



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Νικολέρη Ευάγγελου

Θέμα

**Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην αστική ηχοπροστασία:**

**Η «Πλατεία Νέας Σμύρνης» στην Αθήνα**



**Επιβλέπουσα καθηγήτρια  
κ. Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου**

**Αθήνα, Ιούλιος 2012**

**Στους γονείς μου ,  
Βαρβάρα και Νικόλαο  
και στον αδερφό μου ,  
Αναστάσιο**



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Μέσω αυτής της διπλωματικής εργασίας με τίτλο : “Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην αστική ηχοπροστασία : Η πλατεία Νέας Σμύρνης στην Αθήνα” θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους εκείνους που μας βοήθησαν και χωρίς αυτούς η ολοκλήρωση της εργασίας θα ήταν αδύνατη. Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα επικ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. κ. Α.Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου για την καθοδήγηση και την βοήθειά της καθ όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Ευχαριστίες εκφράζονται επίσης στον καθηγητή και διευθυντή του Εργαστηρίου Ηχοτεχνίας του ΕΜΠ κ. Γ.Πουλάκο για τη συνεργασία του και τις διευκολύνσεις που μου παρείχε κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων με την παραχώρηση των ηχομέτρων.

Εν συνεχεία ευχαριστώ τον υποψήφιο διδάκτορα του ΕΜΠ, κ Τηλέμαχο Καρατζά για την βοήθεια και την υποστήριξή τους κατα τη διάρκεια των μετρήσεων.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για την ηθική στήριξη και συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στην πλατεία της Νέας Σμύρνης στην Αθήνα και τις μετρήσεις θορύβου που λάβανε χώρα. Στόχος της εργασίας μας ήταν να μελετηθεί η απόσβεση του θορύβου απ τις γύρω οδούς προς το εσωτερικό της πλατείας, καθώς και η επίδραση των περιμετρικά φυτεμένων δέντρων και θάμνων στην απόσβεση αυτή. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεών μας αποδείχθηκε ότι η κύρια πηγή θορύβου της πλατείας είναι τα μαγαζιά, οι καφετέριες και γενικότερα οι χώροι εστίασης περιμετρικά και εντός της πλατείας ενώ ο θόρυβος απ τη Λεωφόρο Ελευθερίου Βενιζέλου είναι ουσιαστικά αμελητέος. Έτσι λοιπόν όχι μόνο δεν επιτυγχάνεται απόσβεση στο εσωτερικό της πλατείας, αλλά λόγω της αλόγιστης ανάπτυξης και λειτουργίας των μαγαζιών και χώρων εστίασης ο θόρυβος συντηρείται κι ενισχύεται. Αλλοιώνεται λοιπόν η λειτουργικότητα της πλατείας και ως συνέπεια αυτού ο επισκέπτης δε μπορεί να βρει ηρεμία εντός του χώρου αυτού.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά.....	1
1.2 Διατύπωση Προβλήματος.....	3
1.3 Χώροι Πρασίνου.....	4
1.4 Πλατεία Νέας Σμύρνης.....	6

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΦΥΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

2.1.1 Γενικά.....	13
2.1.2 Βασικά Μεγέθη.....	14
2.1.3 Προσδιορισμός συνισταμένης ήχου.....	17
2.1.4 Η υποκειμενική στάθμη του ήχου σε dB – ορισμός dBA.....	18
2.1.5 Διάδοση του ήχου.....	19
2.1.6 Ηχητικά φαινόμενα στο χώρο.....	20
2.1.7 Ανάλυση κυκλοφοριακού θορύβου.....	21

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

3.1 Γενικά.....	24
3.2 Διεθνής Βιβλιογραφία.....	25
3.2.1 Absorption of Acoustic energy by plant leaves.....	25
3.2.2 Road traffic noise attenuation by belts of trees.....	25
3.2.3 Reverberation and frequency attenuation in forests and implications for acoustic communication in animals.....	26
3.2.4 The absorption of sound by pine trees.....	27
3.2.5 Sound attenuation in forests.....	27
3.2.6 Συμβολή Εθνικού κήπου της Αθήνας στην απόσβεση της αστικής Ηχορρύπανσης.....	28
3.2.7 Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην αστική ηχοπροστασία : το πεδίο του Άρεως στην Αθήνα.....	30

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**

4.1 Γενικά.....	32
4.2 Παρουσίαση δεικτών θορύβου.....	32
4.3 Ηχόμετρα και κατηγορίες ηχομέτρων.....	35
4.3.1 Σταθμιστικά κυκλώματα (φίλτρα).....	36
4.3.2 Πειραματικά όργανα – χαρακτηριστικά.....	36
4.4 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας.....	42

4.4.1	Πρώτη φάση μετρήσεων.....	42
4.4.2	Δεύτερη φάση μετρήσεων.....	43
4.5	Αεροφωτογραφίες.....	44

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

5.1	Γενικά.....	46
5.2	Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	47
5.3	Περιγραφή αποτελεσμάτων.....	61
5.3.1	Αποτελέσματα πρώτης φάσης.....	61
5.3.2	Πείραμα με νοητές πορείες.....	63
5.3.3	Αποτελέσματα δεύτερης φάσης.....	65
5.3.4	Πείραμα με νοητές πορείες.....	67
5.4	Συζήτηση αποτελεσμάτων Α και Β φάσης.....	69
5.5	Συγκριτική ανάλυση με τ αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας των Δημήτρη Καστανιά και Παναγιώτη Κριπούρη.....	73
5.6	Συγκριτική ανάλυση με τ αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας της Κατερίνας Λουκαΐδου.....	75
5.7	Συγκριτική ανάλυση με τ αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας των Σβάρνα Γιάννη και Χατζηλιάδη Εύη.....	77

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	81
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	84
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</b>	87
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</b>	91
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ</b>	93
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ</b>	94

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

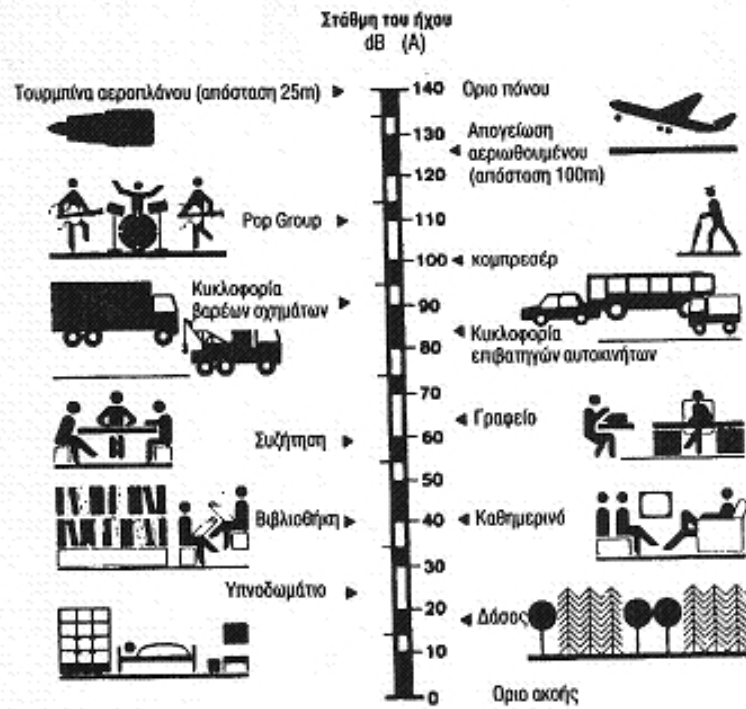
### 1.1 Γενικά

Ως θόρυβος ορίζεται κάθε απεριοδικός σύνθετος ήχος που η στιγμιαία τιμή του αυξομειώνεται με τυχαίο τρόπο, όμως στην καθημερινή μας ζωή ως θόρυβο αντιλαμβανόμαστε κάθε δυσάρεστο ή ανεπιθύμητο ήχο. Ήχος είναι η αίσθηση που προκαλείται λόγω της διέγερσης των αισθητήριων οργάνων της ακοής από μεταβολές της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Σχεδόν όλοι όσοι ζούμε σε μεγάλες πόλεις είμαστε εκτεθειμένοι στις επιπτώσεις της ηχορύπανσης. Τα προβλήματα που μπορούν να δημιουργηθούν είναι πολλά και ποικίλα. Εκτός από τα προβλήματα ακοής που μπορούν να δημιουργηθούν, η ηχορύπανση προκαλεί άγχος (stress) ενώ επηρεάζει δυσμενώς τη ψυχική και σωματική μας ευεξία. Παράλληλα, επηρεάζει την ατομική απόδοση του καθενός κατ'επέκταση την κοινωνία κι ειδικότερα στα παιδιά μπορεί να επηρεάσει τις ικανότητες διαβάσματος κι εκμάθησης. Αξιοσημείωτο επίσης είναι πως σύμφωνα με στατιστικές στη Νέα Υόρκη η ηχορύπανση αποτελεί ένα απ τα συχνότερα παράπονα που εκφράζονται στις συνοικίες όπως επίσης τ ότι ανεπιθύμητοι θόρυβοι συμβάλουν στην εγκληματικότητα!

Κύριες πηγές ηχορύπανσης σε μεγάλες πόλεις

- Κυκλοφοριακός θόρυβος
- Χρήση οικιακών συσκευών
- Βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις
- Εγκαταστάσεις αναψυχής και διασκέδασης

### Εντάσεις χαρακτηριστικών θορύβων





## 1.2 Διατύπωση προβλήματος

Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, 140 εκατομμύρια άνθρωποι στις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες συμβιώνουν με ανυπόφορους θορύβους και άλλα 110 εκατομμύρια αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα στην εργασία και στον ύπνο τους, συμπεριλαμβανομένων και των κατοίκων των μεγαλύτερων πόλεων της Ελλάδας. Η Θεσσαλονίκη, η Πάτρα, το Ηράκλειο και η Λαμία συγκαταλέγονται στις πιο θορυβώδεις πόλεις της Ευρώπης, ενώ η Αθήνα είναι φυσικά ο «μεγάλος ασθενής» της ηχορύπανσης, με το 60% των κατοίκων της να υποφέρει από το μηχανολογικό, κυκλοφοριακό και αστικό θόρυβο. Με όριο κινδύνου τα 70 ντεσιμπέλ, τρία εκατομμύρια κάτοικοι του Λεκανοπεδίου εκτίθενται σε θορύβους έντασης 75 ντεσιμπέλ κατά μέσο όρο, ενώ στα κεντρικότερα σημεία ο θόρυβος ξεπερνά τα 100 ντεσιμπέλ. Οι μετρήσεις αναδεικνύουν ως βασική πηγή του αστικού θορύβου την αυξημένη κυκλοφορία των οχημάτων και ειδικά των δικύκλων. Υπολογίζεται πως το 5% των αυτοκινήτων και το 40% των δικύκλων που κυκλοφορούν στην Αττική εκπέμπουν στάθμες θορύβου υψηλότερες από τις επιτρεπόμενες. Συγκεντρωτικά, οι παρενέργειες της ηχορύπανσης είναι

- Προβλήματα ακοής
- Διαταραχή ύπνου
- Δημιουργία άγχους (stress)
- Πρόκληση κούρασης
- Αρνητική επίπτωση στην πέψη
- Αύξηση καρδιαγγειακών νοσημάτων λόγω της αυξημένης πίεσης
- Ψυχολογικά προβλήματα
- Αρνητική επίδραση στην ικανότητα συγκέντρωσης
- Επηρεάζεται η κοινωνική συμπεριφορά των ατόμων
- Δημιουργεί μαθησιακές δυσκολίες στα παιδιά

Όλα τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι σε γενικές γραμμές υποβαθμίζονται τα αστικά κέντρα και η ποιότητα ζωής σε αυτά.

### 1.3 Χώροι Πρασίνου

Οι περισσότερες μεγαλουπόλεις χαρακτηρίζονται από την έντονη παρουσία του μπετού στα κτίρια και τις λοιπές κατασκευές και από την ελάχιστη αντίστοιχη παρουσία του πρασίνου εντός των μεγαλουπόλεων. Επιπλέον, οι χώροι αυτοί δεν είναι πάντοτε προσβάσιμοι στους κατοίκους. Διεθνώς χώροι πρασίνου στην πόλη θεωρούνται τα πάρκα και οι κήποι που διασχίζουν την πόλη, οι μικροί χώροι πρασίνου που δημιουργούνται ως υπολειμματικοί, οι αδόμητοι χώροι αλλά και οι μη διαμορφωμένοι χώροι, που έχουν εποικιστεί από χλωρίδα και πανίδα. Στην Ελληνική νομοθεσία διακρίνουμε την έννοια των κοινόχρηστων χώρων ως κάθε είδους δρόμους, πλατείες, άλση γενικά προορισμένους για κοινή χρήση, ελεύθερους χώρους που καθορίζονται από το εγκεκριμένο ρυμοτομικό σχέδιο του οικισμού.

