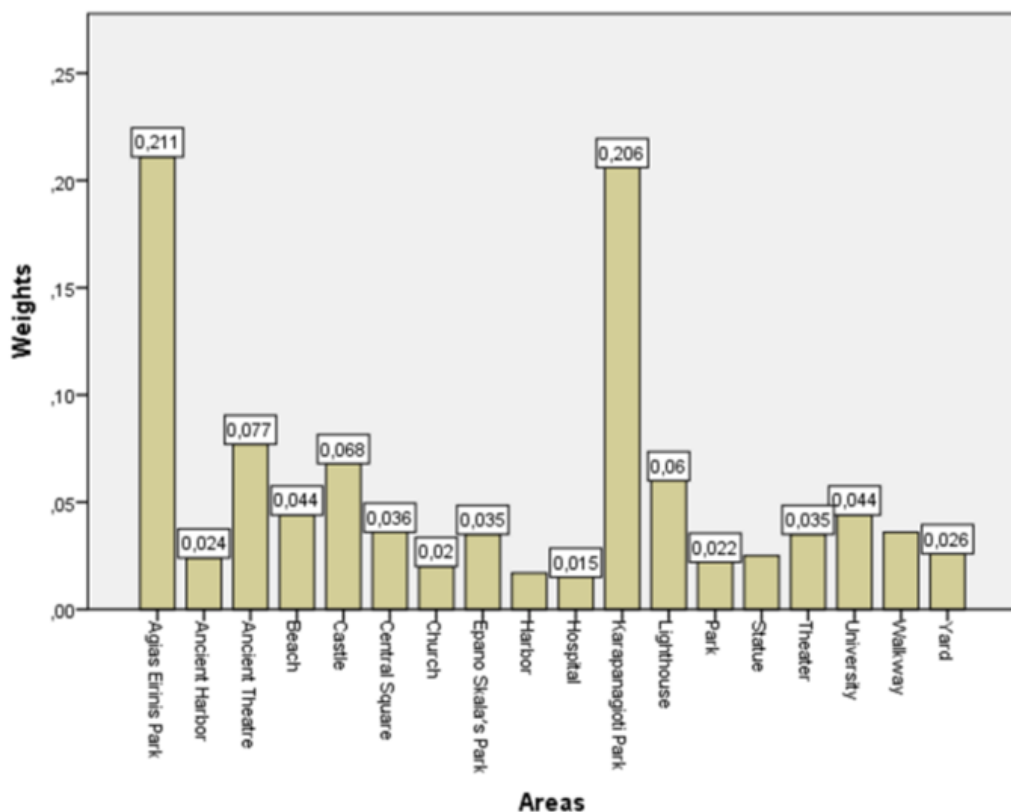
## Διεξαγωγή Πολυκριτηριακής Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης



Εικόνα 27. Διάγραμμα ροής μεθόδου αναλυτικής ιεράρχησης

Performance Matrix									
Check Spot	Noise Indicator	NDSI	Health Restoration	Nature Protection	Use	Recreation	Visual	Size	Total Out of 8
Municipal Theater	0	0	0	0	1	0	1	0	2
Walkway	0	0	1	0	1	0	1	0	2
Central Square	0	0	0	0	1	1	1	1	4
Park	0	0	0	0	0	0	0	1	1
School Yard	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Church	0		1	0		0	1		2
Agias Eirinis Park	0	1	0	1	1	1	1	1	6
Karapanagioti Park	0	1	0	1	1	1	1	1	6
Ancient Theatre	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Ancient Harbor	0	0	0	0	0	0	1	0	1
E. Skala's Park	0	0	0	0	1	1	0	1	3
Castle	1	1	1	1	0	0	1	0	5
Statue of Liberty	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Tsamakia beach	0	1	0	1	0	1	1	0	4
Harbor	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lighthouse	0	0	1	0	1	0	1	0	3
Hospital	0	0	0	0	1	0	0	0	1
University	1	0	0	0	1	0	0	0	2

Πίνακας 14. Πίνακας επιδόσεων των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών, ως εναλλακτική προσέγγιση



Εικόνα 28. Ιδιοτιμές κάθε εναλλακτικής λύσης

#### 4.1.4 Αποτελέσματα ηχοπεριπάτων

Οι ακουστικές προτιμήσεις των συμμετεχόντων συνθέτουν ένα νέο πιο ευχάριστο ηχοτοπίο και επομένως αναδιαμορφώνουν το τοπίο. Επιπλέον, οι πληροφορίες για το τι ακουγόταν κατά τη διάρκεια του ηχοπεριπάτου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντική έρευνα προκειμένου να ανιχνευθούν ακουστικές διαφορές που μπορεί να εμφανιστούν στο χρόνο (πίνακας 14, πίνακας 15).

<i>Ηχοπερίπατος Πάρκου Αγίας Ειρήνης</i>					
	<i>Stop 1</i>	<i>Stop 2</i>	<i>Stop 3</i>	<i>Stop 4</i>	<i>Stop 5</i>
<i>Τι ακούστηκε</i>	-Μηχανή αυτοκινήτου -Τρίξιμο κούνιας -Παιδιά -Αεροπλάνο -Άνθρωποι που μιλούν -Πουλιά	-Μηχανή αυτοκινήτου -Άνθρωποι που μιλούν -Πουλιά -Φύλλα -Βήματα -Έντομα	-Μηχανή αυτοκινήτου -Άνθρωποι που μιλούν -Πουλιά -Μοτοσκλέτα	-Μηχανή αυτοκινήτου -Άνθρωποι που μιλούν -Πουλιά -Φύλλα -Βήματα	-Μηχανή αυτοκινήτου -Παιδιά -Γέλιο -Πουλιά -Μοτοσκλέτα -Βήματα -Κόρνα οχήματος
<i>Χρήση γης</i>	Εκκλησία	Χώρος ξεκούρασης	Είσοδος	Παιδική χαρά	Πυρήνας πάρκου-καφετέρια
<i>Κυρίαρχος ήχος</i>	Ανθρωποφωνία	Ανθρωποφωνία	Ανθρωποφωνία	Βιοφωνία	Βιοφωνία
<i>Προτιμώμενος ήχος</i>	Πουλιά	Ήχοι νερού	Πουλιά	Μουσική	Ήχοι νερού
<i>L<sub>eq</sub> dB(A)</i>	63,6	60,9	64,3	61,4	63,7

Πίνακας 14. Αποτελέσματα ηχοπεριπάτου στο πάρκο Αγίας Ειρήνης

<i>Ηχοπερίπατος Πάρκου Καραπαναγιώτη</i>					
	<i>Stop 1</i>	<i>Stop 2</i>	<i>Stop 3</i>	<i>Stop 4</i>	<i>Stop 5</i>
<i>Τι ακούστηκε</i>	-Μηχανή αυτοκινήτου -Ομιλίες -Πουλιά	-Μηχανή αυτοκινήτου -Ομιλίες -Πουλιά -Βήματα -Φύλλα	-Μηχανή αυτοκινήτου -Ομιλίες -Πουλιά -Βήματα -Μοτοσυκλέτα	-Μηχανή αυτοκινήτου -Ομιλίες -Πουλιά -Έντομα	-Μηχανή αυτοκινήτου -Ομιλίες -Πουλιά -Φυσικοί ήχοι
<i>Χρήση γης</i>	Είσοδος 1	Χώρος ξεκούρασης	Είσοδος 2	Καφετέρια	Φύλλωμα
<i>Κυρίαρχος ήχος</i>	Ανθρωποφωνία	Ανθρωποφωνία	Ανθρωποφωνία	Ανθρωποφωνία	Βιοφωνία
<i>Προτιμώμενος ήχος</i>	Ήχοι νερού	Ήχοι νερού	Μουσική	Πουλιά	Ήχοι νερού
<i>L<sub>eq</sub> dB(A)</i>	54,8	63,4	60,6	52,8	55,4

**Πίνακας 15.** Αποτελέσματα ηχοπερίπατου στο πάρκο Καραπαναγιώτη

Η παρουσία θορύβου οδικής κυκλοφορίας ήταν σε κάθε περίπτωση αισθητή. Από τις απαντήσεις που έδωσαν οι ηχοπεριπατητές σχετικά με την ποιότητα του θορύβου σε κάθε στάση, προέκυψε ότι οι λιγότερο αγαπημένοι θόρυβοι ήταν κυρίαρχοι. Παράλληλα, οι ήχοι νερού ήταν μια από τις πιο συχνές απαντήσεις όσον αφορά τους επιθυμητούς ήχους. Η συγκεκριμένη προτίμηση σχηματίζει ένα διαφορετικό ηχοτοπίο, ένα διαφορετικό ακουστικό περιβάλλον και συνεπώς τοπίο. Είναι προφανές ότι σημαντικές ακουστικές πληροφορίες σχετικά με το ηχοτοπίο μιας περιοχής θα μπορούσαν να προκύψουν μέσω της προσεκτικής ακρόασης, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές αλλαγές του χώρου.

Ο δεύτερος ηχοπερίπατος σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να συμπεριλαμβάνει τις δύο ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης και την ενδιάμεση περιοχή. Όπως φαίνεται στην εικόνα 29, η διαδρομή περιλάμβανε συνολικά 12 στάσεις, 8 εκ των οποίων αφορούσαν τις δύο ήσυχες περιοχές. Η παρουσία θορύβου οδικής κυκλοφορίας ήταν σε όλες τις περιπτώσεις αισθητή, ενώ οι ακουστικές προτιμήσεις των συμμετεχόντων συνθέτουν ένα νέο πιο ευχάριστο ηχητικό περιβάλλον που αν εφαρμοστεί, θα μπορούσε να αναμορφώσει το τοπίο. Λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των συμμετεχόντων, δόθηκαν 10 απαντήσεις σχετικά με τη θέση της πηγής ήχου σε σχέση με καθεμία από τις 8 στάσεις που πραγματοποιήθηκαν. Όπως φαίνεται στην εικόνα 30, σημειώθηκε η απόσταση μεταξύ της κάθε στάσης και της αντιληπτής θέσης της πηγής ήχου. Η διαδικασία αναγνώρισης πηγής, βοήθησε με τους δύο τρόπους. Πρώτον, επισήμανε τα προβληματικά στις περισσότερες περιπτώσεις σημεία γύρω από τις περιοχές και δεύτερον, καθόρισε την απόσταση μεταξύ της πηγής και των σημείων του δέκτη (στάσεις ήχου). Από τις 8 πηγές που εντοπίστηκαν, 6 από αυτές έπεσαν εκτός των υπό εξέταση περιοχών. Οι συγκεκριμένες 6 πηγές αποτελούνταν από ανθρωπογενείς ήχους (π.χ. θόρυβος κυκλοφορίας), ενώ οι υπόλοιποι 2 βιολογικοί ήχοι (π.χ. τραγούδι πουλιών).

Τέλος, όπως φαίνεται στην εικόνα 31, τα επίπεδα θορύβου στις περισσότερες στάσεις υπερβαίνουν το όριο των 55 dB που παρέχεται από τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας,

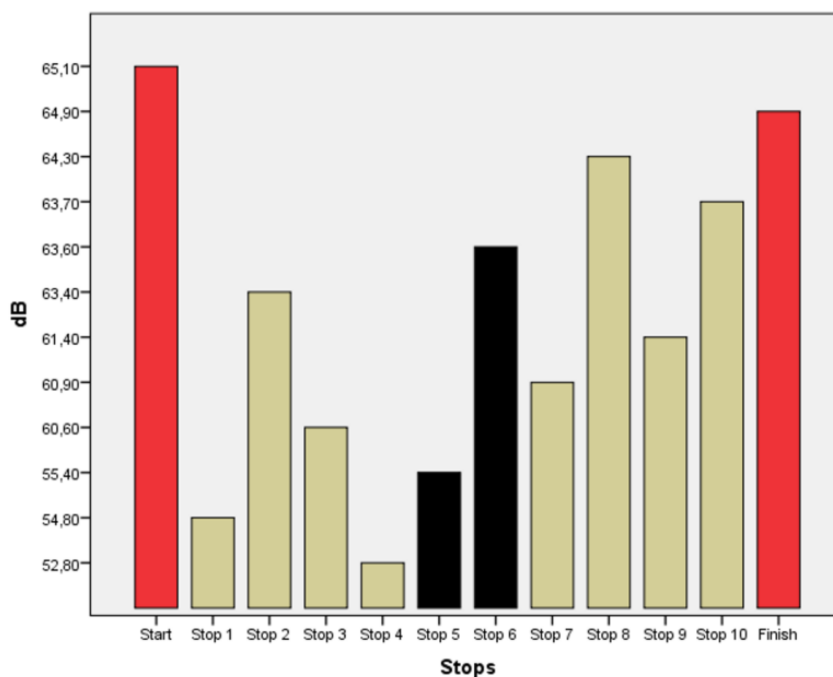
ενώ στην εικόνα 32 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα NDSI κατά τα οποία εκτός από μια στάση σε όλες κυριαρχεί η ανθρωποφωνία.



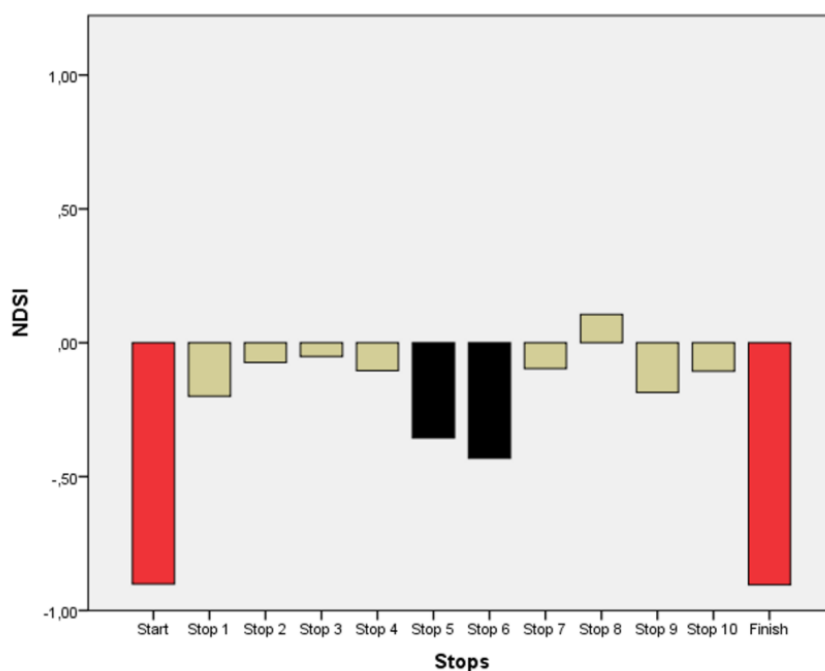
Εικόνα 29. Διαδρομή δεύτερου ηχοπεριπάτου και οι 12 στάσεις



Εικόνα 30. Σημείωση της προέλευσης του ήχου που κυριαρχεί



*Εικόνα 31. Αποτελέσματα δειγματοληψιών θορύβου για όλες τις στάσεις του δεύτερου ηχοπεριπάτου*



*Εικόνα 32. Αποτελέσματα δείκτη NDSI για κάθε στάση του δεύτερου ηχοπεριπάτου*

#### 4.2 Αποτελέσματα εύρεσης ήσυχων περιοχών με χρήση χάρτη θορύβου-Η προσέγγιση ακουστικού περιβάλλοντος

Οι περιοχές που προτάθηκαν από τους συμμετέχοντες της δράσης της επιστήμης των πολιτών αποτέλεσαν και τις περιοχές μελέτης της έρευνας. Προκειμένου να μελετηθεί η υφιστάμενη κατάσταση του ακουστικού περιβάλλοντος της Μυτιλήνης,

δημιουργήθηκε ένας χάρτης θορύβου με βασική πηγή το θόρυβο που προέρχεται από το οδικό δίκτυο. Συνεπώς, οι κοντινοί στις περιοχές μελέτης δρόμοι μελετήθηκαν για τα επίπεδα θορύβου που προέρχονται από αυτούς. Επιλέχθηκαν 3 σημεία δειγματοληψίας, στις δυο άκρες και στη μέση κάθε δρόμου. Τα αποτελέσματα ( $M=64,6$ ,  $SD=4.85$ ) παρουσιάζονται στον πίνακα 14.

<i>Δρόμος</i>	<i>Σημείο 1</i>	<i>Σημείο 2</i>	<i>Σημείο 3</i>	<i>ΜΟ</i>
Βενιζέλου 1	71,3	60,4	65,4	65,7
Βοστώνη	70,2	72,3	73,5	72
Καβέτσου	64,5	64,9	63,9	64,4
Βενιζέλου 2	66,3	65,4	62,3	64,6
Βυρ. Καραπαναγιώτη	69,8	65,2	62,3	65,7
Σμύρνης	69,3	65,2	66,7	67
Κουντουριώτη	73,6	68,8	70,9	71,1
Ερμού 1	70,8	69,8	65,4	68,6
Ερμού 2	65,3	60,1	61,1	62,1
Αγίας Κυριακής	58,5	57,9	60,9	59,1
Εθνικής Αντίστασης 1	50	56,3	51,2	52,5
Εθνικής Αντίστασης 2	63,1	64,2	61,7	63
8η Νοεμβρίου	61,2	66,8	66,9	64,9

**Πίνακας 14.** Αποτελέσματα δειγματοληψιών θορύβου για κάθε ένα από τα τρία σημεία δειγματοληψίας σε κάθε δρόμο που χρησιμοποιήθηκε για τη χαρτογράφηση θορύβου

Σύμφωνα με το υπόμνημα του χάρτη θορύβου οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στους δρόμους δέχονται μεγαλύτερα επίπεδα θορύβου (εικόνα 33).

Στη συνέχεια, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του λογισμικού CadnaA, τοποθετήθηκαν δέκτες σε κάθε περιοχή μελέτης σε ύψος 1,5 μέτρα από το έδαφος προκειμένου να αναδειχθεί η ηχητική πίεση (SPL) που ενδεχομένως βιώνει ένας άνθρωπος σε εκείνα τα σημεία (εικόνα 34).





Εικόνα 33. Ο χάρτης θορύβου της Μυτιλήνης



Εικόνα 34. Δέκτες στις εν δυνάμει ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 14 και στην εικόνα 35 η πιο ήσυχη περιοχή είναι το αρχαίο θέατρο και η πιο θορυβώδης η κεντρική πλατεία της πόλης.

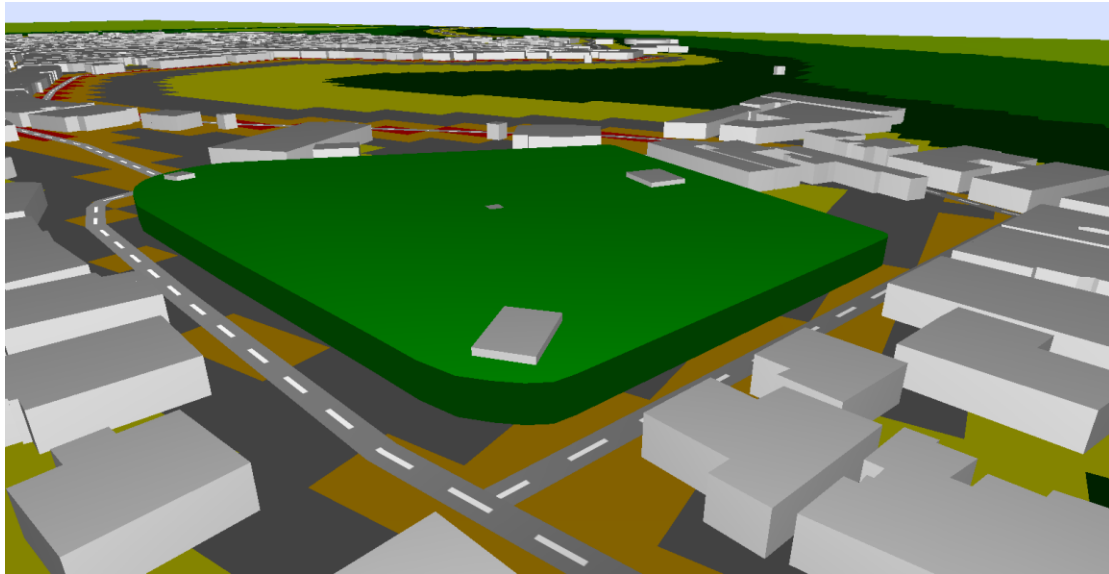
Περιοχή	SPL
Αρχαίο Θέατρο	33,5
Κάστρο	34,8
Φάρος	35,7
Τσαμάκια	39,2
Πάρκο Αγίας Ειρήνης	47
Πάρκο Καραπαναγιώτη	48,8
Αυλή σχολείου	49,3
Άγαλμα	49,3
Εκκλησία	49,8
Αρχαίο Λιμάνι	51,1
Ερμού	51,6
Νοσοκομείο	51,8
Πάρκο Επάνω Σκάλας	52,2
Κήπος	52,9
Πάρκο Αγίου Κωνσταντίνου	54,4
Σαφούς	54,7

**Πίνακας 14.** Τα αποτελέσματα ηχητικής πίεσης SPL στους δέκτες που τοποθετήθηκαν στις περιοχές μελέτης όπως εξάχθηκαν από το CadnaA

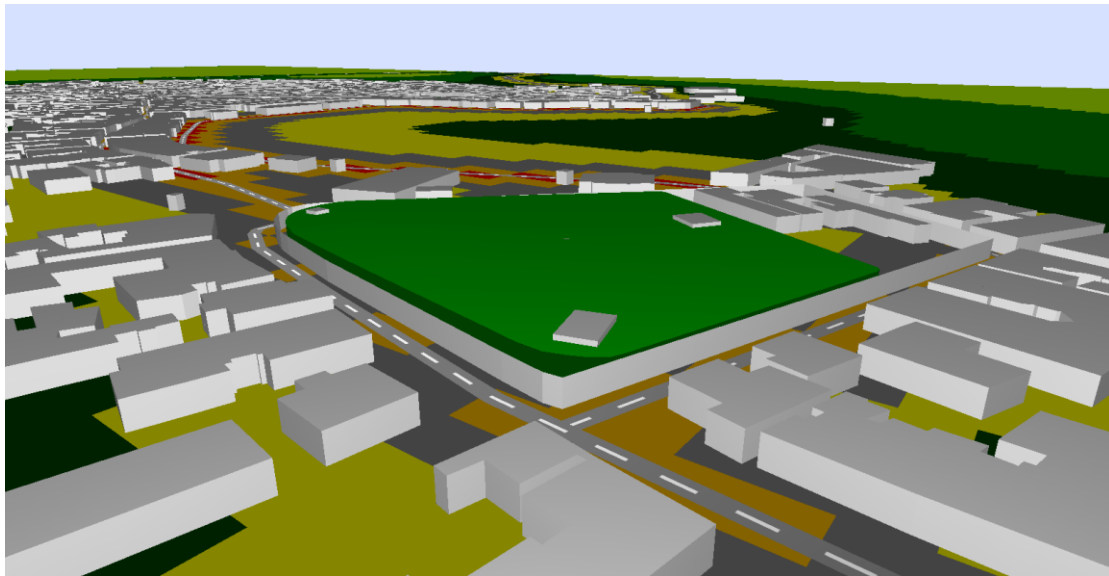
#### 4.2.1 Αποτελέσματα εισαγωγής ηχοπετασμάτων

Τα παραπάνω αποτελέσματα αποτελούν τα επίπεδα ηχητικής πίεσης που προέκυψαν από μια πηγή ήχου το οδικό δίκτυο. Συνεπώς, πραγματοποιήθηκαν στοχευμένες δειγματοληψίες με το ηχόμετρο στραμένο προς την πηγή (απόκριση 0°).

Ένας τρόπος διαχείρισης των επιπτώσεων του θορύβου, σύμφωνα με την Αρχή Διαχείρισης Θορύβου (κεφ. 2.9) είναι η παρέμβαση στο μέσο διάδοσης, μεταξύ της πηγής θορύβου και του δέκτη. Μια τέτοιου τύπου παρέμβαση είναι η εισαγωγή ηχοπετασμάτων που αποτελούν τοίχους ή αλλιώς φυσικά εμπόδια που απωθούν ή απορροφούν τα ανεπιθύμητα ηχητικά κύματα. Στην εικόνα 35 Α, παρουσιάζεται ψηφιοποιημένο στο λογισμικό χαρτογράφησης θορύβου CadnaA το πάρκο Αγίας Ειρήνης που βρίσκεται στο κέντρο της Μυτιλήνης και ταυτόχρονα αποτελεί μια από τις δυο εν δυνάμει ήσυχες περιοχές της πόλης. Παράλληλα, στην εικόνα 35 Β παρουσιάζεται η ίδια περιοχή με την προσθήκη ηχοπετάσματος περιμετρικά του πάρκου.

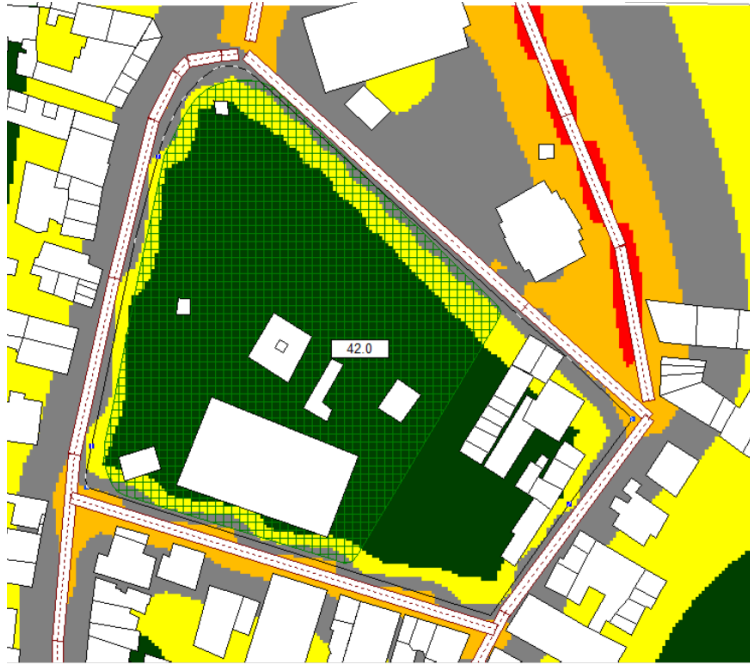


**Εικόνα 35 Α.** Το πάρκο Αγίας Ειρήνης ψηφιοποιημένο στο λογισμικό CadnaA



**Εικόνα 35 Β.** Το πάρκο Αγίας Ειρήνης ψηφιοποιημένο με την εφαρμογή ηχοπετάσματος (5 m)

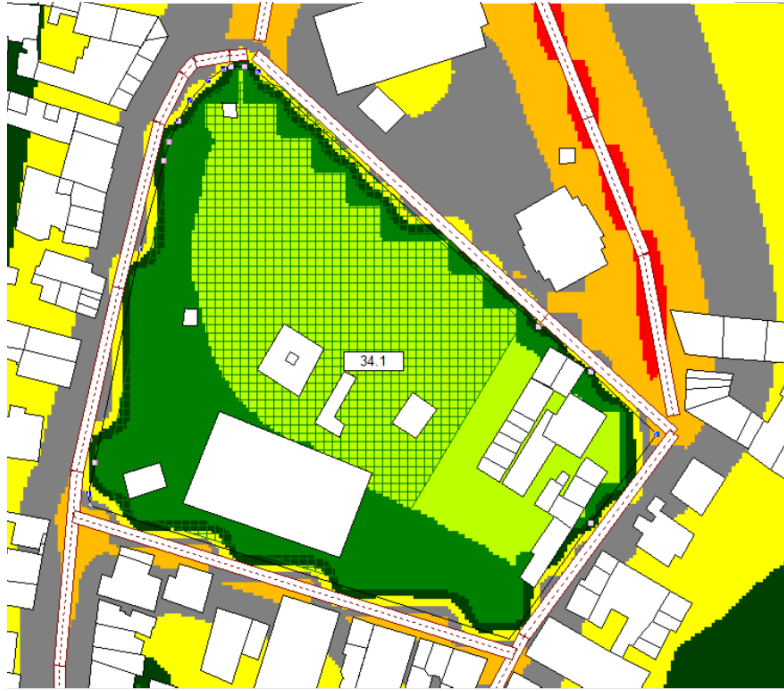
Σύμφωνα με τον πίνακα 14 και την εικόνα 34, τα επίπεδα ηχητικής πίεσης (SPL) στο πάρκο Αγίας Ειρήνης χωρίς την μοντελοποίηση ηχοπετάσματος είναι στα επίπεδα των 47 dB(A). Τοποθετώντας ένα ηχοπέτασμα 3 μέτρων (εικόνα 35C), τα επίπεδα ηχητικής πίεσης πέφτουν στα 42 dB(A). Παράλληλα, με την τοποθέτηση ενός ηχοπετάσματος 5 μέτρων (εικόνα 35 D) υπάρχει μείωση στα 39 dB(A). Τέλος, σύμφωνα με την εικόνα 35 E, βλέπουμε πως με την εισαγωγή ενός ηχοπετάσματος 7 μέτρων μπορεί να επιτευχθεί μείωση ως και 34,1 dB(A).



**Εικόνα 35C.** Επίπεδα ηχητικής πίεσης στα 42 dB(A) με εφαρμογή ηχοπετάσματος 3 μέτρων



**Εικόνα 35 D.** Επίπεδα ηχητικής πίεσης στα 39 dB(A) με εφαρμογή ηχοπετάσματος 5 μέτρων



**Εικόνα 35 Ε.** Επίπεδα ηχητικής πίεσης στα 34,1 dB(A) με εφαρμογή ηχοπετάσματος 7 μέτρων

Σίγουρα λοιπόν, η εισαγωγή ενός ηχοπετάσματος μπορεί να μειώσει τα επίπεδα ηχητικής πίεσης και σύμφωνα με τα σενάρια που δημιουργήθηκαν, όσο ψηλότερο το ηχοπέτασμα τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η πτώση των επιπέδων SPL.

Περικλείοντας μια περιοχή ενδιαφέροντος με ηχοπετάσματα θα επιτευχθεί μια σημαντική μείωση των επιπτώσεων των εξωτερικών θορύβων. Παρόλα αυτά, πολύ σημαντικό ρόλο παίζει το υλικό που είναι φτιαγμένο το ηχοπέτασμα και στα εξωτερικά τοιχώματα, καθώς ανάλογα με το βαθμό ήχο-απορροφητικότητας του θα μειωθούν οι αναμενόμενες επιπτώσεις αντανάκλασης θορύβου που θα χειροτερέψουν την κατάσταση στις γύρω κατοικημένες περιοχές. Το ρίσκο λοιπόν επιβάρυνσης της περιοχής εκτός του πάρκου Αγίας Ειρήνης είναι πολύ σημαντικό. Παράλληλα, η τακτική απομόνωσης μιας περιοχής με σκοπό τη δημιουργία μιας “ήσυχης νήσου”, μπορεί να περιέχει μια σύμπτωση με τον μέχρι τώρα ορισμό των αστικών ήσυχων περιοχών, “περιοχή οριοθετημένη”, αλλά δεν αποτελεί βιώσιμη λύση. Εκτός από τους δρόμους ταχείας κυκλοφορίας, η χρήση ηχοπετασμάτων σε μια κατοικημένη περιοχή, θα πρέπει να είναι ένα ζήτημα αξιολόγησης κόστους και οφέλους. Τα βασικά κριτήρια αφορούν το υλικό κατασκευής όσον αφορά την απορρόφηση του ήχου συνδυαστικά με την ηχομόνωση, το ύψος της κατασκευής, το κόστος της και τις ηχητικές επιπτώσεις στις γύρω κατοικημένες περιοχές σε ευθεία αναλογία με τα οφέλη που ενδεχομένως να προκύψουν.

#### 4.3 Αποτελέσματα οικολογικής σύνδεσης ήσυχων περιοχών

Ο όρος οικολογική συνδεσιμότητα αναφέρεται στον βαθμό που το τοπίο επιτρέπει ή εμποδίζει τη ροή ή την κίνηση των οργανισμών και χωρίζεται στη δομική και λειτουργική συνδεσιμότητα (LaPoint et al., 2015). Οι προσπάθειες για τη δομική συνδεσιμότητα πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία με αρχιτέκτονες και πολεοδόμους της Ελλάδας και του εξωτερικού, ενώ έγινε μια εισαγωγική προσπάθεια ανάδειξης

των δυνατοτήτων της λειτουργικής συνδεσιμότητας. Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου σταδίου της έρευνας δημοσιεύτηκαν το 2019 με το άρθρο “Soundscape Ecological Connectivity Research Supported by a DPSIR Framework: The case of Mytilene’s Quiet Areas” (Tsaligopoulos et al., 2019).

Η εφαρμογή του θεωρητικού μοντέλου DPSIR βοήθησε τη διαδικασία εμφανίζοντας πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις του περιβαλλοντικού θορύβου σε ένα σύστημα οικολογικής συνδεσιμότητας. Τα αποτελέσματα τόσο από τη χαρτογράφηση θορύβου, προερχόμενη από τις μετρήσεις στάθμης θορύβου, όσο και από τη χαρτογράφηση ήχου, προερχόμενη από τις ηχογραφήσεις (ακουστικοί δείκτες), παρουσιάζουν μια υψηλή ακουστική διαφοροποίηση στην περιοχή μεταξύ των δύο ήσυχων περιοχών της Μυτιλήνης. Οι επιπτώσεις του περιβαλλοντικού θορύβου, παρουσιάζονται ως μη δομικοί φραγμοί, που θα μπορούσαν ενδεχομένως να εμποδίσουν τη λειτουργική συνδεσιμότητα μεταξύ των δύο περιοχών μελέτης. Τα αποτελέσματα υπογράμμισαν τις επιπτώσεις του θορύβου στη σταθερότητα των ακουστικών συνθηκών μεταξύ των δύο ήσυχων περιοχών.

#### 4.3.1 Αποτελέσματα δομικής συνδεσιμότητας

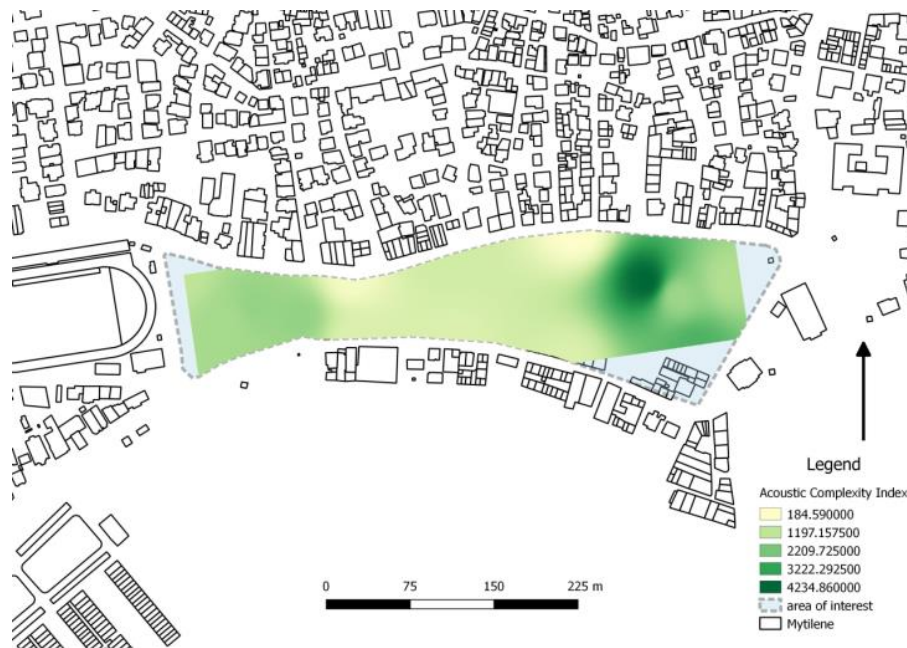
Χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόβλεψης θορύβου CadnaA δημιουργήθηκε ένας χάρτης θορύβου (εικόνα 36). Η επίδραση του θορύβου της οδικής κυκλοφορίας είναι ορατή. Συνεπώς, η ηχητική στάθμη πιο κοντά στην υπό εξέταση πηγή θορύβου που είναι οι δρόμοι, είναι υψηλότερη. Αυτό παρουσιάζεται με μια χρωματική διαφοροποίηση (πράσινο > 35 dB και κόκκινο > 60dB) σύμφωνα με το υπόμνημα (σε dB(A)). Επιπλέον, όλες οι πληροφορίες σχετικά με το ύψος των κτιρίων και τον τύπο του δρόμου εισήχθησαν στο λογισμικό CadnaA για να βοηθήσουν στον υπολογισμό της διάδοσης θορύβου.



**Εικόνα 36.** Χάρτης θορύβου της υπό εξέταση περιοχής, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόβλεψης θορύβου CadnaA

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό QGIS, δημιουργήθηκε ένας θεματικός χάρτης ήχου που παρουσιάζει τη χωρική παραλλαγή του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας

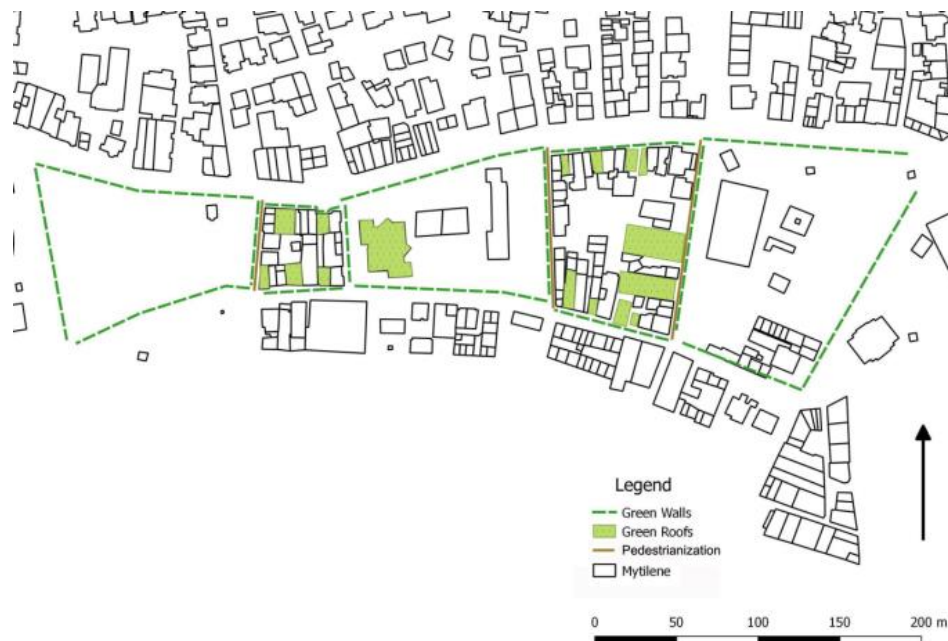
(ACI). Όπως φαίνεται στην εικόνα 37, οι περιοχές χρωματισμένες με ανοιχτό πράσινο αντιπροσωπεύουν χαμηλές τιμές ακουστικής πολυπλοκότητας, ενώ οι πιο σκούρες υψηλές τιμές ακουστικής πολυπλοκότητας. Αυτό συμβαίνει επειδή ο περιβαλλοντικός θόρυβος που αποτελεί ήχο χαμηλών συχνοτήτων υποβαθμίζει σημαντικά την πολυπλοκότητα ενός ακουστικού περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται (masking effect) τα πολύπλοκα συχνά βιολογικής προελεύσεως ηχητικά σήματα και αντικαθίστανται με έναν κοινωνιολογικά αδιάφορο (uneventful) ήχο, δημιουργώντας μια ηχητική ομοιομορφία.



**Εικόνα 37.** Ο χάρτης ακουστικής πολυπλοκότητας με χρήση του λογισμικού QGIS

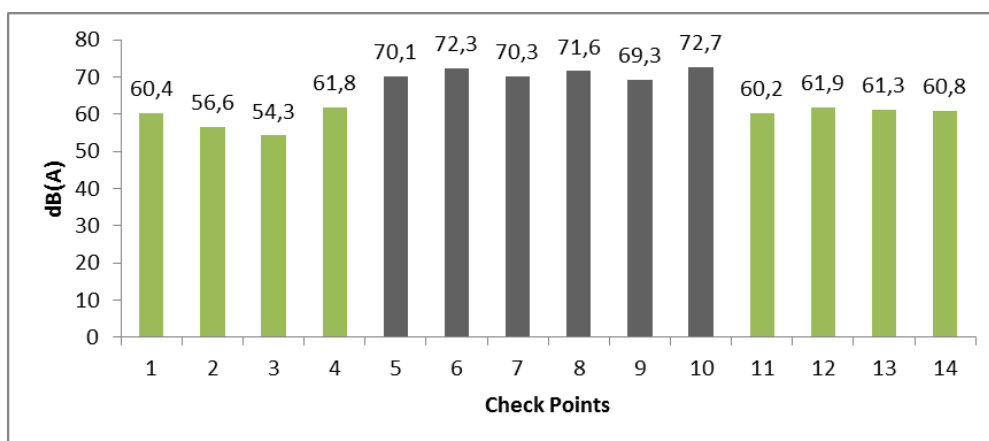
Σχηματίστηκαν προτάσεις όπως η δημιουργία πράσινων στεγών, πράσινων τοίχων και η πεζοδρομοποίηση των μικρών παράδρομων, ώστε να δημιουργηθεί ένα μη διακοπτόμενο από το θόρυβο ηχητικό τοπίο. Όπως φαίνεται στην εικόνα 38, η εφαρμογή των παραπάνω συστάσεων σχεδιάστηκε για να ελαχιστοποιήσει τις επιπτώσεις στα δομικά εμπόδια, όσον αφορά την κίνηση της ορνιθοπανίδας. Οι προτεινόμενοι πράσινοι τοίχοι (κατακόρυφοι κήποι) και οι πράσινες στέγες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως αστικός ενδιάμεσος σταθμοί για την επιτυχημένη μετακίνηση των πτηνών και άλλων ειδών. Επιπλέον, η πεζοδρομοποίηση των μικρότερων δρόμων θα μπορούσε να μετριάσει τις επιπτώσεις του θορύβου οδικής κυκλοφορίας και επομένως να προωθήσει ένα μη διακοπτόμενο και πολύπλοκο ηχητικό τοπίο. Η συγκεκριμένη ακουστική αναβάθμιση θα μπορούσε να βοηθήσει όχι μόνο στην εξισορρόπηση των επιπέδων θορύβου, αλλά και στην προώθηση της ακουστικής πολυπλοκότητας που συσχετίστηκε με τα αυξημένα επίπεδα βιοποικιλότητας.