Χώροι πρασίνου μπορούν να είναι:

- Δημόσια και ιδιωτικά πάρκα και κήποι
- Φυσικοί χώροι πρασίνου, αλσύλλια, περιαστικά δάση
- Χώροι αναψυχής και αστικοί χώροι γύρω από κτίρια
- Πλατείες
- Κοιμητήρια
- Παιδικές χαρές και χώροι παιχνιδιού και αθλοπαιδιών
- Διαδρομές πρασίνου που ακολουθούν δίκτυα κυκλοφορίας
- Περιβάλλοντες χώροι σχολείων, νοσοκομείων και εκκλησιών
- Περιβάλλοντες χώροι ρεμάτων, καναλιών αποστράγγισης και ποτίσματος
- Προκυμαίες
- Ελεύθεροι χώροι στρατοπέδων
- Εγκαταλελειμμένοι χώροι (εργοστάσια, οικοδομές) που έχουν εποικιστεί από ενδημική βλάστηση
- Ιδιωτικοί χώροι πρασίνου-κατοικιών
- Δενδροστοιχίες
- Φυτεύσεις σε οροφές και όψεις κτιρίων.

Η βλάστηση από την άλλη έχει ευεργετική επίδραση στα κέντρα των πόλεων με τους παρακάτω μηχανισμούς: Το φύλλωμα απορροφά μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατρέπει σε ενέργεια (φωτοσύνθεση). Έτσι την ημέρα προσφέρει σκιά και μετριάξει τη θερμοκρασία. Αντίθετα τη νύχτα εμποδίζει τη μεγάλου μήκους ακτινοβολία της γης προς τον ουράνιο θόλο. Με το φαινόμενο

της διαπνοής προκαλείται άνοδος της υγρασίας κατά 5 –8%. Έτσι στα ξηρά κλίματα η άνοδος της υγρασίας σε συνδυασμό με την μείωση της θερμοκρασίας προσφέρει πιο ευχάριστο περιβάλλον.

Η βλάστηση και ειδικά τα δέντρα με πυκνό φύλλωμα και ισχυρό κορμό λειτουργούν ως ανεμοφράκτες και προστατεύουν από την παρουσία ισχυρών ανέμων και την εμφάνιση παγετού. Επίσης, με την κατάλληλη διάταξή τους στο χώρο μπορούν να κατευθύνουν τον αέρα και να βελτιώσουν τις συνθήκες αερισμού.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια των φύλλων κατά ένα μέρος ανακλάται, κατά ένα άλλο απορροφάται και το υπόλοιπο διέρχεται από αυτό. Η ανακλώμενη ακτινοβολία αποτελεί μόλις το 20% της προσπίπτουσας αποτρέποντας το φαινόμενο της θάμβωσης και της θερμικής φόρτισης των γειτονικών κτηρίων. Το διερχόμενο απαλό φως δημιουργεί ηρεμία επιδρώντας θετικά στην ψυχική υγεία.

Αποτελεί φυσικό σκίαστρο που λειτουργεί ανάλογα με τον όγκο, το ύψος, το είδος και το φύλλωμα των δένδρων. Σημειώνεται ότι τα φυλλοβόλα όταν βρίσκονται νότια ενός αντικειμένου το σκιάζουν το καλοκαίρι ενώ το χειμώνα επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Σημαντική είναι η επίδραση των φυτεύσεων στη συγκράτηση των στερεών σωματιδίων στα φύλλα και τα κλαδιά με μηχανικό τρόπο, ο οποία στη συνέχεια απορρέει με το νερό της βροχής.

Ανάλογες επιδράσεις ασκούνται στις πλημμύρες, στα υπόγεια νερά, στην αύξηση των χαμηλών θερμοκρασιών, στη ρύπανση του αέρα, στους θορύβους, στις συνθήκες φωτισμού και θάμβωσης, στον εξερισμό της πόλης, καθώς και στις διαβρώσεις του εδάφους. Για κάθε περίπτωση ή συνδυασμό περιπτώσεων εφαρμόζονται ανάλογες τεχνικές.

Ως μέσος αποδεκτός εξωτερικός θόρυβος διαρκείας 8 ωρών για τις κατοικημένες περιοχές θεωρείται το επίπεδο των 55 ντεσιμπέλ, τη στιγμή που οι θόρυβοι από τις διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες ξεπερνούν τα 70 με 80 ντεσιμπέλ. Η συνεισφορά του πρασίνου στη μείωση των επιπέδων θορύβου είναι σημαντική, αφού με μετρήσεις έχει αποδειχτεί ότι τα δέντρα και γενικά τα πάρκα μειώνουν το θόρυβο που προέρχεται από έναν αυτοκινητόδρομο.

## 1.4 Πλατεία Νέας Σμύρνης

Η **Νέα Σμύρνη** είναι ένα από τα νότια προάστια Δήμους της Αθήνας και συνορεύει με τους δήμους Αθηναίων και Δάφνης στα βόρεια, Αγίου Δημητρίου στα ανατολικά, Παλαιού Φαλήρου στα νότια, και Καλλιθέας στα δυτικά.

Όριο της Νέας Σμύρνης με την Καλλιθέα είναι η λεωφόρος Συγγρού. Τη Νέα Σμύρνη διασχίζει η γραμμή του τραμ, από τα βόρεια (το Δήμο Αθηναίων) μέχρι τα νότια (το Δήμο Παλαιού Φαλήρου).

Η περιοχή της σημερινής Νέας Σμύρνης ονομαζόταν στο παρελθόν Ανάλατος, λόγω ενός πηγαδιού με γλυκό νερό που βρισκόταν κοντά στο ναό των Αγίων Θεοδώρων, στη θέση όπου βρίσκεται σήμερα το γήπεδο του Πανιωνίου. Στις 24 Απριλίου 1827 έγινε εκεί μάχη μεταξύ Τούρκων και εξεγερμένων Ελλήνων για την ανακατάληψη της Ακρόπολης, γνωστή ως *Μάχη Αναλάτου*. Στις 14 Φεβρουαρίου 1898 στον Ανάλατο έγινε απόπειρα δολοφονίας του Βασιλιά Γεωργίου Α'. Σε ανάμνηση της διάσωσής του, η Βασίλισσα Όλγα έχτισε το ναό του Αγίου Σώστη.

Η περιοχή άρχισε να κατοικείται στις αρχές του 20ού αιώνα, ενώ μέχρι τότε δεν είχε κατοικηθεί συστηματικά. Τη διέσχισε η Φαληρική οδός η οποία ένωνε την Αθήνα με το Φάληρο, το αρχαιότερο επίνειο της Αθήνας.

Μετά τη Μικρασιατική καταστροφή, το 1922-1923, η κυβέρνηση αποφάσισε την κατασκευή συνοικισμού για τους πρόσφυγες από τη Σμύρνη στην περιοχή και η οικοδόμησή του άρχισε το 1926. Το 1928 είχε πληθυσμό μόλις 210 κατοίκων. Μεταξύ 1933 η περιοχή αναπτύχθηκε σε πραγματική πόλη με πληθυσμό 6.500 κατοίκων, ο οποίος έφτασε τους 15.000 κατοίκους πριν το 1940. Η Νέα Σμύρνη έγινε Δήμος με το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και την απελευθέρωση, το 1944 και οφείλει το όνομά της στην καταγωγή των προσφύγων κατοίκων της. Μεταπολεμικά η Νέα Σμύρνη ενσωματώθηκε στην Αθήνα

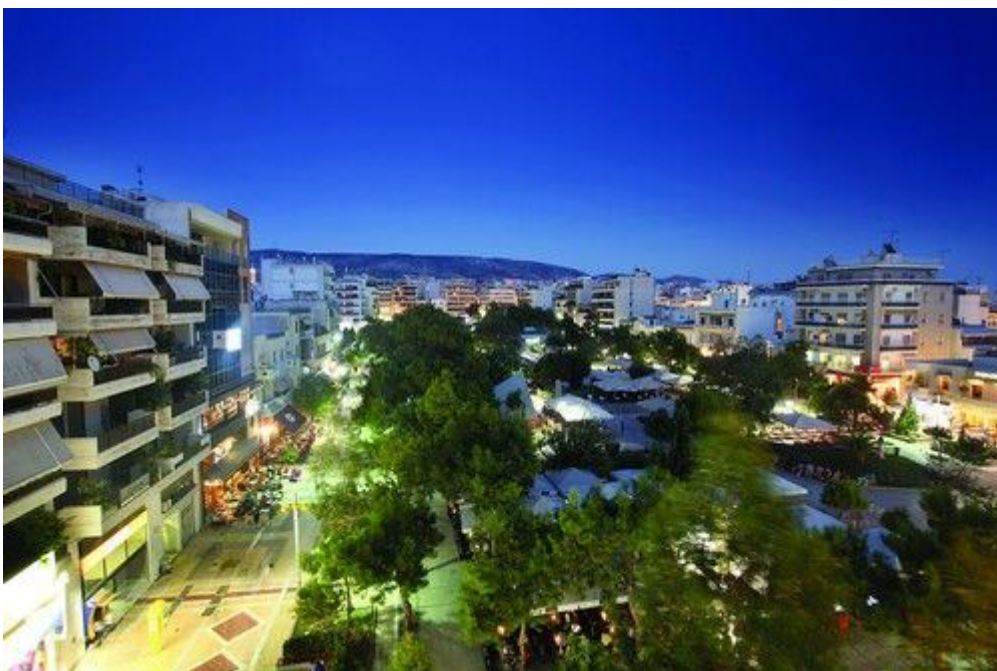
που γιγαντώθηκε από την εσωτερική μετανάστευση και επεκτάθηκε προς τα ανατολικά και νότια με αυξανόμενο πληθυσμό:

Έτος	Πληθυσμός
1928	210
1933	6.500
1940	15.000
1951	22.074
1961	32.865
1971	42.512
1981	67.408
1991	69.749
2001	73.986

Η Πλατεία Νέας Σμύρνης έχει έκταση περίπου 12.250 τετραγωνικά μέτρα και περιβάλλεται από  
 Την Λεωφόρο Ελευθερίου Βενιζέλου στ ανατολικά  
 Την οδό δευτέρας Μαΐου στα νότια (πεζόδρομος)  
 Την οδό Ειρήνης στα δυτικά (πεζόδρομος)  
 Την οδό Εικοστής Πέμπτης Μαρτίου στα βόρεια (πεζόδρομος)

Επίσης στα Βόρεια συνορεύει με την πλατεία Βασιλέως Κωνσταντίνου, η οποία εκτείνεται μέχρι το άλσος της Νέας Σμύρνης και κάτω απ την επιφάνειά της έχει κατασκευαστεί κτίριο υπογείου πάρκινγκ αυτοκινήτων. Η είσοδος κι έξοδος του σταθμού αυτού βρίσκονται επί της οδού Αγίας Φωτεινής. Η ισόγειος επιφάνεια προβλέπεται να διαμορφωθεί σε χώρο πλατείας με χώρους πρασίνου, χώρους καθιστικών και κυκλοφορίας πεζών και προσαρμόζεται στο ανάγλυφο του εδάφους. Μια πεζογέφυρα που κατασκευάζεται πάνω από την Αγίας Φωτεινής ενώνει τα δύο τμήματα της πλατείας και δημιουργεί έναν βασικό άξονα κυκλοφορίας των πεζών από την κεντρική πλατεία προς το άλσος Νέας Σμύρνης.

Η πλατεία είναι περιμετρικά φυτεμένη με πευκόδεντρα και μερικούς θάμνους στο εσωτερικό της. Περιβάλλεται επίσης από καφετέριες, μαγαζιά κι εστιατόρια (τα οποία όπως προαναφέρθηκε αποτελούν την κύρια πηγή θορύβου) με εκατοντάδες τραπέζια και στο εσωτερικό του υπάρχει ένας μικρός παιδότοπος και πρόσφατα ανακαινισμένα συντριβάνια με πίδακες και βραδινό φωτισμό. Η πλατεία αυτή αποτελεί πόλο έλξης για πολίτες κάθε ηλικίας, αλλά κυρίως νεανικού πληθυσμού που συχνάζουν στις γύρω καφετέριες. Παρατίθενται μερικές χαρακτηριστικές φωτογραφίες της πλατείας για καλύτερη κατανόηση της διαμόρφωσης και γεωμετρίας του χώρου.



Πανοραμική άποψη της πλατείας σήμερα  
Πηγή [www.athensmagazine.gr](http://www.athensmagazine.gr)





Άγαλμα του Ελευθερίου Βενιζέλου στην ανατολική είσοδο, από την ομώνυμη οδό.



Είσοδος από τη συμβολή των οδών Ελευθερίου Βενιζέλου και Δευτέρας Μαΐου



Περιμετρικά φυτεμένα δέντρα και θάμνοι παράλληλα της οδού Δευτέρας Μαΐου.



Περιμετρικά φυτεμένα δέντρα και θάμνοι παράλληλα της οδού 25<sup>ης</sup> Μαρτίου.



Άποψη συντριβανιού στο κέντρο της πλατείας.





Πλατεία Βασιλέως Κωνσταντίνου,εργασίες ανάπλασης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

# ΦΥΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

### 2.1.1 Γενικά

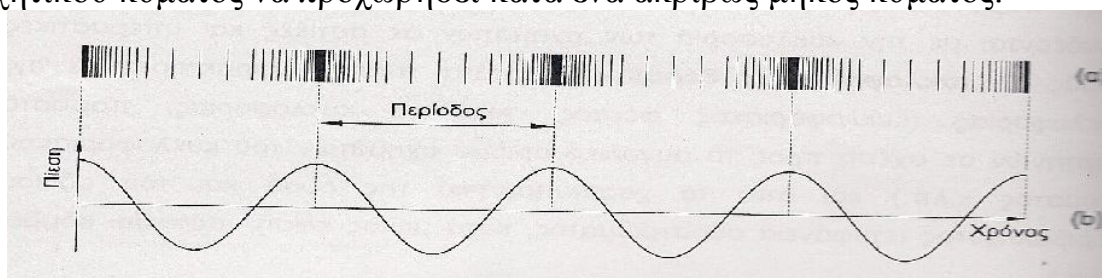
Ο ήχος είναι η αίσθηση που προκαλείται λόγω της διέγερσης των αισθητηρίων οργάνων της ακοής από μεταβολές πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Αυτές οι μεταβολές διαδίδονται με τη μορφή ηχητικών κυμάτων. Πολλές φορές στην πράξη, ο όρος χρησιμοποιείται ως ταυτόσημος με την έννοια των ηχητικών κυμάτων - για παράδειγμα, συνηθίζεται η έκφραση *διάδοση του ήχου* (αντί του ορθότερου *διάδοση των ηχητικών κυμάτων*).

Τα ηχητικά κύματα παράγονται από σώματα που εκτελούν μηχανικές ταλαντώσεις (δονήσεις), και επομένως χαρακτηρίζονται ως μηχανικά κύματα (ελαστικότητας) που μεταφέρουν μηχανική ενέργεια. Για τη μετάδοση των κυμάτων είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υλικού μέσου μεταξύ πομπού και δέκτη. Το μέσο μπορεί να βρίσκεται σε οποιαδήποτε κατάσταση υλής - στερεό, υγρό, αέριο ή πλάσμα - καθώς ο ήχος δεν διαδίδεται στο απόλυτο κενό. Όταν, εξαιτίας κάποιου ερεθίσματος, δημιουργηθεί μια μορφή διατάραξης στο υλικό μέσο, τότε τα μετατοπισμένα μόρια ύλης ασκούν δυνάμεις στα γειτονικά μόρια, αναγκάζοντάς τα να έλθουν εκτός θέσης ισορροπίας. Με αυτό τον τρόπο η διατάραξη ταξιδεύει στο μέσο - το φαινόμενο ονομάζεται διάδοση. Στον αέρα, και υπό κανονικές συνθήκες, η ταχύτητα του ήχου υπολογίζεται στα 331.5 μέτρα το δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και την ατμοσφαιρική πίεση, είναι ανεξάρτητη της συχνότητας ταλάντωσης και, εντός πλαισίων, ανεξάρτητη της έντασης. Στα υγρά η ταχύτητα αυτή είναι πιο μεγάλη και στα στερεά ακόμα μεγαλύτερη.

Στον απλό ήχο η μεταβολή της πίεσης του αέρα είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου, ενώ στο σύνθετο η μεταβολή της πίεσης είναι μεν περιοδική αλλά όχι αρμονική.

## 2.1.2 Βασικά Μεγέθη

**Περίοδος** ηχητικού κύματος : ο χρόνος που απαιτείται για να εκτελεστεί μια πλήρης ταλάντωση ή αλλιώς ο χρόνος που απαιτείται ώστε η εικόνα του ηχητικού κύματος να προχωρήσει κατά ένα ακριβώς μήκος κύματος.



Γραφική παράσταση ηχητικού κύματος (πηγή : Σημειώσεις ειδικών κεφαλαίων οδοποιίας. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π.)

Η φυσική περιγραφή ενός ήχου αναφέρεται κυρίως στη συχνότητα (φάσμα) του ήχου που μετριέται σε Hz και στη στάθμη του ήχου που μετριέται σε db.

**Συχνότητα** είναι το αντίστροφο της περιόδου κι είναι ο ρυθμός με τον οποίο πάλλονται τα σωματίδια του αέρα. Από τη συχνότητα εξαρτάται το ύψος/οξύτητα ενός ήχου, δηλαδή το χαρακτηριστικό γνώρισμα που επιτρέπει να διακρίνεται αν ένας ήχος είναι οξύς ή βαρύς. Η ζώνη συχνοτήτων ομιλίας είναι από 500 έως 2000 Hz. Το ανθρώπινο αυτί είναι περισσότερο ευαίσθητο στις συχνότητες από 2000 έως 5000 Hz. Ήχοι με συχνότητα κάτω από 16 Hz δεν είναι ακουστοί και ονομάζονται υπόηχοι, ενώ ήχοι με συχνότητα πάνω από 20000 Hz δεν είναι επίσης ακουστοί και ονομάζονται υπέρηχοι.

**Πλάτος ταλάντωσης** : Η μέγιστη δυνατή μετατόπιση ενός ταλαντούμενου σωματιδίου. Τα πλάτη ταλάντωσης ηχητικών κυμάτων είναι πρακτικά πολύ μικρά. Το εύρος των πλατών αυτών κυμαίνεται από

$10^{-7}$  έως μερικά mm. Το μικρότερο πλάτος μόλις είναι ακουστό απ τον άνθρωπο ενώ το μεγαλύτερο πλάτος θα προξενήσει ζημιά στ αυτί.

**Decibel (db) :** μονάδα στάθμης έντασης του ήχου, το οποίο είναι αδιάστατο μέγεθος. Η σχέση μεταξύ της έντασης του ήχου  $I$  που εκφράζεται σε  $W/m^2$  και της στάθμης έντασης του ήχου  $L$  που εκφράζεται σε db είναι η ακόλουθη:  $L=10*\log(I/I_0)$  όπου  $I_0=10^{-12} W/m^2$ . Στην ένταση  $I_0$  αντιστοιχούν 0 db και σε δεκαπλάσια 10 db. Το κατώφλι ακουστότητας αντιστοιχεί σε 4 db ενώ το κατώφλι πόνου σε 120 db.

**Στάθμη ήχου :** Λόγω της πολύ μεγάλης διαφοράς που υπάρχει ανάμεσα στο κατώφλι ακουστότητας και στο κατώφλι πόνου, για τη μέτρηση του ήχου χρησιμοποιείται κλίμακα που βασίζεται στο δεκαδικό λογάριθμο του λόγου του μετρηθέντος μεγέθους (έντασης, πίεσης, ισχύος) προς το μέγεθος αναφοράς. Ο λογάριθμος χρησιμοποιείται διότι το όργανο της ακοής λειτουργεί σε λογαριθμική κλίμακα, δηλαδή ίσες μεταβολές στην αντίληψη ενός φυσικού ακουστικού μεγέθους αντιστοιχούν σε ίσες μεταβολές του ΛΟΓΟΥ και όχι της ΔΙΑΦΟΡΑΣ του φυσικού μεγέθους. Τέλος, ο συντελεστής 10 χρησιμοποιείται για να επιτύχουμε ακέραιους αριθμούς.

Η απόκριση του ανθρώπου στα δύο χαρακτηριστικά του ήχου, στάθμη και συχνότητα δεν είναι γραμμική. Μετρήσεις που έγιναν έδειξαν ότι το αισθητήριο της ακοής μπορεί να διακρίνει 280 διαφορετικές στάθμες και 1400 διαφορετικές συχνότητες.

Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου που σχετίζονται με την απόκριση του ανθρώπου σε αυτόν είναι το **ύψος**, η **χροιά** και η **ακουστικότητα**.

Το **ύψος** συνδέεται με την υποκειμενική αντίληψη της συχνότητας. Αν και το ύψος εξαρτάται από τη συχνότητα, η σχέση που συνδέει τα δύο μεγέθη **δεν** είναι γραμμική.

Η **χροιά** συνδέεται με τον υποκειμενικό διαχωρισμό δύο τόνων της ίδιας έντασης και θεμελιώδους συχνότητας αλλά διαφορετικών κυματομορφών π.χ. ήχοι που προέρχονται από διαφορετικά μουσικά όργανα.

**Ένταση** του ήχου είναι η ισχύς που μεταφέρεται απ το ηχητικό κύμα ανά μονάδα επιφανείας του μετώπου του κύματος, τότε η ένταση του ήχου  $I$  είναι  $I=W/F$

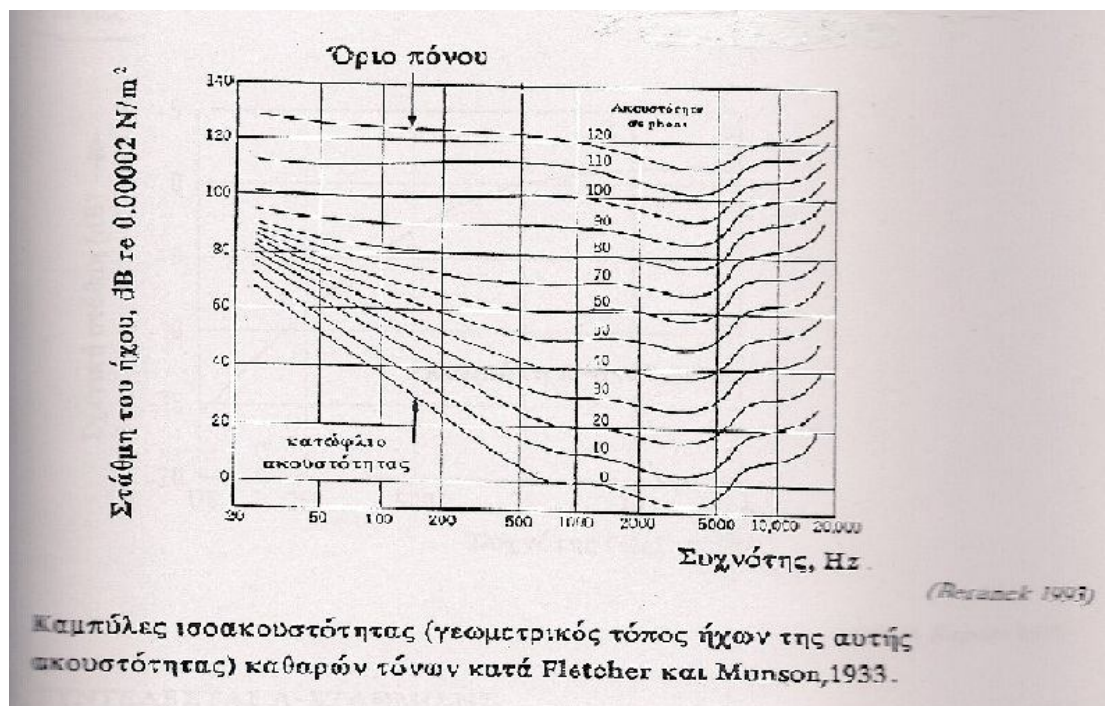
Όπου:  $I$  = ένταση του ήχου, [watt/m<sup>2</sup>]

$W$  = Ισχύς, [watt]

$F$  = επιφάνεια μετώπου του κύματος, [m<sup>2</sup>]

Σε συχνότητα 1000 Hz η ελάχιστη ένταση που είναι ακουστή από τον άνθρωπο (**κατώφλι ακουστότητας**), ισούται με  $2.5 \cdot 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>. Δεν υπάρχει άνω όριο για την ένταση του ήχου που είναι ακουστός. Ωστόσο ένταση μεγαλύτερη από 1W/m<sup>2</sup> (**κατώφλι πόνου**) προκαλεί πόνο.

Η **ακουστικότητα** συνδέεται με την υποκειμενική αντίληψη της στάθμης του ήχου. Εξαρτάται από τη συχνότητα και τη στάθμη έντασης του ήχου. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η μορφή που έχει το κατώφλι ακουστότητας.



(πηγή : Σημειώσεις ειδικών κεφαλαίων οδοποΐας. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π.)

Η μέγιστη ευαισθησία του οργάνου της ακοής συμβαίνει κάπου μεταξύ 3000 Hz και 4000 Hz.

Η ευαισθησία του οργάνου της ακοής σταδιακά μειώνεται στις χαμηλές συχνότητες.