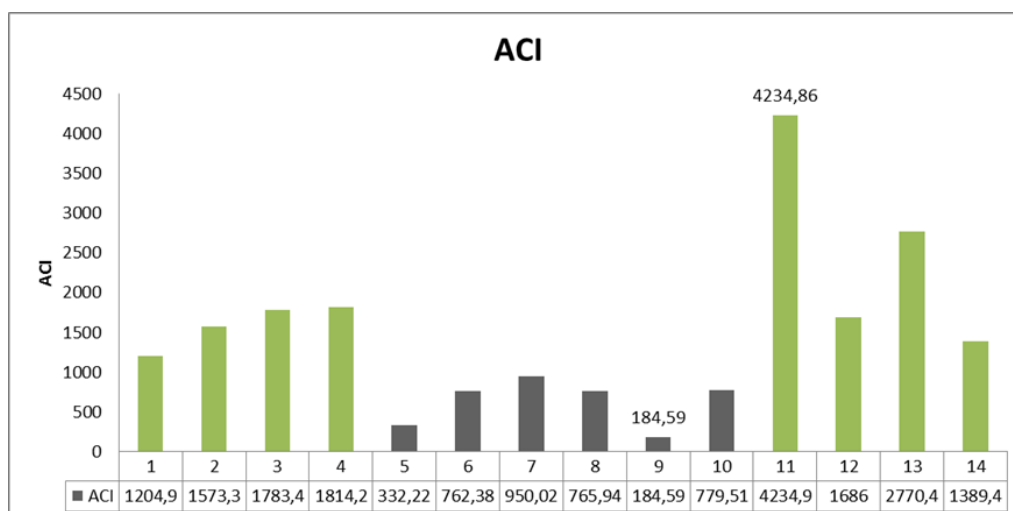


**Εικόνα 38.** Προτάσεις δομικής συνδεσιμότητας που περιλαμβάνουν πράσινες οροφές, πράσινους τοίχους και πεζοδρόμηση των μικρότερων δρόμων

Οι μετρήσεις των επιπέδου θορύβου παρουσιάζονται στην εικόνα 39 και τα αποτελέσματα του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας στην εικόνα 40. Τα επίπεδα θορύβου ( $M=64,54$  dB(A), Std. Deviation= $6,24$ ) και τα αποτελέσματα του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας ( $M=1445.07$ , Std. Deviation= $1051.29$ ) που συλλέχθηκαν, αναλύθηκαν στατιστικά χρησιμοποιώντας το λογισμικό IBM SPSS Statistics v.20. Τα δεδομένα αποκλίνουν σημαντικά από μια κανονική κατανομή (Shapiro-Wilk έλεγχος κανονικότητας sig.  $<.005$ ). Επομένως, πραγματοποιήθηκε ο μη παραμετρικός έλεγχος συσχέτισης Spearman προκειμένου να εκτιμηθεί η σχέση μεταξύ των δύο δεικτών. Τα δεδομένα παρουσιάζουν σημαντική στατιστική συσχέτιση (sig. =  $0,008 <.05$ ) και ισχυρή αρνητική συσχέτιση ( $r = -.679$  significant at the .001 level). Μια τέτοια αρνητική συσχέτιση αναμενόταν λόγω του γεγονότος ότι ο θόρυβος περιβάλλοντος (θόρυβος κυκλοφορίας σε αυτήν την περίπτωση), επιδεινώνει την ακουστική πολυπλοκότητα ενός ηχητικού τοπίου.



**Εικόνα 39.** Τα αποτελέσματα της μέτρησης στάθμης θορύβου. Οι μπάρες με πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύουν σημεία ελέγχου μέσα στις δύο ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης

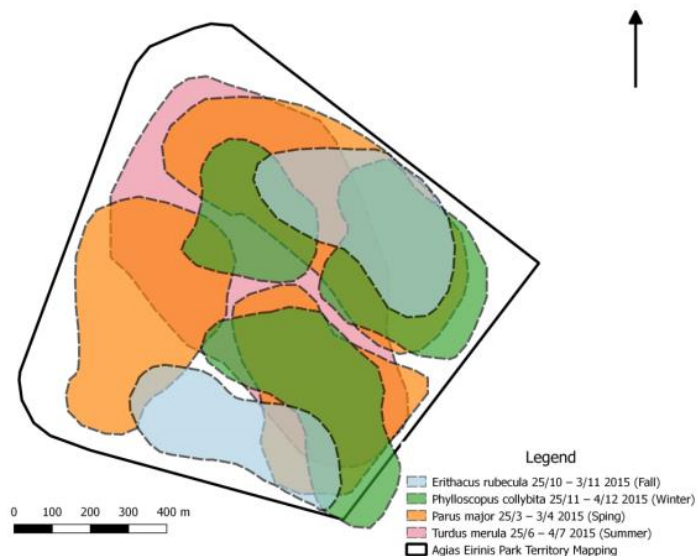


**Εικόνα 40.** Τα αποτελέσματα του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας. Οι μπάρες με πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύουν σημεία ελέγχου μέσα στις δύο ήσυχες περιοχές της Μυτιλήνης

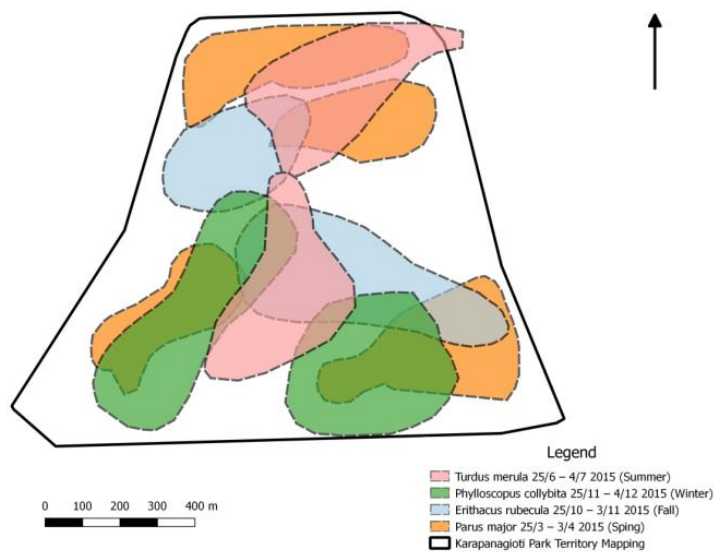
#### 4.3.2 Αποτελέσματα λειτουργικής συνδεσιμότητας

Οι μικρο κινήσεις της ορνιθοπανίδας παρακολούθηθηκαν οπτικά και ηχητικά, για ένα χρόνο. Όπως φαίνεται στην εικόνα 41 και στην εικόνα 42, τα αποτελέσματα δείχνουν παρόμοια ποσότητα επικρατειών και αφθονίας ειδών. Αυτό θα μπορούσε να ερμηνευθεί πως οι δυο περιοχές παρέχουν μια παρόμοια ευκαιρία για φωλεοποίηση, αναπαραγωγή και σίτιση.

Όλα τα στοιχεία που συλλέχθηκαν σχετικά με τη χωρική κατανομή της ορνιθοπανίδας είναι χρήσιμα, αλλά απαιτείται περαιτέρω έρευνα σχετικά με την κίνηση έξω από τις καθορισμένες ήσυχες περιοχές. Παρόλο που αυτές οι πληροφορίες είναι πολύτιμες, δεν είναι ακόμη αποτελεσματικές για την πλήρη αξιολόγηση της συνδεσιμότητας σε λειτουργικό επίπεδο.



**Εικόνα 41.** Οι επικράτειες των *Phylloscopus collybita*, of *Parus major*, *Erithacus rubecula* και *Turdus merula* στο πάρκο Αγίας Ειρήνης



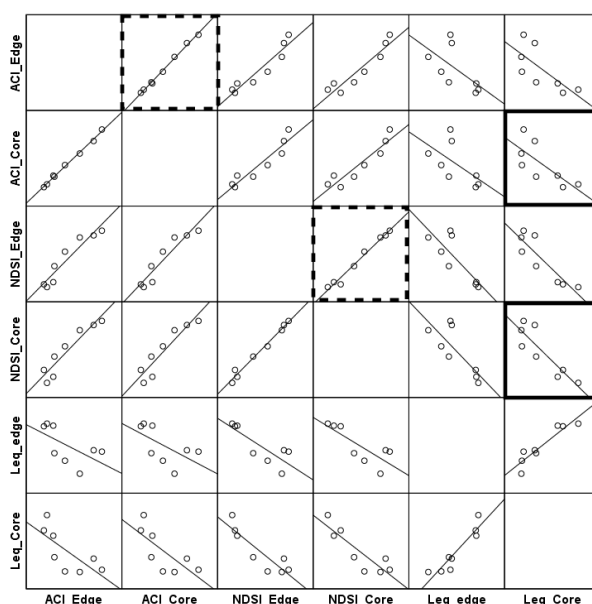
**Εικόνα 42.** Οι επικράτειες των *Phylloscopus collybita*, *Parus major*, *Erithacus rubecula* και *Turdus merula* στο πάρκο Καραπαναγιώτη

#### 4.4 Προσδιορισμός έννοιας αστικής ησυχίας και δημιουργία Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας (CUQI)

Θεωρητικά στοιχεία που εξυπηρετούν το σκοπό του συγκεκριμένου σταδίου της έρευνας δημοσιεύτηκαν το 2016 στο άρθρο με τίτλο “ The interdisciplinary Development of the Term “Soundscape”; Tracing its Ecological Roots” (Matsinos et al., 2016) και το 2020 στο άρθρο με τίτλο “Sound and the healthy city” (Radicchi et al., 2020). Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου σταδίου της έρευνας δημοσιεύτηκαν το και το 2021 στο άρθρο με τίτλο “Revisiting the Concept of Quietness in the Urban Environment—Towards Ecosystems’ Health and Human Well-Being” (Tsaligopoulos

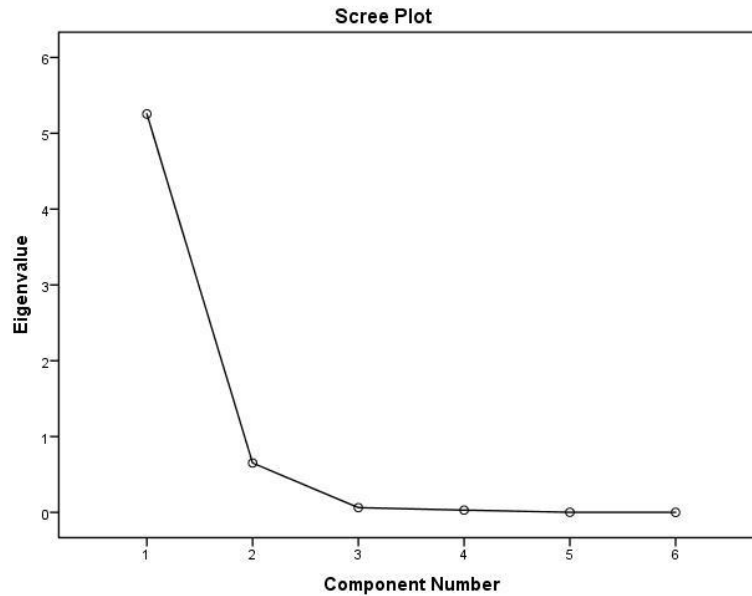
et al., 2021) και στο άρθρο με τίτλο “Exploring the effects of “smart city” in the inner-city fabric of the Mediterranean metropolis: towards a bio-cultural sonic diversity?” (Kyvelou et al., 2021).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα αποτελέσματα, τα επίπεδα χαμηλής έντασης είναι ένας σημαντικός, αλλά ένας ανεπαρκής παράγοντας που χαρακτηρίζει ένα ήσυχο ακουστικό περιβάλλον (Tsaligoroulos et al., 2019). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν και πιο συγκεκριμένα η συσχέτιση Spearman που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των ακουστικών δεικτών ACI, NDSI και του δείκτη θορύβου  $L_{eq}$  και  $L_{den}$ , υπογράμμισε την αρνητική επίδραση του θορύβου στην πολυπλοκότητα. Αρκετοί ισχυροί αρνητικοί συσχετισμοί μεταξύ των δεικτών ACI και  $L_{eq}$  προέκυψαν μέσω της ανάλυσης που υποστηρίζει αυτή την υπόθεση ( $r = -.762$ ,  $p = .028$ ). Ταυτόχρονα, προέκυψαν ισχυρές θετικές συσχετίσεις μεταξύ των επιπέδων του ακουστικού δείκτη στις άκρες και τον πυρήνα της περιοχής ( $r = .976$ ,  $p = .000$ ). Μια πιο λεπτομερής αναπαράσταση των συσχετισμένων και μη συσχετισμένων μεταβλητών που εξάχθηκαν από τις ηχογραφήσεις και τις μετρήσεις στάθμης θορύβου παρουσιάζονται στην εικόνα 43

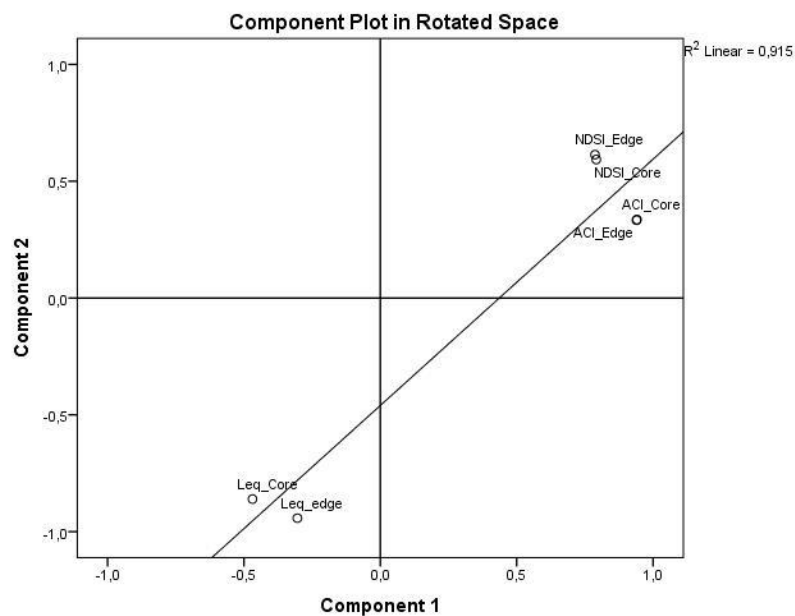


**Εικόνα 43.** Μήτρα συσχετίσεων με ανάδειξη ορισμένων αρνητικών συσχετίσεων και αρκετών θετικών που εκπροσωπούνται με διακεκομμένες γραμμές

Προκειμένου να βρεθούν οι παράγοντες που συμβάλλουν στην κατάσταση ησυχίας διεξήχθη μια Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών ( $KMO = .655$ , Bartlett's Test of sphericity  $p = .000$ ) χρησιμοποιώντας τα επίπεδα ACI, τα επίπεδα NDSI και τα επίπεδα  $L_{eq}$  στις άκρες και το κέντρο κάθε περιοχής. Χρησιμοποιώντας το προκύπτον scree plot (εικόνα 44) δύο βασικές συνιστώσες εξήχθησαν από την PCA. Αυτά τα κύρια συστατικά εξηγούν συνολικά το 98% της διακύμανσης με υψηλά θετικά φορτία. Επιπλέον, οι σημαντικοί παράγοντες σε κάθε συστατικό προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας την ορθογώνια περιστροφή Varimax με κανονικοποίηση Kaiser (εικόνα 45)



**Εικόνα 44.** Scree Plot που δείχνει τον αριθμό των παραγόντων που μπορούν να εξαχθούν

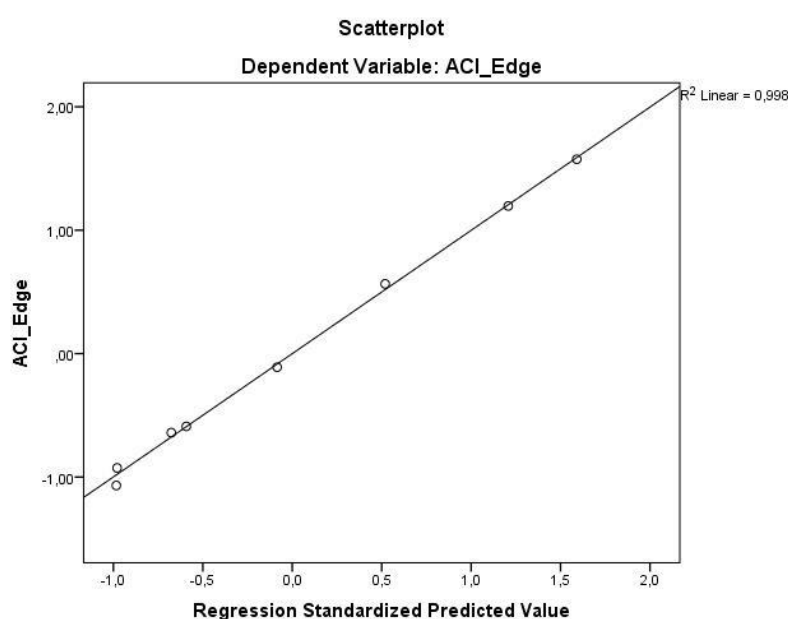


**Εικόνα 45.** Component Plot in Rotated Space

Το στοιχείο (Component) 1 εξηγεί το 87% της διακύμανσης με υψηλό loading (> 0,40) για τα επίπεδα ACI στα άκρα και τον πυρήνα των περιοχών και μπορεί να αντιπροσωπεύσει την πολυπλοκότητα. Το στοιχείο 2 εξηγεί το 10% της διακύμανσης με θετική φόρτιση στα επίπεδα NDSI στις άκρες και τον πυρήνα των περιοχών και μπορεί να αντιπροσωπεύσει την ένταση.

Συνοπτικά, ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας είναι ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει τις κύριες συνιστώσες, ενώ τα επίπεδα  $L_{eq}$  παρουσιάζουν ισχυρές αρνητικές συσχετίσεις. Διεξήχθη απλή γραμμική παλινδρόμηση για τη διερεύνηση

της σχέσης μεταξύ των επιπέδων του Δείκτη Ακουστικής Πολυπλοκότητας στις άκρες της περιοχής με το συστατικό 1 να αντιπροσωπεύεται ως πολυπλοκότητα. Όπως φαίνεται στην εικόνα 46, το διάγραμμα σκέδασης έδειξε ότι υπήρχε μια ισχυρή θετική γραμμική σχέση μεταξύ των δύο, η οποία επιβεβαιώθηκε με συντελεστή συσχέτισης Pearson 0,999. Η απλή γραμμική παλινδρόμηση έδειξε μια σημαντική σχέση μεταξύ του ACI και της νέας μεταβλητής πολυπλοκότητας ( $p < 0,001$ ). Ο συντελεστής κλίσης για την πολυπλοκότητα ήταν 0,941. Η τιμή  $R^2$  ήταν 0,998 οπότε το 99,8% της διακύμανσης στα επίπεδα ACI μπορεί να εξηγηθεί από το μοντέλο που περιέχει μόνο πολυπλοκότητα. Το διάγραμμα διασποράς των τυποποιημένων προβλεπόμενων τιμών έναντι των τυποποιημένων υπολειμμάτων (residuals) έδειξε ότι τα δεδομένα πληρούσαν τις παραδοχές ομοιογένειας διακύμανσης και γραμμικότητας.



**Εικόνα 46.** Παλινδρόμηση της τυποποιημένης προβλεπόμενης τιμής των επιπέδων του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας των άκρων της περιοχής

#### 4.4.1 Λογισμός CUQI και ορισμός αστικής ησυχίας

Είναι αναντίρρητο ότι μεταξύ άλλων οφελών οι πράσινες περιοχές σε ένα αστικό περιβάλλον είναι ευεργετικές για την ψυχική υγεία του ανθρώπου. Παρόλα αυτά η ύπαρξη κυκλοφοριακού θορύβου δεν επιτρέπει την απομάκρυνση του άγχους ακόμη και στις πράσινες περιοχές (Medvedev et al., 2015; Evensen et al., 2016). Αυτή η κατάσταση οδηγεί σε μια εκτίμηση επιπέδων θορύβου χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μετρήσεις παρόμοιες με τους δείκτες θορύβου, με αμφίβολα όμως αποτελέσματα (Kang, 2017). Πρόσφατα ευρήματα δείχνουν ότι η φασματική διάσταση του ήχου είναι ένας πιο αποτελεσματικός τρόπος όσον αφορά την πρόβλεψη των ηχητικών τοπίων (Ma et al., 2021). Η πολυπλοκότητα είναι ένας οικολογικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κατάσταση ενός οικοσυστήματος και συνδέεται με άλλες οικολογικές έννοιες όπως η ανθεκτικότητα, η ακεραιότητα και η ποικιλομορφία (Parratt, 2010). Λόγω της συμβιωτικής σχέσης

των ήσυχων περιοχών και της βιοποικιλότητας, ο ACI έχει επιλεγεί ως η κύρια συνιστώσα μιας ήσυχης περιοχής. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο ACI βασίζεται στην παρατήρηση ότι οι βιοτικοί ήχοι χαρακτηρίζονται από μια μεταβλητότητα εντάσεων σε αντίθεση με τους ανθρωπογενείς ήχους που είναι σταθεροί (Pieretti & Farina, 2013). Συνεπώς, οι υψηλές τιμές ACI υποδεικνύουν υψηλή ποσότητα βιοφωνικών ήχων, επομένως, αυξημένα επίπεδα βιοποικιλότητας. Ωστόσο, η απρόβλεπτη συμπεριφορά των ήχων σε ένα αστικό περιβάλλον, όσον αφορά την παραγωγή και τη διάδοσή τους, θα μπορούσε να οδηγήσει σε πολλές παρερμηνείες της ανθρωποφωνίας και της βιοφωνίας. Ως εκ τούτου, ο ACI θα πρέπει να συνοδεύεται από έναν επιπλέον υπό-δείκτη που θα μπορεί να περιγράψει ποια κατηγορία ήχου (ανθρωποφωνία ή βιοφωνία) υπερισχύει. Ο δείκτης NDSI θα μπορούσε να αναδείξει τον ιδανικό προσανατολισμό ενός ακουστικού περιβάλλοντος, επισημαίνοντας τις συνθήκες που επικρατούν οι ανθρωπογενείς πηγές ήχου, ανεξάρτητα από τις κορυφώσεις έντασης που παρατηρούνται.

Όταν πρόκειται για τη δημιουργία ενός υγιούς αστικού ακουστικού περιβάλλοντος ή μιας ήσυχης περιοχής, πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετοί παραλήπτες, συμπεριλαμβανομένης της ανθρώπινης ευημερίας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας που προωθεί τη συμβιωτική σχέση ήσυχων περιοχών και βιοποικιλότητας. Μια αυστηρά ανθρωποκεντρική προσέγγιση σχεδιασμού απαιτεί μια αντιληπτική αξιολόγηση με πληροφορίες που συλλέγονται από άτομα (Schulte-Fortkamp & Fiebig, 2017), χρησιμοποιώντας ψυχοακουστικούς περιγραφείς παρόμοιους με τη ζωντάνια (vibrancy) (Aletta & Kang, 2015). Επομένως, η χρήση προτιμήσεων για τον σχεδιασμό του ηχοτοπίου (Torresin et al., 2019), μπορεί τελικά να οδηγήσει σε σχεδιασμό ακουστικού περιβάλλοντος που έχει άμεσο αποτέλεσμα στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό ως ηχοτοπίο (Devos et al., 2019). Ο σχεδιασμός ήσυχων και πράσινων περιοχών περιλαμβάνει και άλλες έννοιες παρόμοιες με την οικολογική συνδεσιμότητα. Συνεπώς, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι τα αυξημένα επίπεδα έντασης αποτελούν ένα μη φυσικό φράγμα (Radicchi et al., 2020) που εμποδίζει την οικολογική συνδεσιμότητα.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω πληροφορίες, παρέχεται ένας ορισμός της κατάστασης της αστικής ησυχίας (Tsaligopoulos et al., 2021):

*Η αστική ησυχία αφορά ένα ισορροπημένο δημόσιο ακουστικό περιβάλλον όπου επικρατούν πολύπλοκοι ήχοι ανεξάρτητα από την ένταση και την πηγή, που δημιουργούνται ή διατηρούνται στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και της περιβαλλοντικής ισοδικαιοσύνης.*

*Urban quietness regards a balanced public acoustic environment where complex sounds prevail regardless of intensity and source, created or preserved in the context of environmental sustainability and environmental equity.*

Ισορροπημένο γιατί:

Ο θόρυβος προκαλεί μια ομοιογένεια στα ακουστικά περιβάλλοντα και τα ηχοτοπία καλύπτοντας ουσιαστικά όλους τους πολύπλοκους ήχους. Οι αστικές πράσινες και ήσυχες περιοχές συχνά περιβάλλονται από δρόμους. Οι πηγές αυτές θορύβου καλύπτουν τους πολύπλοκους ήχους και δημιουργούν την προαναφερθείσα ομοιογένεια υποβαθμίζοντας το ακουστικό περιβάλλον και το περιβάλλον γενικότερα. Συνεπώς, δημιουργείται μια ανισορροπία στα επίπεδα της ακουστικής πολυπλοκότητας στα όρια και στο εσωτερικό μιας περιοχής. Ένα στοιχείο που θα μπορούσε να αφορά τις αστικές ήσυχες περιοχές είναι η ύπαρξη ενός ισορροπημένα πολύπλοκου ακουστικού περιβάλλοντος.

Δημόσιο γιατί:

Ο θόρυβος είναι μια πολυδιάστατη έννοια. Μια από αυτές αφορά την περιγραφή του ως υποπροϊόν οικονομικών δραστηριοτήτων και ως αρνητική εξωτερικότητα, όπως άλλωστε συμβαίνει και με πολλούς άλλους ρύπους. Όπως συζητήθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο οι πλουσιότερες γειτονιές τείνουν να είναι πιο πράσινες και έχουν υψηλότερα επίπεδα ποικιλομορφίας. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως “φαινόμενο πολυτέλειας” (Hope et al. 2008; Wu, 2014). Παράλληλα, το εισόδημα φαίνεται να αποτελεί έναν ισχυρό διεργαστή για την έκθεση στο θόρυβο (Verbeek, 2019), συχνά καθιστώντας τις φτωχότερες γειτονιές πιο θορυβώδεις. Συνεπώς ο θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί και ως ταξικό ζήτημα από κοινωνικό-οικονομική άποψη. Είναι αναντίρρητο πως οι δημόσιοι πράσινοι χώροι προωθούν την υγεία με την έννοια της πρόσβασης σε ένα καθαρό, χωρίς ρύπους περιβάλλον (Reyes-Riveros et al., 2021). Η ίση πρόσβαση σε μια δημόσια περιοχή και ειδικά η ίση πρόσβαση στη χρήση των πόρων της, προσφέρει περιβαλλοντική ισοδικαιοσύνη.

Ανεξάρτητα από την ένταση και την πηγή γιατί:

Πολυάριθμες έρευνες αξιολόγησης προτιμήσεων σε ένα ακουστικό περιβάλλον, ανέδειξαν τους βιολογικούς ήχους ως τους περισσότερο επιθυμητούς. Η ξεκάθαρη αυτή σύνδεση των προτιμήσεων των ανθρώπων με τα φυσικά στοιχεία περιέχει μελλοντικά συν-οφέλη αλλά και κινδύνους. Σύμφωνα με τον Randall (1991) οι άμεσοι λόγοι που οι άνθρωποι προστατεύουν το περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα, είναι εργαλειακοί με την έννοια του εργαλειακού ορθολογισμού που αντιμετωπίζει τη φύση από άποψη χρησιμότητας, αλλά και ωφελμιστικοί (Randall, 1991). Αυτές σχέσεις είναι δυναμικές και ο κίνδυνος αλλαγής των προτιμήσεων ενδεχομένως να οδηγήσει σε μια κατάσταση με άλλου τύπου οφέλη λιγότερο ευεργετικά προς το περιβάλλον.

Η ένταση του ήχου καθώς και η υποκειμενική διάσταση της ηχηρότητας είναι ζητήματα που μπορούν να αναδειχθούν χρησιμοποιώντας ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα αντίστοιχα. Όπως έχει συζητηθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο ορισμός των ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος αναφέρει πως ήσυχη είναι μια περιοχή που δεν ξεπερνάει κάποια επίπεδα έντασης ανεξαρτήτου ηχητικής πηγής. Όπως λοιπόν και ο θόρυβος δεν κάνει διακρίσεις σε πηγή και σκοπιμότητα εκπομπής,



έτσι και η ησυχία ως αντίποδας του θορύβου, θα έπρεπε να αντιμετωπιστεί με τον ίδιο τρόπο. Στις μέχρι στιγμής έρευνες ηχοτοπίου, η προτίμηση προς τους βιολογικούς ήχους αφορά μόνο την ηχητική πληροφορία και όχι την ένταση της πληροφορίας.

Ο σχεδιασμός της πλατείας Nauener στο Βερολίνο, ήταν μια προσέγγιση ηχοτοπίου με σκοπό τον αστικό σχεδιασμό και συμπεριλάμβανε την εισαγωγή αστικών επίπλων με ηχεία που εξέπεμπαν βιολογικούς ήχους (κελάιδισμα πουλιών). Η συγκεκριμένη κίνηση βασίστηκε σε μια εισαγωγική κοινωνιολογική έρευνα που ανέδειξε τις προτιμήσεις των κατοίκων της περιοχής.

Η εργαλειακή αυτή σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον και συνεπώς με το ηχοτοπίο, που ο σχηματισμός του βασίζεται στην προτίμηση κάποιων δρώντων, κρύβει τους κινδύνους της μετατόπισης τόσο του ενδιαφέροντος, όσο και της προτίμησης. Συνεπώς, στρέφοντας την προσοχή των υπευθύνων λήψης αποφάσεων σε ζητήματα που αφορούν νέες ανάγκες και νέες προτιμήσεις, υπάρχει ο κίνδυνος απομάκρυνσης των στρατηγικών σχεδίων σχεδιασμού μιας πράσινης περιοχής από τα ζητήματα της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Συνεπώς, εφόσον μια ήσυχη περιοχή θα πρέπει να είναι ισορροπημένη (στο χωρικό της εύρος) πολύπλοκη, άσχετα από την ένταση των ήχων και άσχετα από την προέλευση (βιολογική ή ανθρωπογενής), τότε ο σχεδιασμός της θα είναι πραγματικά βιώσιμος και ανεπηρέαστος από την υποκειμενικότητα της αντίληψης.

#### 4.4.2 Δημιουργία Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας

Η παροχή ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου δειγματοληψίας για το συγκεκριμένο στάδιο της έρευνας είναι ζωτικής σημασίας. Το προτεινόμενο πρωτόκολλο δειγματοληψίας επιχειρεί να επισημάνει τις διακυμάνσεις της ακουστικής πολυπλοκότητας μεταξύ των άκρων μιας περιοχής σε σχέση με τον πυρήνα της χρησιμοποιώντας βραχυπρόθεσμες ηχογραφήσεις. Μέχρι στιγμής, ένας συγκεκριμένος τύπος περιοχής έχει ενσωματωθεί στο πρωτόκολλο δειγματοληψίας. Οι τιμές ακουστικής πολυπλοκότητας σε οκτώ σημεία δειγματοληψίας που βρίσκονται περιμετρικά στις άκρες της περιοχής και η τιμή ενός σημείου που βρίσκεται στον πυρήνα της περιοχής μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας ηχογραφήσεις.

Η ιδέα που υποστηρίζει τον Σύνθετο Δείκτη Αστικής Ησυχίας (Composite Urban Quietness Index - CUQI) περιλαμβάνει το θέμα της ακουστικής ισορροπίας στη χωρική έκταση της πιθανής ήσυχης περιοχής. Η έννοια της ισορροπίας αναφέρεται στην αναλογία μιας μετρικής, η οποία στην περίπτωση αυτή είναι ο δείκτης ACI. Η μέση τιμή των δεδομένων ακουστικής πολυπλοκότητας από τις άκρες της περιοχής και η τιμή που προκύπτει από τον πυρήνα της περιοχής παρέχουν την αναλογία του δείκτη ισορροπίας πολυπλοκότητας (CB).

Ο υπό-δείκτης CB ratio (1) υπολογίζεται ως:

$$CB = \frac{\bar{e}}{c} \quad (1)$$

Όπου:

$\bar{e}$  = τις μέσες τιμές πολυπλοκότητας που λαμβάνονται από τις άκρες της περιοχής

$c$  = η τιμή της πολυπλοκότητας που λαμβάνεται από τον πυρήνα της περιοχής

Ένας λόγος CB κοντά στο 1 δείχνει ένα εξίσου κατανεμημένο και καλά ισορροπημένο ακουστικό περιβάλλον σε σχέση με την ακουστική πολυπλοκότητά του. Εάν ο λόγος CB είναι υψηλότερος από τη μονάδα, τότε ο πυρήνας της περιοχής είναι χαμηλός σε πολυπλοκότητα, γεγονός που υποδηλώνει έλλειψη παραγόντων που αυξάνουν την ακουστική ποικιλία, ή την ύπαρξη κάποιας πηγής θορύβου. Εάν ο λόγος CB είναι μικρότερος από την ενότητα, τότε οι άκρες της περιοχής πιθανώς επηρεάζονται από θόρυβο υποβάθρου. Όπως και με το σηματοθορυβικό λόγο (Signal to Noise Ratio, S/N), ο λόγος CB μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο λήψης αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση του ακουστικού περιβάλλοντος.

Προκειμένου να αναδειχθεί ο βαθμός πολυπλοκότητας, υπολογίζεται το εύρος των τιμών ακουστικής πολυπλοκότητας ( $RG_{ACI}$ ) για όλα τα σημεία δειγματοληψίας. Ο υπό-δείκτης του εύρους ακουστικής πολυπλοκότητας  $RG_{ACI}$  (2) υπολογίζεται ως:

$$RG_{ACI} = ACI_{max} - ACI_{min} \quad (2)$$

Όπου:

$ACI_{max}$  = η μέγιστη τιμή ακουστικής πολυπλοκότητας που προκύπτει και από τα εννέα σημεία δειγματοληψίας, συμπεριλαμβανομένου του πυρήνα

$ACI_{min}$  = η ελάχιστη τιμή ακουστικής πολυπλοκότητας που προέρχεται και από τα εννέα σημεία δειγματοληψίας, συμπεριλαμβανομένου του πυρήνα

Ο προσδιορισμός του εάν επικρατούν ανθρωπογενείς ήχοι στο ακουστικό περιβάλλον προσδιορίζεται μέσω της εξαγωγής και ενσωμάτωσης του δείκτη NDSI. Η εμφάνιση της Ανθρωπογενούς Διαταραχής (Anthropogenic Disturbance - AD) στο ακουστικό περιβάλλον ενσωματώνεται χρησιμοποιώντας ένα κλάσμα που περιέχει τις μέσες τιμές NDSI στην απόλυτη τιμή του ίδιου αποτελέσματος. Ο στόχος της αναλογίας AD είναι να διατηρηθεί το πιθανό αρνητικό πρόσημο του NDSI σε περίπτωση κυριαρχίας ανθρώπινου θορύβου χωρίς να επηρεαστεί το αποτέλεσμα. Ο λόγος AD (3) υπολογίζεται ως:

$$AD = \frac{NDSI}{|NDSI|} \quad (3)$$

Όπου:

NDSI = η μέση τιμή του δείκτη ηχητικής διαφοράς κανονικοποιημένης διαφοράς που προέρχεται και από τα εννέα σημεία δειγματοληψίας συμπεριλαμβανομένου του πυρήνα

$|NDSI|$  = η απόλυτη τιμή του μέσου όρου αποτελέσματος NDSI

Οι παραπάνω εξισώσεις (1, 2 και 3) ενσωματώνονται σε έναν σύνθετο δείκτη που ονομάζεται Composite Urban Quietness Index (4)

$$CUQI = \frac{NDSI}{|NDSI|} \times \left( (ACI_{max} - ACI_{min}) \times \frac{\overline{ACI_{edge}}}{ACI_{core}} \right)$$

Εν συντομία:

$$CUQI = AD \times (RG_{ACI} \times CB) \quad (4)$$

Όπου:

AD = Ανθρωπογενής Διαταραχή

$RG_{ACI}$  εύρος τιμών ακουστικής πολυπλοκότητας

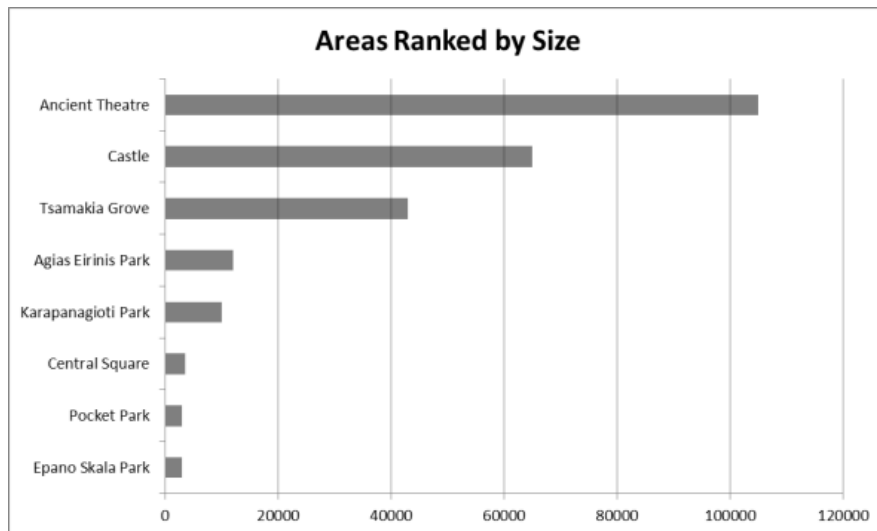
CB = ο λόγος των τιμών ακουστικής πολυπλοκότητας

Η θετική υψηλή βαθμολογία CUQI δείχνει ένα εξίσου ισορροπημένο ακουστικό περιβάλλον υψηλής πολυπλοκότητας. Μια αρνητικού πρόσημου, χαμηλού επιπέδου βαθμολογία υποδηλώνει ένα μη ομοιόμορφο ακουστικό περιβάλλον χαμηλής πολυπλοκότητας όπου επικρατούν ανθρωπογενείς και πιθανώς ήχοι που προκαλούν ηχητική κάλυψη.

#### 4.4.3 Εφαρμογή του Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας στη Μυτιλήνη

Το πρωτόκολλο εύρεσης ήσυχων περιοχών που δημιουργήθηκε είναι αρκετά εύπλαστο και μπορεί να προσαρμοστεί σε κάθε πόλη με μικρές παραλλαγές, αλλά παράλα αυτά είναι χρονοβόρο. Η δημιουργία του Σύνθετου Δείκτη Αστικής Ησυχίας έχει σκοπό την παράκαμψη του πρωτοκόλλου και την εξακρίβωση για το αν μια περιοχή είναι ήσυχη σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα.

Χρησιμοποιώντας την τοπική γνώση μέσα από την δράση της επιστήμης των πολιτών, προέκυψαν 18 περιοχές μελέτης οι οποίες αναλύθηκαν στα προηγούμενα στάδια της έρευνας. Από αυτές οι μόνο 8 μπορούν για την ώρα να μελετηθούν χρησιμοποιώντας τον νέο σύνθετο δείκτη, χάρις στο σχήμα τους. Οι 8 αυτές περιοχές μελέτης παρουσιάζονται παρακάτω και κατατάσσονται κατά μέγεθος στην εικόνα 47.



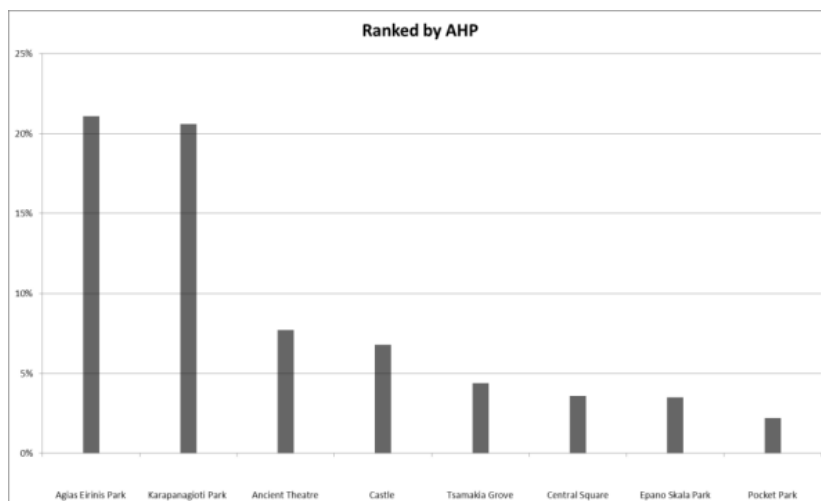
**Εικόνα 47.** Κατάταξη εν δυνάμει ήσυχων περιοχών σύμφωνα με το μέγεθος

Αφαιρώντας τις περιοχές που δεν χρησιμοποιήθηκαν για αυτό το στάδιο της έρευνας παρουσιάζεται η ιεράρχηση τους όσον αφορά την πιθανότητα στο να χαρακτηριστούν ήσυχη περιοχή (εικόνα 48). Το Πάρκο Αγίας Ειρήνης και το Πάρκο Καραπαναγιώτη ήταν οι δύο κορυφαίες επιλογές.

Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών στις άκρες και τον πυρήνα των 8 περιοχών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

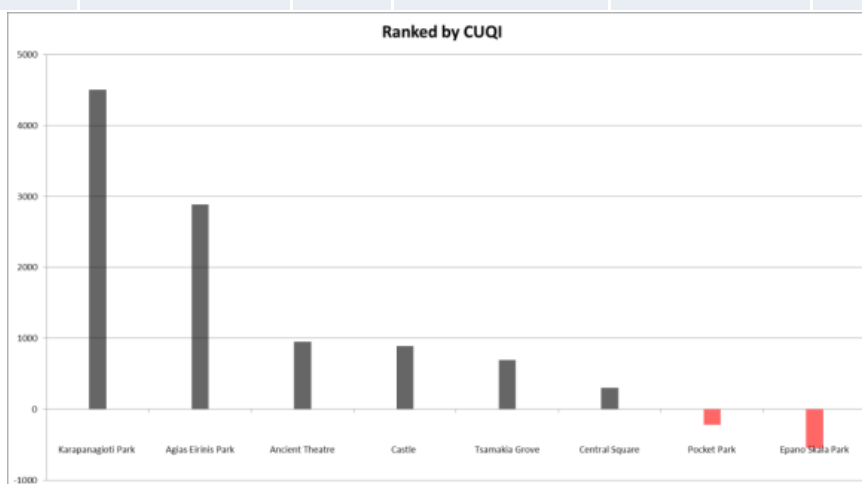
ACI	ACI_Edge_1	ACI_Edge_2	ACI_Edge_3	ACI_Edge_4	ACI_Edge_5	ACI_Edge_6	ACI_Edge_7	ACI_Edge_8	ACI_edge_avg	ACI_Core
Ancient Theatre	2723,95	1956,37	1956,21	2997,21	2598,32	2678,49	2678,98	2745,78	2541,91375	2786,94
Castle	4123,95	3995,64	4458,75	4129,21	3995,97	3769,71	4567,45	3697,95	4092,32875	3995,56
Epano Skala Park	1459,36	1245,63	1144,98	1656,32	1321,36	1547,32	989,98	1234,81	1324,97	1685,99
Tsamakia Grove	1456,89	1654,36	987,95	1469,37	1647,76	1569,32	998,39	1745,98	1441,2525	1573,91
Pocket Park	456,78	359,12	476,31	348,12	189,65	199,32	500,64	213,86	342,975	478,97
Central Square	805,65	456,29	789,32	563,17	459,37	728,79	769,82	780,75	669,145	780,89
Karapanagioti Park	6500,89	7805,69	4559,37	6005,59	5897,45	4555,56	5504	3500,67	5541,1525	5298,95
Agias Eirinis Park	7009,32	4598,1	6489,78	6698,12	5989,37	7523,98	6478,32	6500,32	6410,91375	6504,26
NDSI	NDSI_Edge_1	NDSI_Edge_2	NDSI_Edge_3	NDSI_Edge_4	NDSI_Edge_5	NDSI_Edge_6	NDSI_Edge_7	NDSI_Edge_8	NDSI_avg	NDSI_Core
Ancient Theatre	0,51577115	0,456153	0,554785	0,365783	0,478324	0,546158	0,256951	0,423356	0,440781572	0,369753
Castle	0,80041845	0,729754	0,698756	0,743854	0,623978	0,746239	0,599846	0,609374	0,695324161	0,705698
Epano Skala Park	-0,03302907	-0,023689	-0,178456	0,065198	-0,048987	-0,045781	-0,145789	-0,265489	-0,104943674	-0,268471
Tsamakia Grove	0,2549962	0,203458	0,128785	0,359478	0,045893	0,186478	0,148943	0,154375	0,1819188	0,154863
Pocket Park	-0,13748355	-0,245689	-0,128463	-0,015499	-0,484426	0,012578	-0,019653	-0,154693	-0,144225172	-0,124698
Central Square	-0,3857087	-0,328429	-0,029716	0,178964	-0,298745	0,041489	-0,07567	-0,45985	-0,1947353	-0,394952
Karapanagioti Park	0,6452466	0,754864	0,810742	0,856136	0,865836	0,480037	0,749123	0,612985	0,732080289	0,813753
Agias Eirinis Park	0,76959365	0,865741	0,656785	0,896171	0,745248	0,987126	0,727689	0,801132	0,816571406	0,899657
Leq	Leq_Edge_1	Leq_Edge_2	Leq_Edge_3	Leq_Edge_4	Leq_Edge_5	Leq_Edge_6	Leq_Edge_7	Leq_Edge_8	Leq_edge_avg	Leq_Core
Ancient Theatre	58,5	59,6	61,3	62,1	63,7	58,3	55,1	64,6	60,4	55,1
Castle	50	52,3	54,3	56,9	58,7	57,6	62,3	60,1	56,525	54,9
Epano Skala Park	65,4	70,3	74,9	72,9	71,2	69,4	74,2	68,6	70,8625	67,9
Tsamakia Grove	63,1	66,1	67,8	59,7	58,3	60,7	61,3	64,3	62,6625	60,2
Pocket Park	66,3	75,3	74,2	68,6	71,5	74,9	68,3	66,4	70,6875	69,8
Central Square	68,8	75,6	74,2	68,7	70,2	71,6	72,3	70,4	71,475	75,3
Karapanagioti Park	58,6	60,7	75,6	62,3	66,4	63,7	65,4	55,6	63,5375	59,7
Agias Eirinis Park	61,5	60,8	62,3	61,7	62,9	70,6	64,8	60,4	63,125	55,7

Με την εξαγωγή του CUQI για τις ίδιες περιοχές δόθηκαν παρόμοια αποτελέσματα με μικρές αλλαγές σχετικά με τη σειρά των δύο πρώτων περιοχών και των δύο τελευταίων (εικόνα 49).



**Εικόνα 48.** Κατάταξη των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο εύρεσης (Matsinos et. al, 2017)

Area							
Karapanagioti Park	Agias Eirinis Park	Ancient Theatre	Castle	Tsamakia Grove	Central Square	Pocket Park	Epano Skala Park
CUQI							
4501,792	2883,889	949,475	890,56	694,139	299,366	-222,689	-546,973



**Εικόνα 49.** Κατάταξη των εν δυνάμει ήσυχων περιοχών με χρήση του Composite Urban Quietness Index

Τα αποτελέσματα που παρέχονται από τους υπολογισμούς του CUQI φαίνεται να δίνουν παρόμοια αποτελέσματα με το προηγούμενο πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό αστικών ήσυχων περιοχών. Ο CUQI φαίνεται

να συμμορφώνεται με τις ερευνητικές απαιτήσεις που εξισορροπούν τις πολυπαραγοντικές προοπτικές της περιβαλλοντικής πολυπλοκότητας ως ένα εύκολο στη χρήση εργαλείο λήψης αποφάσεων.

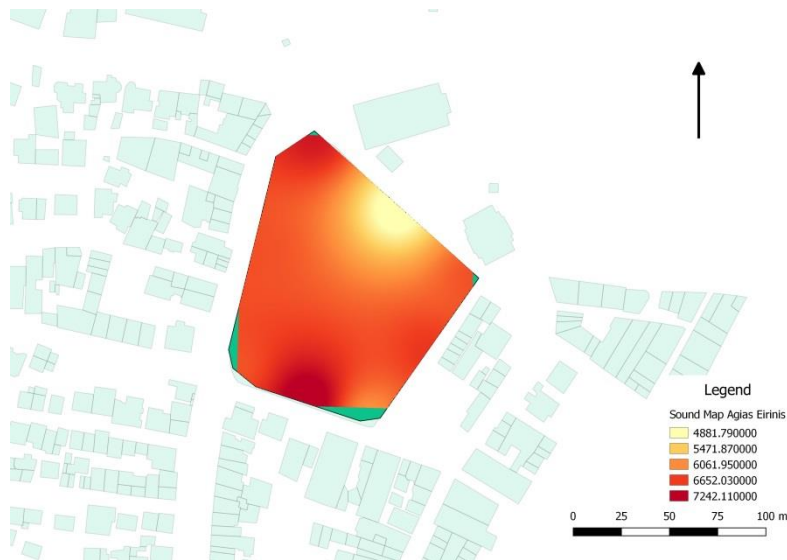
Σύμφωνα με την ανάλυση των κύριων συνιστωσών που πραγματοποιήθηκε, ο δείκτης ACI φαίνεται να είναι μια καλή μετρική για την ησυχία. Ωστόσο, αναμένεται ότι τα ημερήσια μοτίβα που εμφανίζονται σε ένα ακουστικό περιβάλλον ενδεχομένως να αλλάξουν τα αποτελέσματα των υπό-δεικτών και συνεπώς το αποτέλεσμα του δείκτη CUQI. Η μελλοντική εργασία περιλαμβάνει την ανάλυση περιοχών με διαφορετικό σχήμα προκειμένου να επεκταθεί χωρικά ο υπό-δείκτης CB.

Κατόπιν δειγματοληψιών θορύβου και ηχογραφήσεων συγκεντρώθηκαν δεδομένα σχετικά με τα επίπεδα θορύβου στα 8 σημεία περιμετρικά των ήσυχων περιοχών και τα επίπεδα του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας στα ίδια σημεία (πίνακας 15).

	Edge_1	Edge_2	Edge_3	Edge_4	Edge_5	Edge_6	Edge_7	Edge_8	Core
	ACI								
Καραπαναγιώτη	6500,89	7805,69	4559,37	6005,59	5897,45	4555,56	5504	3500,67	5298,95
	Leq								
	58,6	60,7	75,6	62,3	66,4	63,7	65,4	55,6	
	ACI								
Αγίας Ειρήνης	7009,32	4598,1	6489,78	6698,12	5989,37	7523,98	6478,32	6500,32	6504,26
	Leq								
	61,5	60,8	62,3	61,7	62,9	70,6	64,8	60,4	

**Πίνακας 15.** Τα δεδομένα ακουστικής πολυπλοκότητας και επιπέδων θορύβου στις δυο ήσυχες περιοχές

Με τα λογισμικά CadnaA και QGIS δημιουργήθηκαν χάρτες θορύβου και χάρτες ήχου αντίστοιχα. Οι χάρτες θορύβου κατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας τα δεδομένα θορύβου και οι χάρτες ήχου τα αποτελέσματα του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας όπως εξάχθηκαν από τις ηχογραφήσεις. Στην εικόνα 50 παρουσιάζεται ο χάρτης ήχου του πάρκου Αγίας Ειρήνης. Τα φωτεινά σημεία εκπροσωπούν χαμηλά επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας ενώ τα πιο σκούρα αυξημένα. Όπως ήταν αναμενόμενο κάποια σημεία των άκρων που βρίσκονται δίπλα σε πολυάσχολους δρόμους έχουν μικρότερα επίπεδα πολυπλοκότητας εξαιτίας του θορύβου οδικής κυκλοφορίας.



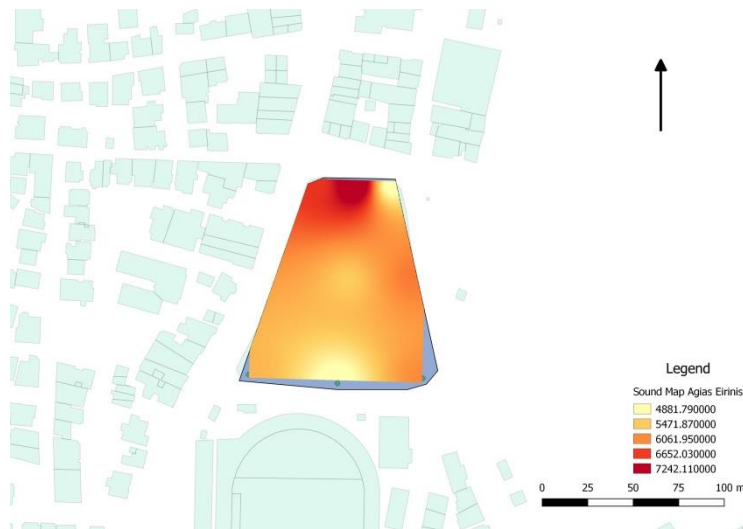
**Εικόνα 50.** Χάρτης ήχου πάρκου Αγίας Ειρήνης

Στην εικόνα 51 παρουσιάζεται ο χάρτης θορύβου του πάρκου Αγίας Ειρήνης και όπως ήταν αναμενόμενο τα επίπεδα έντασης ελαττώνονται με την απομάκρυνση από την πηγή θορύβου που είναι οι γύρω δρόμοι.

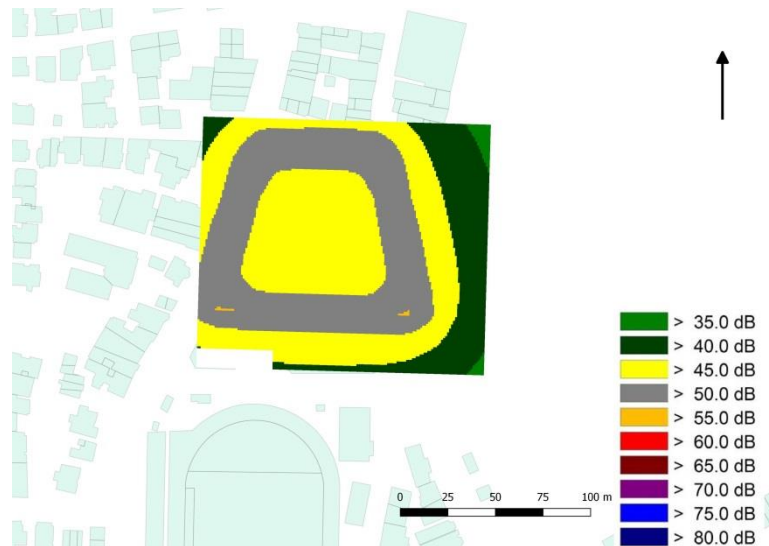


**Εικόνα 51.** Χάρτης θορύβου πάρκου Αγίας Ειρήνης

Στην εικόνα 52 και στην εικόνα 53 παρουσιάζονται ο χάρτης ήχου και χάρτης θορύβου του πάρκου Καραπαναγιώτη αντίστοιχα. Παρόμοια με το πάρκο Αγίας Ειρήνης παρουσιάζονται ανισσόροπα επίπεδα ακουστικής πολυπλοκότητας στις άκρες του πάρκου και παράλληλα, μείωση των επιπέδων θορύβου με την απομάκρυνση από τους δρόμους.



Εικόνα 52. Χάρτης ήχου πάρκου Καραπαναγιώτη



Εικόνα 53. Χάρτης θορύβου πάρκου Καραπαναγιώτη

#### 4.5 Χάρτες ήχου και θορύβου – Τα ηχητικά νυν του αστικού περιβάλλοντος

Ο πανταχού παρόν ήχος είναι ένα δυναμικό χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος και οι πτυχές του συνεχώς μεταβαλλόμενες. Συνεπώς, τα δεδομένα που συνθέτουν τους χάρτες ήχου και θορύβου είναι επίσης δυναμικά. Τα δυναμικά αυτά ηχητικά δεδομένα είναι πληροφορίες που ενημερώνονται περιοδικά. Επομένως τα ηχητικά επίπεδα ενδεχομένως να αλλάζουν ασύγχρονα με την πάροδο του χρόνου καθώς νέες ηχητικές πληροφορίες διαρκώς θα γίνονται διαθέσιμες.

Το ηχοτοπίο και το ηχητικό περιβάλλον είναι δύο διαφορετικές μα συγγενικές έννοιες. Όπως έχει συζητηθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, το ηχητικό περιβάλλον αφορά τα χαρακτηριστικά εκείνα του βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος, τα οποία



είτε αποτελούν πομπούς ήχου, είτε τροποποιούν τον τρόπο που ο ήχος διαδίδεται. Αντίστοιχα το ηχοτοπίο είναι το ηχητικό περιβάλλον με έμφαση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτό και κατανοητό από ένα άτομο μια δεδομένη χρονική στιγμή. Ο απόλυτος παράγοντας που διαφοροποιεί το ακουστικό περιβάλλον αλλά και το ηχοτοπίο για κάθε οργανισμό, είναι ο χρόνος.

Βασικό χαρακτηριστικό του χρόνου είναι η διάρκεια. Ο χρόνος είναι ένα συνεχές μέγεθος το οποίο μπορεί να διαιρεθεί σε μικρότερα μεγέθη. Η τομή που τον διαιρεί σε επιμέρους τμήματα είναι μια στιγμή η οποία δεν έχει χρονική διάρκεια, αυτό που Αριστοτέλης ονομάζει νυν. Τα νυν είναι άπειρα, όπως και οι πιθανές τομές του χρόνου και χωρίζουν το χρόνο σε παρελθόν και μέλλον. Αυτές οι στιγμές όμως δεν είναι μέρος του χρόνου καθώς δεν έχουν διάρκεια και είναι αδιαίρετες. Αυτή λοιπόν είναι μια ιδιαιτερότητα – ανωμαλία της φύσης του χρόνου. Το παρελθόν δεν υπάρχει πια, το μέλλον δεν υπάρχει ακόμη και το μόνο που υπάρχει είναι η στιγμή, η οποία δεν είναι χρόνος γιατί δεν έχει διάρκεια.

Έτσι και το ηχητικό περιβάλλον είναι ένα δυναμικό, αέναο μέγεθος το οποίο μπορεί να διαιρεθεί σε επιμέρους μεγέθη. Αυτά τα μεγέθη είναι οι ηχητικές στιγμές, ή αλλιώς τα ηχητικά νυν τα οποία είναι και αυτά άπειρα και μπορούν να οπτικοποιηθούν με τους χάρτες ήχου και τους χάρτες θορύβου. Το ηχοτοπίο του παρελθόντος δεν υπάρχει πια, ενώ το μελλοντικό ηχοτοπίο δεν έχει συμβεί ακόμη. Το ηχητικό νυν, που είναι ένα σημείο στη διάρκεια του ηχητικού περιβάλλοντος, είναι το ηχοτοπίο το οποίο διαμορφώνεται τόσο από τις συνειδητές όσο και από τις υποσυνείδητες αντιλήψεις του ακροατή. Σε ευθεία αναλογία με τη στιγμή, έτσι και η ηχητική στιγμή, ή αλλιώς το ηχητικό σημείο, δεν έχει διάρκεια και συνεπώς παύει να είναι δυναμικό. Το ηχοτοπίο λοιπόν, ως ηχητική στιγμή, είναι μια αποκλειστικότητα για τον εκάστοτε ακροατή. Το ζήτημα είναι ότι το ηχοτοπίο του καθενός, είναι ένα σημείο, μια μοναδική στιγμή που μπορεί να ερμηνευτεί και ως δισμός, μεταξύ της ησυχίας και του θορύβου.

## 5. Συμπεράσματα

### 5.1 Επισκόπηση διδακτορικής διατριβής

Οι ήσυχες περιοχές πολεοδομικού συγκροτήματος αποτέλεσαν το βασικό αντικείμενο της συγκεκριμένης έρευνας. Οι ήσυχες περιοχές βρέθηκαν με 3 τρόπους. Δημιουργήθηκε ένα πρωτόκολλο εύρεσης ήσυχων περιοχών πολεοδομικού συγκροτήματος αξιοποιώντας ποσοτικά δεδομένα από μετρήσεις και ποιοτικά δεδομένα. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν ηχοπερίπατοι με σκοπό την ανάδειξη του ηχοτοπίου των ήσυχων περιοχών. Έπειτα, με χρήση χάρτη θορύβου αναδείχθηκε μια διαφορετική ξεκάθαρα ποσοτική τακτική στην εύρεση των ήσυχων περιοχών αναδεικνύοντας αυτές που έχουν μικρότερα επίπεδα ηχητικής πίεσης. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ο σύνθετος δείκτης αστικής ησυχίας (CUQI) και ορίστηκε η έννοια της αστικής ησυχίας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από κάθε στόχο της διατριβής.

#### **Σύμφωνα με την προσέγγιση ηχοτοπίου**

- Τα επίπεδα δεικτών θορύβου δεν αρκούν για την ανάδειξη των ήσυχων περιοχών
- Τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για τη διατήρηση και την προστασία των ήσυχων περιοχών αφορούν περισσότερο τις περιοχές έξω από αυτές
- Η ησυχία είναι χαρακτηριστικό που μπορεί να δημιουργηθεί υλοποιώντας τις ανθρώπινες επιθυμίες

#### **Σύμφωνα με την προσέγγιση ακουστικού περιβάλλοντος**

- Οι ήσυχες περιοχές μπορεί να βρεθούν τυχαία
- Η ησυχία είναι χαρακτηριστικό που μπορεί να δημιουργηθεί επεμβαίνοντας στην πηγή και στο μέσο διάδοσης

#### **Σύμφωνα με τον σχεδιασμό ηχητικής οικολογικής συνδεσιμότητας**

- Ο θόρυβος είναι ένα μη φυσικό εμπόδιο που εμποδίζει την συνδεσιμότητα
- Ο θόρυβος διακόπτει την βιο-πολιτιστική πολυπλοκότητα
- Το σημείο διεπιστημονικής σύνδεσης οικολόγων και πολεοδόμων

#### **Σύμφωνα με τη δημιουργία του σύνθετου δείκτη αστικής ησυχίας (Composite Urban Quietness Index – CUQI**

- Η ησυχία είναι ένα μέγεθος που μπορεί να ποσοτικοποιηθεί
- Ο θόρυβος αντιμετωπίζεται ως ηχητικό σήμα μείωσης της πολυπλοκότητας

Ο βασικός λόγος που προτιμήθηκε η χρήση του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας έναντι του δείκτη ακουστικής ποικιλίας είναι στο γεγονός της δυσλειτουργικότητας του δείκτη ακουστικής ποικιλίας στο αστικό περιβάλλον. Πιο αναλυτικά, ο δείκτης ακουστικής ποικιλίας (ADI) μετράει την κατανομή του ποσοστού της ηχητικής πληροφορίας σε κάθε ζώνη/μπάντα συχνότητας. Κάθε μπάντα/εύρος συχνότητας εκπροσωπεί ένα είδος και η πληρότητα της σε ηχητική πληροφορία τον αριθμό τους. Παράλληλα, ο δείκτης ακουστικής πολυπλοκότητας (ACI) αναδεικνύει τη μεταβλητότητα των εντάσεων σε μια ηχογράφιση υπολογίζοντας τη διαφορά δυο γειτονικών τιμών έντασης για κάθε σημείο του φάσματος (frequency bin) (0-1 Hz, 1-2 Hz...) και κάθε χρονικό βήμα (0-1 sec, 1-2 sec). Στη συνέχεια οι διαφορές έντασης για κάθε διάστημα προστίθενται και διαιρούνται με τη συνολική ένταση για ολόκληρη την ηχογράφιση. Και οι δυο δείκτες όπως και αρκετοί άλλοι αντίστοιχοι βασίζονται στην παραδοχή πως οι βιοτικοί ήχοι όπως το τραγούδι των πουλιών, χαρακτηρίζονται από μια μεταβλητότητα εντάσεων και συχνότητων, ενώ οι

ανθρωπογενείς ήχοι (θόρυβος οδικής κυκλοφορίας) παρουσιάζουν υψηλές και σταθερές τιμές έντασης και συχνότητας. Συνεπώς, σε ένα αστικό περιβάλλον είναι αναμενόμενοι ήχοι ανθρωπογενούς προελεύσεως που δεν ακολουθούν τον κανόνα των χαμηλών συχνοτήτων εκπομπής, γεγονός που μπορεί να “παρεξηγηθεί” από τον δείκτη ακουστικής ποικιλίας ως ήχος βιολογικής προελεύσεως. Παράλληλα, η πολυπλοκότητα που καταγράφεται σε έναν τέτοιο ανθρωπογενή ήχο συνεισφέρει στην συνολική προσπάθεια αποτύπωσης των επιπέδων της βίο-πολιτισμικής πολυπλοκότητας. Εν κατακλείδι, οι αδυναμίες του δείκτη ακουστικής ποικιλίας σε ένα αστικό περιβάλλον, αποτελούν προτερήματα του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας.

## 5.2 Αστοχίες

Εξαιτίας της δυναμικότητας του ακουστικού περιβάλλοντος οι χάρτες ήχου και θορύβου που παρουσιάστηκαν, αποτελούν την υφιστάμενη κατάσταση μιας συγκεκριμένης περιόδου. Για μια περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα είναι προτιμότερες οι ταυτόχρονες δειγματοληψίες θορύβου και ηχογραφήσεις σε πολλαπλά σημεία για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια. Επίσης, η ανάδειξη της λειτουργικής συνδεσιμότητας δεν επιτεύχθηκε. Παρόλα αυτά, το παρόν αποτελεί μια εισαγωγική προσπάθεια στην ανάδειξη της.

## 5.3 Μελλοντική έρευνα

Ένας τρόπος πρόληψης κατά των επιπτώσεων του θορύβου είναι η μοντελοποίηση του χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους. Οι βασικές πηγές ήχου που μοντελοποιούνται είναι τα μεταφορικά μέσα όπως τα αυτοκίνητα, τα τραίνα και τα αεροπλάνα. Παράλληλα, το βασικό στοιχείο που χρησιμοποιείται στις μοντελοποιήσεις είναι τα επίπεδα θορύβου μέσω της κλίμακας των decibel. Περιπτώσεις όπως η ένταξη ηλεκτρικών οχημάτων στον αστικό ιστό (Kyvelou et al., 2021) θα τροποποιήσουν το ακουστικό περιβάλλον. Συνεπώς, οι έρευνες που χρησιμοποιούν δεδομένα θορύβου ή στόλου οχημάτων με σκοπό την πρόβλεψη της συμβολής των ηλεκτρικών οχημάτων είναι ήδη σε εξέλιξη. Η μελέτη των επιπτώσεων αυτής της νέας κατάστασης στις ήσυχες περιοχές πολεοδομικού συγκροτήματος είναι ένα επιστημονικό κενό άξιο μελέτης. Παράλληλα, μια νέα προσέγγιση στο ζήτημα της μοντελοποίησης χρησιμοποιώντας δεδομένα φασματικού επιπέδου και όχι τα επίπεδα έντασης θα σχηματιστεί.

Τα σχέδια οικολογικής σύνδεσης σε δομικό και λειτουργικό επίπεδο θα μελετηθούν περαιτέρω. Η συμβολή των πράσινων οροφών και τοίχων στη μείωση των επιπέδων θορύβου θα μοντελοποιηθεί, ενώ θα πραγματοποιηθεί έρευνα για τα είδη βλάστησης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, αναδεικνύοντας συν-οφέλη αστικής βιωσιμότητας. Παράλληλα, οι προσπάθειες ανάδειξης λειτουργικής συνδεσιμότητας θα συνεχιστούν.

Το πρωτόκολλο εύρεσης ήσυχων περιοχών που σχηματίστηκε θα δοκιμαστεί και σε άλλες πόλεις με μικρές παραλλαγές, αξιοποιώντας την τοπική γνώση. Παράλληλα, ο σύνθετος δείκτης αστικής ησυχίας θα εξελιχθεί ενσωματώνοντας περιοχές

διαφορετικού σχήματος και μεγέθους. Παράλληλα, η κατασκευή μιας νέας αυτόματης καταγραφικής μονάδας (Automated Recording Unit) είναι ήδη σε εξέλιξη. Πιο πραγματοποιήθηκε ο συνδυασμός των Raspberry Pi ® Boards, που είναι μικρού μεγέθους ηλεκτρονικοί υπολογιστές μονής πλακέτας (single board computer), με κάρτα ήχου και εξωτερικά μικρόφωνα σε μια διάταξη (εικόνα 54). Είναι δυνατή η χρήση πολλαπλών μικροφώνων μικρού μεγέθους έτσι ώστε να σχεδιαστεί ένα δίκτυο παρακολούθησης μιας ήσυχης περιοχής σε 8 περιμετρικά σημεία και στο κέντρο, καταφέροντας με αυτό τον τρόπο ταυτόχρονες καταγραφές ακουστικού περιβάλλοντος.



**Εικόνα 54.** Η αυτόματη μονάδα καταγραφής – Automated Recording Unit (ARU)

Επιπλέον ζητήματα που αφορούν την ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος θα μελετηθούν. Πιο συγκεκριμένα θα μελετηθεί το ζήτημα της φωτορύπανσης στα αστικά συγκροτήματα μέσω της εισαγωγής των σκοτεινών περιοχών σε ευθεία αναλογία με τις ήσυχες περιοχές. Θα σχεδιαστούν νέες προτάσεις βιώσιμου αστικού σχεδιασμού που θα συνδυάζουν ήχο, φως και οσμή μέσω της συνδυαστικής μελέτης των ηχοτοπίων (soundscapes), των φωτοτοπίων (lightscapes) και των οσμοτοπίων (smellscapes), υπό το πρίσμα της κοινωνικής και περιβαλλοντικής ασφάλειας, λαμβάνοντας υπόψη οικολογικά συν-οφέλη όπως η προώθηση και διαχείριση της βιοποικιλότητας.

Τέλος, ζητήματα που αφορούν την οικολογική ακουστική όπως το φαινόμενο της πρωινής χορωδίας των πουλιών, θα μελετηθούν εκτενέστερα.

#### **5.4 Συμπερασματικά – Το τερπνόν μετά του ωφελίμου**

Η διαθεματική και η διεπιστημονική προσέγγιση της ακουστικής οικολογίας προσφέρει ευκαιρίες αλλά και κινδύνους. Παράλληλα, η διεύρυνση του όρου “ηχοτοπίο” έχει δημιουργήσει ένα νέο κλ άδο έρευνας, την προσέγγιση ηχοτοπίου. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση οι προτιμήσεις των ανθρώπων θα είναι αυτές που θα χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό τόσο του αστικού περιβάλλοντος όσο και του αστικού ακουστικού περιβάλλοντος. Η ενδεχόμενη όμως εργαλειακή σχέση του

ανθρώπου με το περιβάλλον, μπορεί να οδηγήσει σε λανθάνουσες αποφάσεις χωρίς ουσιώδη περιβαλλοντικά οφέλη. Σημαντικοί βραβευμένοι επιστήμονες του ευρύτερου κλάδου (Schulte-Fortkamp, 2017), προωθούν την προσέγγιση ηχοτοπίου τονίζοντας πως η αντίληψη του ανθρώπου θα είναι ο πιο αξιόπιστος οδηγός στον αστικό σχεδιασμό δημιουργώντας παράλληλα, έναν μεθοδολογικό δυισμό για δεδομένα που συλλέγονται είτε από ανθρώπους (measurement by persons), είτε από εργαλεία (measurement by instruments) προσφέροντας μη διαψεύθημα αποτελέσματα. Παράλληλα, το Σουηδικό πρωτόκολλο ποιότητας ηχοτοπίου (The Swedish Soundscape-Quality Protocol) πλέον έχει υιοθετηθεί από την Σουηδία, την Αγγλία, τη Γαλλία, την Ιταλία, την Ισπανία, την Ολλανδία και πρόσφατα και στην Κορέα (Axelsson et al., 2012). Ζητήματα που αφορούν τις υποθέσεις της βιοακουστικής (Lombard effect κτλ) και οι επιπτώσεις του θορύβου στην ορνιθοπανίδα, θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στα σχέδια δράσης. Τα συν-οφέλη ενός βιώσιμου αστικού ακουστικού σχεδιασμού, όπως η αστική οικολογική συνδεσιμότητα, που αφορούν την προετοιμασία κατά των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών, πρέπει να μελετηθούν και να συμπεριληφθούν στα στρατηγικά σχέδια. Συνεπώς, η συνεργασία των πολεοδόμων, των αρχιτεκτόνων και των οικολόγων μεταξύ άλλων κλάδων, θα πρέπει να προωθηθεί. Η δυσλειτουργικότητα των μέχρι τώρα μετρικών αξιολόγησης, που αφορούν αποκλειστικά την ηχηρότητα ή την προτίμηση, είναι φανερή. Συνεπώς, η εισαγωγή επιπλέον πτυχών του ήχου στις αναλύσεις αστικών ακουστικών περιβαλλόντων που αφορούν τη συχνότητα και την ακουστική πολυπλοκότητα είναι αναγκαίες.

Ο θόρυβος αποτελεί ένα μη φυσικό εμπόδιο στην οικολογική συνδεσιμότητα και η χαρτογράφηση ήχου θα μπορούσε να αποδειχτεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο ανάδειξης του ακουστικού περιβάλλοντος. Παράλληλα, οι καινοτόμες μεθοδολογίες ηχοπεριπάτου που παρουσιάστηκαν έχουν πολλαπλά οφέλη στην διαχείριση του θορύβου, στον βιώσιμο σχεδιασμό του ακουστικού περιβάλλοντος, στην έγκαιρη ανάδειξη πιθανών προβλημάτων ακουστικού και όχι μόνο περιβάλλοντος και αποτελούν εκπαιδευτικό εργαλείο που προάγει την ευσυνειδησία. Επίσης, η τοπική γνώση μέσω τεχνικών επιστήμης των πολιτών, μπορεί να ενισχύσει την έρευνα αστικής και ακουστικής οικολογίας.

Οι ήσυχες περιοχές πολεοδομικού συγκροτήματος θα μπορούσαν να αποτελέσουν το σημείο αναφοράς προς ένα βιώσιμο αστικό σχεδιασμό. Η αστική ησυχία δεν είναι μονοδιάστατη με την έννοια της έλλειψης του θορύβου, αλλά πολυπαραγοντικό ζήτημα που αφορά την βιολογική και πολιτισμική πολυπλοκότητα. Ο σύνθετος δείκτης αστικής ησυχίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα οικονομικό, γρήγορο και βιώσιμο εργαλείο εύρεσης ήσυχων περιοχών και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης παρακολούθησης. Είναι γεγονός πως ο θόρυβος ή αλλιώς η ένταση του ήχου, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα τα επίπεδα βιοποικιλότητας. Την υπόθεση αυτή υποστηρίζουν και οι αρνητικές συσχετίσεις που παρουσιάστηκαν μεταξύ του δείκτη θορύβου  $L_{eq}$  και του δείκτη ακουστικής πολυπλοκότητας (ACI).

Ο απώτερος στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι μακροπρόθεσμος και αφορά την αλλαγή της αντίληψης για ζητήματα που αφορούν τον ήχο και την έννοια της ησυχίας. Οι εννοιολογικοί περιορισμοί των όρων “θόρυβος” και “ησυχία” και η ερμηνεία τους ως μια αντίθεση, έχουν δρομολογήσει αναλόγως τις τακτικές σχεδιασμού με μειωμένα οικολογικά συν-οφέλη, προωθώντας τα βραχυπρόθεσμα οφέλη των “ευχάριστων” για τον άνθρωπο ηχοτοπίων. Αλλάζοντας τις παραπάνω έννοιες, ο ήχος και η ησυχία μπορούν να γίνουν το μέσο για έναν πραγματικά βιώσιμο αστικό σχεδιασμό.

## Βιβλιογραφία

Acerbi, A.; Kendal, J.; Tehrani, J.J. Cultural Complexity and Demography: The Case of Folktales. *Evol. Hum. Behav.* 2017, 38, 474–480, doi:10.1016/j.evolhumbehav.2017.03.005.

Aceves-Bueno et al. (2017). The Accuracy of Citizen Science Data: A Quantitative Review. *Bulletin of the Ecological Society of America* 98, 278–290

Adami, C.; Ofria, C.; Collier, T.C. Evolution of Biological Complexity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2000, 97, 4463–4468, doi:10.1073/pnas.97.9.4463.

Adams, M., Bruce, N., Cain, R., Jennings, P., Cusack, P., Hume, K., et al. (2008). Soundwalking as methodology for understanding soundscapes. *Proceedings of the Institute of Acoustics Spring Conference*. Reading.

Afrodite, B., Marianna, K., Miltiadis, L., Stella, M., Ioanna-Anna, P., Eleni, R., & Kimon, P. (2007). Mapping the sonic attributes : an acoustic approach for studying space.

Agabegi, S.S, Stern, P.J.(2008). Bias in research. *Am J Orthop.*, 37(5), pp. 242-248.

Ahern, J. (2013). Urban landscape sustainability and resilience: The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape Ecology*, 28(6), 1203–1212. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9799-z>

Aletta, F., Kang, J., & Axelsson, Ö. (2016). Soundscape descriptors and a conceptual framework for developing predictive soundscape models. *Landscape and Urban Planning*, 149, 65–74.

Aletta, F.; Kang, J. Soundscape Approach Integrating Noise Mapping Techniques: A Case Study in Brighton, UK. *Noise Mapp.* 2015, 2, doi:10.1515/noise-2015-0001.

Aletta, F.; Oberman, T.; Mitchell, A.; Tong, H.; Kang, J. Assessing the Changing Urban Sound Environment during the COVID-19 Lockdown Period Using Short-Term Acoustic Measurements. *Noise Mapp.* 2020, 7, doi:10.1515/noise-2020-0011.

Almo Farina, 2014, *Soundscape Ecology Principles Patterns Methods and Applications*, The effects of noise in vocal animals, Chapter 6.8, Page 149, DOI 10.1007/978-94-007-7374-5

Almo Farina, Maria Ceraulo, Christopher Bobryk, Nadia Pieretti, Enza Quinci & Emanuele Lattanzi (2015) Spatial and temporal variation of bird dawn chorus and successive acoustic morning activity in a Mediterranean landscape, *Bioacoustics*, 24:3, 269-288, DOI: 10.1080/09524622.2015.1070282

Aminuddin, J., Wihantoro, Bilalodin, Sunardi, & Rauf, N. (2020). Designing of muffler part for car exhaust system with low emission and noise using conjugate gradient method. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*, , 1494(1) doi:10.1088/1742-6596/1494/1/012041

Andringa, T. C., & Lanser, J. L. (2013, Απρίλιος). How pleasant sounds promote and annoying sounds impede health: A cognitive approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(4), σσ. 1439-1461. doi:10.3390/ijerph10041439

Antoniadis, C., Vogiatzis, K., & Kopelias, P. (2016). Cost evaluation of noise barriers implementation in the Greek highway network. ICSV 2016 - 23rd International Congress on Sound and Vibration: From Ancient to Modern Acoustics. Scopus.

Appleyard, D., Lintell, M. (1972). The Environmental Quality of City Streets: The Residents' Viewpoint, *Journal of the American Institute of Planners*, 38(2), pp. 84-101, DOI: 10.1080/01944367208977410

Arroyo-Solís, A., Castillo, J.M., Figueroa, E., López-Sánchez, J.L. and Slabbekoorn, H. (2013). Experimental evidence for an impact of anthropogenic noise on dawn chorus timing in urban birds. *Journal of Avian Biology*, 44, pp. 288-296. doi:10.1111/j.1600-048X.2012.05796.x

Aspuru, I., Garcia, I., Bartalucci, C., Borch, F., Carfagni, M., Governi, L., Bellomini, R., Luzzi, S., Wolfert, H., Gaudibert, P. (2016) LIFE+2010 QUADMAP Project: a new methodology to select, analyze and manage Quiet Urban Areas defined by the European Directive 2002/49/EC, *Noise Mapp*, (3):120–129

Attali, J. (1985). *Noise: The Political Economy of Music*, Manchester University Press

Axelsson, Å., Nilsson, M. E., & Berglund, B. (2012). The Swedish soundscape-quality protocol. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), 3476–3476. <https://doi.org/10.1121/1.4709112>

Axelsson, Ö., Nilsson, M. E., & Berglund, B. (2009). A Swedish instrument for measuring soundscape quality. *Proceedings of the Euronoise 2009 Conference*. Edinburgh.

Axelsson, Ö.; Nilsson, M.E.; Berglund, B. A Principal Components Model of Soundscape Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 2010, 128, doi:10.1121/1.3493436.

Azkorra Z., Pérez G., Coma J., Cabeza L.F., Bures S., Álvaro J.E., Erkoreka A., Urrestarazu M., Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings, *Applied Acoustics*, Volume 89, 2015, Pages 46-56

Azkorra, Z.; Pérez, G.; Coma, J.; Cabeza, L.F.; Bures, S.; Álvaro, J.E.; Erkoreka, A.; Urrestarazu, M. Evaluation of Green Walls as a Passive Acoustic Insulation System for Buildings. *Appl. Acoust.* 2015, 89, 46–56, doi:10.1016/j.apacoust.2014.09.010.

Babisch, W., Wolf, K., Petz, M., Heinrich, J., Cyrus, J., Peters, A. (2014). Associations between traffic noise, particulate air pollution, hypertension, and isolated systolic hypertension in adults: the KORA Study. *Environmental Health Perspectives* 122, pp.492–498, <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1306981>

Bailey, G. Time Perspectives, Palimpsests and the Archaeology of Time. *J. Anthropol. Archaeol.* 2007, 26, 198–223, doi:10.1016/j.jaa.2006.08.002.

Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J., Sorenson, K. (2002). *GUIDEBOOK TO DECISION-MAKING METHODS*, NASA

Barlow, F. K. (2019). Nature vs. nurture is nonsense: On the necessity of an integrated genetic, social, developmental, and personality psychology. *Australian Journal of Psychology*, 71(1), 68-79. doi:10.1111/ajpy.12240

Barron, R. (2001). *Industrial Noise Control and Acoustics*. Boca Raton: CRC Press, <https://doi.org/10.1201/9780203910085>

*Beckers G.J., Suthers R.A. and ten Cate C. (2003). Mechanisms of frequency and amplitude modulation in ring dove song. Journal of Experimental Biology 206 (11), 1833–1843. doi:10.1242/jeb.00364*

Bee, M.A. Finding a Mate at a Cocktail Party: Spatial Release from Masking Improves Acoustic Mate Recognition in Grey Treefrogs. *Anim. Behav.* 2008, 75, 1781–1791, doi:10.1016/j.anbehav.2007.10.032.

Bee, M.A., 2008. Finding a mate at a cocktail party: spatial release from masking improves acoustic mate recognition in grey treefrogs. *Animal Behaviour*, 75 (5), 1781–1791.

Bee, M.A., 2008. Finding a mate at a cocktail party: spatial release from masking improves acoustic mate recognition in grey treefrogs. *Animal Behaviour*, 75 (5), 1781–1791.

Belton, V. (1986). A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multi-attribute value function, *Eur. J. Oper. Res.*, 26(1), pp. 7–21



Berglund, B., & Nilsson, M. E. (2006). On a Tool for Measuring Soundscape Quality in Urban Residential Areas. *Acta Acustica United with Acustica*, 92(6), 938–944.

Bespalov, V., & Kotlyarova, E. (2017). Bases of the scientific conception of the "green frame" designing in urban areas for providing ecological safety of the urban environment. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, , 90(1) doi:10.1088/1755-1315/90/1/012072 Retrieved from www.scopus.com

Bibby, C., Burgess, N., Hill, D. and Mustoe, S. (2000). *Bird Census Techniques*, 2nd Edition, pp. 302, Academic Press, London, UK.

*Bies, D., Hansen, C., Howard, C. (2017). Engineering Noise Control, Fifth Edition.*

Birenboim, A. (2018). The influence of urban environments on our subjective momentary experiences. *Environ Plan B: Urban Analytics City Sci* 45(5):915–932

Bolund P., Hunhammar S. (1999), "Ecosystem services in urban areas", *Ecological Economics*, vol. 29, pp. 293–301

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301.

*Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics, 29(2), 293–301.*

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301.

Bolund, P.; Hunhammar, S. Ecosystem Services in Urban Areas. *Ecol. Econ.* 1999, 29, 293–301, doi:10.1016/S0921-8009(99)00013-0.

Bonney, R. (1996). Citizen science: A lab tradition. *Living Bird*, 15(4), pp. 7–15.

Booi, H., & van den Berg, F. (2012). Quiet Areas and the Need for Quietness in Amsterdam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(4), 1030-1050.

Booi, H., & van den Berg, F. (2012). Quiet Areas and the Need for Quietness in Amsterdam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(4), 1030–1050. doi:10.3390/ijerph9041030

Booi, H.; Berg, F. van den Quiet Areas and the Need for Quietness in Amsterdam. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 2012, 9, doi:10.3390/ijerph9041030.

Borja, Á., Galparsoro, I., Solaun, O., Muxika, I., María Tello, E., Uriarte, A. and Valencia, V. (2006). The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status, *Estuarine. Coastal and Shelf Science*. 66(1–2), pp.84-96.

- Bradbury, J.W. and Vehrencamp, S.L., 1998. Principles of animal communication.
- Bradfer-Lawrence, T., Bunnefeld, N., Gardner, N., Willis, S.G., Dent, D.H., (2020). Rapid assessment of avian species richness and abundance using acoustic indices. *Ecological Indicators*, 115(106400), <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106400>.
- Bradfer-Lawrence, T., Gardner, N., Bunnefeld, L., Bunnefeld, N., Willis, S.G., Dent, D.H. (2019). Guidelines for the use of acoustic indices in environmental research. *Methods Ecol Evol.* 10: 1796– 1807. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13254>
- Bradley, P., Yee, S. (2015). Using the DPSIR Framework to Develop a Conceptual Model: Technical Support Document. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-15/154.
- Brans, J.P. Vincke, P., Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method, *Eur. J. Oper. Res.*, 24, pp. 228–238
- Brans, J.P., Vicke, P. (1985). A Preference Ranking Organisation Method, *Manage. Sci.*, 31, pp. 647–657
- Bridgewater, P.; Rotherham, I.D. A Critical Perspective on the Concept of Biocultural Diversity and Its Emerging Role in Nature and Heritage Conservation. *People Nat.* 2019, 1, 291–304, doi: 10.1002/pan3.10040.
- Brink, M., Schäffer, B., Pieren, R., Wunderli, J.M. (2018). Conversion between noise exposure indicators Leq24h, LDay, LEvening, LNight, Ldn and Lden: Principles and practical guidance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(1), pp. 54-63, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.003>.
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2019, November 18). Bell Laboratories. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/Bell-Laboratories>
- Brown, A. L., & Lam, K. C. (1987). Urban noise surveys. *Applied Acoustics*, 20(1), 23–39.
- Brown, C.H., Gomez, R., Waser, P.M.(1995). Old world monkey vocalizations: adaptation to the local habitat?, *Animal Behaviour*, 50(4), pp. 945-961, [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(95\)80096-4](https://doi.org/10.1016/0003-3472(95)80096-4).
- Brown, L. & Lam, K.C. (1987). Urban Noise Surveys. *Applied Acoustics*, 20, 23-39.
- Brueckner, J. K., & Helsley, R. W. (2011). Sprawl and blight. *Journal of Urban Economics*, 69(2), 205–213.
- Brueckner, J.K.; Helsley, R.W. (2011). Sprawl and Blight. *J. Urban Econ.* 69, 205–213, doi:10.1016/j.jue.2010.09.003.
- Brumm H. and Slabbekoorn H. (2005). Acoustic communication in noise. Advances in the Study of Behavior 35, 151–209. doi.org/10.1016/S0065-3454(05)35004-2*

- Brumm H., Slabbekoorn H. (2005), Acoustic Communication in Noise, *Advances in the Study of Behavior*, 35, 151–209
- Brumm, H. (2006), Animal Communication: City Birds Have Changed Their Tune. *Current Biology*, 16 (23), R1003–R1004
- Brumm, H. and Slabbekoorn, H. (2005). Acoustic Communication in Noise. *Advances in the Study of Behavior* 35, pp.151–209.
- Brumm, H. and Slabbekoorn, H., 2005. Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behavior*, 35, 151–209.
- Brumm, H. and Slabbekoorn, H., 2005. Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behavior*, 35, 151–209.
- Brumm, H. and Slabbekoorn, H., 2005. Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behavior*, 35, 151–209.
- Brumm, H. and Zollinger, S.A., 2011. The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research. *Behaviour*, 148 (11-13), 1173–1198.
- Brumm, H. and Zollinger, S.A., 2011. The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research. *Behaviour*, 148 (11-13), 1173–1198.
- Brumm, H. and Zollinger, S.A., 2011. The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research. *Behaviour*, 148 (11-13), 1173–1198
- Brumm, H., 2004. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology*, 73 (3), 434–440.
- Budka, M., Kokociński, P. (2015) The efficiency of territory mapping, point-based censusing, and point-counting methods in censusing and monitoring a bird species with long-range acoustic communication – the Corncrake *Crex crex*, *Bird Study*, 62:2, 153-160, DOI: 10.1080/00063657.2015.1011078
- Burgess D., Finney G., Matthews D. (2012). Landscape Valuation: Choice Experiments or Contingent Valuation? Fourteenth Annual International BIOECON Conference on "Resource Economics, Biodiversity Conservation and Development" Kings College, University of Cambridge.
- Burgess, J., Harrison, C. M., & Limb, M. (1988). People, Parks and the Urban Green: A Study of Popular Meanings and Values for Open Spaces in the City. *Urban Studies*, 25(6), 455–473. <https://doi.org/10.1080/00420988820080631>
- Burns W and Robinson DW. Hearing and noise in industry. London: HMSO, 1970.
- Cabrera-Cruz, S.A., Mabee, T.J. and Villegas-Patracá, R. (2017). Patterns of nocturnal bird migration in southern Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(4), pp.867-879.