### 2.1.3 Προσδιορισμός συνισταμένης ήχου

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

$$I_i = I_0 \cdot 10^{(L_i/10)}$$

Η συνισταμένη  $I$  ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων  $I_i$  (από  $i$  εώς  $n$ )

$$I = \sum I_i = I_0 \cdot \sum 10^{(L_i/10)}$$

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

$$L = 10 \cdot \log \sum 10^{(L_i/10)} \text{ με}$$

$L$  = συνισταμένη των  $n$  πηγών έντασης ήχου

$L_i$  = στάθμη έντασης ήχου πηγής  $I$

$n$  = αριθμός πηγών έντασης ήχου

Η συνισταμένη  $L$  δύο σταθμών ήχου,  $L_i$  και  $L_k$ , μπορεί να προσδιοριστεί και με τη χρήση του πίνακα 2.1 ως εξής:

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

Η συνισταμένη περισσότερων από δύο σταθμών ήχου προσδιορίζεται είτε με την παραπάνω σχέση, είτε με διαδοχική χρήση του πίνακα 2.1.

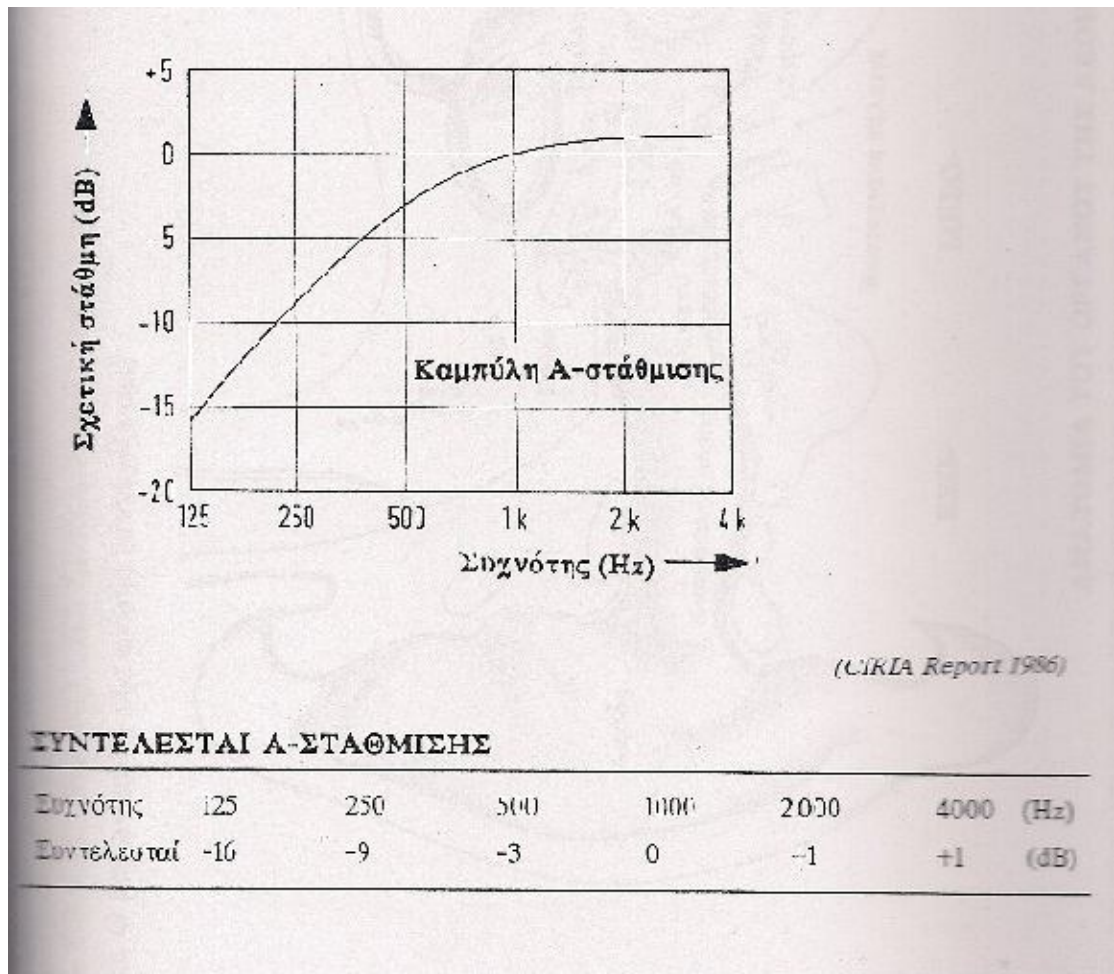
$L_i - L_k$ (db)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\Delta L$ (db)	3.0	2.6	2.0	1.8	1.5	1.2	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1



### 2.1.4 Η υποκειμενική στάθμη του ήχου σε dB-ορισμός dBA

Ένας ήχος υψηλής συχνότητας (όπως ο ήχος που παράγει ο κινητήρας μιας μοτοσυκλέτας που κινείται με μεγάλη ταχύτητα) μπορεί να καταγράφει την ίδια στάθμη L με κάποιον άλλο ήχο χαμηλής συχνότητας (όπως ο ήχος που παράγει ο κινητήρας ενός ΙΧ τ ο οποίο κινείται με σχετικά μικρή ταχύτητα). Απ την εμπειρία μας όμως είναι γνωστό ότι ο θόρυβος μιας μοτοσυκλέτας είναι σαφώς πιο ενοχλητικός απ τον αντίστοιχο του ΙΧ. Αυτό συμβαίνει διότι η ανθρώπινη ακοή είναι περισσότερο ευαίσθητη σε ήχους με υψηλή συχνότητα παρά σε ήχους με χαμηλή συχνότητα.

Προκειμένου να ληφθεί υπ όψιν η ευαισθησία της ανθρώπινης ακοής στη συχνότητα του ήχου, λαμβάνεται υπ όψιν ένα φυσικό μέγεθος τ οποίο μετρά την στάθμη του ήχου σε dB ενώ ταυτόχρονα λαμβάνει υπ όψιν την ποικίλη ευαισθησία του οργάνου της ακοής στις διάφορες συχνότητες. Το μέγεθος αυτό ονομάζεται dBA. Το dBA σταθμίζει την στάθμη του ήχου στις διάφορες συχνότητες του φάσματος, σύμφωνα με την ευαισθησία του οργάνου της ακοής και μετά αθροίζει τις διαφορετικές στάθμες. Η στάθμη ενός ήχου σε dBA μετριέται εύκολα με χρήση φορητού ηχομέτρου.



(πηγή : Σημειώσεις ειδικών κεφαλαίων οδοποιίας. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π.)

## 2.1.5 Διάδοση του ήχου

Κάθε όχημα που κινείται συνιστά μια πηγή θορύβου αποτελούμενη από διάφορες συνιστώσες. Οι κύριες συνιστώσες αυτές είναι η μηχανή, τα ελαστικά και η τυρβώδης ροή του αέρα. Στα φορτηγά και τα λεωφορεία για υψηλές ταχύτητες ο θόρυβος των ελαστικών είναι σημαντικός. Ο αεροδυναμικός θόρυβος είναι μικρός στις χαμηλές ταχύτητες αλλά αυξάνει στις υψηλές ταχύτητες.

Προκειμένου να μελετηθεί η διάδοση των ηχητικών κυμάτων στον αέρα, γίνεται η παραδοχή ότι ο αέρας είναι ομογενές μέσο κι ελαστικό έτσι ώστε η ταχύτητα του κύματος να μην εξαρτάται από τη θέση και να μην απορροφά μέρος της ενέργειας του κύματος λόγω τριβών. Με βάση τα παραπάνω, η ολική ισχύς που μεταφέρεται από τα διάφορα μέτωπα κύματος παραμένει η ίδια. Δηλαδή σε οποιοδήποτε μέτωπο  $i$  του ηχητικού κύματος ισχύει η σχέση :



$$W = I_i * F_i$$

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

$I_i$  = ένταση ήχου στο μέτωπο  $I$ , [W/m<sup>2</sup>]

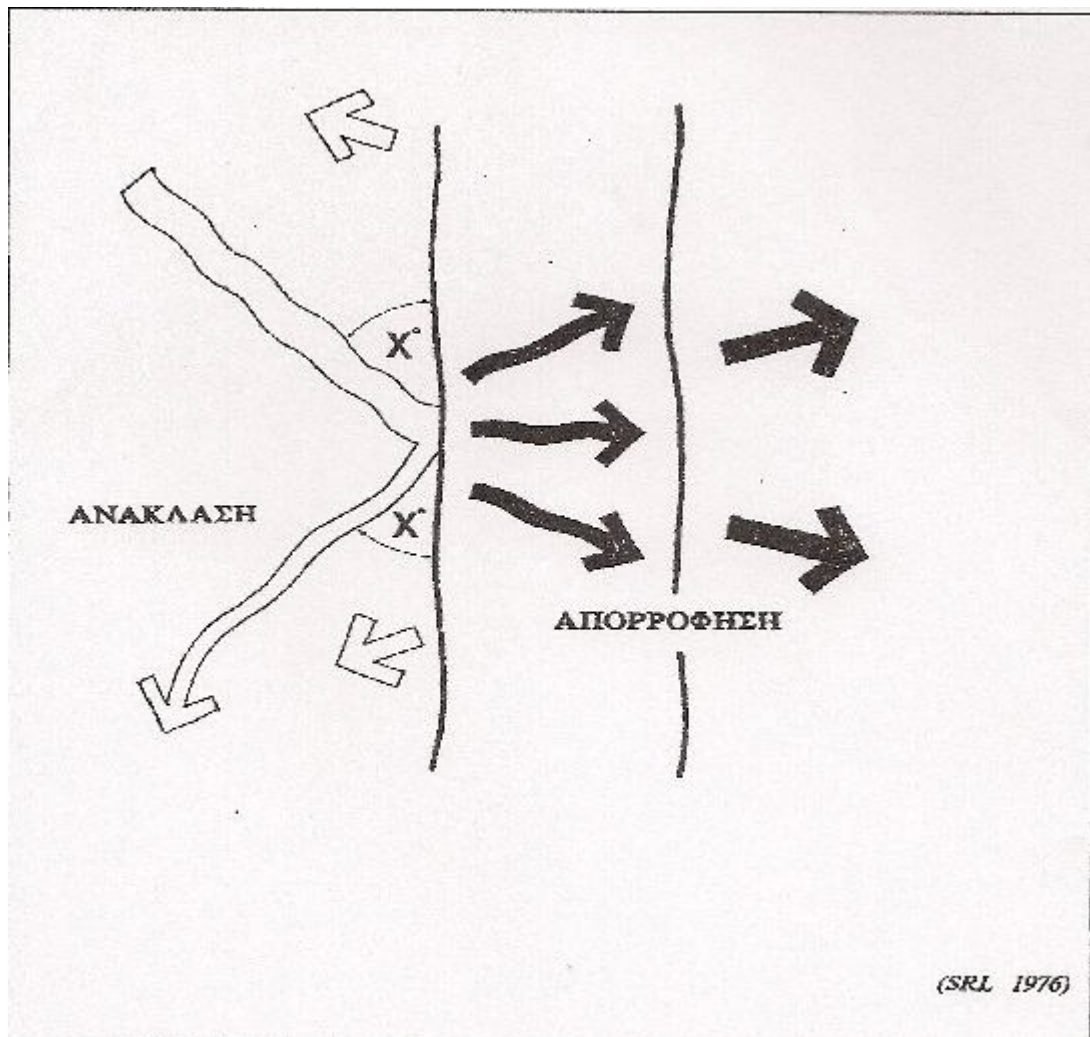
$F_i$  = επιφάνεια του  $i$  μετώπου κύματος, [ m<sup>2</sup> ]

Διακρίνονται 2 κύρια είδη ηχητικών πηγών : i) σημειακή πηγή (πχ αεροσκάφος η μεμονωμένο όχημα) ii) γραμμική πηγή (πχ μια σειρά οχημάτων που κινούνται κατά μήκος μιας ευθύγραμμης οδού).

### 2.1.6 Ηχητικά φαινόμενα στο χώρο

Από τα ηχητικά φαινόμενα στο χώρο, ιδιαίτερης σημασίας είναι η **ανάκλαση**, η **διάχυση**, η **περίθλαση** και η **ηχοαπορρόφηση**.