Callaghan, C. T., Poore, A. G. B., Mesaglio, T., Moles, A. T., Nakagawa, S., Roberts, C., Rowley, J. J. L., Vergés, A., Wilshire, J. H., & Cornwell, W. K. (2020). Three Frontiers for the Future of Biodiversity Research Using Citizen Science Data. *BioScience*, biaa133. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa131>

Calleri, C., Astolfi, A., Pellegrino, A. Aletta, F. & Shtrepi, L. Bo, E. Stefano, M., Orecchia, P. (2019). The Effect of Soundscapes and Lightscares on the Perception of Safety and Social Presence Analyzed in a Laboratory Experiment. *Sustainability*. 11. pp. 3000. 10.3390/su11113000.

Can, A., Aumond, P., Michel, S., De Coensel, B., Ribeiro, C., Botteldooren, D., Lavandier, C. (2016). Comparison of noise indicators in an urban context. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, InterNoise16, Hamburg GERMANY, pages 1-885, pp. 775-783(9)

Canlon B, Borg E, and Flock A. Protection against noise trauma by pre-exposure to a low level acoustic stimulus. *Hear Res* 34: 197–200, 1988.

Cardoso, G.C. and Atwell, J.W., 2011a. On the relation between loudness and the increased song frequency of urban birds. *Animal Behaviour*, 82 (4), 831–836.

Carlsen, L., Bruggemann, R. (2020). Environmental perception in 33 European countries: an analysis based on partial order. *Environment, Development and Sustainability*, 22, pp. 1873–1896, <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0267-z>

Carr, E., Wingard, P., Yorty, S., Thompson, M., Jensen, N. and Roberson, J. (2007). Applying DPSIR to sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(6), pp.543-555.

Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Houghton Mifflin Harcourt.

Chan, A.A.Y.-H., Giraldo-Perez, P., Smith, S., Blumstein, D.T. (2010). Anthropogenic noise affects risk assessment and attention: the distracted prey hypothesis. *Biology Letters*, 6458–461, <http://doi.org/10.1098/rsbl.2009.1081>

*Chang, Ta-Yuan., Lin, Hsiao-Ching, Yang, Wei-Ting, Bao, Bo-Ying, Chan, Chang-Chuan. (2012). A modified Nordic prediction model of road traffic noise in a Taiwanese city with significant motorcycle traffic. Science of The Total Environment, 432, pp. 375-381*

Chick, G. Cultural Complexity: The Concept and Its Measurement. *Cross-Cult. Res.* 1997, 31, 275–307, doi:10.1177/106939719703100401.

Chiesura A. (2004), “The role of urban parks for the sustainable city”, *Landscape and Urban Planning*, vol. 68, no. 1, pp. 129-138

Chiesura, A. The Role of Urban Parks for the Sustainable City. *Landsc. Urban Plan.* 2004, 68, 129–138, doi:10.1016/j.landurbplan.2003.08.003.

Chiquet, C., Dover, J.W. and Mitchell, P. (2013). Birds and the urban environment: the value of green walls. *Urban Ecosystems*, 16(3), pp.453–462.

Chitra, B., Jain, M., & Chundelli, F. A. (2020). Understanding the soundscape environment of an urban park through landscape elements. *Environmental Technology and Innovation*, 19 doi:10.1016/j.eti.2020.100998

Cohn, J. P. (2008). Citizen Science: Can Volunteers Do Real Research? *BioScience*, 58(3), 192–197.

Colmenares-Roa, T.; Figueroa-Perea, J.G.; Pelcastre-Villafuerte, B.; Cervantes-Molina, L.; Juárez-Ramirez, C.; Guadarrama, J.; Ramirez-Hernández, N.; Pérez Zepeda, M.U.; Peláez-Ballestas, I. Vulnerability as a Palimpsest: Practices and Public Policy in a Mexican Hospital Setting. *Health (N.Y.)* 2021, 1363459320988879, doi:10.1177/1363459320988879.

Committee ISO/TC 043 'Acoustics'. (2016). Retrieved 1 March 2016, from <http://isotc.iso.org/livelink/livelink/open/tc43>

Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1–4), 273–291.

Correa, J. M. G., Sempere, J.-T. B., Juanes, F., Rountree, R., Ruíz, J. F., Ramis, J. (2019). Recreational boat traffic effects on fish assemblages: First evidence of detrimental consequences at regulated mooring zones in sensitive marine areas detected by passive acoustics. *Ocean & Coastal Management*, 168, pp. 22-34, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.10.027>.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, pp. 253–260, <https://doi.org/10.1038/387253a0>

*Coulibaly, M., Becker, S. (2007). Spatial Interpolation of Annual Precipitation in South Africa-Comparison and Evaluation of Methods, Water International, 32(3), 494-502, DOI: 10.1080/02508060708692227*

Da Silva, A., Samplonius, J.M., Schlicht, E., Valcu, M., Kempenaers, B. (2014). Artificial night lighting rather than traffic noise affects the daily timing of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Behavioral Ecology*, 25(5), pp. 1037–1047, <https://doi.org/10.1093/beheco/aru103>

Dale, L.M.; Goudreau, S.; Perron, S.; Ragettli, M.S.; Hatzopoulou, M.; Smargiassi, A. Socioeconomic Status and Environmental Noise Exposure in Montreal, Canada. *BMC Public Health* 2015, 15, 205, doi:10.1186/s12889-015-1571-2.

Daniel E. Holt, Carol E. Johnston, 2014, Evidence of the Lombard effect in fishes, doi: 10.1093/beheco/aru028

*Datakustic.* (2019). Retrieved from <https://www.datakustik.com/>

*DataKustik.* (2018). Retrieved 6 September 2018 2017, from <http://www.datakustik.com/>

De Coensel, B., Botteldooren, D. (2006). The Quiet Rural Soundscape and How to Characterize it. *Acta Acustica united with Acustica*, 92(6), pp. 887-897

De Coensel, B., Boes, M., Oldoni, D. (2013). Characterizing the soundscape of tranquil urban spaces. *Proc. Mtgs. Acoust.* 19, 040052 (2013); <https://doi.org/10.1121/1.4799793>

de Jong, P.(1984). A statistical approach to Saaty's scaling method for priorities, *J. Math. Psychol.*, 28(4), pp. 467–478

de Kluizenaar, Y., Janssen, S. A., Vos, H., Salomons, E. M., Zhou, H., & van den Berg, F. (2013). Road Traffic Noise and Annoyance: A Quantification of the Effect of Quiet Side Exposure at Dwellings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(6), 2258-2270.

Dein, J., Rüdissler, J. (2020). Landscape influence on biophony in an urban environment in the European Alps. *Landscape Ecol*, 35, pp. 1875–1889, <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01049-x>

Depraetere, M., Pavoine, S., Jiguet, F., Gasc, A., Duvail, S., & Sueur, J. (2012). Monitoring animal diversity using acoustic indices: Implementation in a temperate woodland. *Ecological Indicators*, 13(1), 46–54.

Derryberry, E.P.; Phillips, J.N.; Derryberry, G.E.; Blum, M.J.; Luther, D. Singing in a Silent Spring: Birds Respond to a Half-Century Soundscape Reversion during the COVID-19 Shutdown. *Science* 2020, 370, doi:10.1126/SCIENCE.ABD5777.

Devos, P.; Aletta, F.; Thomas, P.; Petrovic, M.; Mynsbrugge, T.V.; Velde, D.V.D.; Vriendt, P.D.; Botteldooren, D. Designing Supportive Soundscapes for Nursing Home Residents with Dementia. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 2019, 16, doi:10.3390/ijerph16244904.

Devos, P.; Aletta, F.; Thomas, P.; Petrovic, M.; Mynsbrugge, T.V.; Velde, D.V.D.; Vriendt, P.D.; Botteldooren, D. Designing Supportive Soundscapes for Nursing Home Residents with Dementia. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 2019, 16, doi:10.3390/ijerph16244904.

Di, G., Zhao, C., Lin, Q., & Fan, M. (2019). Study on Annoyance and Sleep Disturbance Induced by Combined Noises from Road Traffic and Viaduct Rail Transit. *Acoustics Australia*, 47(3), 229–237. <https://doi.org/10.1007/s40857-019-00167-0>

Díaz-Varela, E., Roces-Díaz, J.V. and Álvarez-Álvarez, P. (2016). Detection of landscape heterogeneity at multiple scales: Use of the Quadratic Entropy Index. *Landscape and Urban Planning*, 153, pp.149-159.

Dimakopoulou, K., Koutentakis, K., Papageorgiou, I., Kasdagli, M.I., Haralabidis, A.S., Sourtzi, P., Samoli, E., Houthuijs, D., Swart, W., Hansell, A.L., Katsouyanni, K. (2017), Is aircraft noise exposure associated with cardiovascular disease and hypertension? Results from a cohort study in Athens, Greece, *Occupational & Environmental Medicine*

Directive 2002/49/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002» relating to the assessment and management of environmental noise.

Directive 2002/49/EC relating to the assessment and management of environmental noise. Official journal of the European communities, No. L. 189; 2002

Dolan TR, Ades HW, Bredberg G, and Neff WD. Inner ear damage and hearing loss after exposure to tones of high intensity. *Acta Otolaryngol (Stockolm)* 80: 343–352, 1975.

Dominoni, D.M., Greif, S., Nemeth, E., Brumm, H. (2016). Airport noise predicts song timing of European birds, *Ecology and Evolution*, 6 (17), 6151–6159

Dorado-Correa, A.M., Rodríguez-Rocha, M.I., Brumm, H. (2016). Anthropogenic noise, but not artificial light levels predicts song behaviour in an equatorial bird. *Royal Society Open S Science*, 3(7), 160231, <https://doi.org/10.1098/rsos.160231>

Doser, J.W., Finley, A.O., Kasten, E.P., Gage, S.H. (2020). Assessing soundscape disturbance through hierarchical models and acoustic indices: A case study on a shelterwood logged northern Michigan forest, *Ecological Indicators*, 113(10624), <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106244>.

Douglas, I., Goode, D., Houck, M. C., & Maddox, D. (2010). *Handbook of Urban Ecology*. Routledge.

Dupras, J., Marull, J., Parcerisas, L., Coll, F., Gonzalez, A., Girard, M. and Tello, E. (2016). The impacts of urban sprawl on ecological connectivity in the Montreal Metropolitan Region. *Environmental Science & Policy*, 58, pp.61-73.

Dustin G. Reichard and Joseph F. Welklin, 2015, On the existence and potential functions of low-amplitude vocalizations in North American birds, doi: <http://dx.doi.org/10.1642/AUK-14-151.1>

Dustin G. Reichard, Rindy C. Anderson, Why signal softly? The structure, function and evolutionary significance of low-amplitude signals, *Animal Behaviour*, Volume 105, July 2015, Pages 253-265, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.04.017>.

Dzhambov, A. M., & Dimitrova, D. D. (2018, Σεπτέμβριος 1). Residential road traffic noise as a risk factor for hypertension in adults: Systematic review and meta-analysis of analytic studies published in the period 2011–2017. *Environmental Pollution*, 240, σσ. 306-318. doi:10.1016/j.envpol.2018.04.122

E. Lombard, 1911, Le signe de l'elevation de la voix

EEA Technical Report No 4/2014 Available online: [http://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA\\_TR\\_4\\_2014\\_practice\\_guide\\_quiet\\_areas](http://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA_TR_4_2014_practice_guide_quiet_areas) (accessed on 29 June 2017).

EEA Technical Report No 4/2014 Available online: [http://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA\\_TR\\_4\\_2014\\_practice\\_guide\\_quiet\\_areas](http://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA_TR_4_2014_practice_guide_quiet_areas) (accessed on 29 June 2017).

EEA Technical report No 4/2014. Retrieved 29 June 2017, from [http://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA\\_TR\\_4\\_2014\\_practice\\_guide\\_quiet\\_areas](http://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA_TR_4_2014_practice_guide_quiet_areas)

Egerer, M., & Anderson, E. (2020). Social-Ecological Connectivity to Understand Ecosystem Service Provision across Networks in Urban Landscapes. *Land*, 9(12), 530. <https://doi.org/10.3390/land9120530>

Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-Lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., Kyba, C. C. M., Bowser, A., Cooper, C. B., Sforzi, A., Metcalfe, A. N., Harris, E. S., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F. M., Dörler, D., ... Jiang, Q. (2017). Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.5334/cstp.96>

Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-Lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., Kyba, C., Bowser, A., Cooper, C. B., Sforzi, A., Metcalfe, A. N., Harris, E. S., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F. M., Dörler, D., Heigl, F., Kiessling, T., Davis, B. Y., Jiang, Q. (2017). Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms. - *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1). DOI: <http://doi.org/10.5334/cstp.96>

Elizalde, I.R. Ssssssssssilence. *Perform. Res.* 2019, 24, doi:10.1080/13528165.2019.1717877.

Elizalde, I.R. Ssssssssssilence. *Perform. Res.* 2019, 24, doi:10.1080/13528165.2019.1717877.

Elliot K. Love, Mark A. Bee, An experimental test of noise-dependent voice amplitude regulation in Cope's grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*, *Animal Behaviour*, Volume 80, Issue 3, September 2010, Pages 509-515, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2010.05.031>.



Elliot K. Love, Mark A. Bee, An experimental test of noise-dependent voice amplitude regulation in Cope's grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*, *Animal Behaviour*, Volume 80, Issue 3, September 2010, Pages 509-515, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2010.05.031>.

Elmqvist T., Setälä H., Handel S.N., S. van der Ploeg, Aronson J., Blignaut J.N., Gómez-Baggethun E., Nowak D.J, Kronenberg J., R. de Groot (2015), "Benefits of restoring ecosystem services in urban areas", *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 14, pp. 101-108

Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J., de Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 101–108.

*Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J., de Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. Current Opinion in Environmental Sustainability, 14, 101–108.*

Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J., de Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 101–108.

END. (2002). [Text/html; charset=UNICODE-1-1-UTF-8]. Official Journal L 189 , 18/07/2002 P. 0012 - 0026; OPOCE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32002L0049&from=EN>

Erwin Nemeth, Henrik Brumm, Blackbirds sing higher-pitched songs in cities: adaptation to habitat acoustics or side-effect of urbanization?, *Animal Behaviour*, Volume 78, Issue 3, September 2009, Pages 637-641, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.06.016>.

Evensen, K.H.; Raanaas, R.K.; Fyhri, A. Soundscape and Perceived Suitability for Recreation in an Urban Designated Quiet Zone. *Urban For. Urban Green*. 2016, 20, 243–248, doi:10.1016/j.ufug.2016.09.003.

Evensen, K.H.; Raanaas, R.K.; Fyhri, A. Soundscape and Perceived Suitability for Recreation in an Urban Designated Quiet Zone. *Urban For. Urban Green*. 2016, 20, 243–248, doi:10.1016/j.ufug.2016.09.003.

Everest, F. A., Pohlmann, K.C. (2009). *Master Handbook of Acoustics*. Fifth Edition, The McGraw-Hill Companies

Ey, E., Fischer, J. (2009), The "Acoustic Adaptation Hypothesis" – A Review of the Evidence From Birds, Anurans and Mammals, *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 19(1-2): 21-48

Ey, E., Fischer, J. (2009). The “acoustic adaptation hypothesis”—A review of the evidence from birds, anurans and mammals, *Bioacoustics*, 19:1-2, 21-48, DOI:10.1080/09524622.2009.9753613

Farina A, (2014), *Soundscape Ecology Principles Patterns Methods and Applications*, The effects of noise in vocal animals, Chapter 6.8, Springer

Farina A. (2009) *The Cognitive Landscape*. In: *Ecology, Cognition and Landscape*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3138-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3138-9_8)

Farina, A. (2014), *Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications*, Springer, New York, London.

Farina, A. (2014). *Soundscape Ecology Principles, Patterns, Methods and Applications* (1st ed., Vol. 1). Springer Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7374-5>

Farina, A. and Ceraulo, M. (2017). The Acoustic Chorus and its Ecological Significance. In *Ecoacoustics* (eds A. Farina and S.H. Gage). doi:10.1002/9781119230724.ch5

Farina, A. and Pieretti, N., 2012. The soundscape ecology: A new frontier of landscape research and its application to islands and coastal systems. *Journal of Marine and Island Cultures*, 1 (1), 21–26.

Farina, A. Ceraulo M., Bobryk C., Pieretti N., Quinci E., Lattanzi E.(2015), Spatial and temporal variation of bird dawn chorus and successive acoustic morning activity in a Mediterranean landscape, *Bioacoustics*, 24(3): 269–288.

Farina, A., Reid, V. (2020). The ecological role of sound in terrestrial and aquatic landscape: theories, methods and applications of ecoacoustics, *Biodiversity*, 21:1, 1-3, DOI: 10.1080/14888386.2020.1753575

Farina, A., & Gage, S. H. (Eds.). (2017). *Ecoacoustics: The Ecological Role of Sounds* (1st ed., Vol.1). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Ecoacoustics%3A+The+Ecological+Role+of+Sounds-p-9781119230717>

Farina, A., 2014, *Soundscape ecology: principles, patterns, methods and applications*, Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-7374-5> [Accessed February 10, 2019].

Farina, A., 2014. *Soundscape ecology: principles, patterns, methods and applications*.

Farina, A., Ceraulo, M., Bobryk, C., Pieretti, N., Quinci, E. & Lattanzi, E. (2015). Spatial and temporal variation of bird dawn chorus and successive acoustic morning activity in a

- Farina, A., Lattanzi, E., Malavasi, R., Pieretti, N., and Piccioli, L., 2011. Avian soundscapes and cognitive landscapes: theory, application and ecological perspectives. *Landscape Ecology*, 26 (9), 1257–1267.
- Fastl, H., & Zwicker, E. (2007). *Psychoacoustics - Facts and Models* (3rd ed.). Berlin, Germany: Springer Verlag.
- Feitelson, E.I., Hurd, R.E., Mudge R. (1996). The impact of airport noise on willingness to pay for residences, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1 (1), 1-14
- Ferri, F., Tajadura-Jiménez, A., Väljamäe, A., Vastano, R., and Costantini, M., 2015. Emotion-inducing approaching sounds shape the boundaries of multisensory peripersonal space. *Neuropsychologia*, 70, 468–475
- Fishenden, J. Sounds of Time and Place. *Leonardo* 2017, 50, 12–19, doi:10.1162/LEON\_a\_01362.
- Fisher B., Turner R. K., Morling P. (2009), “Defining and classifying ecosystem services for decision making”, *Ecological Economics*, vol. 68, no 3, pp. 643-653
- Fletcher NH. (2007). *Animal bioacoustics*. Production, 785–802.
- Follett, R. and Strezov, V. (2015). An analysis of citizen science based research: usage and publication patterns. *PloS one*, 10(11): p. e0143687. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143687>
- Forman R.T.T. Godron M. (1986). *Landscape Ecology*. J. Wiley and Sons, New York.
- Forrest, J., Miller-Rushing, A.J. (2010). Toward a Synthetic Understanding of the Role of Phenology in Ecology and Evolution. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 365, 3101–3112, doi:10.1098/rstb.2010.0145.
- Forrest, J.; Miller-Rushing, A.J. Toward a Synthetic Understanding of the Role of Phenology in Ecology and Evolution. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 2010, 365, 3101–3112, doi:10.1098/rstb.2010.0145.
- Fowler, M.D. Soundscape as a Design Strategy for Landscape Architectural Praxis. *Des. Stud.* 2013, 34, 111–128, doi:10.1016/j.destud.2012.06.001.
- Francesca Ferri, Ana Tajadura-Jiménez, Aleksander Väljamäe, Roberta Vastano, Marcello Costantini, Emotion-inducing approaching sounds shape the boundaries of multisensory peripersonal space, *Neuropsychologia*, Volume 70, April 2015, Pages 468-475, ISSN 0028-3932, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.03.001>.

- Franklin, M., & Fruin, S. (2017). The role of traffic noise on the association between air pollution and children's lung function. *Environmental Research*, 157, σσ. 153-159. doi:10.1016/j.envres.2017.05.024
- Fujiwara, D., Lawton, R.N., McKerronc, G. (2017), Experience sampling in and around airports. Momentary subjective wellbeing, airports, and aviation noise in England, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 43-54
- Fuller, R. A. , W. H.Philip, and K. J.Gaston . (2007). “Daytime Noise Predicts Nocturnal Singing in Urban Robins.” *Biology Letters* 3 (4), pp. 368–370. doi:10.1098/rsbl.2007.0134.
- Fuller, R.A.; Gaston, K.J. The Scaling of Green Space Coverage in European Cities. *Biol. Lett.* 2009, 5, 352–355, doi:10.1098/rsbl.2009.0010.
- Fuller, S. et al., 2015, Connecting soundscape to landscape: Which acoustic index best describes landscape configuration? *Ecological Indicators*, 58, pp.207–215.
- Fuller, S. et al., 2015. Connecting soundscape to landscape: Which acoustic index best describes landscape configuration? *Ecological Indicators*, 58, pp.207–215.
- Gabriël J. L. Beckers, Roderick A. Suthers, Carel ten Cate, 2003, Mechanisms of frequency and amplitude modulation in ring dove song, doi:10.1242/jeb.00364
- Gage, S.; Ummadi, P.; Shortridge, A.; Qi, J.; Kumar Jella, P. Using GIS to develop a network of acoustic environmental sensors. In *Proceedings of the ESRI International User Conference, San Diego, CA, USA, 7–13 August*[M1] [A2] 2004; pp. 15–28.
- Gao, F., Yue, P., Zhang, C., Wang, M. (2019). Coupling components and services for integrated environmental modelling, Environmental Modelling & Software, 118, pp. 14-22*
- Garceau, M. E. (2011). ‘I call the people.’ Church bells in fourteenth-century Catalunya. *Journal of Medieval History*,37(2):197–214. <http://doi.org/10.1016/j.jmedhist.2011.02.002>
- Garg, S., Lim, K.M., Heow Pueh Lee, H.P. (2019). An averaging method for accurately calibrating smartphone microphones for environmental noise measurement. *Applied Acoustics*, 143, pp. 222-228, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.08.013>.
- Gass, S.I., Rapcsák, T. (2004). Singular value decomposition in AHP, *Eur. J. Oper. Res.*, 154(3), pp. 573–584
- Gerhard, T. (2008). Bias: considerations for research practice. *Am J Health Syst Pharm.*, 65(22), pp. 2159-2168. doi:10.2146/ajhp070369
- Giabbanelli, P.J.; Gray, S.A.; Aminpour, P. Combining Fuzzy Cognitive Maps with Agent-Based Modeling: Frameworks and Pitfalls of a Powerful Hybrid Modeling

Approach to Understand Human-Environment Interactions. *Environ. Model. Softw.* 2017, 95, doi:10.1016/j.envsoft.2017.06.040.

Gidlöf-Gunnarsson A., Öhrström E. (2007), "Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas", *Landscape and Urban Planning*, vol. 83, no. 2–3, pp. 115-126

Gil, D., Honarmand, M., Pascual, J., Pérez-Mena, E., Macías Garcia, C. (2015). Birds living near airports advance their dawn chorus and reduce overlap with aircraft noise. *Behavioral Ecology*, Volume 26(2), pp. 435–443, <https://doi.org/10.1093/beheco/aru207>

Gilbert-Norton, L. , Wilson, R., Stevens, J. R. and Beard, K.H. (2010). A Meta-Analytic Review of Corridor Effectiveness. *Conservation Biology*, 24, pp.660-668.

Gille, L.A., Marquis-Favre, C., Weber, R. (2017). Aircraft noise annoyance modeling: Consideration of noise sensitivity and of different annoying acoustical characteristics, *Applied Acoustics*, 115, 139-149

Givargis, S. & Mahmoodi, M. (2008). *Converting the UK calculation of road traffic noise (CORTN) to a model capable of calculating LAeq,1h for the Tehran's roads*, *Applied Acoustics*, 69 (11), pp. 1108-1113

Glossary of Environment Statistics, (1997).Glossary of Environment Statistics. Studies in Methods, Series F, No. 67, United Nations, New York, Accessed: 28/08/2020, Available at: [https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF\\_67E.pdf](https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_67E.pdf)

Goddard, M.A., Benton, T.G. and Dougill, A.J.: (2010). Beyond the garden fence: landscape ecology of cities. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(4), pp.202-203.

Goddard, M.A., Dougill, A.J. and Benton, T.G.(2013). Why garden for wildlife? Social and ecological drivers, motivations and barriers for biodiversity management in residential landscapes. *Ecological Economics*, 86, pp.258-273.

Goddard, M.A., Dougill, A.J., Benton, T.G. (2010). Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(2), pp.90-98.

Goddard, M.A.; Dougill, A.J.; Benton, T.G. (2013). Why Garden for Wildlife? Social and Ecological Drivers, Motivations and Barriers for Biodiversity Management in Residential Landscapes. *Ecol. Econ.*, 86, 258–273, doi:10.1016/j.ecolecon.2012.07.016.

Gonçalo C. Cardoso, J., Atwell, W. (2011). On the relation between loudness and the increased song frequency of urban birds, *Animal Behaviour*, Volume 82, Issue 4, October, pp. 831-836, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.07.018>.

Govindarajulu D.(2014),”Urban green space planning for climate adaptation in Indian cities”, Urban Climate, vol. 10, no. 1, pp. 35-41

Govindarajulu, D. Urban Green Space Planning for Climate Adaptation in Indian Cities. Urban Clim. 2014, 10, 35–41, doi:10.1016/j.uclim.2014.09.006.

Grand Canyon National Park. (2021). Soundscape Preservation and Management—Grand Canyon National Park (U.S. National Park Service). <https://www.nps.gov/grca/learn/nature/soundscape-preservation-and-management.htm>

Gray, S. A. (2014). Mental Modeler—Fuzzy Logic Cognitive Mapping. <http://www.mentalmodeler.org/>

Green B.H., Simmons E.A., Woltjer I. (1996). Landscape conservation. Some steps towards developing a new conservation dimension. Commission on Environmental Strategy and Planning of IUCN. Landscape Conservation Working Group.

Green B.H., Simmons E.A., Woltjer I. (1996). Landscape conservation. Some steps towards developing a new conservation dimension. Commission on Environmental Strategy and Planning of IUCN. Landscape Conservation Working Group.

Green, E. (2019). 7-Eleven blasts high-pitched sound to repel homeless. <https://news.streetroots.org/2019/01/30/7-eleven-blasts-high-pitched-sound-repel-homeless>

Grimm, N. B., Grove, J. G., Pickett, S. T. A., & Redman, C. L. (2000). Integrated Approaches to Long-Term Studies of Urban Ecological Systems: Urban ecological systems present multiple challenges to ecologists—pervasive human impact and extreme heterogeneity of cities, and the need to integrate social and ecological approaches, concepts, and theory. *BioScience*, 50(7), 571–584. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0571:IATLTO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0571:IATLTO]2.0.CO;2)

*Gulliver, J., Morley, D., Vienneau, D., Fabbri, F., Bell, M., Goodman, P., Beevers, S., Dajnak, D., Kelly, F.J., Fecht, D. (2015). Development of an open-source road traffic noise model for exposure assessment. Environmental Modelling & Software, 74, pp. 183-193*

Gupta, A. K., & Mandloi, R. (2019). Evaluation of pass by noise performance of passenger car by modified muffler. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(8), 1221-1225.

Guski, R., Schreckenberg, D., Schuemer, R. (2017). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1539, <https://doi.org/10.3390/ijerph14121539>

Hage, S.R., Jürgens, U., and Ehret, G., 2006. Audio-vocal interaction in the pontine brainstem during self-initiated vocalization in the squirrel monkey. *The European Journal of Neuroscience*, 23 (12), 3297–3308.

Hahad, O., Kröller-Schön, S., Daiber, A., & Münzel, T. (2019). The Cardiovascular Effects of Noise. *Deutsches Arzteblatt international*, 116(14), 245–250. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0245>

*Hamilton, S.H., Fu, B., Guillaume, J., H.A., Badham, J., Elsayah, S., Gober, P., Hunt, R. J., Iwanaga, T., Jakeman, A.J., Ames, D.P., A. Curtis, Hill, M.C., Pierce, S.A., Zare, F. (2019). A framework for characterising and evaluating the effectiveness of environmental modelling. Environmental Modelling & Software, 118, pp.83-98*

Han, X., Huang, X., Liang, H., Ma, S. and Gong, J. (2018). Analysis of the relationships between environmental noise and urban morphology. *Environmental Pollution*. 233, pp.755-763.

Han, X.; Huang, X.; Liang, H.; Ma, S.; Gong, J. Analysis of the Relationships between Environmental Noise and Urban Morphology. *Environ. Pollut.* 2018, 233, 755–763, doi:10.1016/j.envpol.2017.10.126.

Hans Slabbekoorn, Margriet Peet, 2003, *Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise*, doi:10.1038/424267a

Hansen, R. & Pauleit, S. *AMBIO* (2014) 43: 516.

Hansen, R.; Pauleit, S. From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas. *AMBIO* 2014, 43, 516–529, doi:10.1007/s13280-014-0510-2.

Hartig, T., & Staats, H. (2003). Guest Editors' introduction: Restorative environments. *Journal of Environmental Psychology*, 23(2), 103-107.

Hartig, T., Evans, G. W., Jammer, L. D., Davis, D. S., & Gärling, T. (2003). Tracking restoration in natural and urban field settings. *Journal of Environmental Psychology*, 23(2), 109-123.

Hartig, T., Mitchell, R., de Vries, S., & Frumkin, H. (2014). Nature and Health. *Annual Review of Public Health*, 35, 207-228.

*Harvey J.M. (2004) Tobler's First Law and Spatial Analysis, Annals of the Association of American Geographers, 94:2, 284-289, DOI: 10.1111/j.1467-8306.2004.09402005.x*

Havelock, D., Kuwano, S., and Vorländer, M., 2008. *Handbook of signal processing in acoustics*. Springer Science & Business Media.

Hays, J. (2017). FEELING THE NOISE: PROPOSED STANDARDS AND ALTERNATIVES TO WIND ENERGY NUISANCE LITIGATION. *Fordham Environmental Law Review*, 28(2), 242-275. Retrieved September 28, 2020, from <https://www.jstor.org/stable/26375804>

He, Q., Wollersheim, C., Locke, M., Waitz, I. (2014) Estimation of the global impacts of aviation-related noise using an income-based approach, *Transport Policy*, 34, 85–101

He, Q., Wollersheim, C., Locke, M., Waitz, I. (2014) Estimation of the global impacts of aviation-related noise using an income-based approach, *Transport Policy*, 34, 85–101

Hellström, B. The Sonic Identity of European Cities: A Presentation of the Work Conducted by the Swiss-French researcher Pascal Amphoux. *Soundsc. Stud. Methods* 2002, 9, 59–82.

Henle, K., Kunin, W., Schweiger, O., Schmeller, D. S., Grobelsnik, V., Matsinos, Y., . . . Settele, J. (2010). Securing the conservation of biodiversity across administrative levels and spatial, temporal, and ecological scales - research needs and approaches of the SCALES project. *GAIA*, 19(3), 187-193. doi:10.14512/gaia.19.3.8

Hennigar, B., Ethier, J.P., Wilson, D.R. (2019). Experimental traffic noise attracts birds during the breeding season. *Behavioral Ecology*, 30(6), pp. 1591–1601, <https://doi.org/10.1093/beheco/arz123>

Henrik Brumm, Hans Slabbekoorn, *Acoustic Communication in Noise*, *Advances in the Study of Behavior*, Academic Press, 2005, Volume 35, Pages 151-209, ISSN 0065-3454, ISBN 9780120045358, [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-3454\(05\)35004-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-3454(05)35004-2).

Henrik Brumm, Marc Naguib, Chapter 1 *Environmental Acoustics and the Evolution of Bird Song*, *Advances in the Study of Behavior*, Academic Press, 2009, Volume 40, Pages 1-33, ISSN 0065-3454, ISBN 9780123744753, [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-3454\(09\)40001-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-3454(09)40001-9).

Henrik Brumm, Peter J.B. Slater, Animals can vary signal amplitude with receiver distance: evidence from zebra finch song, *Animal Behaviour*, Volume 72, Issue 3, September 2006, Pages 699-705, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.01.020>.

Henrik Brumm, Sue Anne Zollinger, 2011, The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research, DOI:10.1163/000579511X605759

Henry, C.S. and Wells, M.M., 2010. Acoustic niche partitioning in two cryptic sibling species of *Chrysoperla* green lacewings that must duet before mating. *Animal Behaviour*, 80 (6), 991–1003.



Henry, C.S.; Wells, M.M. Acoustic Niche Partitioning in Two Cryptic Sibling Species of Chrysoperla Green Lacewings That Must Duet before Mating. *Anim. Behav.* 2010, 80, 991–1003, doi:10.1016/j.anbehav.2010.08.021.

Herva, M., Roca, E. (2013). Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, 25, pp. 77-84, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.005>.

Heymans, A., Breadsell, J., Morrison, G. M., Byrne, J. J., & Eon, C. (2019). Ecological Urban Planning and Design: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 11(13), 3723. <https://doi.org/10.3390/su11133723>

Hilborn, R. Living with Uncertainty in Resource Management. *North Am. J. Fish. Manag.* 1987, 7, doi:10.1577/1548-8659(1987)7<1:lwuirm>2.0.co;2.

Holmes, N., Browne, A., Montague, C. (2014). Acoustic properties of concrete panels with crumb rubber as a fine aggregate replacement. *Construction and Building Materials*, 73, pp. 195-204, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.09.107>.

Hong, J. Y., Lam, B., Ong, Z. -, Ooi, K., Gan, W. -, Kang, J., Tan, S. -. (2020). Effects of contexts in urban residential areas on the pleasantness and appropriateness of natural sounds. *Sustainable Cities and Society*, 63 doi:10.1016/j.scs.2020.102475

Hong, X.; Wang, G.; Liu, J.; Lan, S. Cognitive Persistence of Soundscape in Urban Parks. *Sustain. Cities Soc.* 2019, 51, doi:10.1016/j.scs.2019.101706.

Hope, D., Gries, C., Zhu, W., Fagan, W. F., Redman, C. L., Grimm, N. B., Nelson, A. L., Martin, C., & Kinzig, A. (2008). Socioeconomics Drive Urban Plant Diversity. In J. M. Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon, & C. ZumBrunnen (Eds.), *Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature* (pp. 339–347). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5\\_21](https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_21)

Howard, D. M., Angus, J.S. (2009). *Acoustics and Psychoacoustics* (Fourth Edition), Focal Press, Oxford.

Hughes RW, Jones DM. Indispensable benefits and unavoidable costs of unattended sound for cognitive functioning. *Noise Health.* 2003;6:63–76.

Hui-Fen Li, J.-J.W. (2007). An Improved Ranking Method for ELECTRE III, in 2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile computing, 2007, pp. 6659 – 6662

Huntzinger, D.N.; Michalak, A.M.; Schwalm, C.; Ciais, P.; King, A.W.; Fang, Y.; Schaefer, K.; Wei, Y.; Cook, R.B.; Fisher, J.B.; et al. Uncertainty in the Response of Terrestrial Carbon Sink to Environmental Drivers Undermines Carbon-Climate Feedback Predictions. *Sci. Rep.* 2017, 7, 4765, doi:10.1038/s41598-017-03818-2.

Iglesias-Merchan, C., Diaz-Balteiro, L., Soliño, M. (2015). Transportation planning and quiet natural areas preservation: Aircraft overflights noise assessment in a National Park, *Transportation Research Part D*, 41, 1–12

International Organization for Standardization. (2014). ISO 12913-1:2014 Acoustics — Soundscape — Part 1: Definition and conceptual framework. Geneva: ISO.

*Inverse Distance Weighting (IDW) Interpolation - GIS Geography. (2019). Retrieved from <https://gisgeography.com/inverse-distance-weighting-idw-interpolation/>*

Ismail M. R. (2014), “Sound preferences of the dense urban environment: Soundscape of Cairo”, *Frontiers of Architectural Research*, vol. 3, no. 1, pp. 55-68

Ismail Mostafa Refat, Quiet environment: Acoustics of vertical green wall systems of the Islamic urban form, *Frontiers of Architectural Research*, Volume 2, Issue 2, 2013, Pages 162-177

Ismail, M.R. Sound Preferences of the Dense Urban Environment: Soundscape of Cairo. *Front. Archit. Res.* 2014, 3, 55–68, doi:10.1016/j.foar.2013.10.002.

Jago-on, K.A.B., Kaneko, S., Fujikura, R., Fujiwara, A., Imai, T., Matsumoto, T., Zhang, J., Tanikawa, H., Tanaka, K., Lee, B. and Taniguchi, M. (2009). Urbanization and subsurface environmental issues: An attempt at DPSIR model application in Asian cities. *Science of The Total Environment*. 407(9), pp.3089-3104.

*Jancjur, R., Walerian, E., Czechowicz, M. (2006). Influence of vehicle noise emission directivity on sound level distribution in a canyon street. Part 1 simulation program test. Applied Acoustics, 67(7), Elsevier, pp. 659-679, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2005.12.003>*

Janeczko, E., Bielinis, E., Wójcik, R., Woźnicka, M., Kedziora, W., Lukowski, A., Janeczko, K. (2020). When urban environment is restorative: The effect of walking in suburbs and forests on psychological and physiological relaxation of young polish adults. *Forests*, 11(5) doi:10.3390/F11050591

Jansson, M., Fors, H., Lindgren, T., Wiström, B. (2013). Perceived personal safety in relation to urban woodland vegetation – A review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(2), pp. 127-133, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.01.005>.

Jean-Francois, D., Benoit, C., Éric, C.C., Abbas, S., Christian, D. (2013). Using a Smart Phone as a Standalone Platform for Detection and Monitoring of Pathological Tremors. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, pp. 357, DOI=10.3389/fnhum.2012.00357

Jeffrey Cynx, Rebekah Lewis, Benjamin Tavel, Hanson Tse, 1998, Amplitude regulation of vocalizations in noise by a songbird, *Taeniopygia guttata*, animal behavior

Jennings, P., Cain, R. (2013). A framework for improving urban soundscapes. *Applied Acoustics*, 74(2), pp. 293-299, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.12.003>.

Jennings, P., Cain, R.(2013). A framework for improving urban soundscapes. *Applied Acoustics*, 74(2), pp. 293-299, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.12.003>.

Jeon, J. Y., Hong, J. Y., & Lee, P. J. (2013). Soundwalk approach to identify urban soundscapes individually. *Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), 803-812.

Johansson, F., Heino, J., Coiffard, P. et al. (2020). Can information from citizen science data be used to predict biodiversity in stormwater ponds?. *Sci Rep* 10(9380) <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66306-0>

Jonah Zwemer, Abigail Lenhart, Woojin Kim, Khan M. Siddiqui, Eliot L. Siegel, 2009, Effect of Ambient Sound Masking on the Accuracy of Computerized Speech Recognition, DOI: <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2531081080>

Jorgensen, A., Hitchmough, J., Calvert, T., (2002).Woodland spaces and edges: their impact on perception of safety and preference. *Landscape and Urban Planning*, 60(3), pp. 135-150, [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00052-X](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00052-X).

Kabisch N. (2015), “Ecosystem service implementation and governance challenges in urban green space planning—The case of Berlin, Germany”, *Land Use Policy*, vol. 42, pp. 557-567

Kabisch, N. (2015). Ecosystem service implementation and governance challenges in urban green space planning—The case of Berlin, Germany. *Land Use Policy*, 42, 557–567.

*Kabisch, N. (2015). Ecosystem service implementation and governance challenges in urban green space planning—The case of Berlin, Germany. Land Use Policy, 42, 557–567.*

Kabisch, N. (2015). Ecosystem service implementation and governance challenges in urban green space planning—The case of Berlin, Germany. *Land Use Policy*, 42, 557–567.

Kabisch, N. Ecosystem Service Implementation and Governance Challenges in Urban Green Space Planning—The Case of Berlin, Germany. *Land Use Policy* 2015, 42, 557–567, doi:10.1016/j.landusepol.2014.09.005.

Kang, J. From DBA to Soundscape Indices: Managing Our Sound Environment. *Front. Eng. Manag.* 2017, 4, doi:10.15302/j-fem-2017026.

Kang, J. From DBA to Soundscape Indices: Managing Our Sound Environment. *Front. Eng. Manag.* 2017, 4, doi:10.15302/j-fem-2017026.

Kang, J., Aletta, F., Gjestland, T. T., Brown, L. A., Botteldooren, D., Schulte-Fortkamp, B., Lavia, L. (2016). Ten questions on the soundscapes of the built environment. *Building and Environment*, 108, 284–294.

Kang, J., Aletta, F., Gjestland, T. T., Brown, L. A., Botteldooren, D., Schulte-Fortkamp, B., Lavia, L. (2016). Ten questions on the soundscapes of the built environment. *Building and Environment*, 108, 284–294.

Kang, J., Schulte-Fortkamp, B. (2008). *Soundscape and the Built Environment*, 3rd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA,

Kang, J.; Zhang, M. Semantic Differential Analysis of the Soundscape in Urban Open

Karapostoli, A.; Votsi, N.-E. Urban Soundscapes in the Historic Centre of Thessaloniki: Sonic Architecture and Sonic Identity. *Sound Stud.* 2018, 4, doi:10.1080/20551940.2019.1582744.

Kardous, C.A. & Shaw, P.B. (2014). Evaluation of smartphone sound measurement applications. *The Journal of the Acoustical Society of America* 135:4, EL186-EL192

Kasten E.P., Gage S.H., Fox J., Joo W., (2012), The remote environmental assessment laboratory's acoustic library: An archive for studying soundscape ecology, *Ecological Informatics*, (12) : 50-67.

Kasten E.P., Gage S.H., Fox J., Joo W., 2012, The remote environmental assessment laboratory's acoustic library: An archive for studying soundscape ecology. *Ecological Informatics*, 12, pp.50–67.

Keizer, G. (2010). *The unwanted sound of everything we want: A book about noise*, PublicAffairs

Keizer, G.; Miller, N.P. *The Unwanted Sound of Everything We Want, A Book about Noise*. *Noise Control Eng. J.* 2010, 58, doi:10.3397/1.3455054.

*Kephalopoulos, St., Paviotti, M., Anfosso-Lédée, F., Maercke, Dirk Van, Shilton, S., Jones, N. (2014). Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: The CNOSSOS-EU framework for strategic environmental noise mapping. Science of The Total Environment, 482–483, pp. 400-410*

*Kesten, S., Umut, Ö., Ayva, B. (2020). Acoustic and structural design of a highway noise barrier. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 800 (012029), <https://doi.org/10.1088/1757-899X/800/1/012029>*

Kisser, J.; Wirth, M.; De Gusseme, B.; Van Eekert, M.; Zeeman, G.; Schoenborn, A.; Vinnerås, B.; Finger, D.C.; Kolbl Repinc, S.; Bulc, T.G.; et al. A Review of Nature-Based Solutions for Resource Recovery in Cities. *Blue-Green Syst.* 2020, 2, 138–172, doi:10.2166/bgs.2020.930.

Kokkinos, K.; Lakioti, E.; Papageorgiou, E.; Moustakas, K.; Karayannis, V. Fuzzy Cognitive Map-Based Modeling of Social Acceptance to Overcome Uncertainties in Establishing Waste Biorefinery Facilities. *Front. Energy Res.* 2018, 6, doi:10.3389/fenrg.2018.00112.

Kondo, M. C., South, E. C., & Branas, C. C. (2015). Nature-based strategies for improving urban health and safety. *Journal of Urban Health*, 92(5), 800-814. doi:10.1007/s11524-015-9983-y

Korkontzila, A., Karapostoli, A., Tsaligopoulos, A., & Matsinos, Y. G. (2020). Assessing the Effects of Noise on Sound Identities of Historical Landmarks. *Acoustics*, 2(4), 719–734. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/acoustics2040039>

Korkontzila, A.; Karapostoli, A.; Tsaligopoulos, A.; Matsinos, Y.G. Assessing the Effects of Noise on Sound Identities of Historical Landmarks. *Acoustics* 2020, 2, 719–739, doi:10.3390/acoustics2040039.

Kouroussis, G., Vogiatzis, K. E., & Connolly, D. P. (2018). Assessment of railway ground vibration in urban area using in-situ transfer mobilities and simulated vehicle-track interaction. *International Journal of Rail Transportation*, 6(2), 113–130. <https://doi.org/10.1080/23248378.2017.1399093>

Krause B., Farina A.(2016), Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity, *Biological Conservation*, (195): 245–254.

Krause, B. & Farina, A., 2016, Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity. *Biological Conservation*, 195, pp.245–254.

Krause, B. (1993). The niche hypothesis. *Soundsc Newsletter*, (March), 6–10.

Krause, B. *The Great Animal Orchestra (Enhanced): Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*; Little, Brown: Boston, MA, USA, 2012; ISBN 978-0-316-21249-6.

Krause, B. *Voices of the Wild: Animal Songs, Human Din, and the Call to Save Natural Soundscapes*; Yale University Press: London, UK, 2015; ISBN 978-0-300-21644-8.

Krause, B., & Farina, A. (2016). Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity. *Biological Conservation*, 195, 245–254.

*Krause, B., & Farina, A. (2016). Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity. Biological Conservation, 195, 245–254.*

Krause, B., & Farina, A. (2016). Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity. *Biological Conservation*, 195, 245–254.

- Krause, B., 1987. The niche hypothesis: How animals taught us to dance and sing. *Whole Earth Review*, 57.
- Krause, B., 2012. *The Great Animal Orchestra (Enhanced): Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*. Little, Brown
- Krause, B., 2012. *The Great Animal Orchestra (Enhanced): Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*. Little, Brown.
- Krause, B.; Farina, A. Using Ecoacoustic Methods to Survey the Impacts of Climate Change on Biodiversity. *Biol. Conserv.* 2016, 195, 245–254, doi:10.1016/j.biocon.2016.01.013.
- Krueger, J., Wink, P., Nicolai, M., & Westerhoff, B. (2018). Managing increasing exhaust system variants for passenger vehicles. *SAE Technical Papers, 2018-June*(June) doi:10.4271/2018-01-1557
- Kuo, F. E., & Sullivan, W. C. (2001). Environment and Crime in the Inner City: Does Vegetation Reduce Crime? *Environment and Behavior*, 33(3), 343–367. <https://doi.org/10.1177/0013916501333002>
- Kuttruff, H. (2006). *Acoustics: An Introduction*. London and New York: Taylor & Francis
- Kuttruff, H. (2007). *Acoustics An introduction*. London ; New York :Taylor & Francis.
- Kyvelou, S. (2019). The urban question in the context of the “double world.” *Homo Virtualis*, 2(1), 108–112. <https://doi.org/10.12681/homvir.21164>
- Kyvelou, S. S., Bobolos, N., & Tsaligopoulos, A. (2021). Exploring the Effects of “Smart City” in the Inner-City Fabric of the Mediterranean Metropolis: Towards a Bio-Cultural Sonic Diversity? *Heritage*, 4(2), 690–709. <https://doi.org/10.3390/heritage4020039>
- La Point, S., Balkenhol, N., Hale, J., Sadler, J. and van der Ree, R. (2015). Ecological Connectivity Research in Urban Areas. *Functional Ecology*, 29, pp.868–878.
- La Point, S., Balkenhol, N., Hale, J., Sadler, J. and van der Ree, R. (2015). Ecological Connectivity Research in Urban Areas. *Functional Ecology*, 29, pp.868–878.
- Lange, H.J.D., Lahr, J., Van der Pol, J.J., Wessels, Y. and Faber, J.H. (2009). Ecological vulnerability in wildlife: An expert judgment and multicriteria analysis tool using ecological traits to assess relative impact of pollutants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28: 2233-2240. doi:10.1897/08-626.1

LaPoint, S.; Balkenhol, N.; Hale, J.; Sadler, J.; Ree, R. van der Ecological Connectivity Research in Urban Areas. *Funct. Ecol.* 2015, 29, 868–878, doi: 10.1111/1365-2435.12489.

Latif M.(2011),“Uncertainty in climate change projections, *Journal of Geochemical Exploration*”, vol. 110, no. 1, pp. 1-7

Latif, M. Uncertainty in Climate Change Projections. *J. Geochem. Explor.* 2011, 110, 1–7, doi:10.1016/j.gexplo.2010.09.011.

Lauren M. Stowe, Edward J. Golob, 2013, Evidence that the Lombard effect is frequency-specific in humans, doi: 10.1121/1.4807645

Le Boennec, R., Salladarré, F. (2017). The impact of air pollution and noise on the real estate market. The case of the 2013 European Green Capital: Nantes, France, *Ecological Economics*, 138, 82–89

Le Prell CG, Dolan D, Schacht J, Miller JM, Lomax MI, and Altschuler RA. Pathways for protection from noise induced hearing loss. *Noise Health* 5: 1–17, 2003.

Lecic-Tosevski, D. (2019). Is urban living good for mental health? *Current Opinion in Psychiatry*, 32(3), 204-209. doi:10.1097/YCO.0000000000000489

Lee, K. A., Lee, J. R., & Bell, P. (2020). A review of Citizen Science within the Earth Sciences: Potential benefits and obstacles. *Proceedings of the Geologists' Association*, 131(6), 605–617. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2020.07.010>

Lefebvre, G., Poulin, B. (2003). Accuracy of bittern location by acoustic triangulation. *Journal of Field Ornithology*, 74(3), pp. 305-311. <https://doi.org/10.1648/0273-8570-74.3.305>

Leigh, D. (2009). SWOT Analysis. In *Handbook of Improving Performance in the Workplace: Volumes 1-3* (pp. 115–140). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470592663.ch24>

Leijssen, J.B.; Snijder, M.B.; Timmermans, E.J.; Generaal, E.; Stronks, K.; Kunst, A.E. The Association between Road Traffic Noise and Depressed Mood among Different Ethnic and Socioeconomic Groups. The HELIUS Study. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2019, 222, 221–229, doi:10.1016/j.ijheh.2018.10.002.

*Li, B., Tao, S., Dawson, R.W., Cao, J., Lam, K. (2002). A GIS based road traffic noise prediction model. Applied Acoustics, 63 (6), pp. 679-691*

*Li, X., Hu, X., Zheng, J. (2020). Statistical energy method for noise reduction performance of the vertical noise barrier alongside railway bridges. Applied Acoustics, 170(107503), <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107503>.*

- Li, X., Zhang, C., & Li, W. (2015). Does the visibility of greenery increase perceived safety in urban areas? evidence from the place pulse 1.0 dataset. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3), 1166-1183. doi:10.3390/ijgi4031166
- Li, Y., Wei, K., Yang, W., & Wang, Q. (2020). Improving wind turbine blade based on multi-objective particle swarm optimization. *Renewable Energy*, 161, 525-542. doi:10.1016/j.renene.2020.07.067
- Licitra, G., & Vogiatzis, K. (2019). Preface: New solutions mitigating environmental noise pollution. *Environments - MDPI*, 6(11). Scopus. <https://doi.org/10.3390/environments6110117>
- Ligges, U., Krey, S., Mersmann, O., Schnackenberg S. (2013), tuneR: Analysis of music, <http://r-forge.r-project.org/projects/tuner/>
- Ligges, U., Krey, S., Mersmann, O., Schnackenberg S. (2013), tuneR: Analysis of music, <http://r-forge.r-project.org/projects/tuner/>
- Lindborg, P., & Friberg, A. (2016). Personality Traits Bias the Perceived Quality of Sonic Environments. *Applied Sciences*, 6(12), 405. doi:10.3390/app6120405
- Lionello, M., Aletta, F., & Kang, J. (2020). A systematic review of prediction models for the experience of urban soundscapes. *Applied Acoustics*, 170, 107479. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107479>
- Lionello, M., Aletta, F., Kang, J. (2020). A systematic review of prediction models for the experience of urban soundscapes. *Applied Acoustics*, 170 (107479) <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107479>.
- Liu, J., Kang, J., Behm, H., & Luo, T. (2014). Effects of landscape on soundscape perception: Soundwalks in city parks. *Landscape and Urban Planning*, 123, 30–40.
- Liu, J., Kang, J., Behm, H., & Luo, T. (2014). Effects of landscape on soundscape perception: Soundwalks in city parks. *Landscape and Urban Planning*, 123, 30–40.
- Liu, J., Kang, J., Luo, T., Behm, H., & Coppack, T. (2013). Spatiotemporal variability of soundscapes in a multiple functional urban area. *Landscape and Urban Planning*, 115, 1–9.
- Liu, J., Wang, Y., Zimmer, C., Kang, J., & Yu, T. (2019). Factors associated with soundscape experiences in urban green spaces: A case study in rostock, germany. *Urban Forestry and Urban Greening*, 37, 135-146. doi:10.1016/j.ufug.2017.11.003
- Liu, X., Liu, H., Chen, J., Liu, T. and Deng, Z. (2018). Evaluating the sustainability of marine industrial parks based on the DPSIR framework, *Journal of Cleaner Production*, 188, pp.158-170.



Lombard, E., 1911. Le signe de l'elevation de la voix. *Ann. Maladies Oreille, Larynx, Nez, Pharynx*, 37 (101-119), 25.

Lombard, E., 1911. Le signe de l'elevation de la voix. *Ann. Maladies Oreille, Larynx, Nez, Pharynx*, 37 (101-119), 25.

Long, M. (2014a). 2—Fundamentals of Acoustics. In M. Long (Ed.), *Architectural Acoustics (Second Edition)* (pp. 39–79). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398258-2.00002-7>

Long, M. (2014b). 3—Human Perception and Reaction to Sound. In M. Long (Ed.), *Architectural Acoustics (Second Edition)* (pp. 81–127). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398258-2.00003-9>

Longoni, V., Rubolini, D., Ambrosini, R. & Bogliani, G. (2011). Habitat preferences of Eurasian Bitterns *Botaurus stellaris* booming in ricefields: implications for management. *Ibis* 153, pp.695–706. doi: 10.1111/j.1474-919X.2011.01148.x

Loss, S. R., Loss, S. S., Will, T., & Marra, P. P. (2015). Linking place-based citizen science with large-scale conservation research: A case study of bird-building collisions and the role of professional scientists. *Biological Conservation*, 184, 439–445.

Love, E.K. and Bee, M.A., 2010. An experimental test of noise-dependent voice amplitude regulation in Cope's grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*. *Animal Behaviour*, 80 (3), 509–515.

Love, E.K. and Bee, M.A., 2010. An experimental test of noise-dependent voice amplitude regulation in Cope's grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*. *Animal Behaviour*, 80 (3), 509–515.

Love, E.K. and Bee, M.A., 2010. An experimental test of noise-dependent voice amplitude regulation in Cope's grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*. *Animal Behaviour*, 80 (3), 509–515.

Lugten, M., Karacaoglu, M., White, K., Kang, J., & Steemers, K. (2018). Improving the soundscape quality of urban areas exposed to aircraft noise by adding moving water and vegetation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 144(5), 2906–2917. doi:10.1121/1.5079310

Luymes, D.T., Tamminga, K.(1995). Integrating public safety and use into planning urban greenways. *Landscape and Urban Planning*, 33(1–3), pp. 391-400, [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)02030-J](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)02030-J).

Lynch, Kevin (1960). *The Image of the City*, M.I.T. Press.

M. Naguib, R.H. Wiley, 2001, Estimating the distance to a source of sound: mechanisms and adaptations for long-range communication, doi:10.1006/anbe.2001.1860

Ma, K.W.; Mak, C.M.; Wong, H.M. (2021). Effects of Environmental Sound Quality on Soundscape Preference in a Public Urban Space. *Appl. Acoust.*, 171, 107570, doi:https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107570.

Ma, K.W.; Mak, C.M.; Wong, H.M. Effects of Environmental Sound Quality on Soundscape Preference in a Public Urban Space. *Appl. Acoust.* 2021, 171, 107570, doi:https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107570.

Ma, K.W.; Mak, C.M.; Wong, H.M. Effects of Environmental Sound Quality on Soundscape Preference in a Public Urban Space. *Appl. Acoust.* 2021, 171, 107570, doi:https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107570.

Maas, J., Spreeuwenberg, P., van Winsum-Westra, M., Verheij, R. A., Vries, S., & Groenewegen, P. P. (2009). Is Green Space in the Living Environment Associated with People's Feelings of Social Safety? *Environment and Planning A: Economy and Space*, 41(7), 1763–1777. <https://doi.org/10.1068/a4196>

MacArthur, R.H. and Wilson, E.O., 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press.

Mace, B. L., Bell, P. A., & Loomis, R. J. (2004). Visibility and Natural Quiet in National Parks and Wilderness Areas: Psychological Considerations. *Environment and Behavior*, 36(1), 5–31. <https://doi.org/10.1177/0013916503254747>

Madge, C. (1997), Public parks and the geography of fear. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 88: 237-250. doi:10.1111/j.1467-9663.1997.tb01601.x

Madhusudan Katti, Paige S Warren, Tits, noise and urban bioacoustics, *Trends in Ecology & Evolution*, Volume 19, Issue 3, March 2004, Pages 109-110, ISSN 0169-5347, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2003.12.006>.

Maffei, L., Masullo, M. (2014). Electric Vehicles and Urban Noise Control Policies. *Archives of Acoustics*, 39(3), pp. 333-341, 10.2478/aoa-2014-0038

Mahashabde, A., Wolfe, P., Ashok, A., Dorbian, C., He, Q., Fan, A., Lukachko, S., Mozdzanowska, A., Wollersheim, C., Barrett, Steven R.H., Locke, M., Waitz, Ian A. (2011). Assessing the environmental impacts of aircraft noise and emissions, *Progress in Aerospace Sciences*, 47 (1), 15-52

Mahashabde, A., Wolfe, P., Ashok, A., Dorbian, C., He, Q., Fan, A., Lukachko, S., Mozdzanowska, A., Wollersheim, C., Barrett, Steven R.H., Locke, M., Waitz, Ian A. (2011). Assessing the environmental impacts of aircraft noise and emissions, *Progress in Aerospace Sciences*, 47 (1), 15-52

- Marcus, M., Minc, H. (1988). *Introduction to Linear Algebra*. New York: Dover
- Mareschal, B. (1988). Weight stability intervals in multicriteria decision aid, *Eur. J. Oper. Res.*, 33, pp. 54–64,
- Marín-Gómez, O.H., MacGregor-Fors, I. (2019). How Early Do Birds Start Chirping? Dawn Chorus Onset and Peak Times in a Neotropical City. *Ardeola* 66(2), pp.327-341, <https://doi.org/10.13157/arla.66.2.2019.ra5>
- Mark A. Bee, Eli M. Swanson, Auditory masking of anuran advertisement calls by road traffic noise, *Animal Behaviour*, Volume 74, Issue 6, December 2007, Pages 1765-1776, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.03.019>.
- Mark A. Bee, Finding a mate at a cocktail party: spatial release from masking improves acoustic mate recognition in grey treefrogs, *Animal Behaviour*, Volume 75, Issue 5, May 2008, Pages 1781-1791, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.10.032>.
- Martorana, R. (2017). Representation of Silence in Soundscape Perception. 10.13140/RG.2.2.15909.14566.
- Marx S.M., Weber E.U., Orlove B. S., Leiserowitz A., Krantz D. H., Roncoli C., Phillips J. (2007), “Communication and mental processes: Experiential and analytic processing of uncertain climate information”, *Global Environmental Change*, vol. 17, no. 1, pp. 47-58,
- Marx, S.M.; Weber, E.U.; Orlove, B.S.; Leiserowitz, A.; Krantz, D.H.; Roncoli, C.; Phillips, J. Communication and Mental Processes: Experiential and Analytic Processing of Uncertain Climate Information. *Glob. Environ. Change* 2007, 17, 47–58, doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.10.004.
- Masud, M.M., Quasem Al-Amin, A., Akhtar, R., Kari, F., Afroz, R., Rahman, Md S., Rahman, M. (2015) Valuing climate protection by offsetting carbon emissions: rethinking environmental governance, *Journal of Cleaner Production*, 89, 41-49
- Mateo, J.R.S.C. (2011). *Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry*. New York: Springer London
- Matsinos Y., Tsaligopoulos A., Economou C. (2016), The interdisciplinary development of the term “soundscape”. *Tracing its ecological roots*. *Aejes journal*, 2(1), 11-23.
- Matsinos Y., Tsaligopoulos A., Economou C. (2017), Identifying the Quiet Areas of a Small Urban Setting: The Case of Mytilene, *Global Nest Journal*, 19(4), 674-681, doi: <https://doi.org/10.30955/gnj.001817>

Matsinos, Y. G., Mazaris, A. D., Papadimitriou, K. D., Mniestris, A., Hatzigiannidis, G., Maioglou, D., & Pantis, J. D. (2008). Spatio-temporal variability in human and natural sounds in a rural landscape. *Landscape Ecology*, 23(8), 945–959.

Matsinos, Y. G., Mazaris, A. D., Papadimitriou, K. D., Mniestris, A., Hatzigiannidis, G., Maioglou, D., & Pantis, J. D. (2008). Spatio-temporal variability in human and natural sounds in a rural landscape. *Landscape Ecology*, 23(8), 945–959.

Matsinos, Y. G., Tsaligopoulos, A., & Economou, C. (2017). Identifying the quiet areas of a small urban setting: The case of Mytilene. *Global Nest Journal*, 19(4). <https://doi.org/10.30955/gnj.001817>

Matsinos, Y.G., Mazaris, A.D., Papadimitriou, K.D., Mniestris, A., Hatzigiannidis, G., Maioglou, D. and Pantis, J.D. (2008). Spatio-temporal variability in human and natural sounds in a rural landscape. *Landscape Ecology*, 23(8), pp. 945–959.

Matsinos, Y.G.; Tsaligopoulos, A. Hot Spots of Ecoacoustics in Greece and the Issue of Background Noise. *J. Ecoacoustics* 2018, 2, doi:10.22261/jea.u3xbiy.

Matsinos, Y.G.; Tsaligopoulos, A.; Economou, C. Identifying the Quiet Areas of a Small Urban Setting: The Case of Mytilene. *Glob. Nest J.* 2017, 19, doi:10.30955/gnj.001817.

Matsinos, Y.G.; Tsaligopoulos, A.; Economou, C. Identifying the Quiet Areas of a Small Urban Setting: The Case of Mytilene. *Glob. Nest J.* 2017, 19, 17–28, doi:10.30955/gnj.001817.

Matsinos, Y.G.; Tsaligopoulos, A.; Economou, C. The Interdisciplinary Development of the Term “Soundscape”; Tracing Its Ecological Roots. *AEgean J. Environ. Sci. AEJES* 2016, 11–23.

Maxim, L., Spangenberg, J.H. and O'Connor, M. (2009). An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework, *Ecological Economics*. 69(1), pp.12-23.

Mayrand, F. and Clergeau, P. (2018). Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity?. *Sustainability*, 10(4), pp.985.

Mazaris, A. D., Kallimanis, A. S., Chatzigianidis, G., Papadimitriou, K., & Pantis, J. D. (2009). Spatiotemporal analysis of an acoustic environment: interactions between landscape features and sounds. *Landscape Ecology*, 24(6), 817–831.

Mazaris, A. D., Kallimanis, A. S., Chatzigianidis, G., Papadimitriou, K., & Pantis, J. D. (2009). Spatiotemporal analysis of an acoustic environment: interactions between landscape features and sounds. *Landscape Ecology*, 24(6), 817–831.

Mazaris, A.D., Kallimanis, A.S., Chatzigianidis, G., Papadimitriou, K. and Pantis, J.D. (2009). Spatiotemporal analysis of an acoustic environment: interactions between landscape features and sounds. *Landscape Ecology* (24)6, pp.817-831.

McHugh, N. and Thompson, S., (2011). A rapid ecological network assessment tool and its use in locating habitat extension areas in a changing landscape. *Journal for Nature Conservation*, 19(4), pp.236-244.

McPhearson, T., Pickett, S. T. A., Grimm, N. B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., Weber, C., Haase, D., Breuste, J., & Qureshi, S. (2016). Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities. *BioScience*, 66(3), 198–212. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw002>

Mediterranean landscape. *Bioacoustics* 24(3), 269-288.

Medvedev, O.; Shepherd, D.; Hautus, M.J. The Restorative Potential of Soundscapes: A Physiological Investigation. *Appl. Acoust.* 2015, 96, doi:10.1016/j.apacoust.2015.03.004.

Medvedev, O.; Shepherd, D.; Hautus, M.J. The Restorative Potential of Soundscapes: A Physiological Investigation. *Appl. Acoust.* 2015, 96, doi:10.1016/j.apacoust.2015.03.004.

Miller JM, Watson CS, and Covell WP. Deafening effects of noise on the cat. *Acta Oto Laryng Suppl* 176: 1–91, 1963.

Mitchell, A., Oberman, T., Aletta, F., Erfanian, M., Kachlicka, M., Lionello, M., & Kang, J. (2020). The Soundscape Indices (SSID) Protocol: A Method for Urban Soundscape Surveys—Questionnaires with Acoustical and Contextual Information. *Applied Sciences*, 10(7), 2397. <https://doi.org/10.3390/app10072397>

Møller, A., 2014. *Hearing*. San Diego, Calif: Plural.

Montazerolhodjah, M., Sharifnejad, M., & Montazerolhodjah, M. (2019). Soundscape preferences of tourists in historical urban open spaces. *International Journal of Tourism Cities*, 5(3), 465-481. doi:10.1108/IJTC-08-2018-0065

Montis, A.D.; Serra, V.; Ganciu, A.; Ledda, A. Assessing Landscape Fragmentation: A Composite Indicator. *Sustain. Switz.* 2020, 12, doi:10.3390/su12229632.

Montis, A.D.; Serra, V.; Ganciu, A.; Ledda, A. Assessing Landscape Fragmentation: A Composite Indicator. *Sustain. Switz.* 2020, 12, doi:10.3390/su12229632.

Mooney, R. (2009). Birdsong: The Neurobiology of Avian Vocal Learning. In L. R. Squire (Ed.), *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 247–251). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.01942-2>

Morton, E. (1975). Ecological Sources of Selection on Avian Sounds. *The American Naturalist*, 109(965), 17-34. Retrieved October 12, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/2459634>

- Morton, E. S. (2010). The American Society of Naturalists Ecological Sources of Selection on Avian Sounds. *The American Naturalist*, 109(965), 17–34.
- Mourad, K. A., Hosseini, S. H., & Avery, H. (2020). The Role of Citizen Science in Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 12(24), 10375. <https://doi.org/10.3390/su122410375>
- Mun, S., & Cho, Y.-H. (2009). Noise barrier optimization using a simulated annealing algorithm. *Applied Acoustics*, 70(8), 1094–1098. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2009.02.004>
- Munang R., Thiaw I., Alverson K., Mumba M., Liu J., Rivington M.(2013), “Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts”, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 5, no. 1, pp. 67-71
- Munang, R. T., Thiaw, I., & Rivington, M. (2011). Ecosystem Management: Tomorrow’s Approach to Enhancing Food Security under a Changing Climate. *Sustainability*, 3(7), 937–954.
- Murphy, E. & King, E. A. (2016). Smartphone-based noise mapping: Integrating sound level meter app data into the strategic noise mapping process. *Science of The Total Environment*, 562, pp. 852-859, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.076>.
- Murphy, E. & King, E.A. (2011). Scenario analysis and noise action planning: Modelling the impact of mitigation measures on population exposure. *Applied Acoustics*, 72(8), pp. 487-494, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.10.006>.
- Myllyntausta, S., Virkkala, J., Salo, P., Varjo, J., Rekola, L., & Hongisto, V. (2020). Effect of the frequency spectrum of road traffic noise on sleep: A polysomnographic study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147(4), 2139–2149. <https://doi.org/10.1121/10.0000985>
- Nanni, L., Rigo, A., Lumini, A., Brahmam, S. (2020). Spectrogram Classification Using Dissimilarity Space. *applied sciences*, 10(12), 4176; <https://doi.org/10.3390/app10124176>
- Nascimento, L.A.D., Campos-Cerqueira, M., Beard, K.H. (2020). Acoustic metrics predict habitat type and vegetation structure in the Amazon. *Ecological Indicators*, 117(106679), <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106679>.
- Naveh Z. (1987). Biocybernetic and thermodynamic perspectives of landscape functions and land use patterns. *Landscape Ecology* 1, 75-83.
- Nega, T.H.; Chihara, L.; Smith, K.; Jayaraman, M. Traffic Noise and Inequality in the Twin Cities, Minnesota. *Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J.* 2013, 19, 601–619, doi:10.1080/10807039.2012.691409.

Nemeth E. and Brumm H. (2009). *Blackbirds sing higher-pitched songs in cities: adaptation to habitat acoustics or side-effect of urbanization?* *Animal Behaviour* 78 (3), 637–641. doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.06.016

Nemeth, E., Zollinger, S.A., and Brumm, H., 2012. Effect Sizes and the Integrative Understanding of Urban Bird Song. *The American Naturalist*, 180 (1), 146–152.

Newell, F.L., Sheehan, J., Wood, P.B., Rodewald, A.D., Buehler, D.A., Keyser, P.D., Larkin, J.L., Beachy, T.A., Bakermans, M.H., Boves, T.J., Evans, A., George, G.A., McDermott, M.E., Perkins, K.A., White, M.B. and Wigley, T.B. (2013), Comparison of point counts and territory mapping for detecting effects of forest management on songbirds. *Journal of Field Ornithology*, 84: 270-286. doi:10.1111/jof.12026

Nijkamp, P. (1975). A multicriteria analysis for project evaluation: Economic-ecological evaluation of a land reclamation project. *Papers of the Regional Science Association*, 35, pp. 87–111, <https://doi.org/10.1007/BF01947471>

Nijland, H.A., Van Wee, G.P. (2005) Traffic Noise in Europe: A Comparison of Calculation Methods, Noise Indices and Noise Standards for Road and Railroad Traffic in Europe, *Transport Reviews*, 25(5), pp. 591-612, DOI: 10.1080/01441640500115850

Nor, A.N.M., Corstanje, R., Harris, J.A., Grafius, D.R. and Siriwardena, G.M. (2017). Ecological connectivity networks in rapidly expanding cities. *Heliyon* 3(6).

Norena AJ and Eggermont JJ. Enriched acoustic environment after noise trauma reduces hearing loss and prevents cortical map reorganization. *J Neurosci* 25: 699–705, 2005.

Nyaki, A., Gray, S. A., Lepczyk, C. A., Skibins, J. C., & Rentsch, D. (2014). Local-Scale Dynamics and Local Drivers of Bushmeat Trade: Participatory Modeling in Conservation. *Conservation Biology*, 28(5), 1403–1414. <https://doi.org/10.1111/cobi.12316>

Obrist, M. K., Pavan, G., Sueur, J., Riede, K., Llusia, D., & Márquez, R. (2010). Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. In Volume 8 - Manual on Field Recording Techniques and Protocols for All Taxa Biodiversity Inventories (pp. 68–99). Retrieved from <http://www.abctaxa.be/volumes/>

OECD. Environmental Indicators: OECD Core Set. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development; 1994

Oldoni, D.; De Coensel, B.; Bockstael, A.; Boes, M.; De Baets, B.; Botteldooren, D. The Acoustic Summary as a Tool for Representing Urban Sound Environments. *Landsc. Urban Plan.* 2015, 144, 34–48, doi:10.1016/j.landurbplan.2015.08.013.

Ow, L. F., & Ghosh, S. (2017). *Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. Applied Acoustics*, 120, 15–20.

Özesmi, U.; Özesmi, S.L. Ecological Models Based on People's Knowledge: A Multi-Step Fuzzy Cognitive Mapping Approach. *Ecol. Model.* 2004, 176, doi:10.1016/j.ecolmodel.2003.10.027.

Ozga, A. (2017). Scientific ideas included in the concepts of bioacoustics, acoustic ecology, ecoacoustics, soundscape ecology, and vibroacoustics. *Archives of Acoustics*, 42(3), 415–421. <https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0043>

Paige S. Warren, Madhusudan Katti, Michael Ermann, Anthony Brazel, Urban bioacoustics: it's not just noise, *Animal Behaviour*, Volume 71, Issue 3, March 2006, Pages 491-502, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.07.014>.

Pajewski, T., Malak-Rawlikowska, A., Gołębiewska, B. (2020). Measuring regional diversification of environmental externalities in agriculture and the effectiveness of their reduction by EU agri-environmental programs in Poland. *Journal of Cleaner Production*, 276,123013, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123013>.

Pannucci, C. J., Wilkins, E. G. (2010). Identifying and avoiding bias in research. *Plastic and*

Papadimitriou, K. (2018). “SoundExplorers” – A Workshop for the Training in the Exploration and the Documentation of the Sonic Environment.

*Papadimitriou, K.D., Mazaris, A.D., Kallimanis, A.S., Pantis, J.D. (2009). Cartographic Representation of the Sonic Environment, The Cartographic Journal, 46(2), 126-135, DOI: 10.1179/000870409X459842*

Pareek, V. & Sharma, R. K. (2016). Coronary heart disease detection from voice analysis. *IEEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)*

Parker, T.A. (1991). On the use of tape recorders in avifaunal surveys. *Auk* 108: 443-444.

Parrott, L. Measuring Ecological Complexity. *Ecol. Indic.* 2010, 10, 1069–1076, doi:10.1016/j.ecolind.2010.03.014.

Parrott, L. Measuring Ecological Complexity. *Ecol. Indic.* 2010, 10, 1069–1076, doi:10.1016/j.ecolind.2010.03.014.

Patrick, B. (2014). Guidelines for undertaking Rapid Biodiversity Assessments in Terrestrial and Marine Environments in the Pacific. Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (Vol. ٣). Retrieved from <https://www.bps.go.id/dynamictable/2018/05/18/1337/persentase-panjang-jalan-tol-yang-beroperasi-menurut-operatornya-2014.html>



Patrick, H. V. L., Lobo, K. W., & Tada, H. (2000). General aviation aircraft engine noise test facility. Paper presented at the *6th Aeroacoustics Conference and Exhibit*, doi:10.2514/6.2000-1940

Patrono, A. (1998) Multi-criteria analysis and Geographic Information Systems: analysis of natural areas and ecological distributions. In: Beinat E., Nijkamp P. (eds) *Multicriteria Analysis for Land-Use Management. Environment & Management*, vol 9. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-015-9058-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-94-015-9058-7_15)

Paunović, K., Jakovljević, B., & Belojević, G. (2009). Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Science of the Total Environment*, 407(12), 3707-3711. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.02.033

Payne, S. R., Davies, W. J., & Adams, M. D. (2009). *Research into the Practical and Policy Applications of Soundscape Concepts and Techniques in Urban Areas (NANR 200)*. London: Department for Environment Food and Rural Affairs. 10.1016/j.buildenv.2016.08.011

Pe'er, G., Henle, K., Dislich, C. and Frank, K. (2011). Breaking functional connectivity into components: a novel approach using an individual-based model, and first outcomes. *PLoS ONE*, 6(8).

Peña-García, A., Hurtado, A., Aguilar-Luzón, M.C. (2015). Impact of public lighting on pedestrians' perception of safety and well-being. *Safety Science*, 78, pp. 142-148, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.009>.

Pensieri, S., Bozzano, R. (2017). *Active and Passive Acoustic Methods for In-situ Monitoring of the Ocean Status*, *Advances in Underwater Acoustics*, Andrzej Zak, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.68998. Available from: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-underwater-acoustics/active-and-passive-acoustic-methods-for-in-situ-monitoring-of-the-ocean-status>

Peris, E., & Fenech, B. (2020). Associations and effect modification between transportation noise, self-reported response to noise and the wider determinants of health: A narrative synthesis of the literature. *Science of the Total Environment*, 748 doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141040

Piccolo, R.L., Warnken, J., Chauvenet, A.L.M. et al. (2020). Location biases in ecological research on Australian terrestrial reptiles. *Sci Rep.*, 10(9691) <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66719-x>

Pickett, S. T. A., & Cadenasso, M. L. (2007). Linking ecological and built components of urban mosaics: An open cycle of ecological design. *Journal of Ecology*, 0(0), 071029080921001-??? <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01310.x>

Pieretti N., Farina A.(2013), Application of a recently introduced index for acoustic complexity to an avian soundscape with traffic noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, (134): 891–900.

Pieretti N., Farina A., Morri D.(2011), A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*, (11): 868–873.

Pieretti, N. & Farina, A., 2013, Application of a recently introduced index for acoustic complexity to an avian soundscape with traffic noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), pp.891–900.

Pieretti, N., Farina, A. & Morri, D., 2011, A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*, 11(3), pp.868–873.

Pieretti, N.; Farina, A. Application of a Recently Introduced Index for Acoustic Complexity to an Avian Soundscape with Traffic Noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 2013, 134, 891–900, doi:10.1121/1.4807812

Pijanowski, B. C., Farina, A., Gage, S. H., Dumyahn, S. L., & Krause, B. L. (2011). What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. *Landscape Ecology*, 26(9), 1213–1232.

Pijanowski, Bryan C., Luis J. Villanueva-Rivera, Sarah L. Dumyahn, Almo Farina, Bernie L. Krause, Brian M. Napoletano, Stuart H. Gage, and Nadia Pieretti. "Soundscape ecology: the science of sound in the landscape." *BioScience* 61, no. 3 (2011): 203-216.

Planade, O., Ducourneau, J., & Guilhot, J. P. (2001). Prediction of dissipative mufflers efficiency applied to aircraft ventilation. [Prévision des performances de silencieux dissipatifs appliquée à la ventilation aéronautique] *Acta Acustica United with Acustica*, 87(1), 34-45.

Pohl, N. U., Leadbeater, E., Slabbekoorn, H., Klump, G. M., Langemann, U. (2012). Great tits in urban noise benefit from high frequencies in song detection and discrimination. *Animal Behavior*, 83, pp. 711–721, <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.12.019>

Pronello, C. and Camusso, C. (2012). A Review of Transport Noise Indicators. *Transport Reviews*, 32(5), pp.599-628.

Pronello, C., Camusso, C. (2012). A Review of Transport Noise Indicators. *Transport Reviews*, 32(5), pp. 599-628, <https://doi.org/10.1080/01441647.2012.706332>

Public Spaces. *Build. Environ.* 2010, 45, doi:10.1016/j.buildenv.2009.05.014.

Püschel, R., Evangelinos, C. (2012). Evaluating noise annoyance cost recovery at Düsseldorf International Airport, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17 (8), 598-604

Pykett, J., Chrisinger, B., Kyriakou, K. et al. (2020). Developing a Citizen Social Science approach to understand urban stress and promote wellbeing in urban communities. *Palgrave Commun* 6, 85 <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0460-1>

*Quiñones-Bolaños, E. E., Bustillo-Lecompte, C. F., Mehrvar, M. (2016). A traffic noise model for road intersections in the city of Cartagena de Indias, Colombia. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 47, pp. 149-161*

R: The R Project for Statistical Computing. Retrieved 29 June 2017, from <https://www.r-project.org/>

Rabin Lawrence A., McCowan Brenda, Hooper Stacie L., Owings Donald, 2003, Anthropogenic Noise and its Effect on Animal Communication: An Interface Between Comparative Psychology and Conservation Biology, Permalink: <http://escholarship.org/uc/item/3z41n20n>

Radicchi, A. (2017c). A Pocket Guide to Soundwalking. Some Introductory Notes on its Origin, Established Methods and Four Experimental Variations. In Besecke, A., Meier, J., Pätzold, R., Thomaier, S. (Eds.), *Perspectives on urban economics. a general merchandise store ; a brief overview of the accounts for the shopkeeper Dietrich Henckel*, (pp. 70-73). Berlin: Creative Commons BY 4.0

Radicchi, A. (2017c). A Pocket Guide to Soundwalking. Some Introductory Notes on its Origin, Established Methods and Four Experimental Variations. In Besecke, A., Meier, J., Pätzold, R., Thomaier, S. (Eds.), *Perspectives on urban economics. a general merchandise store ; a brief overview of the accounts for the shopkeeper Dietrich Henckel*, (pp. 70-73). Berlin: Creative Commons BY 4.0

Radicchi, A., Yelmi, P. C., Chung, A., Jordan, P., Stewart, S., Tsaligopoulos, A., McCunn, L., & Grant, M. (2020). Sound and the healthy city. *Cities & Health*. <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1821980>

Radicchi, A., Yelmi, P. C., Chung, A., Jordan, P., Stewart, S., Tsaligopoulos, A., McCunn, L., & Grant, M. (2020). Sound and the healthy city. *Cities & Health*. <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1821980>

Radicchi, A., Yelmi, P. C., Chung, A., Jordan, P., Stewart, S., Tsaligopoulos, A., McCunn, L., & Grant, M. (2020). Sound and the healthy city. *Cities & Health*. <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1821980>

Radicchi, A.; Yelmi, P.C.; Chung, A.; Jordan, P.; Stewart, S.; Tsaligopoulos, A.; McCunn, L.; Grant, M. Sound and the Healthy City. *Cities Health* 2020, doi:10.1080/23748834.2020.1821980.

Radicchi, A.; Yelmi, P.C.; Chung, A.; Jordan, P.; Stewart, S.; Tsaligopoulos, A.; McCunn, L.; Grant, M. Sound and the Healthy City. *Cities Health* 2020, doi:10.1080/23748834.2020.1821980.

Radicchi, A., Pınar Cevikayak Yelmi , Andy Chung , Pamela Jordan , Sharon Stewart , Aggelos Tsaligopoulos , Lindsay McCunn & Marcus Grant (2020): Sound and the healthy city, *Cities & Health*, DOI: 10.1080/23748834.2020.1821980

Rajesh, D., Anand, P., & Nath, N. K. (2020). Design modification of three-blade horizontal-axis wind turbine for noise reduction. *International Journal of Ambient Energy*, doi:10.1080/01430750.2020.1720806

Randall, A. (1991). The Value of Biodiversity. *Ambio*, 20(2), 64–68.

Rappaport, D.I., Royle, J.A., Morton, D.C. (2020). Acoustic space occupancy: Combining ecoacoustics and lidar to model biodiversity variation and detection bias across heterogeneous landscapes. *Ecological Indicators*, 113, 106172, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106172>.

reconstructive surgery, 126(2), 619–625.  
<https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181de24bc>

Reddy, S. & Dávalos, L.M. (2003). Geographical sampling bias and its implications for conservation priorities in Africa. *Journal of Biogeography*, 30(11), pp. 1719-1727, <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00946.x>

Redström J. (2017). Is Acoustic Ecology About Ecology?. *World Forum of Acoustic Ecology*,  
<file:///Users/garywf/Desktop/WFAE%20PROJECT/WFAE%20New/library/readings/aecology.html>

Rehan, R.M. (2016). The phonic identity of the city urban soundscape for sustainable spaces. *HBRC Journal*, 12(3), pp. 337-349, <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.12.005>.

Rehan, R.M. The Phonic Identity of the City Urban Soundscape for Sustainable Spaces. *HBRC J.* 2016, 12, 337–349, doi:10.1016/j.hbrcj.2014.12.005.

Resnik, D. B., Elliott, K. C., & Miller, A. K. (2015). A framework for addressing ethical issues in citizen science. *Environmental Science & Policy*, 54, 475–481. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.05.008>

Resnik, D. B., Elliott, K. C., & Miller, A. K. (2015). A framework for addressing ethical issues in citizen science. *Environmental Science & Policy*, 54, 475–481.

Rey Gozalo, G.; Barrigón Morillas, J.M.; Montes González, D.; Atanasio Moraga, P. Relationships among Satisfaction, Noise Perception, and Use of Urban Green Spaces. *Sci. Total Environ.* 2018, 624, 438–450, doi:10.1016/j.scitotenv.2017.12.148.

Reyes-Riveros, R., Altamirano, A., De La Barrera, F., Rozas-Vásquez, D., Vieli, L., & Meli, P. (2021). Linking public urban green spaces and human well-being: A systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 61, 127105. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127105>

Robinson, S. K. and Holmes, R. T. (1982). Foraging Behavior of Forest Birds: The Relationships Among Search Tactics, Diet, and Habitat Structure. *Ecology*, 63, pp.1918-1931.

Rodenburg, T.B., de Haas, E.N. (2016). Of nature and nurture: the role of genetics and environment in behavioural development of laying hens. *Current Opinion in Behavioral Sciences*,7, pp. 91-94, <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.12.007>.

Rog, S.M., Clarke, R.H., Minnema, E. et al. (2020). Tackling the tide: A rapid assessment protocol to detect terrestrial vertebrates in mangrove forests. *Biodivers Conserv*, 29, pp. 2839–2860 <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02001-w>

Rossi, T.; Connell, S.D.; Nagelkerken, I. (2016). Silent oceans: Ocean acidification impoverishes natural soundscapes by altering sound production of the world’s noisiest marine invertebrate. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 283, 20153046.

Roswall, N., Bidstrup, P., Raaschou-Nielsen, O., Jensen, S., Olsen, A., & Sørensen, M. (2016, Νοέμβριος 1). Residential road traffic noise exposure and survival after breast cancer - A cohort study. *Environmental Research*, 151, σσ. 814-820. [doi:10.1016/j.envres.2016.09.016](https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.09.016)

Roswall, N., Raaschou-Nielsen, O., Ketznel, M. (2017). Long-term residential road traffic noise and NO2 exposure in relation to risk of incident myocardial infarction—a danish cohort study. *Environ Res.* 156, pp. 80–86

Rozzi, R., May, R.H., Chapin, F.S., III; Massardo, F., Gavin, M.C., Klaver, I.J., Pauchard, A., Nuñez, M.A., Simberloff, D., From Biocultural Homogenization to Biocultural Conservation; Eds.; Ecology and Ethics; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2018; volume 3; ISBN 978-3-319-99512-0.

Rudd, N. and Courtney, E., 1991. *Juvenal: Satires I, III, X*. Bolchazy-Carducci Publishers.