- i. **Ανάκλαση** : Το φαινόμενο το οποίο όταν ο ήχος συναντήσει κατά τη διάδοσή του επιφάνεια αρκετά μεγαλύτερη απ το μήκος κύματός του, ένα μέρος ανακλάται με γωνία ίση με τη γωνία πρόσπτωσης. Ένα μικρότερο ποσοστό μετατρέπεται σε θερμότητα, τ οποίο ποσοστό εξαρτάται απ τη φύση του υλικού.
- ii. **Διάχυση** : Η Διάχυση είναι ειδική περίπτωση του φαινομένου της ανάκλασης που παρατηρείται όταν ηχητικά κύματα κατά την πρόσπτωσή τους σε σώματα με ακανόνιστες επιφάνειες ανακλώνται προς διάφορες κατευθύνσεις. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην ύπαρξη ενός εξαιρετικά μεγάλου αριθμού λείων μικροσκοπικών επιφανειών που απαρτίζουν τις ακανόνιστες ή τραχιές επιφάνειες των σωμάτων.
- iii. **Περίθλαση** : Είναι και αυτή ένα είδος ανάκλασης με τη διαφορά ότι η ανακλαστική επιφάνεια δεν έχει διαστάσεις μεγαλύτερες από το μήκος κύματος αλλά συγκρίσιμες με αυτό. Σε αυτή τη περίπτωση στα όρια της επιφάνειας (άκρες της) δημιουργούνται δευτερογενείς ηχητικές πηγές ίδιας συχνότητας με την αρχική. Αυτές βέβαια είναι ανεπιθύμητες και προσπαθούμε να τις εξαλείψουμε.
- iv. **Ηχοαπορρόφηση** : Είναι εξ ορισμού η ποσότητα του ήχου που όταν προσπίπτει σ ένα πέτασμα δεν ανακλάται, αλλά απορροφάται. Το φαινόμενο αυτό γίνεται πιο σαφές στο παρακάτω σχήμα



(πηγή : Εμβάθυνση στο σχεδιασμό χώρων ακρόασης. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.)

### 2.1.7 Ανάλυση Κυκλοφοριακού Θορύβου

Ο θόρυβος αποτελείται από ένα πολύπλοκο συνδυασμό απλών ήχων. Για τον προσδιορισμό της κατανομής του θορύβου στις διάφορες ζώνες συχνοτήτων χρησιμοποιούνται κατάλληλα όργανα που είναι εφοδιασμένα με σειρά ηλεκτρικών φίλτρων. Κάθε ένα από τα φίλτρα αυτά επιτρέπει τη διέλευση μόνο των συχνοτήτων που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένη ζώνη και απορρίπτει όλες τις υπόλοιπες συχνοτήτες. Έστω  $f_1$  και  $f_2$  οι συχνοτήτες 2 ήχων (με  $f_1 < f_2$ ). **Διάστημα** δύο ήχων είναι το πηλίκο  $\delta = f_2 / f_1$ . Τα διαστήματα που χρησιμοποιούνται συχνότερα στην πράξη είναι :

- Οκτάβα (**octave**  $\rightarrow \delta = 2$ )
- Μισή οκτάβα (**half octave**  $\rightarrow \delta = 2^{1/2}$ )

- Τρίτο οκτάβας (**third octave**  $\rightarrow \delta = 2^{1/3}$ )

Κάθε ζώνη συχνοτήτων από  $f_1$  και  $f_2$  που έχει διάστημα οκτάβας, καλείται **ζώνη οκτάβας** (octave band). Αντιστοίχως ορίζονται οι ζώνες μισής οκτάβας (**half octave band**) και οι ζώνες τρίτου οκτάβας (**third octave band**).

**Κεντρική συχνότητα ( $f_M$ )** μιας ζώνης συχνοτήτων από  $f_1$  έως  $f_2$  είναι ο γεωμετρικός μέσος των οριακών τιμών της ζώνης, δηλαδή:

$$f_M = (f_1 * f_2)^{1/2}$$

Κάθε ζώνη συχνοτήτων χαρακτηρίζεται και προσδιορίζεται από το διάστημα  $\delta$  και την κεντρική συχνότητα  $f_M$ . Πράγματι, από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι:

$$f_1 = f_M / \sqrt{\delta}$$

και

$$f_2 = \delta * f_1$$

Για παράδειγμα η “**ζώνη οκτάβας 63**” έχει  $\delta = 2$  και  $f_M = 63$ , οπότε οι οριακές συχνότητες είναι:

$$f_1 = 63 / \sqrt{2} \approx 44 \text{ Hz}$$

**και**

$$f_2 = 2 * 44 = 88 \text{ Hz}$$

Οι κεντρικές συχνότητες ζωνών οκτάβας, μισής οκτάβας και τρίτου οκτάβας, που χρησιμοποιούνται στις ακουστικές μετρήσεις, αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Η **ολική στάθμη θορύβου** του οποίου δίνεται η ανάλυση, είναι ίση προς τη συνισταμένη (άθροισμα) των επί μέρους σταθμών που έχουν μετρηθεί στις διάφορες ζώνες συχνοτήτων.

**Πίνακας** κεντρικών συχνοτήτων ζωνών για τις ακουστικές μετρήσεις.

**Octave [ $\delta = 2$ ]**

16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000

**Octave [ $\delta = 2^{1/2}$ ]**16, 22.4, 31.5, 45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1000,  
1400, 2000, 2800, 4000, 5600, 8000**Octave [ $\delta = 2^{1/3}$ ]**16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315,  
400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000,  
5000, 6300, 8000

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

---

### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο αστικός θόρυβος είναι ένα σημαντικό πρόβλημα στα σύγχρονα αστικά κέντρα που παρά το γεγονός ότι υποβαθμίζει αισθητά το επίπεδο ζωής, δε λαμβανόταν συχνά σοβαρά υπ όψιν λόγω του ότι δεν αποτελεί άμεση απειλή για την υγεία και τη ζωή των κατοίκων. Τα τελευταία χρόνια όμως ο αστικός θόρυβος άρχισε να θεωρείται ως το υπαριθμόν ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα για τους Ευρωπαίους πολίτες στα μεγάλα αστικά κέντρα και ν ασκείται μεγάλη πολιτική πίεση για την καταπολέμησή του. Η πίεση αυτή σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της αντιθορυβικής τεχνολογίας, κατόρθωσε να περιορίσει το πρόβλημα του αστικού θορύβου μέχρι ενός σημείου. Στην προσπάθεια αυτή πέραν των τεχνικών μέσων, σημαντική είναι κι η συμβολή του φυσικού πρασίνου το οποίο είναι ευχάριστο και διαισθητικά.

Τα προηγούμενα χρόνια στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν γίνει έρευνες πάνω στην απόσβεση του θορύβου σε περιοχές εκτεταμένουν πρασίνου, όμως πολύ λίγες έχουν γίνει σε μεγάλο αστικό περιβάλλον και ιδιαίτερα κάποιας Ευρωπαϊκής μεγάλης πόλης. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά σε μερικές απ τις σπουδαιότερες αυτές εργασίες για το συγκεκριμένο αντικείμενο.

## 3.2 ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 3.2.1 ABSORPTION OF ACOUSTIC ENERGY BY PLANT LEAVE -Maurice J.M. Martens & Axel Michelsen

Με την χρήση Lazer Doppler, ειδικό για μέτρηση δονήσεων, διερευνήθηκε η δόνηση των φύλλων από τέσσερα είδη φυτών υπό την επίδραση ηχητικού πεδίου. Όλα τα φύλλα συμπεριφέρθηκαν ωσάν να ήταν γραμμικά συστήματα σε επίπεδα ηχητικής πίεσης μέχρι 100 dB. Οι τρόποι δόνησης ήταν περίπλοκοι στις ερευνητικές συχνότητες από 0.5 Hz έως 5.5 Hz καθώς σημαντικές αλλαγές παρατηρούνταν εξαιτίας των ποικίλων κατευθύνσεων που είχαν τα φύλλα των φυτών στο ηχητικό πεδίο. Οι ταχύτητες δόνησης των φύλλων κυμαίνονταν μεταξύ  $10^{-5}$  και  $3 \times 10^{-4}$  m/s ενώ η ταχύτητα δόνησης των μορίων του αέρα είναι  $5 \times 10^{-3}$  m/s σε 100 dB. Αν και το ποσό της ηχητικής ενέργειας που απορροφάται με αυτόν τον τρόπο από ένα ενιαίο φύλλο είναι πολύ μικρό, εντούτοις ο μηχανισμός αυτός μπορεί να συνεισφέρει στην εξασθένιση του ήχου όταν ο αριθμός των φύλλων ενός πυκνού δέντρου ισούται με  $2 \times 10^5$ .

### 3.2.2 ROAD TRAFFIC NOISE ATTENUATION BY BELTS OF TREES - J. Kragh

Στην προκείμενη έρευνα, έγιναν μετρήσεις σε διάφορα σημεία του δρόμου όπου ο θόρυβος λόγω οδικής κυκλοφορίας ήταν έντονος. Μελετήθηκε η διάδοση του θορύβου διαμέσου ζωνών από δέντρα και θάμνους που ήταν σε έδαφος καλυμμένο από χλόη. Τα πλάτη των ζωνών κυμαίνονταν μεταξύ 3 έως 25 m. Η απόσταση από το δρόμο προς το μέτωπο των ζωνών διέφερε από θέση σε θέση. Οι ζώνες των δέντρων που επιλέγηκαν, αποτελούνταν κυρίως από φυλλοβόλα δέντρα και θάμνους μεταξύ 5 και 10 ετών. Τα εν λόγω είδη και πλάτη είναι αντιπροσωπευτικά του τι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια ρεαλιστική αστική κατάσταση, σε μια προσπάθεια να υπάρξει πρακτική μείωση του θορύβου. Εντούτοις, η μέτρηση έδειξε ότι στις ζώνες των δέντρων και θάμνων με επιλεγμένα πλάτη 10-25 m, δεν παρατηρήθηκε σημαντική εξασθένιση του θορύβου οδικής κυκλοφορίας, ο οποίος μετράται σε Leq. Μόνο στην περιοχή συχνοτήτων άνω των 2 kHz, οι εξασθενήσεις ήταν σημαντικά υψηλότερες στις ζώνες των δέντρων και των θάμνων. Εν κατακλείδι, η ύπαρξη μιας ζώνης δέντρων και θάμνων μεταξύ δρόμου και κατοικίας, θα μπορούσε να επηρεάσει τη ποιότητα του περιβάλλοντος των κατοικημένων περιοχών με πιθανή

μείωση την ενόχληση που προκαλείται από το κυκλοφοριακό χάος, χωρίς όμως σημαντική αλλαγή του δείκτη Leq.

### **3.2.3 REVERBERATION AND FREQUENCY ATTENUATION IN FORESTS & IMPLICATIONS FOR ACOUSTIC COMMUNICATION IN ANIMALS - Mark Padgham**

Η μελέτη αυτή έλαβε χώρα στην Αυστραλία όπου μετρήθηκαν σε δυο δάση ποσοστά αντήχησης και απόσβεσης της συχνότητας του ήχου. Ιδίως εξετάστηκε η εξάρτηση τους από την απόσταση μεταξύ μιας πηγής και ενός δέκτη και τα σχετικά ύψη των προαναφερθέντων. Από τα αποτελέσματα της μελέτης, σημαντικό εύρημα αποτελεί η εκθετική μείωση της αντήχησης στα δυο δάση που εξετάστηκαν, ιδίως σε συχνότητες μεταξύ 1 έως 3 kHz. Επίσης εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι τα ποσοστά της απόσβεσης αλλάζουν πολύ λιγότερο με την απόσταση μέσα σ' αυτό το διάστημα από οποιοσδήποτε άλλες συχνότητες και ότι το πρότυπο είναι παρόμοιο και στα δυο δάση. Αυτές οι συχνότητες ανταποκρίνονται σε μήκη κύματος περίπου της ίδιας διάστασης με αυτών του φυλλώματος των δέντρων μέσα στα δάση, γεγονός που υποδηλώνει ότι παρόμοιες συνθήκες μπορεί να προκύψουν σε πολλά άλλα δάση οπουδήποτε. Ωστόσο το ακουστικό περιβάλλον των δύο δασών παρουσιάζει άλλες εντυπωσιακές διαφορές που μπορεί να έχουν σημαντικές επιρροές στην ακουστική επικοινωνία. Η απόσβεση και η αντήχηση εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την απόσταση ανάμεσα στην πηγή και τον δέκτη και σε ένα μικρότερο βαθμό στο σχετικό τους ύψος. Αυξάνοντας το ύψος της πηγής είναι γενικά πιο αποτελεσματικό στη μείωση της αντήχησης από το να αυξηθεί το ύψος του δέκτη, σε σύγκριση με την απόσβεση που μειώνεται πιο πολύ απ την αύξηση του ύψους του δέκτη και όχι από την αύξηση του ύψους της πηγής. Επιπλέον, η μείωση της αντήχησης είναι πολύ πιο αργή μέσα σε πυκνά δάση, ενώ αντίθετα η απόσβεση είναι πολύ μεγαλύτερη καθώς επίσης αυξάνεται σε αυξανόμενες συχνότητες και αποστάσεις. Το ότι αυτά τα πρότυπα εφαρμόζονται επιτυχώς και στα δύο δάση υποδεικνύουν ότι αυτό μπορεί να είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό της επικοινωνίας σε δασικά περιβάλλοντα.