Ruopeng, A., Junjie, W., Sadia Anjum, A., Yan, Y., & Chenghua, G. (2018, Σεπτέμβριος 1). Chronic Noise Exposure and Adiposity: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 55(3), σσ. 403-411. [doi:10.1016/j.amepre.2018.04.040](https://doi.org/10.1016/j.amepre.2018.04.040)

Saaty T. L. (2004), Decision Making – The Analytic hierarchy and Network Processes (AHP/ANP), *Journal of Systems and Science and Systems Engineering*, 13, 1-35

- Saaty T. L. (2008), Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process, *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas*, 102, 251–318
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *Eur. J. Oper. Res.*, 48 (1), pp. 9–26
- Saaty, T.L. (1977). “A scaling method for priorities in hierarchical structures,” *J. Math. Psychol.*, 15(3), pp. 234–281
- Saaty, T.L. Vargas, L.G. (1984). Inconsistency and rank preservation, *J. Math. Psychol.*, 28(2), pp. 205–214
- Salomons, E., et al., 2013, 'Quiet places in cities', QSIDE ([http://www.qside.se/proj/pub/QSIDE\\_Action5\\_Quiet\\_places\\_website.pdf](http://www.qside.se/proj/pub/QSIDE_Action5_Quiet_places_website.pdf)) accessed 4 April 2019.
- Scarpelli, M. D. A., Ribeiro, M. C., Teixeira, F. Z., Young, R. J., & Teixeira, C. P. (2020). Gaps in terrestrial soundscape research: It's time to focus on tropical wildlife. *Science of The Total Environment*, 707, 135403. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135403>
- Schafer, R.M. (1977). *Tuning of the world*, Alfred Knopf, NY
- Schafer, R.M. *The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World*; Simon and Schuster: New York, NY, USA, 1993; ISBN 978-1-59477-668-7.
- Schafer, R.M. *The Tuning of the World*; Knopf, 1977; ISBN 978-0-394-40966-5.
- Schafer, R.M. *The Tuning of the World*; Knopf: New York, NY, USA , 1977; ISBN 978-0-394-40966-5.
- Schafer, R.M., 1977. *The Tuning of the World*. Knopf
- Schafer, R.M., 1977b. *The Tuning of the World*. Knopf.
- Schulte-Fortkamp, B. (2010). Safety in urban areas - A concept for the exploration of public spaces. Paper presented at the *39th International Congress on Noise Control Engineering 2010, INTER-NOISE 2010*, , 2 1056-1059.
- Schulte-Fortkamp, B. (2010). Safety in urban areas - A concept for the exploration of public spaces. Paper presented at the *39th International Congress on Noise Control Engineering 2010, INTER-NOISE 2010*, , 2 1056-1059.
- Schulte-Fortkamp, B., Jordan, P. (2016), When soundscape meets architecture, *Noise Map*, 3:216–231

Schulte-Fortkamp, B., Jordan, P. (2016), When soundscape meets architecture, *Noise Map*, 3:216–231

Schulte-Fortkamp, B.; Fiebig, A. (2017). Going beyond Noise in Urban Planning—Human Perception Will Be the Trusted Guide. *J. Acoust. Soc. Am.*, 142, doi:10.1121/1.5014737.

Schulte-Fortkamp, B.; Fiebig, A. (2017). Going beyond Noise in Urban Planning—Human Perception Will Be the Trusted Guide. *J. Acoust. Soc. Am.*, 142, doi:10.1121/1.5014737.

Schulte-Fortkamp, B.; Fiebig, A. Going beyond Noise in Urban Planning—Human Perception Will Be the Trusted Guide. *J. Acoust. Soc. Am.* 2017, 142, doi:10.1121/1.5014737.

Schulte-Fortkamp, B.; Fiebig, A. Going beyond Noise in Urban Planning—Human Perception Will Be the Trusted Guide. *J. Acoust. Soc. Am.* 2017, 142, doi:10.1121/1.5014737.

Seddon, N. (2005). Ecological adaptation and species recognition drives vocal evolution in neotropical suboscine birds. *Evolution*, 59(1), 200–215. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2005.tb00906.x>

Sheng, Z., Pfersich, S., Eldridge, A., Zhou, J., Tian, D., Leung, V. C. M., (2019). Wireless acoustic sensor networks and edge computing for rapid acoustic monitoring. *Journal of Automatica Sinica*, 6( 1), pp. 64-74, doi: 10.1109/JAS.2019.1911324.

Sheppard, S. (1999). Hedonic analysis of housing markets, *Handbook of Regional and Urban Economics*, 3, 1595-1635

Simon Carlile, Auditory Perception: Attentive Solution to the Cocktail Party Problem, *Current Biology*, Volume 25, Issue 17, 31 August 2015, Pages R757-R759, ISSN 0960-9822, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.064>.

Simpson, P. & Ash. J. (2020). Phenomenology and Phenomenological Geography. *International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition)*, Editor(s): Audrey Kobayashi, Elsevier, pp. 79-84, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10678-X>.

Simpson, P. (2009). ‘Failing on Deaf Ears’: A Postphenomenology of Sonorous Presence. *Environ. Plan. Econ. Space*, 41, 2556–2575, doi:10.1068/a41247.

Simpson, P. ‘Failing on Deaf Ears’: A Postphenomenology of Sonorous Presence. *Environ. Plan. Econ. Space* 2009, 41, 2556–2575, doi:10.1068/a41247.

Siraj S., Mikhailovc L., Keaned J. A. (2015), PriEsT: An Interactive Decision Support Tool to Estimate Priorities from Pairwise Comparison Judgments, *International Transactions in Operational Research*, 22, 217–235

Širović, A., Hildebrand, J.A. (2011). Using passive acoustics to model blue whale habitat off the Western Antarctic Peninsula. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 58, (13–16), pp. 1719-1728, <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2010.08.019>.

Skellek RA, Cullen Jr. JK, Fallon M, and Bobbin RP. Conditioning the auditory system with continuous vs. interrupted noise of equal acoustic energy: Is either exposure more protective? *Hear Res* 116: 21–32, 1998.

Slabbekoorn H. and Peet M. (2003). *Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise. Nature*, 424 (6946), 267–267. doi:10.1038/424267a

Slabbekoorn H. and Ripmeester E.A.P, 2008, Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation, doi: 10.1111/j.1365-294X.2007.03487.x

Slabbekoorn, H. (2013). Songs of the city: noise-dependent spectral plasticity in the acoustic phenotype of urban birds. *Animal Behaviour*, 85(5), pp. 1089-1099, <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.01.021>.

Slabbekoorn, H. and den Boer-Visser, A., 2006. Cities Change the Songs of Birds. *Current Biology*, 16 (23), 2326–2331.

Slabbekoorn, H. and Peet, M., 2003. *Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise. Nature*, 424 (6946), 267–267.

Slabbekoorn, H. and Ripmeester, E.A., 2008. Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular Ecology*, 17 (1), 72–83.

Snäll, T. et al. (2014). Evaluating temporal variation in citizen science data against temporal variation in the environment. *Ecography* 37, 293–300

Sørensen, M., Hvidberg, M., Andersen, Z.J. (2011). Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *Eur Heart J.*, 32 pp. 737–744

Spanò, M., Gentile, F., Davies, C. and Laforteza, R. (2017). The DPSIR framework in support of green infrastructure planning: A case study in Southern Italy. *Land Use Policy*. 61, pp.242-250.

Spanò, M., Gentile, F., Davies, C. and Laforteza, R. (2017). The DPSIR framework in support of green infrastructure planning: A case study in Southern Italy. *Land Use Policy*. 61, pp.242-250.

Spoendlin H and Schrott A. Analysis of the human auditory nerve. *Hear Res* 43: 25–38, 1989.

Stocker, M. (2013), *Hear We Are, Sound Ecology and Sense of Place*, Springer New York



Stocker, M. (2013), *Hear We Are, Sound Ecology and Sense of Place*, Springer New York

Stockfelt, T. (1991). Sound as an existential necessity. *Journal of Sound and Vibration*, 151(3), pp. 367-370, [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(91\)90533-P](https://doi.org/10.1016/0022-460X(91)90533-P).

Stowe, L.M. and Golob, E.J., 2013. Evidence that the Lombard effect is frequency-specific in humans. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134 (1), 640.

Stratoudakis, C.; Papadimitriou, K.A. Dynamic Interface for the Audio-Visual Reconstruction of Soundscape, Based on the Mapping of its Properties. In *Proceedings of the 4th International Sound and Music Computing Conference SMC07, Lefkada, Greece, 11–13 July [M3] [A4] 2007*

Sue Anne Zollinger, Henrik Brumm, Why birds sing loud songs and why they sometimes don't, *Animal Behaviour*, Volume 105, July 2015, Pages 289-295, ISSN 0003-3472, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.03.030>.

Sueur J., Aubin T., Simonis C. (2008), Seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*, 18: 213-226

Sueur J., Farina A.(2015), *Ecoacoustics: the Ecological Investigation and Interpretation of Environmental Sound*. *Biosemiotics*, 1–10.

Sueur J., Farina A., Gasc A., Pieretti N., Pavoine S. (2014), Acoustic Indices for Biodiversity Assessment and Landscape Investigation, *Acta Acustica United With Acustica*, (100): 772 – 781.

Sueur, J. et al., 2014, Acoustic Indices for Biodiversity Assessment and Landscape Investigation. *Acta Acustica united with Acustica*, 100(4), pp.772–781.

Sueur, J., Aubin, T. & Simonis, C., 2008, Seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*, 18(2), pp.213–226.

Sueur, J., Aubin, T., & Simonis, C. (2008). Seewave, a Free Modular Tool for Sound Analysis and Synthesis. *Bioacoustics*, 18(2), 213–226.

Sueur, J., Farina, A., Gasc, A., Pieretti, N., Pavoine, S.(2014). Acoustic Indices for Biodiversity Assessment and Landscape Investigation. *ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA*, 100, pp. 772 – 781

Sueur, J.; Aubin, T.; Simonis, C. Seewave, a Free Modular Tool for Sound Analysis and Synthesis. *Bioacoustics* 2008, 18, 213–226, doi:10.1080/09524622.2008.9753600.

Suter, A.H. (2002). Construction Noise: Exposure, Effects, and the Potential for Remediation; A Review and Analysis. *AIHA Journal*, 63(6), pp. 768-789, DOI: 10.1080/15428110208984768

*Suthanaya, P.A. (2015). Modelling Road Traffic Noise for Collector Road (Case Study of Denpasar City). Procedia Engineering, 125, pp. 467-473*

Tauginienė, L., Butkevičienė, E., Vohland, K. et al. (2020). Citizen science in the social sciences and humanities: the power of interdisciplinarity, *Palgrave Commun*, 6(89), <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0471-y>

Tauginienė, L., Butkevičienė, E., Vohland, K. et al. (2020). Citizen science in the social sciences and humanities: the power of interdisciplinarity. *Palgrave Commun*, 6(89), <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0471-y>

Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K. and Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), pp.571–573.

*Tie, T.S., Mo, K.H., Putra, A., Loo, S.C., Alengaram, U.J., Ling, T-C. (2020). Sound absorption performance of modified concrete: A review. Journal of Building Engineering, 30(101219), https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101219.*

*Tobler, W. R. 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography, 46: 234–40.*

Toh, W.L., Thomas, N., Hollander, Y., Rossell, S. L. (2020). On the phenomenology of auditory verbal hallucinations in affective and non-affective psychosis, *Psychiatry Research*, 290, (113147), <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113147>.

Tong, H.; Kang, J. Relationships between Noise Complaints and Socio-Economic Factors in England. *Sustain. Cities Soc.* 2021, 65, doi:10.1016/j.scs.2020.102573.

Torresin, S.; Albatici, R.; Aletta, F.; Babich, F.; Oberman, T.; Kang, J. Acoustic Design Criteria in Naturally Ventilated Residential Buildings: New Research Perspectives by Applying the Indoor Soundscape Approach. *Appl. Sci. Switz.* 2019, 9, doi:10.3390/app9245401.

Torresin, S.; Albatici, R.; Aletta, F.; Babich, F.; Oberman, T.; Kang, J. Acoustic Design Criteria in Naturally Ventilated Residential Buildings: New Research Perspectives by Applying the Indoor Soundscape Approach. *Appl. Sci. Switz.* 2019, 9, doi:10.3390/app9245401.

Towsey, M., Parsons, S. & Sueur, J., 2014, Ecology and acoustics at a large scale. *Ecological Informatics*, 21, pp.1–3.

Towsey, M., Wimmer, J., 2014, The use of acoustic indices to determine avian species richness in audio-recordings of the environment. *Ecological Informatics*, 21, pp.110–119

Towsey, M., Wimmer, J., 2014, The use of acoustic indices to determine avian species richness in audio-recordings of the environment. *Ecological Informatics*, 21, pp.110–119.

Tratalos J., Fuller R. A., Warren P.H., Davies R.G., Gaston K.J. (2007), "Urban form, biodiversity potential and ecosystem services", *Landscape and Urban Planning*, vol. 83, no. 4, pp. 308-317

Trimble, M.J. & van Aarde, R.J. (2012). Geographical and taxonomic biases in research on biodiversity in human-modified landscapes. *ECOSPHERE*, 3(12), pp. 1-16, <https://doi.org/10.1890/ES12-00299.1>

Truax, B. (1978). *Handbook for Acoustic Ecology*. Retrieved 1 March 2016, from <http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/>

Truax, B. *Acoustic Communication*; Greenwood Publishing Group: Westport, CT, USA, 2001; ISBN 978-1-56750-536-8.

Tsaligopoulos A., Triantafylloy E. Economou C., Biskos G., Matsinos Y., (2014). Could Environmental Noise Contribute to the Assessment of Atmospheric Pollution in an Urban Setting? The Case of Mytilene, 7th Ecology Convention (Ecology: linking systems, scales and research fields), 9 – 12 October 2014, Mytilene, Lesvos, Greece.

Tsaligopoulos, A., Economou, C., & Matsinos, Y. G. (2018). *Identification, Prioritization, and Assessment of Urban Quiet Areas* [Chapter]. *Handbook of Research on Perception-Driven Approaches to Urban Assessment and Design*; IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3637-6.ch007>

Tsaligopoulos, A., Karapostoli, A., Radicchi, A., Economou, C., Kyvelou, S., & Matsinos, Y. G. (2019). Ecological connectivity of urban quiet areas: The case of Mytilene, Greece. *Cities & Health*, 5(1–2), 20–32. <https://doi.org/10.1080/23748834.2019.1599093>

Tsaligopoulos, A.; Economou, C.; Matsinos, Y.G. (2018). *Identification, Prioritization, and Assessment of Urban Quiet Areas* Available online: [www.igi-global.com/chapter/identification-prioritization-and-assessment-of-urban-quiet-areas/198160](http://www.igi-global.com/chapter/identification-prioritization-and-assessment-of-urban-quiet-areas/198160) (accessed on 25 February 2021).

Tsaligopoulos, A.; Economou, C.; Matsinos, Y.G. *Identification, Prioritization, and Assessment of Urban Quiet Areas*. Available online: [www.igi-global.com/chapter/identification-prioritization-and-assessment-of-urban-quiet-areas/198160](http://www.igi-global.com/chapter/identification-prioritization-and-assessment-of-urban-quiet-areas/198160) (accessed on 25 February 2021).

Tsaligopoulos, A.; Karapostoli, A.; Radicchi, A.; Economou, C.; Kyvelou, S.; Matsinos, Y.G. (2019). Ecological Connectivity of Urban Quiet Areas: The Case of Mytilene, Greece. *Cities Health* 5, 20–32, doi:10.1080/23748834.2019.1599093.

Tscherning, K., Helming, K., Krippner, B., Sieber, S. and Paloma S.G. (2012). Does research applying the DPSIR framework support decision making?. *Land Use Policy*. 29(1), pp.102-110.

- Turgut, H. Istanbul: The City as an Urban Palimpsest. *Cities* 2021, 112, 103131, doi:10.1016/j.cities.2021.103131.
- Turner, M.G., Gardner, R.H., O'Neill, R.V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process*. Springer-Verlag, New York, U.S.A.
- US EPA, O. (2015, June 3). Clean Air Act Title IV - Noise Pollution [Collections and Lists]. US EPA. <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-title-iv-noise-pollution>
- van Kempen, E., & Babisch, W. (2012). The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis. *Journal of hypertension*, 30(6), 1075–1086. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e328352ac54>
- van Kempen, E., Devilee, J., Swart, W., & van Kamp, I. (2014). Characterizing urban areas with good sound quality: Development of a research protocol. *Noise & Health*, 16(73), 380-387.
- Velluti, R. A. (2018). *The auditory system in sleep*. London, United Kingdom: Academic Press, an imprint of Elsevier.
- Verbeek, T. Unequal Residential Exposure to Air Pollution and Noise: A Geospatial Environmental Justice Analysis for Ghent, Belgium. *SSM - Popul. Health* 2019, 7, 100340, doi:10.1016/j.ssmph.2018.100340.
- Vergnes, A., Le Saux, E. and Clergeau P. (2014). Preliminary data on low aerial plankton in a large city center, Paris. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22, pp.36-40.
- Verzijden, M.N., Ripmeester, E.A.P., Ohms, V.R., Snelderwaard, P. & Slabbekoorn, H., 2010, Immediate spectral flexibility in singing chiffchaffs during experimental exposure to highway noise, doi: 10.1242/jeb.038299
- Vienneau, D., Schindler, C., Perez, L., Probst-Hensch, N., Roosli, M. (2015). The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Res.* 138, pp. 372–380
- Villanueva-Rivera, L. J., Pijanowski B. C. (2015), soundecology: Soundscape ecology, R package version 1.2., <http://CRAN.R-project.org/package=soundecology>
- Villanueva-Rivera, L. J., Pijanowski, B. C., Doucette, J., & Pekin, B. (2011). A primer of acoustic analysis for landscape ecologists. *Landscape Ecology*, 26(9), 1233–1246. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9636-9>
- Vogiatzis, K. (2011). Strategic environmental noise mapping & action plans in Athens ring road (Atiiki Odos)—Greece. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 7(10), 315–324. Scopus.

Vogiatzis, K. (2013). Strategic noise mapping in Greece & Cyprus—Some considerations regarding delays and particularities in south European countries from the implementation of the directive 2002/49/EC. 4, 2696–2703. Scopus.

Vogiatzis, K., & Rémy, N. (2018). Changing the urban sound environment in Greece: A guide based on selected case studies of strategic noise maps (Snm) and noise action plans (nap) in medium and large urban areas. *Environments - MDPI*, 5(6), 1–19. Scopus. <https://doi.org/10.3390/environments5060064>

Vogiatzis, Konstantinos. (2014). Assessment of environmental noise due to aircraft operation at the Athens International Airport according to the 2002/49/EC Directive and the new Greek national legislation. *Applied Acoustics*, 84, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.02.019>

Votsi, N.-E. P., Drakou, E. G., Mazaris, A. D., Kallimanis, A. S., & Pantis, J. D. (2012). Distance-based assessment of open country Quiet Areas in Greece. *Landscape and Urban Planning*, 104(2), 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.004>

Votsi, N.-E.P.; Kallimanis, A.S.; Mazaris, A.D.; Pantis, J.D. Integrating Environmental Policies towards a Network of Protected and Quiet Areas. *Environ. Conserv.* 2014, 41, 321–329, doi:10.1017/S0376892913000362.

Wadud, Z. (2013). Using meta-regression to determine Noise Depreciation Indices for Asian airports, *Asian Geographer*, 30 (2), 127-141

Wang, B. & Kang, J. (2011). Effects of urban morphology on the traffic noise distribution through noise mapping: A comparative study between UK and China. *Applied Acoustics*. 72(8), pp. 556-568, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.01.011>.

Warren, P.S., Katti, M., Ermann, M., and Brazel, A., 2006. Urban bioacoustics: it's not just noise. *Animal Behaviour*, 71 (3), 491–502.

Waser, P.M. and Brown, C.H. (1986), Habitat acoustics and primate communication. *Am. J. Primatol.*, 10: 135-154. doi:10.1002/ajp.1350100205

Wassenaar, A., Schouten, J., Schoonhoven, L. (2014). Factors promoting intensive care patients' perception of feeling safe: A systematic review. *International Journal of Nursing Studies*, 51(2), pp. 261-273, <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2013.07.003>.

Weber E. U. (2006), Experience-Based and Description-Based Perceptions of Long-Term Risk: Why Global Warming does not Scare us (Yet), *Climatic Change*, vol. 77, no. 1-2, pp. 103-120

Wesołowski, T., Mitrus, C., Czeszczewik, D., Rowiński, P. (2010). Breeding Bird Dynamics in a Primeval Temperate Forest Over Thirty-Five Years: Variation and

Stability in the Changing World. *Acta Ornithologica*, 45(2), pp. 209-232, <https://doi.org/10.3161/000164510X551354>

West Street Story. Retrieved October 21, 2020, from <http://www.illustriouscompany.co.uk/performance/west-street-story>

West, P. Translations, Palimpsests, and Politics. *Environmental Anthropology Now. Ethnos* 2020, 85, 118–123, doi:10.1080/00141844.2017.1394347.

Weziak-Białowolska, D. (2016). Quality of life in cities - empirical evidence in comparative european perspective. *Cities*, 58, 87-96. doi:10.1016/j.cities.2016.05.016

Whitelaw, G., Vaughan, H., Craig, B., & Atkinson, D. (2003). Establishing the Canadian Community Monitoring Network. *Environmental Monitoring and Assessment*, 88(1–3), 409–418.

Whitford V., Ennos A.R., Handley J.F. (2001), “City form and natural process”—indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK, *Landscape and Urban Planning*, vol. 57, no. 2, pp. 91-103

WHO, Guidelines for Community Noise, Geneva, 1999, <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>, Last accessed in 2/4/2018

Wilby R.L.(2006),” Climate change, biodiversity and the urban environment: a critical review based on London, UK”, *Progress in Physical Geography*, vol. 30, no. 1, pp. 73-98

Wiley, R.H., Richards, D.G. (1982). Adaptations for acoustic communication in birds: sound transmission and signal detection. D. Kroodsma, E.H. Miller, H. Ouellet (Eds.), *Acoustic Communication in Birds*, Academic Press, New York, pp. 131-181

Wilkins, M.R., Seddon, N., Safran, R.J. (2013). Evolutionary divergence in acoustic signals: causes and consequences, *Trends in Ecology & Evolution*, 28(3), pp. 156-166, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.002>.

Williams, H. (2004). Birdsong and singing behavior. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1016(2004), 1–30. <https://doi.org/10.1196/annals.1298.029>

Williams, N.S.G., Lundholm, J. and MacIvor, J.S. (2014). Do green roofs help urban biodiversity conservation?. *Journal of Applied Ecology*, 51, pp.1643–1649.

Wolfe, J.P., Kramer, J.L., Barrett, S.R.H. (2017). Current and future noise impacts of the UK hub airport, *Journal of Air Transport Management*, 58, 91-99

Wolfe, J.P., Malina, R., Barrett, S.R.H., Waitz, I. (2016). Costs and benefits of US aviation noise land-use policies, *Transportation Research Part D*, 44, 147–156

Wood, C.M.; Popescu, V.D.; Klinck, H.; Keane, J.J.; Gutiérrez, R.J.; Sawyer, S.C.; Peery, M.Z. (2019). Detecting small changes in populations at landscape scales: A bioacoustic site-occupancy framework. *Ecol. Indic.*, 98, 492–507.

World Health Organisation (WHO). (2000). *Guidelines for Community Noise*. Switzerland, Geneva: World Health Organisation.

World Health Organization (WHO). (2018). *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and quality of life, well-being and mental health*. Copenhagen, Denmark: ©World Health Organization 2018.

World Health Organization (WHO). (2018). *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and quality of life, well-being and mental health*. Copenhagen, Denmark: ©World Health Organization 2018.

Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 125, 209–221. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>

Wu, J. (Jingle). (2008). Making the Case for Landscape Ecology An Effective Approach to Urban Sustainability. *Landscape Journal*, 27(1), 41–50. <https://doi.org/10.3368/lj.27.1.41>

Xiao, J. & Hilton, A. (2019). An Investigation of Soundscape Factors Influencing Perceptions of Square Dancing in Urban Streets: A Case Study in a County Level City in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16(5), 840; <https://doi.org/10.3390/ijerph16050840>

Xu, X., Cai, J., Yu, N., Yang, Y., & Li, X. (2020). Effect of loudness and spectral centroid on the music masking of low frequency noise from road traffic. *Applied Acoustics*, 166, 107343. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107343>

Yong Jeon, J., Young Hong, J., & Jik Lee, P. (2013). Soundwalk approach to identify urban soundscapes individually. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), 803–812.

Yong Jeon, J., Young Hong, J., & Jik Lee, P. (2013). Soundwalk approach to identify urban soundscapes individually. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), 803–812.

Yu, D., Xun, B., Shi, P., Shao, H. and Liu, Y.(2012). Ecological restoration planning based on connectivity in an urban area. *Ecological Engineering*, 46, pp.24-33.

Zare Sakhvidi, M., Zare Sakhvidi, F., Mehrparvar, A., Foraster, M., & Dadvand, P. (2018, Οκτώβριος 1). Association between noise exposure and diabetes: A systematic

review and meta-analysis. *Environmental Research*, 166, σσ. 647-657.  
doi:10.1016/j.envres.2018.05.011

Zeileis, A., & Kleiber, C. (2014). *ineq: Measuring Inequality, Concentration, and Poverty* (Version 0.2-13). Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/ineq/index.html>

Zhang, S., Ramírez, F.M. (2019). Assessing and mapping ecosystem services to support urban green infrastructure: The case of Barcelona, Spain. *Cities*, 92, pp. 59-70, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.03.016>.

Zhang, Y., Ou, D., & Kang, S. (2021). The effects of masking sound and signal-to-noise ratio on work performance in chinese open-plan offices. *Applied Acoustics*, 172  
doi:10.1016/j.apacoust.2020.107657

Zhang, Y. (2014). Analysis of the Supervision of Ecological Subsidies: Based on the Principal-agent Model. *Environmental Engineering Research*, 19(4), pp. 369-373, DOI: <https://doi.org/10.4491/eer.2014.058>

Zhao, J., Xu, W., & Ye, L. (2018). Effects of auditory-visual combinations on perceived restorative potential of urban green space. *Applied Acoustics*, 141, 169-177.  
doi:10.1016/j.apacoust.2018.07.001

*Zhu, D. Cheng, X., Zhang, F., Yao, X., Gao, Y., Liu Y. (2019) Spatial interpolation using conditional generative adversarial neural networks, International Journal of Geographical Information Science, DOI: 10.1080/13658816.2019.1599122*

Zollinger, S.A. and Brumm, H., 2015. Why birds sing loud songs and why they sometimes don't. *Animal Behaviour*, 105, 289–295.

Zwemer, J., Lenhart, A., Kim, W., Siddiqui, K.M., and Siegel, E.L., 2009. Effect of Ambient Sound Masking on the Accuracy of Computerized Speech Recognition 1. *Radiology*, 252 (3), 691–695.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2005). Περιβαλλοντικός θόρυβος: η Επιτροπή κινεί νομική διαδικασία εναντίον ένδεκα κρατών μελών [Text]. European Commission - European Commission. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP\\_05\\_894](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP_05_894)



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ: 32764/734/80 (ΦΕΚ 1093/Β/28-10-1980)

«Περί τροποποιήσεως και συμπληρώσεως της με αριθ. 1220/13/79 κοινής Υπουργικής αποφάσεως «περί καθορισμού επιτρεπόμενων ορίων θορύβου, προκαλούμενου υπό των αυτοκινήτων οχημάτων, μοτοσυκλεττών και μοτοποδηλάτων και τρόπου μετρήσεως αυτού.»

### Άρθρο 1

Η παρ. 2 του άρθρου 2, της υπ' αριθ. 1220/13/79 κοινής Υπουργικής αποφάσεως συμπληρώνεται ως ακολούθως:

#### 2. Άδεια κυκλοφορίας.

Για κάθε εγκριθέντα ως άνω τύπο οχήματος θα εκτελείται και μέτρηση του θορύβου που εκπέμπει, σύμφωνα με την «εν στάσει» μέθοδο. Το αποτέλεσμα της μετρήσεως αυτής, αυξημένο κατά 5 dB(A), καθώς και οι στροφές του κινητήρα, στις οποίες έγινε η μέτρηση, θα αναγράφονται στην άδεια κυκλοφορίας κάθε οχήματος του ίδιου τύπου.

### Άρθρο 2

Ο Πίνακας 1, του άρθρου 3, της ανωτέρω Κοινής Υπουργικής Αποφάσεως, αντικαθίστανται ως ακολούθως:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Επιτρεπόμενα ανώτατα όρια στάθμης θορύβου αυτοκινήτων οχημάτων.

Κατηγορία οχήματος	Επιτρεπόμενη Στάθμη θορύβου «εν κινήσει» σε dB(A)	
	Ισχύουσα μέχρι 30.9.1982	Ισχύουσα από 1.10.1982
Αυτοκίνητα επιβατηγά.....	82	80
Φορτηγά ή λεωφορεία των οποίων το μέγιστο	84	81

επιτρεπόμενο βάρος δεν υπερβαίνει τα 3.500 χιλιόγραμμα.....		
Λεωφορεία των οποίων το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος υπερβαίνει τα 3.500 χιλιόγραμμα .....	89	82
Φορτηγά των οποίων το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος υπερβαίνει τα 3.500 χιλιόγραμμα.....	89	86
Λεωφορεία με κινητήρα ισχύος ίσης ή μεγαλύτερης από 200 HP DN.....	91	85
Φορτηγά με κινητήρα ισχύος ίσης ή μεγαλύτερης από 200 HP DN των οποίων το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος υπερβαίνει τα 1.200 χιλιόγραμμα.....	91	88

### Άρθρο 3

Ο Πίνακας 2, του άρθρου 3, της ανωτέρω Κοινής Υπουργικής Αποφάσεως, αντικαθίσταται ως ακολούθως:

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Επιτρεπόμενα ανώτατα όρια στάθμης θορύβου μοτοσυκλετών και μοτοποδηλάτων.

Κατηγορία οχήματος	Κυβισμός Κινητήρος σε κυβικά εκατοστά (κ.εκ.)		Επιτρεπόμενη Στάθμη θορύβου «εν κινήσει» σε dB(A)	
			Ισχύουσα μέχρι 13-06-1981	Ισχύουσα από 14-06-1981
Μοτοποδήλατο		Μέχρι και 50κ.εκ	80	78
Μοτοσυκλέττα		» » 80κ.εκ	82	78
»	Πάνω από 80κ.εκ	» » 125κ.εκ	82	80
»	» » 125κ.εκ	» » 300κ.εκ	84	83
»	» » 350κ.εκ	» » 500κ.εκ	85	85
»	» » 500κ.εκ		86	86
Τρίτροχο μοτοποδήλατο		Μέχρι και 50κ.εκ	86	86
Τρίτροχη μοτοσυκλέττα	Πάνω από 50κ.εκ		86	86

### Άρθρον 4

Το τελευταίο εδάφιο, της παραγράφου 2.4.2., του άρθρου 4, της ανωτέρω Κοινής Υπουργικής Αποφάσεως, αντικαθίσταται ως ακολούθως:

Κατά τη μέτρηση η κίνηση του οχήματος θα γίνεται στη δεύτερη σχέση μεταδόσεως, όταν το όχημα δεν έχει περισσότερες από τέσσερις σχέσεις μεταδόσεως. Για οχήματα με περισσότερες από τέσσερις σχέσεις μεταδόσεως, πρέπει να χρησιμοποιείται:

- α) η τρίτη σχέση όταν το όχημα είναι κυβισμού μικροτέρου ή ίσου από 350 κ.εκ. ή
- β) η δεύτερη σχέση όταν το όχημα είναι κυβισμού μεγαλύτερου από 350 κ.εκ.

Εάν το όχημα έχει αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων με επιλογέα, αυτός πρέπει να τοποθετείται στην αμέσως κατώτερη θέση από αυτή που αντιστοιχεί στη μέγιστη ταχύτητα του οχήματος.

### Άρθρον 5

Η παράγραφος 2, του άρθρου 8, της ανωτέρω Κοινής Υπουργικής Αποφάσεως, αντικαθίσταται ως ακολούθως:

2. Τα επιτρεπόμενα ανώτατα όρια στάθμης θορύβου, μετρούμενα σύμφωνα με την «εν στάσει» μέθοδο, για τα οχήματα τα κυκλοφορούντα πριν από την ισχύ της παρούσης αποφάσεως, καθώς και για τα τιθέμενα το πρώτον σε κυκλοφορία ως μεταχειρισμένα, καθορίζονται ως ακολούθως, μέχρις ότου τα οχήματα αυτά αποσυρθούν από την κυκλοφορία:

- α) 105 dB(A) για επιβατηγά αυτοκίνητα, δίτροχα μοτοποδήλατα και δίτροχες μοτοσυκλέτες, και

β) 110 dB(A) για φορτηγά αυτοκίνητα, λεωφορεία, τρίτροχα μοτοποδήλατα και τρίτροχες μοτοσυκλέτες.

### **ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 1180 (ΦΕΚ 293/Α/6-10-1981)**

«Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και τη εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει.»

#### Άρθρο 1 Ορισμοί:

«Ρύπανση»: Η άμεση ή έμμεση εκπομπή στο περιβάλλον, ουσιών, θορύβου ή άλλων μορφών ενέργειας σε τέτοια ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορεί να προκαλέσει βλάβη στην υγεία των ανθρώπων, ή υλικές ζημιές ή να επιδράσει δυσμενώς επί των ζώντων οργανισμών ή των οικοσυστημάτων και να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις κατά προορισμό επωφελείς χρήσεις.

«Επιτρεπόμενο όριο Εκπομπής»: το καθοριζόμενο κατά τις διατάξεις του παρόντος ανώτατο επιτρεπόμενο ποσό εκπομπής ρυπαινούσης ουσίας, θορύβου ή άλλης μορφής ενέργειας

#### Άρθρο 2

Σύμφωνα με το άρθρο το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου που εκπέμπεται στο περιβάλλον από εγκαταστάσεις καθορίζεται στον Πίνακα 1 που υπάρχει στην απόφαση, μετρούμενο επί του ορίου του ακινήτου επί του οποίου κείται η εγκατάσταση. Για τις εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε επαφή με κατοικημένα κτίσματα, το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου καθορίζεται στα 45 Dba, ανεξάρτητα από την περιοχή που βρίσκεται η εγκατάσταση και μετρούμενο εντός της κατοικήσιμης εντός με ανοικτές πόρτες και παράθυρα.

### **Θόρυβος από σταθερές μηχανολογικές εγκαταστάσεις**

#### **Περιοχή και Ανώτατο Όριο Θορύβου**

1. Νομοθετημένες Βιομηχανικές Περιοχές → **70dB(A)**
2. Περιοχές εις τις οποίες επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο → **65dB(A)**
3. Περιοχές στις οποίες επικρατεί εξίσου βιομηχανικό και αστικό στοιχείο → **55dB(A)**
4. Περιοχές στις οποίες επικρατεί το αστικό στοιχείο → **50dB(A)**

## **Νόμος 1650/86 (ΦΕΚ 160/Α/18-10-1986)**

«Νόμος για την Προστασία του Περιβάλλοντος»

Άρθρο 14 Προστασία από το θόρυβο

1. Με Προεδρικό διάταγμα, που εκδίδεται ύστερα από πρόταση των Υπουργών Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, καθορίζονται οι οριακές τιμές στάθμης θορύβου και δονήσεων στους χώρους κατοικίας ή συνάθροισης κοινού και τα όρια φόρτου θορύβου σε αντιθορυβικές ζώνες με κριτήριο τον περιορισμό της ενόχλησης και κατ' επέκταση την προστασία της υγείας, καθώς και οι τρόποι μέτρησής τους.

2. Με Κοινή απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού καθορίζονται περιορισμοί στην παραγωγή, εισαγωγή, εμπορία και χρήση κάθε είδους οχημάτων, μηχανημάτων ή οργάνων που κατά τη λειτουργία τους προκαλούν ηχητική ενόχληση ή που έχουν προορισμό την παραγωγή του ήχου. Με τις αποφάσεις αυτές μπορεί να ορίζονται ιδίως οι οριακές τιμές στάθμης θορύβου και δονήσεων, οι τρόποι μέτρησής τους, η διαδικασία έγκρισης, οι όροι ή και η πλήρης απαγόρευση παραγωγής, εισαγωγής, εμπορίας και χρήσης ή λειτουργίας.

Με όμοια απόφαση μπορεί να εξαιρούνται από τις ρυθμίσεις της απόφασης του προηγούμενου εδαφίου οχήματα, μηχανήματα ή όργανα για την εκτέλεση μεγάλων ή ειδικών έργων.

Τέλος, με όμοια απόφαση λαμβάνονται μέτρα καταπολέμησης του θορύβου ή των δονήσεων και από τα οχήματα και μηχανήματα που έχουν ήδη εισαχθεί ή κατασκευασθεί στην Ελλάδα και λειτουργούν κατά το χρόνο επιβολής των περιορισμών.

3. Με Κοινή απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και του Υπουργού Εμπορίου μπορεί να επιβάλλονται προδιαγραφές ποιότητας για την παραγωγή, εισαγωγή και εμπορία υλικών και εξαρτημάτων που προορίζονται για την καταπολέμηση του θορύβου ή των δονήσεων και να απαγορευθεί η κυκλοφορία τους, αν δεν τηρούνται οι παραπάνω προδιαγραφές.

4. Έργα και δραστηριότητες που προκαλούν θόρυβο είναι ιδίως: βιομηχανικές και βιοτεχνικές, λατομικές ή μεταλλευτικές δραστηριότητες, εργοτάξια, εργαστήρια, κάθε είδους μηχανολογικές εγκαταστάσεις, αθλητικοί χώροι, κέντρα διασκέδασης, θέατρα, κινηματογράφοι και χώροι ψυχαγωγίας. Τα υφιστάμενα ή νέα έργα και οι δραστηριότητες της παραγράφου αυτής κατατάσσονται σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3.

5. Με κοινή απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού μπορεί να επιβάλλονται περιορισμοί και μέτρα προστασίας στα έργα και στις δραστηριότητες της προηγούμενης παραγράφου, που περιλαμβάνουν ιδίως: οριακή τιμή στάθμης θορύβου στο περιβάλλον που επηρεάζεται από τα έργα ή στις δραστηριότητες, τρόπο μέτρησής του, τεχνικά μέτρα μείωσης ήχου και δονήσεων μεθόδους μέτρησης της απόδοσής τους, ωράρια λειτουργίας και εγκατάστασης οργάνων παρακολούθησης της στάθμης θορύβου και ελάχιστες αποστάσεις από κατοικίες ή χώρους συνάθροισης κοινού.

6. Με κοινή απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού, ύστερα από εισήγηση της τοπικής αυτοδιοίκησης ή της αρμόδιας υπηρεσίας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και γνώμη του νομαρχιακού συμβουλίου, είναι δυνατό να ορίζονται αντιθορυβικές ζώνες γύρω από υφιστάμενες ή νέες περιοχές βιομηχανικών εγκαταστάσεων, γύρω από υφιστάμενες ή νέες περιοχές βιομηχανικών εγκαταστάσεων, γύρω ή κατά μήκος χώρων όπου κινούνται μέσα μεταφοράς ιδίως δρόμων, λιανικών, αεροδρομίων, γύρω από αρχαιολογικούς χώρους ή ιστορικούς χώρους και τοπία ή γύρω από αρχαιολογικούς χώρους ή ιστορικούς χώρους και τοπία ή γύρω από χώρους κατοικίας, ανάπαυσης, νοσηλείας, εκπαίδευσης και πολιτιστικών εκδηλώσεων.

Η παραπάνω απόφαση καθορίζει επίσης τα γεωγραφικά όρια της ζώνης, τα αντιθορυβικά μέτρα που πρέπει να ληφθούν ώστε να τηρούνται οι επιτρεπόμενοι φόρτοι θορύβου όπως καθορίζονται με τα προεδρικά διατάγματα της παρ. 1, τους υπόχρεους εφαρμογής των μέτρων, κριτήρια χωροθέτησης νέων εγκαταστάσεων ή δραστηριοτήτων, όρους και προϋποθέσεις περαιτέρω ανάπτυξης άλλων δραστηριοτήτων μέσα στην αντιθορυβικής ζώνη και κάθε άλλη λεπτομέρεια που έχει σχέση με τον προορισμό της ζώνης.

Η απόφαση αυτή βασίζεται σε ειδική μελέτη, της οποίας οι προδιαγραφές καθορίζονται με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων. Η εκπόνηση της μελέτης γίνεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων ή άλλο φορέα του δημόσιου τομέα ή από τον οικείο οργανισμό τοπικής αυτοδιοίκησης.

## **ΠΟΛΥΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΔΙΑΤΑΓΜΑΤΑ (ΦΕΚ 61/Δ/28-1-1988)**

«Περί θορυβικών εγκαταστάσεων και λειτουργιών σε τουριστικές εγκαταστάσεις»

Άρθρο 8 Παρ.2

Θόρυβος

Α) Όλες οι θορυβώδεις εγκαταστάσεις και λειτουργίες (π.χ. εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, αντλιοστάσια, εξαεριστήρες) πρέπει να είναι ηχητικά άριστα μονωμένες και τοποθετημένη σε τόση απόσταση από τους χώρους ανάπαυσης των φιλοξενουμένων, ώστε η στάθμη θορύβου μέσα σε αυτούς τους χώρους (με ανοικτές

πόρτες και παράθυρα) ή στις σκηνές των κατασκηνώσεων παραθερισμού (κάμπινγκ) να μην ξεπερνά τα 35 DB(A).

Οι μετρήσεις που γίνονται μετά τη λειτουργία της ξενοδοχειακής – τουριστικής εγκατάστασης για την εξακρίβωση της τήρησης του παραπάνω ορίου της στάθμης του θορύβου πρέπει να παίρνουν υπόψη την επικρατούσα στην περιοχή στάθμη του θορύβου βάθους, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

Διαφορά σε DB(A) μεταξύ της μετρούμενης συνολικής στάθμης θορύβου και της στάθμης θορύβου βάθους	Αριθμός DB(A) πρέπει να αφαιρείται από τη μετρούμενη συνολική στάθμη θορύβου
>9	0
9-6	1
5-4	2
3	3
<3	Δεν πρέπει να γίνονται μετρήσεις

B) Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο της στάθμης θορύβου που εκπέμπεται στο περιβάλλον από τις τουριστικές εγκαταστάσεις, μετρούμενο στα όρια της ιδιοκτησίας της εγκατάστασης είναι 50 DB(A).

3. Οι παραπάνω όροι των παραγράφων 1 και 2 αποτελούν βασική προϋπόθεση για την χορήγηση της άδειας λειτουργίας της τουριστικής εγκατάστασης.

4. Εάν από άλλες διατάξεις απαιτούνται όροι επεξεργασίας και διάθεσης υγρών αποβλήτων ή καταστολής θορύβου αυστηρότεροι από τους παραπάνω, αυτοί υπερισχύουν.

#### **ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ Αριθ. 3046/304 (ΦΕΚ 59/Δ/3-2-1989)**

«Κτιριοδομικός Κανονισμός»

#### Άρθρο 12

Σύμφωνα με το άρθρο τα κτίρια πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύονται οι ένοικοι από κάθε μορφής θορύβους μέσα στα όρια της κατοικίας, της εργασίας ή της διαμονής τους όταν οι θόρυβοι προέρχονται από άλλους. Δηλαδή, να εξασφαλίζεται ακουστική άνεση λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα κτιριακής ηχομόνωσης και ηχοπροστασίας.

Αναφέρεται τι είναι ακουστική άνεση και από ποιες ηχητικές παραμέτρους που αφορούν την ηχομόνωση και την ηχοπροστασία του χώρου, καθορίζεται. Ακόμη, υπάρχουν οι κατηγορίες ακουστικής άνεσης στις οποίες θα υπάγονται όλα τα νέα κτίρια που θα κατασκευάζονται μετά την ισχύ τους παρόντος, και τα κριτήρια ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας που είναι οι οριακές τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης για κάθε είδος ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας. Στο άρθρο επισημαίνονται η ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης και ηχομόνωση από χώρους κοινής χρήσης του κτιρίου, η ηχομόνωση κατοικίας από άλλο χώρο κύριας χρήσης, η ηχοπροστασία από εξωτερικούς θορύβους, ηχοπροστασία από εγκαταστάσεις, η ηχομόνωση ανάμεσα στους χώρους της ίδιας κατοικίας, η ηχομόνωση χώρου κύριας χρήσης από χώρους εγκαταστάσεων, οι ελάχιστες απαιτήσεις ακουστικής άνεσης, η χρήση εργαστηρίων μέτρησης και πιστοποίησης και ο έλεγχος που γίνεται από τις αρμόδιες πολεοδομικές υπηρεσίες.

Τέλος, υπάρχουν 4 πίνακες με τις παραμέτρους ακουστικής άνεσης, τα κριτήρια ηχομόνωσης – ηχοπροστασίας κατηγορίας Α «υψηλή ακουστική άνεση» και Β «κανονική ακουστική άνεση» και τη σχέση μεταξύ  $R_w$  &  $R'_{w}$ .

#### Άρθρο 28

Σύμφωνα με το άρθρο πρέπει να υπάρχει ειδική πρόνοια για την απόσβεση ήχων και κραδασμών που προέρχονται από την λειτουργία μηχανημάτων και συσκευών της εγκατάστασης κλιματισμού.

#### ➤ ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ: 3046/304 (ΦΕΚ59/Δ/3-02-89)

«Κτιριοδομικός Κανονισμός»

Άρθρο 12 Ηχομόνωση- Ηχοπροστασία.

##### 1. Στόχος.

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.

##### 2. Παράμετροι ακουστικής άνεσης.

Η ακουστική άνεση ενός κτιρίου είναι η ικανότητά του να προστατεύει τους ενοίκους από εξωγενείς θορύβους και να παρέχει ακουστικό περιβάλλον κατάλληλο για διαμονή ή για διάφορες δραστηριότητες. Η ακουστική άνεση ενός χώρου καθορίζεται



από ένα σύνολο ηχητικών παραμέτρων, που αφορούν την ηχομόνωση και ηχοπροστασία του χώρου από:

- τον αερόφερτο ήχο, που παράγεται σε γειτονικούς χώρους.
- τον κτυπογενή ήχο, που παράγεται σε γειτονικούς χώρους.
- τον αερόφερτο ήχο, που παράγεται από κοινόχρηστες ή ιδιωτικές εγκαταστάσεις του ίδιου κτιρίου.
- τον αερόφερτο ήχο που παράγεται από εξωτερικές πηγές. Οι ορισμοί των παραμέτρων ακουστικής άνεσης  $R_w$ ,  $R'_w$ ,  $L'_{nw}$ ,  $L_{Aeqh}$ ,  $L_{pa}$  φαίνονται στον πίνακα 1 της παραγρ. 8 του παρόντος άρθρου.

3. Κατηγορίες ακουστικής άνεσης. Όλα τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται μετά την ισχύ του παρόντος υπάγονται σε μία από τις πιο κάτω «κατηγορίες ακουστικής άνεσης».

α. Κατηγορία Α. «υψηλή ακουστική άνεση».

Όταν πληρούνται όλα τα κριτήρια του πίνακα 2 της παρ. 8.

β. Κατηγορία β. «κανονική ακουστική άνεση».

Όταν πληρούνται όλα τα κριτήρια του πίνακα 3 της παραγράφου 8.

γ. Κατηγορία γ. «χαμηλή ακουστική άνεση».

Όταν δεν πληρούνται όλα τα κριτήρια του πίνακα 3.

4. Κριτήρια ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας.

Κριτήρια ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας είναι οι οριακές τιμές των παραμέτρων ακουστικής άνεσης για κάθε είδος ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας και κάθε κατηγορία ακουστικής άνεσης. Οι απαιτήσεις για όλα τα είδη των κτιρίων εκφράζονται με εννέα συνολικά κριτήρια που περιλαμβάνονται στους πίνακες 2 και 3.

Κατά τη σύνταξη μελετών, είναι δυνατόν να λαμβάνεται μεταξύ  $R_w$  &  $R'_w$  η σχέση που ορίζεται στον πίνακα

4. Κατά την κατασκευή, θα πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα, ώστε οι διαφορές μεταξύ  $R_w$  &  $R'_w$  - που οφείλονται στις πλευρικές μεταδόσεις - να μην είναι μεγαλύτερες από τις τιμές που προκύπτουν από τον πίνακα 4. Μέτρα μείωσης των πλευρικών μεταδόσεων είναι, μεταξύ άλλων, η διακοπή συνέχειας των οικοδομικών στοιχείων μεταξύ των δύο χώρων και η αύξηση της επιφανειακής μάζας των πλευρικών στοιχείων (π.χ. άνω των 350 Kg/m<sup>2</sup>). Αν λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα για τη μείωση των πλευρικών μεταδόσεων, είναι δυνατόν να γίνονται αποδεκτές μικρότερες τιμές για τη διαφορά αυτή.

4.1. Ηχομόνωση από γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης και ηχομόνωση από χώρους κοινής χρήσης του κτιρίου. Αφορά όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα χωρίσματα ανάμεσα σε:

- δύο διαμερίσματα του ίδιου κτιρίου (κατοικίες).
- χώρο κύριας χρήσης και γειτονικό χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης (όλα τα άλλα κτίρια εκτός από κατοικίες).
- ένα διαμέρισμα ή ένα χώρο κύριας χρήσης και τους κοινής χρήσης χώρους του κτιρίου (εκτός από μονοκατοικίες). Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση αερόφερτου ήχου για τα κατακόρυφα και τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι ελάχιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους  $R'_{w}$  σε ντεσιμπέλ(dB). Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση κτυπογενή ήχου για τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι μέγιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους  $L'_{nw}$  σε ντεσιμπέλ(dB).

4.2. Ηχομόνωση κατοικίας (διαμερίσματος) από άλλο χώρο κύριας χρήσης. Αφορά όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα χωρίσματα ανάμεσα σε:

- ένα διαμέρισμα και χώρους κτιρίου, που προορίζονται για άλλη κύρια χρήση εκτός κατοικίας. Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση αερόφερτου ήχου για τα κατακόρυφα και οριζόντια χωρίσματα είναι οι ελάχιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους  $R'_{w}$  σε ντεσιμπέλ(dB).

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση κτυπογενή ήχου για τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι μέγιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους  $L'_{nw}$  σε ντεσιμπέλ (dB).

4.3. Ηχοπροστασία από εξωτερικούς θορύβους. Αφορά τον εξωτερικό θόρυβο περιβάλλοντος (κυκλοφοριακό, αστικό) που μεταδίδεται μέσα από όλα τα εξωτερικά οριζόντια και κατακόρυφα χωρίσματα για όλα ανεξαιρέτως τα κτίρια. Το κριτήριο ηχοπροστασίας είναι οι μέγιστες τιμές της ωριαίας ισοδύναμης A-ηχοστάθμης  $L_{Aeq,h}$  σε ντεσιμπέλ-A(dB(A)).

4.4. Ηχοπροστασία από εγκαταστάσεις.

Αφορά το θόρυβο που προέρχεται από τις κοινόχρηστες και ιδιωτικές εγκαταστάσεις, που μεταδίδεται μέσα από όλα τα οριζόντια και κατακόρυφα χωρίσματα και από όλες τις άλλες ηχητικές διαδρομές για όλα ανεξαιρέτως τα κτίρια.

Το κριτήριο ηχοπροστασίας είναι οι μέγιστες τιμές της A - ηχοστάθμης  $L_{pa}$  σε ντεσιμπέλ- A (dB(A)) μέσα στους χώρους κύριας χρήσης.

Κοινόχρηστες εγκαταστάσεις , για την εφαρμογή του παρόντος άρθρου είναι η υδραυλική , η ηλεκτρική , η εγκατάσταση κεντρική θέρμανσης- ψύξης - αερισμού, οι ανελκυστήρες, οι αντλίες και τα κάθε είδους μηχανήματα που εξυπηρετούν από κοινού τα διαμερίσματα και τους άλλους χώρους.

Ιδιωτικές εγκαταστάσεις είναι εγκαταστάσεις ανάλογες με τις κοινόχρηστες που εξυπηρετούν αποκλειστικά μια κατοικία ή ένα άλλο χώρο.

#### 4.5. Ηχομόνωση ανάμεσα στους χώρους της ίδιας κατοικίας.

Αφορά τα εσωτερικά κατακόρυφα και οριζόντια χωρίσματα της ίδιας κατοικίας.

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση αερόφερτου ήχου για τα κατακόρυφα και οριζόντια χωρίσματα είναι οι ελάχιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους  $R'_w$  σε ντεσιμπέλ(dB).

#### 4.6. Ηχομόνωση χώρου κύριας χρήσης από χώρους εγκαταστάσεων.

Αφορά τα κατακόρυφα και οριζόντια χωρίσματα ανάμεσα σε χώρους κύριας χρήσης και χώρους εγκαταστάσεων για όλες τις περιπτώσεις των κτιρίων εκτός από τα κτίρια κατοικίας.

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση αερόφερτου ήχου για τα κατακόρυφα και τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι ελάχιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους  $R'_w$  σε ντεσιμπέλ (dB).

Το κριτήριο ηχομόνωσης στην περίπτωση κτυπογενή ήχου για τα οριζόντια χωρίσματα είναι οι μέγιστες τιμές του μονότιμου μεγέθους  $L_{n,w}$  σε ντεσιμπέλ-(dB).

5. Ελάχιστες Απαιτήσεις ακουστικής άνεσης. Όλα ανεξαιρέτως τα νέα κτίρια πρέπει να καλύπτουν τουλάχιστον τις απαιτήσεις της κατηγορίας ακουστικής άνεσης B.

#### 6. Μέτρηση και πιστοποίηση.

Για την αντιμετώπιση των αναγκών σε μετρήσεις - πιστοποιήσεις που απορρέουν από την εφαρμογή του παρόντος άρθρου, χρησιμοποιούνται εργαστήρια μετρήσεων κτιριακής ηχοπροστασίας. Αυτά λειτουργούν κάτω από την επίβλεψη εξειδικευμένου διπλωματούχου μηχανικού και διαθέτουν εξοπλισμό για τις εργαστηριακές και επιτόπιες μετρήσεις σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ.

#### 7. Έλεγχος.

Ο έλεγχος των εργασιών ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας γίνεται από τις κατά τόπους αρμόδιες πολεοδομικές υπηρεσίες. Σε περιπτώσεις ελέγχου που απαιτούν ειδικές συσκευές και εξειδίκευση, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν τα εργαστήρια μετρήσεων της προηγούμενης παραγράφου 6.

8. Οι Πίνακες 1, 2 και 3 που ακολουθούν προσδιορίζουν τις παραμέτρους ακουστικής άνεσης  $R'_w$ ,  $R'_{n,w}$ ,  $L_{Aeq,h}$ ,  $L_{Pa}$  καθώς και τις τιμές των κριτηρίων ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας για τις κατηγορίες (A) και (B). Ο Πίνακας 4 προσδιορίζει τη σχέση μεταξύ  $R_w$  και  $R'_w$ .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Παράμετροι ακουστικής άνεσης**

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

	1	2	3	4	Εξωτερικός θορύβος	Θορύβος εγκαταστάσεων	7	8	9
					5	6			
					$R'_w$ dB	$L'_{nw}$ dB			
ΚΑΤΟΙΚΙΑ - ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΔΙΑΜΟΝΗ	54	55	-	-	30	25	48	60	45
ΓΡΑΦΕΙΑ ΕΜΠΟΡΙΟ	52	60	58	52	35	30	-	55	55
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	57	58	58	52	30	25	-	60	45
ΥΓΕΙΑ	57	55	58	52	30	25	-	60	45
ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗ - Β.ΟΜΗΧΑΝΙΑ	65	40	62	47	(25)	(25)	-	(65)	(40)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Κριτήρια ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας, Κατηγορία Α «υψηλή ακουστική άνεση».**

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΑΠΟ ΓΕΙΤΟΝΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΥΡΙΑΣ Η ΒΟΗΘΗΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΑΠΟ ΧΩΡΟΥΣ ΚΟΙΝΗΣ ΧΡΗΣΗΣ (ΠΑΡ. 4.1)	ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ (ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ) ΑΠΟ ΑΛΛΟ ΧΩΡΟ ΚΥΡΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ (ΠΑΡ. 4.2)	ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ	ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΥΡΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟ ΧΩΡΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ
---------------	--	--	------------------	--	---

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:**

1. Οι τιμές σε παρενθέσεις αποτελούν μόνο οδηγό για σχεδιασμό θεάτρων , κινηματογράφων, αιθ. συγκεντρώσεων, αιθ. Μουσικής, χώρων ηχογράφησης και επεξεργασίας ήχου, εκκλησιών και άλλων χώρων, στους οποίους η αυξημένη ηχοπροστασία αποτελεί προϋπόθεση για τη διαμόρφωση της εσωτερικής, ακουστικής τους.

2. Για κτίρια στα οποία συνυπάρχουν επιμέρους τμήματα διαφορετικών κύριων χρήσεων , η επιλογή των τιμών των κριτηρίων γίνεται έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε ηχομόνωση, ηχοπροστασία κάθε χώρου κύριας χρήσης.

Η επιλογή ακολουθεί τις τιμές των χώρων με περισσότερο αυξημένες απαιτήσεις, έτσι ώστε να καλύπτονται και οι απαιτήσεις των άλλων χώρων.

3. Οι τιμές της στήλης 9 αφορούν μόνο την επιφάνεια έδρασης των μηχανημάτων.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Κριτήρια ηχομόνωσης - ηχοπροστασίας, Κατηγορία Β «κανονική ακουστική άνεση».**

ΕΙΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΑΠΟ ΓΕΙΤΟΝΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΥΡΙΑΣ Η ΒΟΗΘΗΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ. ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΑΠΟ ΧΩΡΟΥΣ ΚΟΙΝΗΣ ΧΡΗΣΗΣ (ΠΑΡ. 4.1)		ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ (ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ) ΑΠΟ ΑΛΛΟ ΧΩΡΟ ΚΥΡΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ (ΠΑΡ. 4.2)		ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ		ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΥΡΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟ ΧΩΡΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	
					Εξωτερικούς θορύβους	Θορύβους εγκαταστάσεων			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$L_{Aeq,h}$	$L_{pA}$	$R'_w$	$R'_w$	$L'_{n,w}$
	dB	dB	dB	dB	dB (A)	dB (A)	dB	dB	dB
ΚΑΤΟΙΚΙΑ - ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΔΙΑΜΟΝΗ	50	60	-	-	35	30	42	55	50
ΓΡΑΦΕΙΑ - ΕΜΠΟΡΙΟ	40	65	52	55	40	35	-	53	60
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	50	65	55	55	35	30	-	55	50
ΥΠΕΙΑ	50	60	55	55	35	30	-	53	50
ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗ - ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	60	45	60	48	(25)	(25)	-	(62)	(45)

### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

1. Οι τιμές σε παρενθέσεις αποτελούν μόνο οδηγό για σχεδιασμό θεάτρων, κινηματογράφων, αιθ. συγκεντρώσεων, αιθ. μουσικής χώρων ηχογράφησης και επεξεργασίας ήχου, εκκλησιών και άλλων χώρων, στους οποίους η αυξημένη ηχοπροστασία αποτελεί προϋπόθεση για τη διαμόρφωση της εσωτερικής ακουστικής τους.
2. Για κτίρια στα οποία συνυπάρχουν επιμέρους τμήματα διαφορετικών κύριων χρήσεων, η επιλογή των τιμών των κριτηρίων γίνεται έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε ηχομόνωση, ηχοπροστασία κάθε χώρου κύριας χρήσης. Η επιλογή ακολουθεί τιμές των χώρων με περισσότερο αυξημένες απαιτήσεις, έτσι ώστε να καλύπτονται και οι απαιτήσεις των άλλων χώρων.
3. Οι τιμές της στήλης 9 αφορούν μόνο την επιφάνεια έδρασης των μηχανημάτων.

### **ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Σχέση μεταξύ $R_w$ & $R'_w$**

$R'_w$ (dB)	$R_w$ (dB)
έως 42	$R'_w + 0$
από 43 έως 48	$R'_w + 2$
από 48 έως 52	$R'_w + 3$
από 53 έως 55	$R'_w + 4$
από 56 έως 60	$R'_w + 6$

9. Οι αποδεκτές κατασκευαστικές λύσεις είναι αυτές που αναφέρονται στις ισχύουσες κάθε φορά τεχνικές οδηγίες. Σε περίπτωση κατασκευαστικών λύσεων που δεν περιλαμβάνονται σε τεχνικές οδηγίες, απαιτούνται εργαστηριακές μετρήσεις, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου αυτού.

## **Άρθρο 27 Εγκαταστάσεις Θέρμανσης.**

2.4.4.4 Κατά την επιλογή της θέσης του θερμικού υποσταθμού, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ανάγκη προστασίας του κτιρίου από τους θορύβους που πιθανώς προκαλούνται στο χώρο.

## **Άρθρο 28 Εγκατάσταση κλιματισμού - αερισμού.**

1.6. Η εγκατάσταση πρέπει να είναι υπολογισμένη και κατασκευασμένη κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μη δημιουργείται θόρυβος πάνω από τα ανεκτά όρια κατά τη λειτουργία της ούτε να διευκολύνεται η μετάδοση του θορύβου.

Σε χώρους με ειδικές απαιτήσεις στάθμης θορύβου, πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα. Επίσης μέτρα πρέπει να λαμβάνονται και σε χώρους με πηγές θορύβου, ώστε να μη δημιουργείται ενόχληση σε παράπλευρους χώρους ούτε να μπορεί να μεταφέρεται ο θόρυβος μέσα από τα στοιχεία της εγκατάστασης.

3.2. Προκειμένου για αεραγωγούς ψηλής ταχύτητας και ψηλής πίεσης, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα καταστολής του θορύβου, εφόσον αυτός υπερβαίνει τα ανεκτά όρια, κατά τις διαδρομές τους μέσα από κατοικημένους χώρους.

### **4. Θόρυβος - Κραδασμοί.**

Ειδική πρόνοια πρέπει να λαμβάνεται για την απόσβεση ήχων και κραδασμών που προέρχονται από τη λειτουργία των μηχανημάτων και συσκευών της εγκατάστασης κλιματισμού.

## **Άρθρο 29 Ανελκυστήρες.**

5. Κατά την κατασκευή και εγκατάσταση ανελκυστήρων σε κτίρια, λαμβάνονται τα κατά περίπτωση κατάλληλα μέτρα ηχομόνωσης, όπως προβλέπονται από τις ισχύουσες διατάξεις ώστε να μην υπάρχει μεταφορά θορύβου σε διπλανά διαμερίσματα ή χώρους. Επίσης, λαμβάνονται αντικραδασματικά μέτρα στο χώρο του κλιμακοστασίου, ώστε να μη μεταδίδονται στο κτίριο οι κραδασμοί.

## **Άρθρο 30 Εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.**

3.1.4. Σε μεγάλα κτίρια με δευτερεύουσα τηλεφωνική εγκατάσταση, όπου μέρος ή το σύνολο της εισερχόμενης ή εξερχόμενης επικοινωνίας γίνεται μέσω ειδικού προς τούτο ατόμου (τηλεφωνητή ή τηλεφωνήτριας) απαιτείται ειδικός χώρος για την παραμονή του χειριστή. Στο χώρο αυτό πρέπει να εξασφαλίζονται όλες οι απαραίτητες συνθήκες άνεσης (όπως π.χ. φωτισμού, αερισμού, θέρμανσης, επιπέδου θορύβου κλπ.).

3.1.5. Απαγορεύεται στο χώρο εργασίας του χειριστή η ύπαρξη τηλετυπικής συσκευής με μεγάλο φόρτο εργασίας, εφόσον η στάθμη θορύβου λειτουργίας της είναι τέτοια, που να δημιουργεί ενόχληση.

### **ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ: 231/89 (ΦΕΚ109/Α/2-5-89)**

«Τροποποίηση του Π.Δ. 180/79 «Περί των όρων λειτουργίας καταστημάτων πωλήσεων οινοπνευματωδών ποτών και κέντρων διασκεδάσεως» (Α46)»

2.Η παρ. 2 του άρθρου 2 του πιο πάνω Π.Δ. αντικαθίσταται ως εξής:

β. Οι ανωτέρω διοικητικές ποινές δύνανται να επιβάλλονται και στα λοιπά καταστήματα υγειονομικού ενδιαφέροντος, στα οποία, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά υγειονομικές διατάξεις, προσφέρονται οινοπνευματώδη ποτά, για άμεση εντός αυτών κατανάλωση, ύστερα από δεύτερη τελεσίδικη καταδίκη, για παραβάσεις των διατάξεων περί κοινής ησυχίας, λειτουργίας μουσικής χωρίς άδεια και ωραρίου λειτουργίας τους.

### **ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ: 49977/3068/89 (ΦΕΚ 535/Β/30-06-89)**

«Τροποποίηση της υπ' αριθ. 3046/304/30.1.1989 απόφασης «Κτιριοδομικός Κανονισμός» (Β'96/1989)»

Το **Άρθρο 22 παράγραφος 5** για τους Ανελκυστήρες **αντικαθίσταται** ως εξής:

Κατά την κατασκευή και εγκατάσταση ανελκυστήρων σε κτίρια, λαμβάνονται τα κατά περίπτωση κατάλληλα μέτρα ηχομόνωσης, όπως προβλέπονται από τις ισχύουσες διατάξεις ώστε να μην υπάρχει μεταφορά θορύβου σε διπλανά διαμερίσματα ή χώρους. Επίσης, λαμβάνονται αντικραδασμικά μέτρα στο χώρο του κλιμακοστασίου, ώστε να μη μεταδίδονται στο κτίριο οι κραδασμοί.

### **ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ: Οικ. Β 13352/2635/90 (ΦΕΚ 437/Β/16-7-90)**

«Αερόφερτος θόρυβος οικιακών συσκευών»

Στο άρθρο 1 επισημαίνεται ότι σκοπός της απόφασης είναι η συμμόρφωση της ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία 86/594 σχετικά με: α) τον αερόφερτο θόρυβο που εκπέμπουν οι οικιακές συσκευές, β) τις μεθόδους μέτρησης και γ) τον τρόπο ελέγχου του αερόφερτου θορύβου που εκπέμπουν οι οικιακές συσκευές.

Στο άρθρο 2 δίνονται οι ορισμοί: «Οικιακές συσκευές», «Οικογένεια οικιακών συσκευών», «σειρά οικιακών συσκευών», «πατρίδα οικιακών συσκευών» και «Εκπεμπόμενος αερόφερτος θόρυβος».

Στο άρθρο 3 τονίζεται ότι ειδικές διατάξεις που προβλέπουν επισήμανση παροχής πληροφοριών εφαρμόζονται και στις συσκευές στις οποίες αφορά η παρούσα απόφαση.

Στο άρθρο 4 αναφέρονται ότι δεν μπορούν να απαγορευθούν ή να περιορισθούν η εμπορία των οικιακών συσκευών για λόγους πληροφόρησης, όταν παρέχονται οι σχετικές πληροφορίες σύμφωνα με τις προδιαγραφές της παρούσας απόφασης, ενώ



επίσης με την επιφύλαξη των αποτελεσμάτων των δειγματοληπτικών ελέγχων που είναι δυνατόν να διενεργούνται, η δημοσίευση των πληροφοριών σχετικά με τον αερόφερτο θόρυβο των οικιακών συσκευών που κυκλοφορούν στην αγορά θεωρείται σύμφωνη με την παρούσα απόφαση και δεν μπορεί να ανασταλεί η κυκλοφορία των συσκευών αυτών στην αγορά μέχρι τη λήψη των ανωτέρω αποτελεσμάτων.

Στο άρθρο 5 αναφέρεται ποια πρέπει να είναι η ακρίβεια της γενικής μεθόδου μέτρησης του αερόφερτου θορύβου, τι εκφράζουν οι τυπικές αποκλίσεις και γιατί συνίσταται η στατιστική μέθοδος για τον έλεγχο της δηλούμενης στάθμης θορύβου.

Στο άρθρο 6 αναφέρεται πότε επιβάλλεται απόσυρση από την κυκλοφορία ελαττωματικής παρτίδας από το Υπουργείο Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας.

Το άρθρο 7 αναφέρεται στο πότε η ένδειξη του αερόφερτου θορύβου που εκπέμπει μια οικιακή συσκευή ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές της παρούσας απόφασης και πότε οι έλεγχοι έχουν πραγματοποιηθεί με τον ενδεδειγμένο τρόπο.

Στο άρθρο 8 καθορίζεται η ισχύς και η ημερομηνία δημοσίευσης στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης.

#### **ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ Αριθ. Οίκοθεν 17252/92 (ΦΕΚ 395/Β/19-6-92)**

«Καθορισμός δεικτών και ανωτάτων επιτρεπομένων ορίων θορύβου που προέρχεται από την κυκλοφορία σε οδικά και συγκοινωνιακά έργα.»

#### **Άρθρο 1 Σκοπός**

Με Αυτή την Υπουργική Απόφαση αποσκοπείται αφενός μεν η εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου 14 του Ν. 1650/1986 αφετέρου δε ο καθορισμός περιβαλλοντικών όρων κυκλοφοριακού θορύβου από την κατασκευή και λειτουργία αυτοκινητοδρόμων οδών ταχείας κυκλοφορίας και λοιπών οδών όπως αυτοί ορίζονται στο Κεφ. Β/ άρθρο 4/Α Κατηγορία (Ομάδας 1 και 2) της Κ.Υ.Α. 69269/5387/ΦΕΚΒ/678/1990 και πιο συγκεκριμένα:

α) ο καθορισμός των πλέον αντιπροσωπευτικών δεικτών κυκλοφοριακού θορύβου για την ποσοτική και ποιοτική του αξιολόγηση.

β) ο καθορισμός των ανωτάτων οριακών τιμών των παραπάνω δεικτών και , γ) τα γεωγραφικά όρια εκατέρωθεν των οδικών και συγκοινωνιακών έργων, εντός των οποίων θα εφαρμόζονται οι διατάξεις της παρούσας απόφασης, έτσι ώστε να καθίσταται ευχερέστερη και πλέον αποτελεσματική η προσπάθεια για την αποτροπή της ηχορρύπανσης και της γενικότερης υποβάθμισης του ακουστικού περιβάλλοντος από την οδική κυκλοφορία με την υιοθέτηση επαρκών μέτρων αντιρρύπανσης μέσα από την σύνταξη Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), Α' κατηγορίας.

## **Άρθρο 2 Πεδίο Εφαρμογής**

Η Απόφαση αυτή αφορά όλους τους νέους αυτοκινητοδρόμους και τις προς βελτίωση υφισταμένων τμημάτων πραγματοποιούμενες νέες χαράξεις καθώς και τις οδούς ταχείας κυκλοφορίας (ΚΥΑ 69269/5387/1990) μαζί με τις συνοδές τους εγκαταστάσεις και μόνο για τα τμήματα τους εκείνα που ευρίσκονται σε απόσταση μικρότερη ή ίση των 200 μ. από το κοντινότερο όριο εγκεκριμένου Σχεδίου Πόλης, της απόστασης μετρούμενης από το άκρο του καταστρώματος του οδικού άξονα ή εγκατάστασης. Στην κατηγορία των οδικών και συγκοινωνιακών έργων για τα οποία απαιτείται θεσμοθέτηση ανωτάτου ορίου κυκλοφοριακού θορύβου εμπίπτουν επιπλέον και οι νέοι ή βελτιούμενοι, σύμφωνα με τα παραπάνω, άξονες του εθνικού οδικού δικτύου, και του επαρχιακού δικτύου, οι Κύριοι αστικοί άξονες , κλπ (Κατηγορία Α' –Ομάδα I & II Της ΚΥΑ, 69269/5387), τηρουμένου και πάλι του περιορισμού λόγω απόστασης όπως περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο.

## **Άρθρο 3 Δείκτες κυκλοφοριακού θορύβου**

Ως δείκτης Κυκλοφοριακού Θορύβου για την ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση του θορύβου που προέρχεται από τα οδικά και συγκοινωνιακά έργα και τις συνοδές τους εγκαταστάσεις , όπως περιγράφονται στο άρθρο2 της παρούσας Απόφασης, καθορίζεται είτε

α) Η Ισοδύναμη Συνεχής Στάθμη θορύβου Leq (Equivalent Continuous Sound Level), που εκφράζει την σταθερή εκείνη στάθμη θορύβου, η οποία σε ορισμένη χρονική περίοδο , έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου, σταθερού ή μεταβαλλόμενου, κατά την ίδια χρονική περίοδο που για τους σκοπούς της παρούσης Απόφασης Ορίζεται από 08.00 έως 20.00ώρ. και κατά συνέπεια ο δείκτης καθορίζεται ως Leq (8-20 ώρ.), είτε

β) ο Δείκτης L10 (18 ώρες) που είναι η αριθμητική μέση τιμή των 18 ξεχωριστών ωριαίων τιμών του L10

(από 6.00-24.00), δηλαδή της στάθμης η οποία υπερβαίνεται κατά το 10% της αντίστοιχης χρονικής περιόδου μέτρησης. Και στις δύο ανωτέρω περιπτώσεις το μετρούμενο μέγεθος είναι η A - σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης η οποία εκφράζεται σε Decibel a ή εν συντομία σε dB(A).

## **Άρθρο 4 Όρια Δεικτών κυκλοφοριακού θορύβου**

Ως ανώτατα επιτρεπόμενα όρια των ανωτέρω περιγραφόμενων δεικτών κυκλοφοριακού θορύβου καθορίζονται τα ακόλουθα:

α) Για Τον δείκτη Leq (8-20 ώρ.) τα 67 dB(A) και

β) Για Τον δείκτη L10 (18 ώρ.) τα 70 dB(A)

μετρούμενο σε απόσταση 2,0 μ. από την πρόσοψη των πλησιέστερων, προς το οδικό έργο (ή /και της συνοδές του εγκαταστάσεις), κτηρίων της πολεοδομικής ενότητας, σύμφωνα με το άρθρο 2 της παρούσας Απόφασης.

2. Σε περιπτώσεις, όπου απαιτείται ειδική ακουστική προστασία, όπως σχολικά συγκροτήματα, νοσοκομεία, χώροι πολιτιστικών και κοινωνικών εκδηλώσεων (π.χ. θέατρα, αίθουσες συνεδρίων κλπ.), κοινωφελή ιδρύματα, γηροκομεία, οίκοι τυφλών κλπ., τα παραπάνω ανώτατα επιτρεπόμενα όρια και κατά συνέπεια οι κατά περίπτωση περιβαλλοντικοί όροι που πρέπει να εγκριθούν σύμφωνα με την ΚΥΑ69269/5387/ΦΕΚΒ/678/25.10.1990 δύνανται να μειώνονται κατά 5-10 dB(A), εντός του πεδίου εφαρμογής του άρθρου 2 της παρούσας Υ. Απόφασης μετά από σχετική απόφαση του Γενικού Δ/ντού Περιβάλλοντος του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, που θα εκδίδεται κατά περίπτωση.

### **Άρθρο 5**

Η παρούσα ισχύει από της δημοσίευσής της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Η παρούσα να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

### **ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ Αριθ. 13586/724 (ΦΕΚ 384/Β/28-3-2006)**

«Καθορισμός μέτρων, όρων και μεθόδων για την αξιολόγηση και τη διαχείριση του θορύβου στο περιβάλλον, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2002/49/ΕΚ «σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου» του Συμβουλίου της 25.6.2002»

#### **Άρθρο 1**

Με την απόφαση αυτή αποσκοπείται η εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου 14 του ν. 1650/1986 και συγχρόνως η συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2002/49 του Συμβουλίου της 25.6.2002 «σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου» που έχει δημοσιευθεί στην Ελληνική γλώσσα στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕΛ 189/12/18.7.2002), ώστε με τον καθορισμό των αναγκαίων μέτρων, όρων και διαδικασιών και την ιεράρχηση συγκεκριμένων δράσεων και προτεραιοτήτων, να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να περιορίζονται οι δυσμενείς επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της ενόχλησης, από την έκθεση στον περιβαλλοντικό θόρυβο.

Ειδικότερα για τον σκοπό αυτό εφαρμόζονται προοδευτικά οι ακόλουθες δράσεις:

- α) προσδιορισμός της έκθεσης στον περιβάλλοντα θόρυβο με χαρτογράφηση θορύβου, σύμφωνα με εγκεκριμένες από την Ευρ. Κοινότητα μεθόδους αξιολόγησης·
- β) μέριμνα ώστε να είναι διαθέσιμες στο κοινό πληροφορίες σχετικά με τον περιβαλλοντικό θόρυβο και τις επιδράσεις του·

γ) θέσπιση σχεδίων δράσης, βασισμένων στα αποτελέσματα της χαρτογράφησης του θορύβου, με στόχο την πρόληψη και τον περιορισμό του περιβαλλοντικού θορύβου όπου χρειάζεται, και ιδίως όπου τα επίπεδα έκθεσης μπορούν να έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στην υγεία των ανθρώπων, καθώς και τη διαφύλαξη της ποιότητας του ακουστικού περιβάλλοντος, όπου αυτή είναι ικανοποιητική

## Άρθρο 2 Πεδίο Εφαρμογής

1. Η παρούσα απόφαση εφαρμόζεται στον περιβαλλοντικό θόρυβο στον οποίο εκτίθενται οι άνθρωποι, ιδίως σε αστικές περιοχές και περιοχές πυκνής δόμησης, σε δημόσια πάρκα ή άλλες ήσυχες περιοχές πολεοδομικών συγκροτημάτων, σε ήσυχες περιοχές της υπαίθρου, κοντά σε σχολεία, κοντά σε νοσοκομεία, καθώς και κοντά σε άλλα κτίρια και περιοχές ευαίσθητες σε θορύβους.

2. Η παρούσα απόφαση δεν εφαρμόζεται στους θορύβους που προκαλούνται από το ίδιο το εκτιθέμενο πρόσωπο, τους θορύβους από οικιακές δραστηριότητες, τους θορύβους των γειτόνων, το θόρυβο εντός του χώρου εργασίας και το θόρυβο εντός των μεταφορικών μέσων, ούτε και στο θόρυβο που προέρχεται από στρατιωτικές δραστηριότητες μέσα σε στρατιωτικές περιοχές.

## Άρθρο 3 Ορισμοί

Για τους σκοπούς της παρούσας απόφασης, νοούνται ως:

α) “περιβαλλοντικός θόρυβος”: οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς θόρυβοι στις αστικές περιοχές και στο ύπαιθρο που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των θορύβων που εκπέμπονται από μεταφορικά μέσα, από οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές και από χώρους βιομηχανικής δραστηριότητας όπως ορίζονται στο παράρτημα II του άρθρου 5 της υπ’ αριθ. Η.Π. 15393/2332/2002 κοινή υπουργική απόφαση (Β’ 1022).

β) “επιβλαβείς επιδράσεις”: οι αρνητικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία

γ) “ενόχληση”: ο βαθμός ακουστικής ενόχλησης των περιοίκων, όπως προσδιορίζεται με επιτόπιους ελέγχους

δ) “δείκτης θορύβου”: φυσικό μέγεθος για την περιγραφή του περιβαλλοντικού θορύβου, που σχετίζεται με επιβλαβείς επιδράσεις

ε) “αξιολόγηση”: οποιαδήποτε μέθοδος υπολογισμού, πρόβλεψης, εκτίμησης ή μέτρησης της τιμής ενός δείκτη θορύβου ή των σχετικών επιβλαβών επιδράσεων

στ) “Lden” (σταθμισμένος 24ωρος δείκτης αξιολόγησης θορύβου): ο δείκτης θορύβου για τη συνολική ενόχληση, όπως προσδιορίζεται ακριβέστερα στο παράρτημα I του άρθρου

ζ) Lday (δείκτης αξιολόγησης θορύβου ημέρας): ο δείκτης θορύβου για την ενόχληση κατά το διάστημα της ημέρας, όπως προσδιορίζεται ακριβέστερα στο παράρτημα I του άρθρου

η) Levening (δείκτης αξιολόγησης βραδινού θορύβου): ο δείκτης θορύβου για την ενόχληση κατά το βραδινό διάστημα, όπως προσδιορίζεται ακριβέστερα στο παράρτημα I του άρθρου

θ) Lnight (δείκτης αξιολόγησης νυκτερινού θορύβου): ο δείκτης θορύβου για τις διαταραχές του ύπνου, όπως προσδιορίζεται ακριβέστερα στο παράρτημα I του άρθρου

ι) “σχέση δόσης–επίδρασης”: η σχέση μεταξύ της τιμής του δείκτη θορύβου και της επιβλαβούς επίδρασης

ια) “πολεοδομικό συγκρότημα”: πολεοδομικά οριοθετημένη περιοχή, με πληθυσμό μεγαλύτερο των 100000 ατόμων και πυκνότητα πληθυσμού τέτοια ώστε να αποτελεί αστικοποιημένη ζώνη

ιβ) “ήσυχη περιοχή πολεοδομικού συγκροτήματος”: οριοθετημένη περιοχή, η οποία δεν εκτίθεται, ανεξαρτήτως ηχητικής πηγής, σε τιμή του Lden ή άλλου κατάλληλου δείκτη θορύβου, μεγαλύτερη από μια συγκεκριμένη τιμή που καθορίζεται από την αρμόδια αρχή.

ιγ) “ήσυχη περιοχή στην ύπαιθρο”: “ οριοθετημένη περιοχή, η οποία δεν διαταράσσεται από θορύβους κυκλοφορίας, βιομηχανικών δραστηριοτήτων ή δραστηριοτήτων αναψυχής

ιδ) “κύριος οδικός άξονας”: μια σημαντική οδική αρτηρία, καθοριζόμενη από την αρμόδια αρχή, στην οποία καταγράφεται κυκλοφορία άνω των τριών εκατομμυρίων οχημάτων το χρόνο

ιε) “κύριος σιδηροδρομικός άξονας”: μια σιδηροδρομική γραμμή, καθοριζόμενη από την αρμόδια αρχή, στην οποία διακινούνται περισσότεροι από 30000 συρμοί το χρόνο

ιστ) “μεγάλο αεροδρόμιο”: ένα αεροδρόμιο πολιτικής αεροπορίας, καθοριζόμενο από την αρμόδια αρχή, με περισσότερες από 50000 κινήσεις (απογειώσεις και προσγειώσεις) το χρόνο, εξαιρουμένων όσων χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για εκπαίδευση σε ελαφρά αεροσκάφη

ιζ) “χαρτογράφηση θορύβου”: η παρουσίαση δεδομένων σχετικά με την υπάρχουσα ή προβλεπόμενη κατάσταση του περιβαλλοντικού θορύβου βάσει δεικτών θορύβου, όπου εμφανίζονται οι υπερβάσεις των οικείων ισχυουσών οριακών τιμών, ο αριθμός ατόμων που θίγονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή ο αριθμός κατοικιών που εκτίθενται σε ορισμένες τιμές δεικτών θορύβου σε μια συγκεκριμένη περιοχή

ιη) “στρατηγικός χάρτης θορύβου”: ο χάρτης θορύβου που καταρτίζεται για τη σφαιρική αξιολόγηση μιας έκθεσης σε θόρυβο σε μια συγκεκριμένη περιοχή

οφειλόμενης σε διάφορες πηγές θορύβου, ή για τη διατύπωση γενικότερων προβλέψεων για την περιοχή αυτή

ιθ) “οριακή τιμή”: η τιμή του  $L_{den}$  ή  $L_{night}$ , και ενδεχομένως του  $L_{day}$  και  $L_{evening}$ , όπως ορίζεται από την αρμόδια αρχή, η υπέρβαση της οποίας συνεπάγεται την παρέμβασή της καθώς και των συναρμόδιων αρχών για τη μελέτη ή την επιβολή μέτρων περιορισμού του θορύβου. Οι οριακές τιμές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο θορύβου (θόρυβος οδικής, σιδηροδρομικής, αεροπορικής κυκλοφορίας, βιομηχανικοί θόρυβοι κ.λπ.), την περιοχή που εφαρμόζονται ή την διαφορετική ευαισθησία του πληθυσμού στο θόρυβο καθώς επίσης και ανάλογα με το αν αφορούν ήδη υφιστάμενες ή καινούργιες καταστάσεις (όπου υπάρχει μεταβολή συνθηκών σχετικά με την πηγή θορύβου ή τη χρήση του περιβάλλοντος)

κ) “σχέδια δράσης”: σχέδια για τη διαχείριση των προβλημάτων και των επιπτώσεων του θορύβου, συμπεριλαμβανομένης εν ανάγκη της μείωσης του θορύβου

κα) “ακουστικός σχεδιασμός”: ο μελλοντικός έλεγχος των θορύβων με βάση σχεδιαζόμενα μέτρα, όπως χωροταξικός σχεδιασμός, σχεδιασμός συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας, κυκλοφοριακός σχεδιασμός, μείωση των οχλήσεων με μέτρα ηχοπροστασίας και ηχομόνωσης και έλεγχος των θορύβων στην πηγή τους

κβ) “κοινό”: ένα ή περισσότερα φυσικά ή νομικά πρόσωπα, και, σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία και πρακτική, οι ενώσεις, οργανώσεις και ομάδες τέτοιων προσώπων.

#### Άρθρο 4 Αρμόδια Αρχή Σύσταση Τεχνικής Διυπουργικής Ομάδας Εργασίας

1. Αρμόδια αρχή για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας απόφασης ορίζεται το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων το οποίο στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων του, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις, συντονίζει τους συναρμόδιους φορείς του δημόσιου τομέα για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας απόφασης.

2. Στο πλαίσιο πραγματοποίησης του ως άνω συντονιστικού έργου, συστήνεται στο ΥΠΕΧΩΔΕ πενταμελής Τεχνική Διυπουργική Ομάδα Εργασίας (ΤΔΟΕ), που συγκροτείται από τρεις (3) εκπροσώπους του Υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ (δύο (2) από τις Διευθύνσεις Ελέγχου της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου ΕΑΡΘ και Πολεοδομικού Σχεδιασμού και ένας (1) από τη Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων) και από δύο (2) εκπροσώπους του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών (ένας (1) από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας και ένας (1) από τον ΟΣΕ). Στην ΤΔΟΕ μπορούν επίσης να συμμετέχουν, εφόσον κρίνεται αναγκαίο και εκπρόσωποι άλλων κατά περίπτωση συναρμόδιων Υπουργείων ή φορέων του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα, καθώς και εμπειρογνώμονες Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων που λόγω των εξειδικευμένων γνώσεών τους μπορούν να συνεισφέρουν στο έργο της. Στην ΤΔΟΕ προεδρεύει ο εκάστοτε εκπρόσωπος της Δ/σης ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ. Τα μέλη της ΤΔΟΕ με τους αναπληρωματικούς τους

προτείνονται από τους φορείς που εκπροσωπούν και ορίζονται με απόφαση του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ. Με την ίδια απόφαση καθορίζεται η λειτουργία της επιτροπής, καθώς και κάθε αναγκαία λεπτομέρεια για τη πραγματοποίηση του έργου της.

3. Η ΤΔΟΕ συγκαλείται σε τακτά διαστήματα, ανά εξάμηνο, με μέριμνα της Διεύθυνσης (ΕΑΡΘ) της Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ και έκτακτα, όποτε κριθεί αναγκαίο.

4. Η ΤΔΟΕ έχει τις ακόλουθες αρμοδιότητες:

α. επεξεργάζεται και προτείνει προς την Δ/ση ΕΑΡΘ τους στρατηγικούς χάρτες θορύβου και τα σχέδια δράσης για τη διαχείριση των προβλημάτων και επιδράσεων του θορύβου καθώς και την επανεξέταση ή/και αναθεώρησή τους, σύμφωνα με τα άρθρα 7 και 8 αντίστοιχα της παρούσας απόφασης.

β. παρέχει τεχνική υποστήριξη σε θέματα διμερούς ή πολυμερούς συνεργασίας με άλλα Κράτη- Μέλη καθώς και με τρίτες χώρες κατ' εφαρμογή των άρθρων 7 (παρ. 4) και 8 (παρ. 9) της παρούσας απόφασης.

γ. γνωμοδοτεί για κάθε θέμα που παραπέμπεται σ' αυτήν από την αρμόδια Δ/ση Περιβάλλοντος (ΕΑΡΘ) του ΥΠΕΧΩΔΕ, σχετικά με την εφαρμογή της παρούσας απόφασης.