### **3.2.4 THE ABSORPTION OF SOUND BY PINE TREES -Stephen H. Burns**



Το άρθρο αυτό περιγράφει μια μελέτη απορρόφησης του ήχου από πευκόδεντρα. Στα πλαίσια της μελέτης έγιναν σαρωτικές μετρήσεις συχνότητας με μικρά κλαδιά σε ένα πλαίσιο αντήχησης. Έγιναν επίσης δοκιμές για την αντήχηση στα κλαδιά και τις βελόνες. Η παρατηρούμενη απορρόφηση αποδείχθηκε ανάλογη με την αναμενόμενη θερμική απορρόφηση στο οριακό στρώμα του αέρα που περιβάλλει τις βελόνες, ενώ η μέτρια εξασθένηση της συχνότητας στα μεμονωμένα κλαδιά του πλαισίου έχει αποδειχθεί επίσης ότι οφείλεται σε θερμική απορρόφηση στο οριακό στρώμα στον περιβάλλοντα αέρα. Η παρούσα μελέτη δε μπορεί ούτε να αρνηθεί ούτε να επιβεβαιώσει τον ισχυρισμό του Aylor ότι ο κυρίαρχος απορροφητικός μηχανισμός υψηλής συχνότητας σε ένα δάσος είναι η σκέδαση από τους κορμούς. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι σύμφωνα με την πρόταση του Taylor ότι οι μη ομαλές μετρήσεις του Embleton προκύπτουν από τη χρήση εδαφικών δεδομένων πεδίου για τη διόρθωση της απορρόφησης του εδάφους των δασών.

### 3.2.5 SOUND ATTENUATION IN FOREST

- F. Fricke

Πολλές ήταν οι μετρήσεις που έγιναν προκειμένου να μελετηθεί η εξασθένηση του ήχου στα δάση, αλλά ελάχιστα είναι τα κοινά στοιχεία στις διαδικασίες μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν και στα αποτελέσματα τους. Κατά συνέπεια, υπάρχει μεγάλη διάσταση απόψεων σχετικά με την αποτελεσματικότητα της βλάστησης ως μέσο ελέγχου του θορύβου. Σ' αυτήν την εργασία εξετάζονται οι παράγοντες που ελέγχουν την μετάδοση του ήχου μέσω βλάστησης από πεύκα. Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται ισχύουν μόνο για την εξέταση των δασών, για ίδιο ύψος πηγής και δέκτη και για αποστάσεις διαχωρισμού λιγότερες από 200 μέτρα. Τα αποτελέσματα επίσης, ισχύουν μόνο για την περίπτωση που η πηγή και το μικρόφωνο είναι μέσα στο δάσος. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην εξασθένηση του ήχου στις υψηλές συχνότητες. Το ποσοστό εξασθένησης, το οποίο εκφράζεται σε dB/m στις υψηλές συχνότητες, εξαρτάται από το μέγεθος και την απόσταση μεταξύ των δέντρων. Το ποσοστό εξασθένησης μπορεί επίσης να εξαρτηθεί από το είδος της βλάστησης χωρίς αυτό να είναι καθοριστικό, με το ποσοστό εξασθένησης στην περίπτωση αυτή να είναι πολύ μικρό. Για παράδειγμα, ακόμα και στα σημεία με πυκνά πεύκα η μέγιστη εξασθένηση στις υψηλές συχνότητες είναι της τάξης των 0.1



dB/m. Είναι σαφές λοιπόν ότι η εξασθένηση στις υψηλές συχνότητες οφείλεται κυρίως στην απορρόφηση. Στις μέσες συχνότητες η εξασθένηση του ήχου οφείλεται στην διασπορά του ήχου, με την διασπορά του ήχου από το έδαφος να είναι πιο σημαντική από αυτή λόγω των δέντρων. Το μέγιστο ποσοστό εξασθένησης μπορεί εύλογα να παρουσιαστεί σε dB/m ή dB/dd, θα είναι μεταξύ 0 και 6 dB/dd και θα εξαρτηθεί καθοριστικά από την πηγή και το δέκτη. Σε χαμηλές συχνότητες, η εξασθένηση οφείλεται επίσης στο έδαφος με τη βλάστηση που καλύπτει το έδαφος να έχει έμμεση επίδραση στην κατάσταση του εδάφους. Πέρα από αυτά, οι κλιματικές συνθήκες έχουν άμεση εξάρτηση με τα ποσοστά εξασθένησης στα δάση. Ο άνεμος και οι θερμοκρασιακές επιπτώσεις δεν έχουν εκτιμηθεί, αλλά η σχετική υγρασία έχει σημαντική επίδραση στα ποσοστά εξασθένησης. Έτσι, με την ευρύτερη έννοια, τα δέντρα ασκούν έλεγχο στη μετάδοση του θορύβου. Υπάρχουν για να διατηρούν τις εδαφικές συνθήκες, δημιουργούν ένα μικροκλίμα, δίνουν έναν ψυχοσωματικό όφελος και συμβάλλουν στο υψηλό ποσοστό εξασθένησης του ήχου.

### **3.2.6 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΗΠΟΥ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ**

**- Δημήτρης Ε. Καστανιάς και Παναγιώτης Ι. Κριπούρης**

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μελετήθηκε από φοιτητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με θέμα μελέτης, την απόσβεση του αστικού θορύβου. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση των πράσινων ζωνών που καλύπτουν τον Εθνικό Κήπο στην εξασθένηση του κυκλοφοριακού θορύβου. Η συγκεκριμένη διπλωματική έχει κι ένα ακόμα πολύ σπουδαίο χαρακτηριστικό : είναι απ τις ελάχιστες εργασίες που αναφέρεται σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε κάποιο αστικό κέντρο της Ελλάδας και συγκεκριμένα σε αυτό της Αθήνας. Για την έρευνα αυτή έγινε μια σειρά από μετρήσεις θορύβου τόσο σε επιλεγμένα σημεία περιμετρικά του Κήπου όσο και σε επιλεγμένα σημεία στο

εσωτερικό του. Οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε 2 Φάσεις. Σε πρώτη φάση έγιναν μετρήσεις την καθημερινή και σε δεύτερη φάση έγιναν μετρήσεις την Κυριακή. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με την βοήθεια ηχομέτρου και κάθε μέτρηση διαρκούσε 15 λεπτά ανά σημείο μέτρησης. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι :

- σε μεγάλες εκτάσεις πράσινου όπως αυτή του Εθνικού κήπου, παρουσιάζονται σχετικά σημαντικές μεταβολές των δεικτών θορύβου  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{max}$  και  $L_{min}$  στα εσωτερικά σημεία σε σχέση με τα αντίστοιχα εξωτερικά τους
- οι μεταβολές αυτές οφείλονται πέραν της απόστασης από τις εξωτερικές πηγές θορύβου, στην παρουσία βλάστησης στο εσωτερικό
- σε σημεία του Κήπου, τα οποία βρίσκονται κοντά στους οδικούς άξονες και πλαισιώνονται από πυκνή και υψηλή βλάστηση, παρουσιάστηκε σημαντικότερη μείωση των τιμών από ότι σε σημεία που απέχουν περισσότερο από τους οδικούς άξονες αλλά όμως δεν πλαισιώνονται από πυκνή και υψηλή βλάστηση
- οι τιμές των δεικτών θορύβου στο εσωτερικό του Εθνικού Κήπου, ξεπερνούν τις επιτρεπτές τιμές σύμφωνα με τις διεθνείς υποδείξεις, καθώς επιτρεπόμενη τιμή είναι τα 50 dB(A).

### 3.2.7 Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην ηχοπροστασία : Το «Πεδίον του Άρεως» στην Αθήνα – Κατερίνα Λουκαΐδου

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε από φοιτήτρια του Εθνικού Μετσοβείου Πολυτεχνείου με κύριο θέμα μελέτης την απόσβεση του αστικού θορύβου. Ειδικότερα μελετήθηκε η επίδραση των πράσινων ζωνών που καλύπτουν το πεδίο του Άρεως στην εξασθένηση του περιβαλλοντικού / κυκλοφοριακού θορύβου. Για την έρευνα αυτή έγινε μια σειρά από μετρήσεις θορύβου με τρόπο παρόμοιο στον Εθνικό κήπο, επιλέχθησαν δηλαδή αντιπροσωπευτικά σημεία τόσο στο εξωτερικό περίγραμμα του Πεδίου του Άρεως όσο και στο εσωτερικό του. Οι μετρήσεις διεξήχθησαν κι αυτές με παρόμοιο τρόπο, σε 2 Φάσεις. Σε πρώτη φάση έγιναν μετρήσεις μία καθημερινή (την Πέμπτη) και σε δεύτερη φάση έγιναν μετρήσεις την Κυριακή. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με την βοήθεια ηχομέτρου και κάθε μέτρηση διαρκούσε 15 λεπτά ανά σημείο μέτρησης. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι :

- Τόσο στο πεδίο του Άρεως όσο και στον Εθνικό κήπο, οι οποίες αποτελούν μεγάλες εκτάσεις πράσινου, παρουσιάζονται σχετικά σημαντικές μεταβολές των δεικτών θορύβου  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{max}$  και  $L_{min}$  στα εσωτερικά σημεία σε σχέση με τα αντίστοιχα εξωτερικά τους.
- Και στα δύο αυτά πάρκα, οι μεταβολές αυτές οφείλονται πέραν της απόστασης από τις εξωτερικές πηγές θορύβου, στην παρουσία βλάστησης στο εσωτερικό
- Σε σημεία του πεδίου του Άρεως, τα οποία βρίσκονται κοντά στους οδικούς άξονες και πλαισιώνονται από πυκνή και υψηλή βλάστηση, παρουσιάστηκε σημαντικότερη μείωση των τιμών από

ότι σε σημεία που απέχουν περισσότερο από τους οδικούς άξονες αλλά όμως δεν πλαισιώνονται από πυκνή και υψηλή βλάστηση

- Στο πεδίο του Άρεως έχουμε 2 σημεία με αρκετά χαμηλή στάθμη θορύβου, καθώς επιτρεπόμενη τιμή είναι τα 50 dB(A). Ωστόσο τα υπόλοιπα εξωτερικά σημεία χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά υψηλές στάθμες σε σχέση με την επιτρεπόμενη τιμή και υπογραμμίζουν το πρόβλημα της ηχορρύπανσης που αντιμετωπίζει η περιοχή εκτός του πάρκου.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

---

#### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία συλλογής των στοιχείων που αφορούν τον θόρυβο σε φυσικό φαινόμενο. Από την ανάλυση των δεικτών αυτών θα πάρουμε την κατανομή της στάθμης του θορύβου στην περιοχή διεξαγωγής των μετρήσεών μας. Επιπλέον θα δωθούν στοιχεία των επιστημονικών οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή των μετρήσεων του πειράματος. Οι μετρήσεις αυτές του ήχου περιλαμβάνουν τον αστικό θόρυβο, δηλαδή τον θόρυβο από τα οχήματα και τις λοιπές δραστηριότητες της πόλης, εργασιακές και μη. Διεξήχθησαν με τη χρήση ειδικού ηχομέτρου και διήρκεσαν 2 μέρες. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά οι σημαντικότεροι δείκτες θορύβου.

#### 4.2 Παρουσίαση δεικτών θορύβου

Οι δείκτες θορύβου κατηγοριοποιούνται σε 2 μεγάλες κατηγορίες : τους βασικούς (basics) και στους σύνθετους (composite). Η κατηγοριοποίηση αυτή έγινε με βάση κάποια κριτήρια.

1. Το κύρος και η συσχέτιση με τις επιπτώσεις.

Η ξένη βιβλιογραφία έχει καταγράψει μεγάλο αριθμό επιπτώσεων εξαιτίας του θορύβου. Παρόλα αυτά για ελάχιστες από αυτές έχει πραγματοποιηθεί μια σαφής συσχέτιση, για παράδειγμα με τη δυσκολία διαλόγου ή με θέματα που σχετίζονται άμεσα με την υγεία του ατόμου.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι πρέπει ο δείκτης αυτός να καταδεικνύει τη σχέση του μεγέθους που περιγράφει με τυχόν επιπτώσεις.

## 2. Πρακτική εφαρμογή.

Είναι σημαντικό τα μεγέθη που λαμβάνουμε από τους δείκτες θορύβου να είναι εργαλεία στα χέρια των αρχών για την τυχόν λήψη αποφάσεων και μέτρων.

Στο πίνακα που ακολουθεί, έγινε προσπάθεια αντιστοίχισης των σημαντικότερων δεικτών θορύβου που ανήκουν σε κάθε κατηγορία ξεχωριστά.

<b>Βασικοί δείκτες θορύβου</b>	<b>Σύνθετοι δείκτες θορύβου</b>
$L_{Aeq,T}$	$L_{A(night)}$
$L_{AE}$ ("SEL")	$L_{den}$
<i>rise time (dB/sec)</i>	$L_{10}$
$L_{Amax}$	$L_{50}$
$L_{A(other\ trade\ off)}$	$L_{90}$
$L_{Zwicker}$	EEL
$L_{Unweighted}$	ENEL
$L_{PNL}$	$L_{Aday\ (night+10)}$
$E_A\ (N/m^2)$	

Πίνακας 4.1 : Βασικοί και σύνθετοι δείκτες θορύβου



Για την διεξαγωγή των πειραματικών μετρήσεων και την στατιστική ανάλυση βάση της οποίας θα βγάλουμε συμπεράσματα για τον θόρυβο, επιλέξαμε τους δείκτες θορύβου με τους οποίους θα εργαστούμε. Οι δείκτες θορύβου που επιλέχτηκαν είναι οι  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  και  $L_{eq}$ .