5. Η Δ/ση ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ εποπτεύει και ελέγχει την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας απόφασης και ειδικότερα:

α. προβαίνει στην οριστική διαμόρφωση των προτεινόμενων από τη ΤΔΟΕ στρατηγικών χαρτών θορύβου και των σχεδίων δράσης που προβλέπονται στα άρθρα 7 και 8 καθώς και στην επανεξέταση ή/ και αναθεώρησή τους και εισηγείται στον Υπουργό ΠΕΧΩΔΕ την έγκρισή τους

β. συγκεντρώνει τους στρατηγικούς χάρτες θορύβου και τα σχέδια δράσης

γ. συλλέγει, κωδικοποιεί και επεξεργάζεται όλα τα στοιχεία θορύβου που θεωρούνται απαραίτητα για την εφαρμογή της παρούσας

δ. εκπονεί τις εκθέσεις προς την Επιτροπή Ευρ. Κοινοτήτων σύμφωνα με το άρθρο 10 της παρούσας απόφασης

Άρθρο 5 Δείκτες θορύβου και εφαρμογή

1. Καθορίζονται ως δείκτες αξιολόγησης περιβαλλοντικού θορύβου, οι δείκτες  $L_{den}$  και  $L_{night}$  κατά τα αναφερόμενα στο παράρτημα Ι του άρθρου 11 για την προετοιμασία και την αναθεώρηση της στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβου σύμφωνα με το άρθρο 7, καθώς και για οποιαδήποτε μελέτη αξιολόγησης επιπτώσεων από οδικό, σιδηροδρομικό, αεροπορικό και βιομηχανικό θόρυβο.

2. Η αρμόδια αρχή μπορεί να χρησιμοποιεί, εκτός των  $L_{den}$  και  $L_{night}$ , και άλλους πρόσθετους δείκτες αξιολόγησης θορύβου, όποτε αυτό κρίνεται αναγκαίο ή/ και σε ειδικές περιπτώσεις, όπως αυτές που αναφέρονται στην παράγραφο 3 του παραρτήματος Ι του άρθρου 11.

3. Για τον ηχητικό σχεδιασμό και την ηχητική οριοθέτηση, η αρμόδια αρχή μπορεί να χρησιμοποιεί και άλλους δείκτες θορύβου πλην των  $L_{den}$  και  $L_{night}$ .

#### Άρθρο 6 Δείκτες θορύβου και Εφαρμογή

1. Οι τιμές  $L_{den}$  και  $L_{night}$  προσδιορίζονται με βάση τις μεθόδους αξιολόγησης που καθορίζονται στο παράρτημα ΙΙ του άρθρου 11 της παρούσας απόφασης.

2. Οι κοινές μέθοδοι αξιολόγησης για τον προσδιορισμό των  $L_{den}$  και  $L_{night}$  καθορίζονται από την Επιτροπή, με τη διαδικασία του άρθρου 13 παράγραφος 2 της οδηγίας 2002/49/ΕΚ, με αναθεώρηση του παραρτήματος ΙΙ του άρθρου 11. Μέχρις ότου θεσπισθούν αυτές οι μέθοδοι, η αρμόδια αρχή μπορεί να χρησιμοποιεί μεθόδους αξιολόγησης προσαρμοσμένες σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙ και βασισμένες στις μεθόδους που ορίζει η εθνική νομοθεσία. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να αποδεικνύεται ότι οι μέθοδοι αυτές οδηγούν σε αποτελέσματα ισοδύναμα με εκείνα που προκύπτουν με τις μεθόδους του σημείου 2.2 του παραρτήματος ΙΙ του άρθρου 11 της παρούσας απόφασης.

3. Οι επιβλαβείς επιδράσεις του περιβαλλοντικού θορύβου, μπορούν να αξιολογούνται με τη βοήθεια των σχέσεων δόσης - επίδρασης που αναφέρονται στο παράρτημα ΙΙΙ του άρθρου 11 της παρούσας απόφασης.

#### Άρθρο 7 Στρατηγική Χαρτογράφηση θορύβου

1. Οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου αποσκοπούν στην καταγραφή της κατάστασης θορύβου που επικρατεί στα πολεοδομικά συγκροτήματα, στους μεγάλους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες και στα μεγάλα αεροδρόμια και πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις που προβλέπονται στο παράρτημα ΙV του άρθρου 11 της παρούσας απόφασης.

2. Μέχρι την 30η Ιουνίου 2007 πρέπει να έχουν εκπονηθεί και, ενδεχομένως, εγκριθεί, στρατηγικοί χάρτες θορύβου για την κατάσταση που επικρατούσε το προηγούμενο ημερολογιακό έτος α) σε όλα τα πολεοδομικά συγκροτήματα άνω των 250000 κατοίκων, β) στους μεγάλους οδικούς άξονες, όπου καταγράφεται μέση ημερήσια κυκλοφορία ετησίως άνω των 16.500 οχημάτων, δηλαδή άνω των έξι εκατομμυρίων οχημάτων ετησίως, γ) στον κύριο σιδηροδρομικό άξονα όπου διακινούνται άνω των 60000 συρμών ετησίως, και δ) στα μεγάλα αεροδρόμια. Από την έναρξη ισχύος της παρούσας και ακολούθως ανά πενταετία, το ΥΠΕΧΩΔΕ γνωστοποιεί στην Επιτροπή Ε.Κ. τα ως άνω πολεοδομικά συγκροτήματα και τους ως άνω μεγάλους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες και αεροδρόμια.



2.. Το ΥΠΕΧΩΔΕ λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα ώστε μέχρι την 30η Ιουνίου 2012 και ακολούθως ανά πενταετία, να έχουν εκπονηθεί και, ενδεχομένως, εγκριθεί στρατηγικοί χάρτες θορύβου για την κατάσταση που επικρατούσε το προηγούμενο ημερολογιακό έτος σε όλα τα πολεοδομικά συγκροτήματα και στους μεγάλους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες.

Το αργότερο στις 31.12.2008, το ΥΠΕΧΩΔΕ γνωστοποιεί στην Επιτροπή Ε.Κ., όλα τα πολεοδομικά συγκροτήματα και όλους τους μεγάλους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες.

3. Οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου διαμορφώνονται σύμφωνα με το άρθρο 4 (παρ. 5 εδ.α) και εγκρίνονται με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και ΠΕΧΩΔΕ, μετά από εισήγηση της Διεύθυνσης ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ.

4. Το ΥΠΕΧΩΔΕ συνεργάζεται με τις αρμόδιες αρχές γειτονικών κρατών– μελών και προβαίνει στις δέουσες διαβουλεύσεις με συνορεύουσες τρίτες χώρες για τη χαρτογράφηση των θορύβων κοντά στα μεταξύ τους σύνορα.

5. Οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου επανεξετάζονται, και εν ανάγκη αναθεωρούνται, τουλάχιστον κάθε πέντε χρόνια μετά την ημερομηνία της εκπόνησής τους, με την ίδια διαδικασία που προβλέπεται στην παράγραφο 3.

#### Άρθρο 8 Σχέδια Δράσης

1. Τα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση και διαχείριση των προβλημάτων και των επιδράσεων του περιβαλλοντικού θορύβου, συμπεριλαμβανόμενου εν ανάγκη του περιορισμού του θορύβου, περιλαμβάνουν τη λήψη μέτρων που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση προτεραιοτήτων οι οποίες ενδέχεται να επισημανθούν λόγω υπέρβασης κάποιας οικείας οριακής τιμής ή βάσει άλλων εθνικών κριτηρίων που καθορίζονται από την αρμόδια αρχή, για τις περιοχές που προσδιορίζονται στην παράγραφο 2. Τα σχέδια δράσης πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του παραρτήματος V του άρθρου 11 της παρούσας απόφασης.

2. Μέχρι την 18.7.2008 πρέπει να έχουν εκπονηθεί σχέδια δράσης σε περιοχές που προσδιορίζονται σύμφωνα με τους στρατηγικούς χάρτες θορύβου που προβλέπονται στο άρθρο 7 (παρ. 2). Ειδικότερα τα σχέδια δράσης θα αναφέρονται:

α) σε σημεία κοντά σε μεγάλους οδικούς άξονες, όπου καταγράφεται κυκλοφορία άνω των έξι εκατομμυρίων οχημάτων ετησίως, σε μεγάλους σιδηροδρομικούς άξονες όπου διακινούνται άνω των 60000 συρμών ετησίως και σε μεγάλα αεροδρόμια,

β) σε πολεοδομικά συγκροτήματα άνω των 250000 κατοίκων. Τα σχέδια αυτά αποβλέπουν επίσης στην προστασία των ήσυχων περιοχών από την αύξηση του θορύβου.

3. Μέχρι την 18.7.2013, πρέπει να έχουν εκπονηθεί σχέδια δράσης για τα πολεοδομικά συγκροτήματα και για τους κύριους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες και τα μεγάλα αεροδρόμια.

4. Το ΥΠΕΧΩΔΕ ενημερώνει την Επιτροπή Ε.Κ. για τα άλλα συναφή κριτήρια, που προβλέπονται στην παράγραφο 1 του παρόντος.

5. Τα σχέδια δράσης διαμορφώνονται σύμφωνα με το άρθρο 4 (παρ. 5 εδ.α) και εγκρίνονται, με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και ΠΕΧΩΔΕ, μετά από εισήγηση της Διεύθυνσης ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ και με την προϋπόθεση ότι έχουν ληφθεί υπόψη και συνεκτιμηθεί οι τυχόν παρατηρήσεις του κοινού σύμφωνα με την παράγραφο 6.

6. Όταν εκπονηθούν τα σχέδια δράσης και πριν την έγκρισή τους, το ΥΠΕΧΩΔΕ προβαίνει στη δημοσίευσή τους για υποβολή τυχόν παρατηρήσεων του κοινού: Η δημοσίευση των εν λόγω σχεδίων γίνεται ηλεκτρονικά από την ιστοσελίδα του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ή με μορφή περίληψής τους στον ημερήσιο τύπο σε τρεις (3) τουλάχιστον ημερήσιες εφημερίδες για ενημέρωση και πρόσκληση του κοινού για διατύπωση παρατηρήσεων σε εύλογο χρόνο. Η δημοσίευση στον ημερήσιο τύπο περιλαμβάνει και γνωστοποίηση ότι το κοινό μπορεί να απευθύνεται στην Δ/ση ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ για να λάβει γνώση ολόκληρου του περιεχομένου των σχεδίων. Οι απόψεις του κοινού διαβιβάζονται από την ΕΑΡΘ στην ΤΔΟΕ, προκειμένου να συνεκτιμηθούν και να ληφθούν υπόψη πριν την έκδοση της απόφασης έγκρισης των σχεδίων σύμφωνα με την παράγραφο 5.

7. Οι αποφάσεις εγκρίσεων των σχεδίων δράσης δημοσιοποιούνται από το ΥΠΕΧΩΔΕ ηλεκτρονικά από την ιστοσελίδα του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ή μέσω του τύπου σε τρεις (3) τουλάχιστον ημερήσιες εφημερίδες για ενημέρωση του κοινού.

8. Τα σχέδια δράσης επανεξετάζονται, και εν ανάγκη αναθεωρούνται με την ίδια διαδικασία που προβλέπεται στις παραγράφους 5, 6 και 7, όποτε σημειώνονται σημαντικές εξελίξεις που επηρεάζουν την υπάρχουσα κατάσταση θορύβου και, πάντως, τουλάχιστον κάθε πέντε χρόνια μετά την ημερομηνία της έγκρισής τους.

9. Το ΥΠΕΧΩΔΕ συνεργάζεται με τις αρμόδιες αρχές γειτονικών κρατών - μελών και προβαίνει στις δέουσες διαβουλεύσεις με συνορεύουσες τρίτες χώρες για τα σχέδια δράσης κοντά στα μεταξύ τους σύνορα. 10. Με μέριμνα της Δ/σης ΕΑΡΘ του ΥΠΕΧΩΔΕ, τα σχέδια δράσης κοινοποιούνται στις Κεντρικές, Περιφερειακές και Νομαρχιακές Υπηρεσίες που είναι αρμόδιες για την έκδοση των αποφάσεων έγκρισης περιβαλλοντικών όρων των έργων και δραστηριοτήτων, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

#### Άρθρο 9 Ενημέρωση του Κοινού

1. Το ΥΠΕΧΩΔΕ και κάθε δημόσια αρχή, όπως ορίζεται από τις διατάξεις της κείμενης σχετικής νομοθεσίας, υποχρεούνται να καθιστούν διαθέσιμα και να διαδίδουν στο κοινό τους στρατηγικούς χάρτες θορύβου που καταρτίζουν και,

ενδεχομένως, εγκρίνουν καθώς και τα σχέδια δράσης που εκπονούν, σύμφωνα με την υπ. αριθ. 11764/653/2006 κοινή υπουργική απόφαση (Β' 327), που έχει εκδοθεί σε συμμόρφωση με την οδηγία 2003/4 του Συμβουλίου της 28.1.2003 (ΕΕL 41/26/14.2.2003), σχετικά με πρόσβαση του κοινού σε περιβαλλοντικές πληροφορίες, καθώς και σύμφωνα με τα παραρτήματα IV και V του άρθρου 11 της παρούσας οδηγίας, μεταξύ άλλων, με χρήση των διαθέσιμων πληροφορικών τεχνολογιών.

2. Οι εν λόγω πληροφορίες είναι σαφείς, κατανοητές και προσπελάσιμες.

Άρθρο 10 Αποστολή δεδομένων στην Επιτροπή Ε.Κ.

Το ΥΠΕΧΩΔΕ μεριμνά για την αποστολή προς την Επιτροπή Ε.Κ., εντός έξι μηνών μετά τις ημερομηνίες που αναφέρονται στα άρθρα 7 και 8, αντιστοίχως, των πληροφοριών που περιλαμβάνονται στους στρατηγικούς χάρτες θορύβου και των περιλήψεων των σχεδίων δράσης, όπως αναφέρονται στο παράρτημα VI του άρθρου 11 της παρούσας απόφασης Α

Άρθρο 11

Παραρτήματα

Προσαρτώνται και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της παρούσας απόφασης τα Παραρτήματα I – IV που ακολουθούν. Τα Παραρτήματα αυτά τροποποιούνται με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., σύμφωνα με τα εκάστοτε ισχύοντα στο Κοινοτικό Δίκαιο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

(άρθρο 5)

1. Ορισμός του επιπέδου ημέρας – βραδιού - νύχτας  $L_{den}$ . Το επίπεδο ημέρας - βραδιού - νύχτας  $L_{den}$ , σε ντεσιμπέλ (dB), ορίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

>PIC FILE= "L\_2002189EL.001802.TIF"> όπου:

- $L_{day}$  είναι η A - σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη επί του συνόλου των περιόδων ημέρας ενός έτους,

-  $L_{evening}$  είναι η A - σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη επί του συνόλου των βραδινών περιόδων ενός έτους,

-  $L_{night}$  είναι η A - σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη επί του συνόλου των νυχτερινών περιόδων ενός έτους, με δεδομένο ότι:

- η ημέρα διαρκεί δώδεκα ώρες, το βράδυ τέσσερις ώρες και η νύχτα οκτώ ώρες. Η αρμόδια αρχή μπορεί να περικόψει τη βραδινή περίοδο κατά μία ή δύο ώρες και να αυξήσει

αναλόγως την περίοδο της ημέρας ή/ και της νύχτας, υπό τον όρο ότι η επιλογή αυτή ισχύει για όλες τις πηγές, και ότι θα παράσχουν στην Επιτροπή ΕΚ, πληροφορίες για τις συστηματικές διαφορές σε σχέση με τις βασικές επιλογές,

- η αρχή της ημέρας (και κατά συνέπεια η αρχή του βραδιού και της νύκτας) καθορίζεται από το κράτος μέλος (η επιλογή αυτή ισχύει για όλες τις πηγές θορύβου). Οι εξ' ορισμού τιμές είναι 07.00 έως 19.00, 19.00 έως 23.00 και 23.00 έως 07.00 τοπική ώρα,

- ένα έτος αντιστοιχεί στο υπόψιν έτος όσον αφορά την εκπομπή θορύβων και σε ένα μέσο έτος όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες, και ότι:

- λαμβάνεται υπόψη ο προσπίπτων θόρυβος, πράγμα που σημαίνει ότι ο ήχος που ανακλάται στην πρόσοψη του συγκεκριμένου κτιρίου δεν λαμβάνεται υπόψη (κατά κανόνα, αυτό σημαίνει διόρθωση 3 dB σε περίπτωση μέτρησης).

Το ύψος του σημείου αξιολόγησης του  $L_{den}$  εξαρτάται από την εκάστοτε περίπτωση:

- σε περίπτωση υπολογισμού για τους σκοπούς της στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβων σε σχέση με την έκθεση στο θόρυβο μέσα και κοντά στα κτίρια, τα σημεία αξιολόγησης βρίσκονται σε ύψος  $4,0 \pm 0,2$  m (3,8 - 4,2 m) πάνω από το έδαφος και στην πιο εκτεθειμένη πρόσοψη.

Για το σκοπό αυτό, η πιο εκτεθειμένη πρόσοψη είναι ο εξωτερικός τοίχος που είναι απέναντι και πιο κοντά προς τη συγκεκριμένη πηγή θορύβου. Για άλλους σκοπούς, μπορούν να γίνονται άλλες επιλογές,

- σε περίπτωση μέτρησης για τους σκοπούς της στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβου σε σχέση με την έκθεση στο θόρυβο μέσα και κοντά σε κτίρια, μπορούν να επιλέγονται άλλα ύψη αλλά δεν θα πρέπει ποτέ να είναι κάτω του 1,5 m από το έδαφος και τα αποτελέσματα πρέπει να διορθώνονται σύμφωνα με ισοδύναμο ύψος 4 m,

- για άλλους σκοπούς όπως ο ηχητικός σχεδιασμός και η ηχητική οριοθέτηση, μπορούν να επιλέγονται άλλα ύψη, αλλά τα σημεία μέτρησης δεν πρέπει ποτέ να είναι κάτω του 1,5 m από το έδαφος. Δίδονται τα ακόλουθα παραδείγματα:

- αγροτικές περιοχές με μονώροφα σπίτια,

- σχεδιασμός τοπικών μέτρων για τον περιορισμό των επιπτώσεων του θορύβου επί συγκεκριμένων κατοικιών,

- λεπτομερής χαρτογράφηση θορύβων σε μια περιορισμένη περιοχή, όπου παρουσιάζεται χωριστά η έκθεση καθεμιάς κατοικίας στους θορύβους.

## 2. Ορισμός του δείκτη νυχτερινού θορύβου

Ο δείκτης νυχτερινού θορύβου  $L_{night}$  είναι η A - σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, όπως ορίζεται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη με βάση όλες τις νυχτερινές περιόδους επί ένα έτος, με δεδομένο ότι:

- η νύκτα διαρκεί οκτώ ώρες, όπως ορίζεται στο σημείο 1,
- ένα έτος είναι το υπόψιν έτος όσον αφορά τις ηχητικές εκπομπές και ένα μέσο έτος όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες, όπως ορίζεται στο σημείο 1,
- λαμβάνεται υπόψιν ο προσπίπτων ήχος, όπως ορίζεται στο σημείο 1
- σημείο αξιολόγησης είναι αυτό που προβλέπεται για τον δείκτη  $L_{den}$ .

## 3. Πρόσθετοι δείκτες θορύβου

Σε μερικές περιπτώσεις, εκτός των δεικτών  $L_{den}$  και  $L_{night}$ , και, κατά περίπτωση, των δεικτών  $L_{day}$  και  $L_{evening}$ , μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματική η χρησιμοποίηση ειδικών δεικτών θορύβου και αντίστοιχων οριακών τιμών. Δίνονται τα ακόλουθα παραδείγματα:

- η εξεταζόμενη πηγή θορύβου λειτουργεί μόνο για μικρό χρονικό διάστημα (για παράδειγμα λιγότερο από το 20 % του χρόνου των ολικών ημερήσιων, βραδινών ή νυχτερινών περιόδων ενός έτους),
- ο μέσος αριθμός ηχητικών γεγονότων, σε μια ή περισσότερες περιόδους, είναι πολύ μικρός (π.χ. λιγότερο από ένα ηχητικό γεγονός ανά ώρα· ως ηχητικό γεγονός θα μπορούσε να οριστεί ο θόρυβος που διαρκεί λιγότερο από πέντε λεπτά, π.χ. ο θόρυβος από διερχόμενο τραίνο ή αεροπλάνο),
- η εμπεριεχόμενη συνιστώσα χαμηλών συχνοτήτων είναι ισχυρή,
- $L_{max}$  ή SEL (επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο) για προστασία κατά τη διάρκεια της νυχτερινής περιόδου στην περίπτωση αιχμών θορύβου,
- επιπρόσθετη προστασία κατά τα Σαββατοκύριακα ή σε ορισμένες χρονικές στιγμές του έτους,
- επιπρόσθετη προστασία της ημερήσιας περιόδου,
- επιπρόσθετη προστασία της βραδινής περιόδου,
- συνδυασμός θορύβων από διάφορες πηγές,
- ήσυχες περιοχές στην ύπαιθρο,
- θόρυβος με έντονα τονικά συστατικά,
- θόρυβος με απότομο (ωθητικό) χαρακτήρα.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ (άρθρο 6)

#### 1. ΓΕΝΙΚΑ

Οι τιμές του  $L_{den}$  και  $L_{night}$  μπορούν να προσδιοριστούν είτε με υπολογισμούς είτε με μέτρηση (στο σημείο αξιολόγησης). Για τις προβλέψεις, μόνον η μέθοδος του υπολογισμού εφαρμόζεται.

Οι προσωρινές μέθοδοι υπολογισμού και μέτρησης εκτίθενται στα σημεία 2 και 3.

#### 2. Προσωρινές μέθοδοι υπολογισμού του $L_{den}$ και του $L_{night}$

##### 2.1. Προσαρμογή των ισχυουσών εθνικών μεθόδων υπολογισμού

Οι ισχύουσες εθνικές μεθόδους για τον προσδιορισμό των μακροπρόθεσμων δεικτών, μπορούν να συνεχίσουν να εφαρμόζονται με την προϋπόθεση ότι είναι προσαρμοσμένες με τον ορισμό των δεικτών του παραρτήματος Ι. Για τις περισσότερες εθνικές μεθόδους το γεγονός αυτό συνεπάγεται την εισαγωγή της βραδινής περιόδου ως χωριστής περιόδου προς εξέταση και την εισαγωγή του μέσου όρου για ολόκληρο το έτος. Μερικές ισχύουσες μέθοδοι πρέπει επίσης να προσαρμοσθούν σε ό,τι αφορά τον μη συνυπολογισμό των ανακλάσεων στις προσόψεις, την ενσωμάτωση της νυχτερινής περιόδου ή/και το σημείο αξιολόγησης. Η εξαγωγή μέσου όρου για ένα έτος απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Στις διακυμάνσεις ενός έτους συμβάλλουν τόσο οι διακυμάνσεις των πηγών εκπομπής όσο και οι διακυμάνσεις των ηχητικών μεταδόσεων.

##### 2.2. Συνιστώμενες προσωρινές μέθοδοι υπολογισμού

Σε περίπτωση που η αρμόδια αρχή επιθυμεί να χρησιμοποιήσει κάποια άλλη μέθοδο υπολογισμού, συνιστώνται οι παρακάτω μέθοδοι:

Για το ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΘΟΡΥΒΟ: ISO 9613-2: “Acoustics – Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2· General method of calculation”.

Για τη μέθοδο αυτή, τα κατάλληλα στοιχεία για τις εκπομπές θορύβου (εισερχόμενα δεδομένα) λαμβάνονται από μετρήσεις σύμφωνα με μια από τις ακόλουθες μεθόδους:

– ISO 8297:1994 “Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method”.

– EN ISO 3744: 1995 “Acoustics – Determination of sound power levels of noise using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane”.

– EN ISO 3746: 1995 “Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using an enveloping measurement surface over a reflecting plane”.

Για τους ΘΟΡΥΒΟΥΣ ΑΠΟ ΤΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ: ECAC.CEAC Doc. 29 “Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports”, 1997. Από τις διάφορες μεθόδους προσομοίωσης των πτητικών οδών, χρησιμοποιείται η τεχνική τμηματοποίησης, όπως αναφέρεται στο μέρος 7.5 του ECAC.CEAC Doc. 29.

Για τους ΘΟΡΥΒΟΥΣ ΟΔΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ: η γαλλική εθνική μέθοδος υπολογισμού “NMPB–Routes–96 (SETRA - CERTU–LCPC–CSTB)”, όπως αναφέρεται στο “Arrkti du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routiθres, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6” και στο γαλλικό πρότυπο “XPS 31–133”. Αναφορικά με τα εισερχόμενα δεδομένα που αφορούν τις εκπομπές, τα έγγραφα αυτά αναφέρονται στον “Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prvision des niveaux sonores, CETUR 1980”.

Για τους ΘΟΡΥΒΟΥΣ ΤΩΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ: η εθνική μέθοδος υπολογισμού των Κάτω Χωρών, όπως δημοσιεύθηκε στο “Reken– en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaī ‘96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996”.

Οι μέθοδοι αυτές προσαρμόζονται προς τους ορισμούς του Lden και του Lnight. Η Επιτροπή δημοσιεύει κατευθυντήριες γραμμές, σύμφωνα με το άρθρο 13 παράγραφος 2 της οδηγίας 2002/49/EK, για τις αναθεωρημένες μεθόδους και παρέχει δεδομένα εκπομπής για τους αεροπορικούς θορύβους και τους θορύβους της οδικής και σιδηροδρομικής κυκλοφορίας με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία.

### 3. Προσωρινές μέθοδοι μέτρησης του Lden και του Lnight

Σε περίπτωση που η αρμόδια αρχή προτίθεται να χρησιμοποιήσει την επίσημη μέθοδο μέτρησης, η μέθοδος αυτή προσαρμόζεται σύμφωνα με τον ορισμό των δεικτών που περιέχεται στο παράρτημα I και σύμφωνα με τις αρχές των μακροπρόθεσμων μετρήσεων, όπως εκτίθενται στο δημοσίευμα ISO 1996–2: 1987 και στο ISO 1996–1: 1982.

Αν δεν υφίσταται επίσημη μέθοδο μέτρησης ή η αρμόδια αρχή να υιοθετεί άλλη μέθοδο, η μέθοδος μπορεί να βασίζεται στον ορισμό του δείκτη και των αρχών που εκτίθενται στο δημοσίευμα ISO 1996–2: 1987 και ISO 1996–1: 1982.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από μετρήσεις εμπρός στην πρόσοψη ενός κτιρίου ή εμπρός σε άλλο στοιχείο αντανάκλασης, πρέπει να διορθώνονται ώστε να αφαιρείται η συμβολή της αντανάκλασης στην πρόσοψη αυτή ή στο συγκεκριμένο άλλο στοιχείο (κατά γενικό κανόνα, αυτό συνεπάγεται διόρθωση 3 dB σε περίπτωση μέτρησης).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΒΛΑΒΕΙΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

(άρθρο 6 παράγραφος 3)

Για την αξιολόγηση των επιδράσεων του θορύβου στην υγεία του πληθυσμού, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σχέσεις δόσης - επίδρασης. Οι σχέσεις δόσης - επίδρασης που εισάγονται με τις μελλοντικές αναθεωρήσεις του παρόντος παραρτήματος σύμφωνα με το άρθρο 13 παράγραφος 2 της οδηγίας 2002/49/ΕΚ αφορούν ιδίως:

- τη σχέση μεταξύ ενόχλησης και  $L_{den}$  για το θόρυβο των οδικών, σιδηροδρομικών και αεροπορικών μεταφορών και για το βιομηχανικό θόρυβο,
- τη σχέση μεταξύ διαταραχής του ύπνου και  $L_{night}$  για το θόρυβο των οδικών, σιδηροδρομικών και αεροπορικών μεταφορών και για το βιομηχανικό θόρυβο. Αν χρειάζεται, θα μπορούσαν να παρουσιάζονται ειδικές σχέσεις δόσης - επίδρασης για:
- κατοικίες με ειδική ηχομόνωση, όπως ορίζεται στο παράρτημα VI,
- κατοικίες με ήσυχη πρόσοψη, όπως ορίζεται στο παράρτημα VI,
- διαφορετικά κλίματα / διαφορετικές συνήθειες,
- ευπαθείς πληθυσμιακές ομάδες,
- τονικό βιομηχανικό θόρυβο,
- ωθητικό βιομηχανικό θόρυβο και άλλες ειδικές περιπτώσεις.

#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ

(άρθρο 7)

1. Στρατηγικός χάρτης θορύβων είναι η παρουσίαση δεδομένων σχετικών με ένα από τα ακόλουθα:

- μια υπάρχουσα, προγενέστερη ή προβλεπόμενη ηχητική κατάσταση υπό μορφή δείκτη θορύβου,
- η υπέρβαση μιας οριακής τιμής,
- ο εκτιμώμενος αριθμός κατοικιών, σχολείων και νοσοκομείων σε μια ορισμένη περιοχή που εκτίθενται σε συγκεκριμένες τιμές ενός δείκτη θορύβου,
- ο εκτιμώμενος αριθμός ανθρώπων που βρίσκονται σε περιοχή εκτεθειμένη σε θόρυβο.

2. Οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου μπορούν να παρουσιάζονται στο κοινό ως:

- γραφικές παραστάσεις,
- αριθμητικά δεδομένα σε πίνακες,
- αριθμητικά δεδομένα υπό ηλεκτρονική μορφή.



3. Οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου για πολεοδομικά συγκροτήματα πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στο θόρυβο που εκπέμπεται από:

- την οδική κυκλοφορία,
- τη σιδηροδρομική κυκλοφορία,
- τα αεροδρόμια,
- τους χώρους βιομηχανικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των λιμένων.

4. Η στρατηγική χαρτογράφηση θορύβου χρησιμοποιείται για τους ακόλουθους σκοπούς:

- παροχή δεδομένων που αποστέλλονται στην Επιτροπή ΕΚ, σύμφωνα με το άρθρο 10 παράγραφος 2 και το παράρτημα VI,
- πηγή πληροφοριών για τους πολίτες, σύμφωνα με το άρθρο 9,
- βάση για σχέδια δράσης, σύμφωνα με το άρθρο 8.

Καθένας από τους στόχους αυτούς απαιτεί διαφορετικό τύπο στρατηγικών χαρτών θορύβου.

5. Οι ελάχιστες απαιτήσεις για τους στρατηγικούς χάρτες θορύβου αναφορικά με τα δεδομένα που αποστέλλονται στην Επιτροπή ΕΚ, δίδονται στα σημεία 1.5, 1.6, 2.5, 2.6 και 2.7 του παραρτήματος VI.

6. Για την ενημέρωση των πολιτών σύμφωνα με το άρθρο 9 και για την εκπόνηση σχεδίων δράσης σύμφωνα με το άρθρο 8, απαιτούνται πρόσθετα και πιο λεπτομερή πληροφοριακά στοιχεία, όπως:

- γραφική παράσταση,
- χάρτες όπου παρουσιάζονται οι υπερβάσεις μιας οριακής τιμής,
- διαφορικοί χάρτες, στους οποίους παριστάνεται η τρέχουσα κατάσταση σε σχέση με μελλοντικές καταστάσεις,
- χάρτες στους οποίους παρουσιάζεται η τιμή του δείκτη θορύβου σε άλλο ύψος από τα τέσσερα μέτρα, οσάκις ενδείκνυται. Η αρμόδια αρχή μπορεί να θεσπίζει κανονισμούς σχετικά με τον τύπο και την μορφή των εν λόγω χαρτών θορύβου.

7. Εκπονούνται στρατηγικοί χάρτες θορύβου τοπικής ή εθνικής χρήσεως για αξιολογήσεις σε ύψος τεσσάρων μέτρων και για κλίμακες τιμών των δεικτών  $L_{den}$  και  $L_{night}$  5 dB, όπως ορίζεται στο παράρτημα VI.

8. Για τα πολεοδομικά συγκροτήματα, εκπονούνται ιδιαίτεροι στρατηγικοί χάρτες θορύβου για τους θορύβους οδικής, σιδηροδρομικής και αεροπορικής κυκλοφορίας

και για τους βιομηχανικούς θορύβους. Μπορούν να καταρτίζονται χάρτες και για άλλες πηγές θορύβου.

9. Η Επιτροπή ΕΚ εκπονεί κατευθυντήριες γραμμές για περαιτέρω καθοδήγηση αναφορικά με τους χάρτες θορύβου, τη χαρτογράφηση του θορύβου και το σχετικό λογισμικό, σύμφωνα με το άρθρο 13 παράγραφος 2 της οδηγίας 2002/49/ΕΚ.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΧΕΔΙΑ ΔΡΑΣΗΣ

(άρθρο 8)

1. Τα σχέδια δράσης πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία:

- περιγραφή του πολεοδομικού συγκροτήματος, των μεγάλων οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων ή των μεγάλων αεροδρομίων και άλλων πηγών θορύβου που λαμβάνονται υπόψη,

- υπεύθυνη αρχή,

- νομικό πλαίσιο,

- τυχόν ισχύουσες οριακές τιμές σύμφωνα με το άρθρο 5,

- περίληψη αποτελεσμάτων της χαρτογράφησης θορύβου,

- εκτίμηση του αριθμού ατόμων που εκτίθενται στο θόρυβο, επισήμανση προβλημάτων και καταστάσεων προς βελτίωση,

- ιστορικό των δημόσιων διαβουλεύσεων που διοργανώθηκαν σύμφωνα με το άρθρο 8 παράγραφος 6,

- μέτρα κατά του θορύβου τα οποία ήδη εφαρμόζονται και σχέδια τα οποία προετοιμάζονται,

- σχεδιαζόμενες δράσεις των αρμόδιων αρχών για τα επόμενα πέντε χρόνια, συμπεριλαμβανομένων μέτρων για τη διατήρηση των ήσυχων περιοχών,

- μακροπρόθεσμη στρατηγική,

- χρηματοοικονομικές πληροφορίες (εφόσον υπάρχουν):

προϋπολογισμοί, αξιολόγηση κόστους/ απόδοσης, αξιολόγηση κόστους / ωφελείας,

- προβλεπόμενες διατάξεις για την αξιολόγηση της εφαρμογής και των αποτελεσμάτων του σχεδίου δράσης.

2. Στις δράσεις που σχεδιάζει η αρμόδια αρχή, μπορούν να συγκαταλέγονται π.χ. οι ακόλουθες:

- κυκλοφοριακός σχεδιασμός,

- χωροταξικός σχεδιασμός,
- τεχνικά μέτρα επί των πηγών θορύβου,
- επιλογή πηγών χαμηλότερου θορύβου,
- περιορισμοί στη διάδοση των θορύβων,
- κανονιστικά ή οικονομικά μέτρα ή κίνητρα.

3. Κάθε σχέδιο δράσης θα πρέπει να περιλαμβάνει εκτιμήσεις αναφορικά με τη μείωση του αριθμού των επηρεαζόμενων ατόμων (ενοχλήσεις, διαταραχές ύπνου ή άλλο τι).

4. Σύμφωνα με το άρθρο 13 παράγραφος 2 της οδηγίας 2002/49/EK, η Επιτροπή ΕΚ μπορεί να εκπονεί κατευθυντήριες γραμμές με περαιτέρω οδηγίες για τα σχέδια δράσης.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΙΑΒΙΒΑΣΤΕΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

(άρθρο 10)

Τα δεδομένα που πρέπει να διαβιβάζονται στην Επιτροπή ΕΚ, έχουν ως εξής:

1. Για τα πολεοδομικά συγκροτήματα

1.1. Σύντομη περιγραφή του πολεοδομικού συγκροτήματος: γεωγραφική θέση, μέγεθος, αριθμός κατοίκων.

1.2. Αρμόδια αρχή.

1.3. Προγράμματα ελέγχου θορύβου που έχουν εκτελεστεί στο παρελθόν και εφαρμοζόμενα μέτρα κατά του θορύβου.

1.4. Εφαρμοζόμενες μέθοδοι υπολογισμού ή μέτρησης.

1.5. Υπολογιζόμενος αριθμός ατόμων (σε εκατοντάδες) που ζουν σε κατοικίες εκτεθειμένες στα ακόλουθα επίπεδα του  $L_{den}$  (σε dB) σε ύψος τεσσάρων μέτρων από το έδαφος στην πιο εκτεθειμένη πρόσοψη: 55–59, 60–64, 65–69, 70–74, &gt; 75, χωριστά για θορύβους από οδική, σιδηροδρομική και αεροπορική κυκλοφορία και από βιομηχανικές πηγές. Οι αριθμοί δίδονται κατά προσέγγιση εκατοντάδας (π.χ.: 5200 = μεταξύ 5150 και 5249 ατόμων, 100 = μεταξύ 50 και 149, 0 = λιγότερο από 50 άτομα). Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρεται, εφόσον είναι σκόπιμο και εφόσον υπάρχουν κατάλληλα στοιχεία, πόσα άτομα των παραπάνω κατηγοριών ζουν σε κτίρια τα οποία έχουν:

- ειδική μόνωση κατά του συγκεκριμένου θορύβου, δηλαδή ειδική μόνωση κτιρίου κατά ενός ή περισσότερων τύπων περιβαλλοντικού θορύβου σε συνδυασμό με εγκαταστάσεις αερισμού ή κλιματισμού που να επιτρέπουν τη διατήρηση υψηλών τιμών μόνωσης κατά του περιβαλλοντικού θορύβου,

- ήσυχη πρόσοψη, δηλαδή πρόσοψη κατοικίας στην οποία η τιμή  $L_{den}$  σε ύψος τεσσάρων μέτρων από το έδαφος και σε απόσταση δύο μέτρων από την πρόσοψη, για το θόρυβο που εκπέμπεται από μια συγκεκριμένη πηγή, είναι κατά 20 dB τουλάχιστον κατώτερη από ό,τι στην πρόσοψη με την υψηλότερη τιμή  $L_{den}$ .

Αναφέρεται επίσης το πώς οι μεγάλοι οδικοί και σιδηροδρομικοί άξονες και τα μεγάλα αεροδρόμια, κατά την έννοια του άρθρου 3, συμβάλλουν στην προαναφερόμενη κατάσταση.

1.6. Ο εκτιμώμενος συνολικός αριθμός ατόμων (σε εκατοντάδες) που ζουν σε κατοικίες εκτεθειμένες σε κάποια από τις εξής ζώνες τιμών του  $L_{night}$  σε dB και σε ύψος τεσσάρων μέτρων από το έδαφος στην πιο εκτεθειμένη πρόσοψη: 50–54, 55–59, 60–64, 65–69, > 70, χωριστά για θορύβους οδικής, σιδηροδρομικής και αεροπορικής κυκλοφορίας και για βιομηχανικές πηγές. Τα στοιχεία αυτά μπορούν επίσης να υπολογισθούν για τη ζώνη τιμών των 45–49 πριν από την ημερομηνία που προβλέπεται στο άρθρο 11 παράγραφος 1 της οδηγίας 2002/49/EK.

Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρεται, εφόσον υπάρχουν κατάλληλα στοιχεία και είναι σκόπιμο, πόσα άτομα των παραπάνω κατηγοριών ζουν σε κτίρια τα οποία έχουν:

- ειδική μόνωση κατά του συγκεκριμένου θορύβου, όπως ορίζεται στο σημείο 1.5,
- ήσυχη πρόσοψη, όπως ορίζεται στο σημείο 1.5.

Αναφέρεται επίσης το πώς οι μεγάλοι οδικοί και σιδηροδρομικοί άξονες και τα μεγάλα αεροδρόμια συμβάλλουν στην προαναφερόμενη κατάσταση.

1.7. Όταν χρησιμοποιείται γραφική παράσταση, στους στρατηγικούς χάρτες, πρέπει να εμφανίζονται τουλάχιστον οι ισοθορυβικές καμπύλες 60, 65, 70 και 75 dB.

1.8. Περίληψη του σχεδίου δράσης, το πολύ δέκα σελίδων, με όλες τις σημαντικές πτυχές που αναφέρονται στο παράρτημα V.

## 2. Μεγάλοι οδικοί και σιδηροδρομικοί άξονες και μεγάλα αεροδρόμια

2.1. Γενική περιγραφή των οδικών ή σιδηροδρομικών αξόνων ή των μεγάλων αεροδρομίων: γεωγραφική θέση, μέγεθος, δεδομένα περί της κυκλοφορίας.

2.2. Χαρακτηριστικά των περιχώρων: πολεοδομικά συγκροτήματα, χωριά, εξοχή ή άλλο τι, πληροφορίες περί των χρήσεων γης, άλλες σημαντικές πηγές θορύβου.

2.3. Προγράμματα ελέγχου των θορύβων εκτελεσθέντα στο παρελθόν και εφαρμοζόμενα μέτρα κατά του θορύβου.

2.4. Εφαρμοζόμενες μέθοδοι υπολογισμού και μέτρησης.

2.5. Ο εκτιμώμενος συνολικός αριθμός ατόμων (σε εκατοντάδες) εκτός πολεοδομικών συγκροτημάτων που ζουν σε κατοικίες εκτεθειμένες σε μια από τις ακόλουθες ζώνες τιμών του  $L_{den}$  (σε dB), σε ύψος τεσσάρων μέτρων από το έδαφος

στην πιο εκτεθειμένη πρόσοψη: 55–59, 60–64, 65– 69, 70–74, &gt; 75. Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρεται, εφόσον υπάρχουν κατάλληλα στοιχεία και είναι σκόπιμο, πόσα άτομα των παραπάνω κατηγοριών ζουν σε κτίρια τα οποία έχουν:

- ειδική μόνωση κατά του συγκεκριμένου θορύβου, όπως ορίζεται στο σημείο 1.5,
- ήσυχη πρόσοψη, όπως ορίζεται στο σημείο 1.5.

2.6. Ο εκτιμώμενος συνολικός αριθμός ατόμων (σε εκατοντάδες) εκτός πολεοδομικών συγκροτημάτων που ζουν σε κατοικίες εκτεθειμένες σε κάποια από τις ακόλουθες ζώνες τιμών του  $L_{night}$  (σε dB), σε ύψος τεσσάρων μέτρων από το έδαφος στην πιο εκτεθειμένη πρόσοψη: 50–54, 55–59, 60–64, 65–69, &gt;70. Τα στοιχεία αυτά μπορούν επίσης να υπολογισθούν για τη ζώνη τιμών των 45–49 πριν από την ημερομηνία που προβλέπεται στο άρθρο 11 παράγραφος 1 της οδηγίας 2002/49/ΕΚ..

Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρεται, εφόσον υπάρχουν κατάλληλα στοιχεία και είναι σκόπιμο, πόσα άτομα των παραπάνω κατηγοριών ζουν σε κτίρια τα οποία έχουν:

- ειδική μόνωση κατά του συγκεκριμένου θορύβου, όπως ορίζεται στο σημείο 1.5,
- ήσυχη πρόσοψη, όπως ορίζεται στο σημείο 1.5.

2.7. Η συνολική έκταση (σε  $km^2$ ) που εκτίθεται σε τιμές του  $L_{den}$  υψηλότερες των 55, 65 και 75 dB, αντιστοίχως. Επιπλέον, ο εκτιμώμενος συνολικός αριθμός κτιρίων (σε εκατοντάδες) και ο εκτιμώμενος συνολικός αριθμός ατόμων (σε εκατοντάδες) που ζουν σε καθεμία από τις προαναφερόμενες περιοχές. Οι αριθμοί αυτοί πρέπει να περιλαμβάνουν τα πολεοδομικά συγκροτήματα.

Οι ισοθορυβικές καμπύλες 55 και 65 dB πρέπει να εμφανίζονται επίσης σε έναν ή περισσότερους χάρτες, όπου περιλαμβάνονται πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση των χωριών, πόλεων και πολεοδομικών συγκροτημάτων εντός των καμπυλών αυτών.

2.8. Περίληψη του σχεδίου δράσης, το πολύ δέκα σελίδων, με όλες τις σημαντικές πτυχές που αναφέρονται στο παράρτημα V.

### 3. Κατευθυντήριες γραμμές

Σύμφωνα με το άρθρο 13 παράγραφος 2 της οδηγίας 2002/49/ΕΚ, η Επιτροπή ΕΚ μπορεί να εκπονεί κατευθυντήριες γραμμές με περαιτέρω οδηγίες για την προαναφερόμενη παροχή πληροφοριών.

### Άρθρο 12

Σύμφωνα με το άρθρο κάθε διάταξη που αντίκειται στις διατάξεις της παρούσας απόφασης ή ανάγεται σε θέματα που ρυθμίζονται από αυτήν καταργούνται.