1.  $L_{eq}$  : Ονομάζεται αλλιώς **ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου**. Για την αντίστοιχη κυμαινόμενη στάθμη σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα  $T$ , είναι η σταθερή στάθμη η οποία στο ίδιο χρονικό διάστημα  $T$  αντιστοιχεί στην ίδια ολική ενέργεια. Το  $L_{eq}$  χρησιμοποιείται ως προσεγγιστικός δείκτης για να εκφράσει τον βαθμό ενόχλησης του θορύβου στον άνθρωπο. Όμως αξίζει να σημειωθεί ότι μια στάθμη  $L_{eq}$  που ενώ μπορεί να μην ενοχλεί τον άνθρωπο πολύ όταν είναι ξύπνιος ή όταν εργάζεται, μπορεί να προκαλεί ενόχληση σε ώρες ανάπαυσης.
2.  $L_{90}$  : Είναι η στάθμη του ήχου η οποία υπερβαίνεται κατά το 90% μιας ορισμένης χρονικής περιόδου. Ο δείκτης αυτός θεωρείται αντιπροσωπευτικός του λεγόμενου «θορύβου βάθους», το θόρυβο που ουσιαστικά διαμορφώνει το ηχητικό περιβάλλον στον οποίο καλείται να διαβιώσει ένας άνθρωπος.
3.  $L_{10}$  : Είναι η στάθμη του ήχου η οποία υπερβαίνεται κατά το 10% μιας ορισμένης χρονικής περιόδου. Κι αυτός ο δείκτης έχει ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αντιπροσωπεύει κατά κάποιον τρόπο τα πιο έντονα «ηχητικά γεγονότα», εξ ορισμού λοιπόν αναφερόμαστε σε κατ' αρχήν μεγαλύτερες τιμές.

### 4.3 Ηχώμετρα και κατηγορίες ηχομέτρων

Η λειτουργία των ηχομέτρων στηρίζεται στη μέτρηση των επιπέδων της πίεσης του ήχου και βρίσκουν εφαρμογή στις μελέτες ηχορρύπανσης. Προσδιορίζουν την ένταση σχεδόν όλων των θορύβων και ιδιαίτερα τον αστικό, τον βιομηχανικό, τον κυκλοφοριακό και τον περιβαλλοντικό. Επίσης χρησιμοποιούνται σε μελέτες ηχομόνωσης διαφόρων κατασκευών. Το τρέχον διεθνές πρότυπο για τα ηχώμετρα είναι το IEC 61672:2003. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό τα ηχώμετρα διαιρούνται σε κλάση 1 και κλάση 2 ανάλογα με την ακρίβεια τους. Συγκεκριμένα τα κλάσης 1 είναι πιο ακριβή στις μετρήσεις με ανοχή σφάλματος +/- 0.7 dB ενώ τα κλάσης 2 με ανοχή +/- 1.0 dB. Η κλάση του ηχομέτρου που θα χρειαστεί κάποιος, εξαρτάται από τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζεται αυτό να χρησιμοποιηθεί και από τους κανονισμούς τους οποίους επιβάλλεται να ικανοποιεί.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΡΗΣΗ	ΑΝΟΧΗ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
<i>Τύπος 1 / Κλάση 1</i>	Αυξημένος βαθμός ακρίβειας για εργαστηριακή και υπαίθρια χρήση	(+/-)0.7 dB	Περιβαλλοντικές, ακουστική κτιρίων, οχήματα δρόμου

Τύπος 2 / Κλάση 2	Γενικού σκοπού υπαιθρία χρήση	(+/-)1.0 dB	Θόρυβος στην εργασία, βασικές περιβαλλοντικές, μηχανοκίνητος αθλητισμός.
-------------------	----------------------------------	-------------	---

Πίνακας 4.2 : Κατηγορίες και βασικά χαρακτηριστικά ηχομέτρων

### 4.3.1 Σταθμιστικά κυκλώματα (φίλτρα)

Οι περισσότεροι μετρητές στάθμης ήχου (*ηχόμετρα*), επιλέγουν τα φίλτρα που θα χρησιμοποιήσουν ώστε να πάρουν εκείνες τις συχνότητες που επιθυμούν. Το υφιστάμενο διεθνές πρότυπο για τη λειτουργία των ηχομέτρων είναι το IEC-61672, το οποίο θεωρεί καταλληλότερο για μετρήσεις το σταθμιστικό κύκλωμα A. Το πρότυπο αυτό περιγράφει επίσης και άλλα σταθμιστικά κυκλώματα όπως τα C και Z. Τα παλαιότερα, B και D, έχουν πλέον εγκαταλειφθεί και συνεπώς δεν περιγράφονται στο πρότυπο. Συγκεκριμένα, όλα τα ηχόμετρα είναι εφοδιασμένα με τα φίλτρα (frequency weightings) A και C, ενώ τα πιο εξελιγμένα και ακριβά μοντέλα είναι εφοδιασμένα και με το φίλτρο Z. Το εύρος των μετρήσεων τους κυμαίνονται από 0 έως 140 dB(A), ενώ η στάθμη αιχμής, η οποία εξ' ορισμού μετριέται με τη χρήση φίλτρου C ή Z, μπορεί να μετρηθεί για μέγιστες τιμές της στάθμης της στο διάστημα από 140- 143 dB(C). Βέβαια, δεν έχουν όλα τα ηχόμετρα τη δυνατότητα να μετρούν στάθμες ήχου σε όλο το παραπάνω εύρος. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων όμως, το εύρος τους κυμαίνεται από την κατώτερη τιμή των 20-25 dB μέχρι και την τιμή των 130-140 dB, ανάλογα με το φίλτρο A, B και C που έχει επιλεγεί.

### 4.3.2 Πειραματικά όργανα – χαρακτηριστικά

Στο πείραμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε ηχώμετρο, της εταιρίας Bruel&Kjaer, type 2250. Το Type 2250H vibration analyzer της Bruel&Kjaer, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών μέτρησης δόνησης, με μια σειρά από επιταχυνσιόμετρα εξαρτώμενα από το επίπεδο, τη θέση και το περιβάλλον στο οποίο γίνονται οι μετρήσεις. Επιπλέον, ο συνδυασμός της μονάδας λογισμικού με το καινοτόμο υλικό, το καθιστά ως την ιδανικότερη λύση για υψηλής ακρίβειας μέτρησης σε περιβαλλοντικά, επαγγελματικά και βιομηχανικά πεδία εφαρμογής. Ωστόσο, πέρα από την συσκευή του ηχώμετρου, χρησιμοποιήθηκε μικρόφωνο τύπου 4189 και calibrator τύπου 4231. Πριν κάθε σειρά μετρήσεων εξεταζόταν κατά πόσον το calibration ήταν πρόσφατο ώστε να ελαχιστοποιηθούν τυχόν σφάλματα που οφείλονται σε κακή βαθμονόμηση.

Παρατίθενται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των οργάνων :

- Sound Level Meter

Bruel&kjaer, Hand-held Analyzer, Type 2250 with Sound Level Meter Software

BZ-7222, Frequency Analysis Software BZ-7223, Logging Software BZ-7224,

Enhanced Logging Software BZ-7225 and Sound Recording Option BZ-7226

- Supplied Microphone

Type 4189 : Prepolarized Free-field ½" Microphone

Nominal Open-circuit Sensitivity : 50 mV/Pa

Capacitance : 14 pF (at 250 Hz)

MICROPHONE PREAMPLIFIER ZC-0032

Nominal Preamplifier Attenuation : 0.25 dB

Connector : 10-pin LEMO

- Calibrator : Sound Calibrator Type 4231

Εκτός από το ηχώμετρο και τον ακουστικό καλιμπραριστή, υφίστανται και άλλα σύνεργα, τα οποία είναι απαραίτητα για την επιτυχή διεξαγωγή των μετρήσεων θορύβου. Τα παρελκόμενα αυτά σύνεργα είναι τα ακόλουθα:

- Προστατευτικό κάλυμμα ανέμου: Χρησιμοποιείται ώστε να καλύπτει το μικρόφωνο σε περιπτώσεις όπου στη θέση μέτρησης πνέουν δυνατοί άνεμοι. Με το κάλυμμα αυτό επιτυγχάνεται η μείωση θορύβου λόγω των ισχυρών ανεμών που πιθανώς να επιφέρουν μεγάλες αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές των μετρούμενων μεγεθών.
- Βαλίτσα μεταφοράς: Είναι απαραίτητη για την μεταφορά του ηχομέτρου και των υπόλοιπων οργάνων με ασφάλεια, μειώνοντας σε σημαντικό βαθμό τις πιθανότητες πρόκλησης φθορών στον εξοπλισμό κατά την μεταφοράς του στις θέσεις μετρήσεων.

- Τρίποδας στήριξης: Είναι απαραίτητος για τη στήριξη του ηχομέτρου κατά την διάρκεια των μετρήσεων.
- Λογισμικό πρόγραμμα: Συνοδεύει κάθε ηχώμετρο και παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς του ηχομέτρου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για πιο άνετη επεξεργασία των μετρούμενων μεγεθών.



*Εικόνα 4.1 : Βασικά σύνεργα ηχομέτρου*





*Εικόνα 4.2 : Ηχόμετρο της εταιρείας Brüel&Kjær, Type 2250*

Όλα τα ηχόμετρα ,μπορούν να παρέχουν μετρήσεις των ακόλουθων βασικών παραμέτρων :

$L_{A,eq}$ ,  $L_{C,eq}$ ,  $L_{Z,eq}$  : Ισοδύναμη συνεχή στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης, με χρήση φίλτρου A, C και Z ( dB(A), dB(C), dB(Z) αντίστοιχα και ανάλογα με τα φίλτρα που διαθέτει το κάθε ηχόμετρο).

$L_{A,max}$ ,  $L_{C,max}$ ,  $L_{Z,max}$ : Μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης, με χρήσης φίλτρου A, C και Z αντίστοιχα.

$L_{A,min}$ ,  $L_{C,min}$ ,  $L_{Z,min}$ : Ελάχιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης με χρήσης φίλτρου A, C και Z αντίστοιχα.

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

## 4.4 Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην πλατεία Νέας Σμύρνης, η οποία αποτελεί χώρο αναψυχής και περιπάτου, ενώ γύρω της έχει αναπτυχθεί το εμπορικό και διοικητικό κέντρο της πόλης. Για την διεξαγωγή των μετρήσεων επιλέχθηκαν 8 χαρακτηριστικά σημεία, 5 περιμετρικά της πλατείας και 3 στο εσωτερικό της. Τα σημεία αυτά επιλέχθηκαν έτσι ώστε να θεωρούνται αντιπροσωπευτικά του θορύβου που επικρατεί τόσο περιμετρικά της πλατείας όσο και στο εσωτερικό της, έτσι ώστε να βγουν συμπεράσματα για τυχόν εξασθένηση του ήχου λόγω των περιμετρικά φυτεμένων δέντρων και της βλάστησης που υπάρχει στην πλατεία. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε 2 ξεχωριστές μέρες, διήρκησαν απ τις 12:00 ως τις 15:00 και σε κάθε σημείο η μέτρηση ήταν δεκαπεντάλεπτης διάρκειας έτσι ώστε το εύρος τιμών να είναι αρκετά μεγάλο και να μην επηρεάζεται από ξαφνικές ανόδους ή πτώσεις της στάθμης του θορύβου. Οι μετρήσεις αυτές γίνανε με βάση τις εξής παραδοχές

- Οι στάθμες θορύβου είναι σταθερές κατά το τρίωρο των μετρήσεων.
- Οι αστικές και μη δραστηριότητες βρίσκονται σε πλήρη εξέλιξη.

### 4.4.1 Πρώτη φάση μετρήσεων

Η πρώτη φάση της διεξαγωγής των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε την Πέμπτη 15/9/2011. Εκείνη τη μέρα η θερμοκρασία κατά το διάστημα 12:00 - 15:00 ήταν 30 °C και η υγρασία ήταν 37% (στοιχεία από Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία). Στην περιοχή επικρατούσε ηλιοφάνεια, χωρίς

καθόλου σύννεφα. Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4.4 οι μετρήσεις έγιναν στην πλατεία Νέας Σμύρνης σε 8 χαρακτηριστικά σημεία.

- Αρχίσαμε τις μετρήσεις μας απ το σημείο 6, μια απ τις 4 εισόδους της πλατείας που βρίσκεται πλησίον της διασταυρώσεως των οδών 25<sup>ης</sup> Μαρτίου και Ελευθερίου Βενιζέλου.
- Κατόπιν γίνανε μετρήσεις στο σημείο 8, την δεύτερη απ τις 4 εισόδους του πάρκου, πλησίον της διασταυρώσεως των οδών 2<sup>ης</sup> Μαΐου και Ελευθερίου Βενιζέλου.
- Ακολούθησαν μετρήσεις σε 3 εσωτερικά σημεία του πάρκου : i) στο σημείο 7, ακριβώς δίπλα σ ένα απ τα πολλά συντριβάνια και μια καφετέρια. ii) στο σημείο 4 δίπλα σ ένα συντριβάνι και πλησίον ενός κτηρίου και iii) στο εσωτερικό πάρθηκαν στο σημείο 3, σ ένα παγκάκι ανάμεσα σε δύο σειρές φύτευσης και δέντρων.
- Κατόπιν γίνανε μετρήσεις στο σημείο 2, την τρίτη είσοδο της πλατείας, στη συμβολή των οδών ειρήνης και 2<sup>ης</sup> Μαΐου.
- Ακολούθησαν μετρήσεις στο σημείο 1, την τέταρτη είσοδο της πλατείας, στη συμβολή των οδών Ειρήνης και 25<sup>ης</sup> Μαρτίου.
- Τέλος, λήφθηκαν μετρήσεις στο σημείο 5 επί της οδού 25<sup>ης</sup> Μαρτίου και δίπλα στο χώρο που κατασκευάζεται η επέκταση της πλατείας.

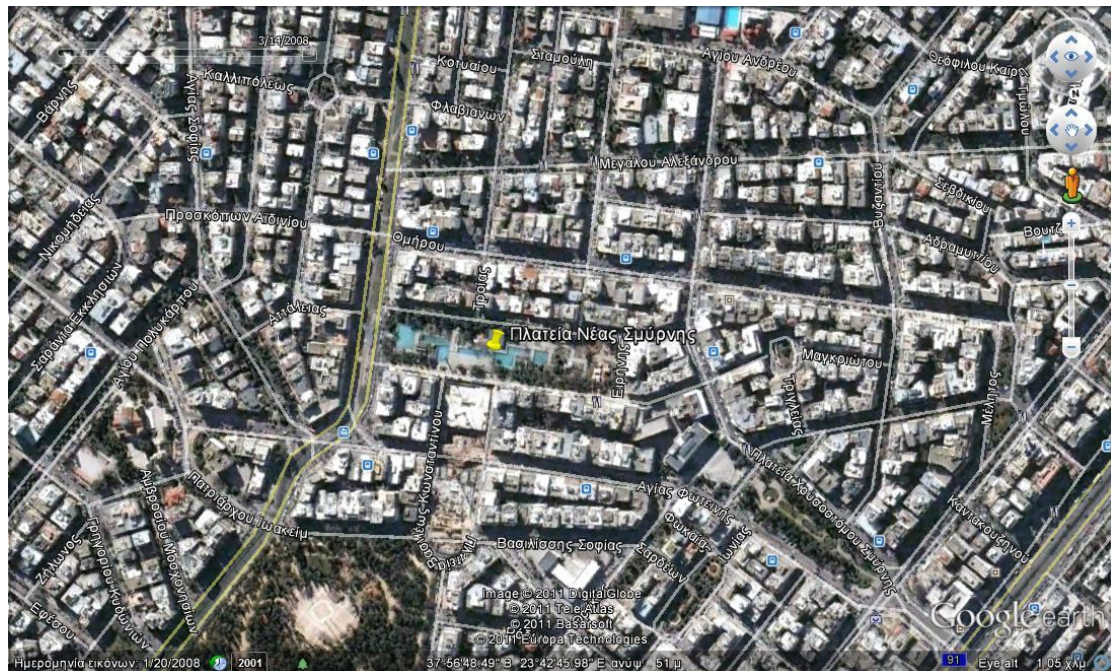
#### 4.4.2 Δεύτερη φάση μετρήσεων

Η δεύτερη φάση των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε το Σάββατο 24/9/2011. Εκείνη τη μέρα η θερμοκρασία κατά το διάστημα 12:00 - 15:00 ήταν 27 °C και η υγρασία ήταν 41% (στοιχεία από Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία). Στην περιοχή επικρατούσε ηλιοφάνεια, χωρίς καθόλου σύννεφα. Τα χαρακτηριστικά σημεία μέτρησης καθώς και η σειρά των μετρήσεων παρέμεινε είναι κοινά με αυτά της πρώτης φάσης

των μετρήσεων. Η κοινή διαδικασία των μετρήσεων και στις δύο φάσεις, έγινε έτσι ώστε να είναι πιο εύκολη η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των μετρήσεων σε κάθε σημείο και να βγαίνουν πιο εύκολα τα τελικά συμπεράσματα.

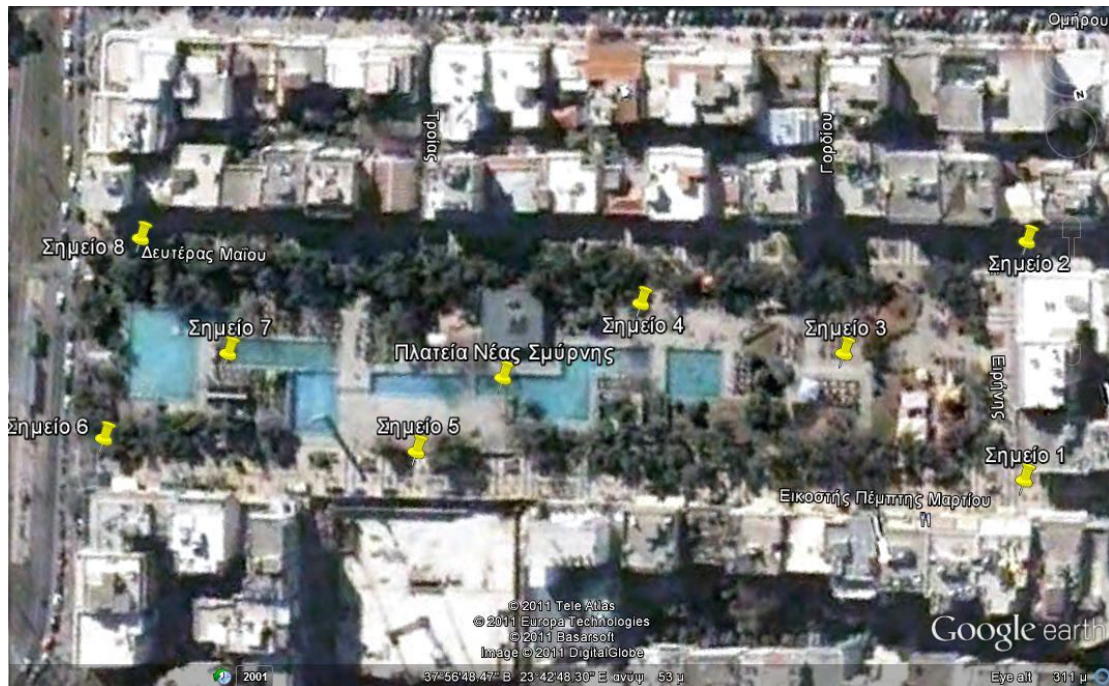
## 4.5 Αεροφωτογραφίες

Για την καλύτερη κατανόηση κι εποπτεία της πλατείας της Νέας Σμύρνης, παρατίθενται αεροφωτογραφίες της πλατείας, με τα χαρακτηριστικά σημεία μέτρησης.



Εικόνα 4.3 : Αεροφωτογραφία της πλατείας Νέας Σμύρνης





Εικόνα 4.4 : Αεροφωτογραφία από τα σημεία των μετρήσεων

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

---

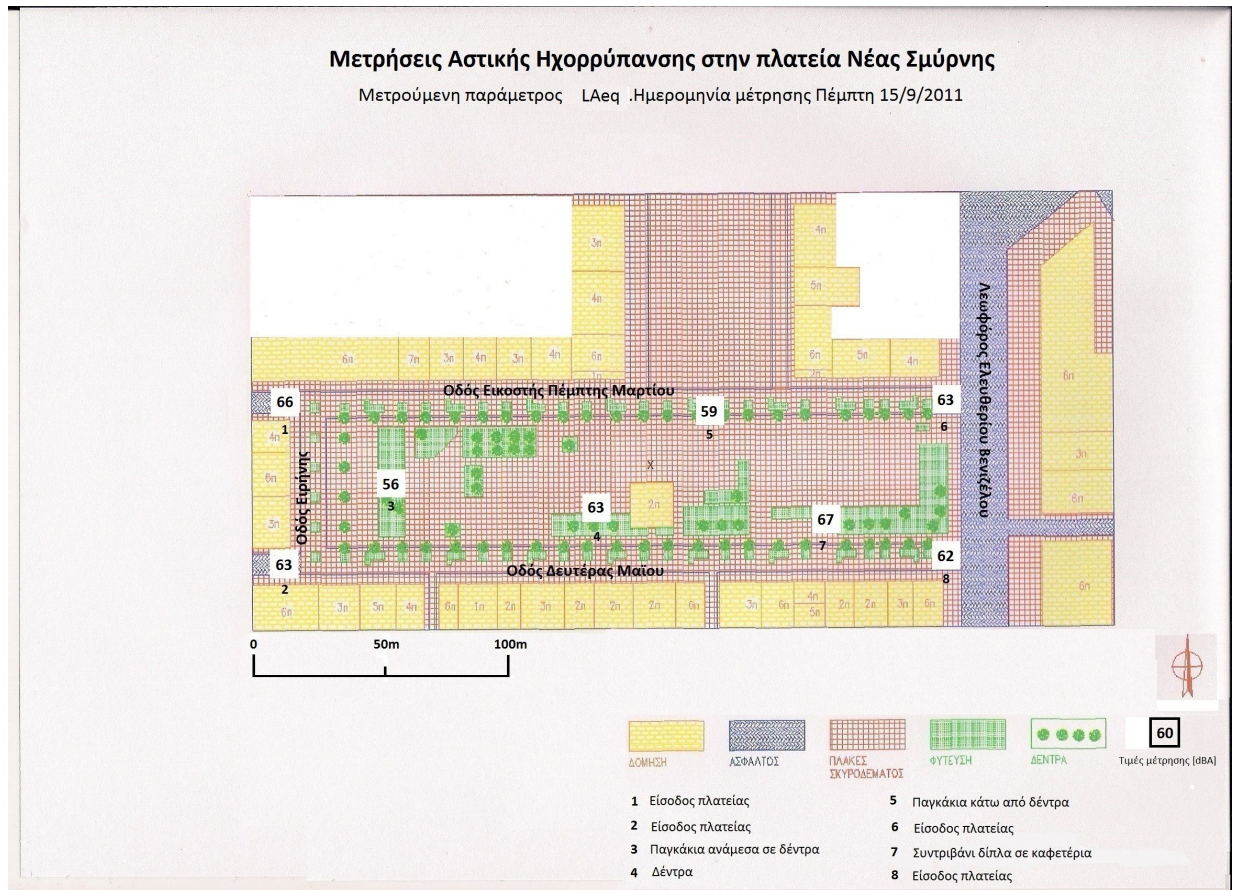
### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος, για την διεξαγωγή του οποίου έγινε εκτενέστατη αναφορά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε διάγραμμα το οποίο δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Excel της Microsoft office, ενώ η αξιολόγηση θα παρατίθεται με τη μορφή σχολιασμού αναφορικά για κάθε διάγραμμα. Τα διαγράμματα αυτά διαιρούνται σε 2 μεγάλες κατηγορίες, αυτά της πρώτης φάσης των μετρήσεων και αυτά της δεύτερης φάσης των μετρήσεων. Καθένα απ αυτά τα διαγράμματα περιλαμβάνει τους βασικούς δείκτες θορύβου οι οποίοι επιλέχτηκαν για τις μετρήσεις αυτές :  $LA_{eq}$  ,  $LA_{90}$  ,  $LA_{10}$  ,  $LA_{max}$  ,  $LA_{min}$  κατά μήκος των νοητών πορειών που ακολουθήθηκαν. Εκτός όμως της παρουσίασης των δεικτών επιδιώκεται μια σύγκριση μεταξύ των διαγραμμάτων αυτών, χάρη στην βασική παραδοχή που κάναμε κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων (ότι οι στάθμες θορύβου παραμένουν πρακτικά αμετάβλητες). Η παραδοχή αυτή παρά το ότι βοηθά στην ομαλή διεξαγωγή του πειράματος θα πρέπει να γίνεται δεκτή με κάποια επιφύλαξη. Για την πλήρη εξάλειψη των οποιονδήποτε επιφυλάξεων θα έπρεπε είτε να γίνουν επιπλέον μετρήσεις, είτε αρκετά σημεία να μετρούνται σαν ζεύγος τιμών, δηλαδή ταυτόχρονα και με 2 ξεχωριστά ηχόμετρα.

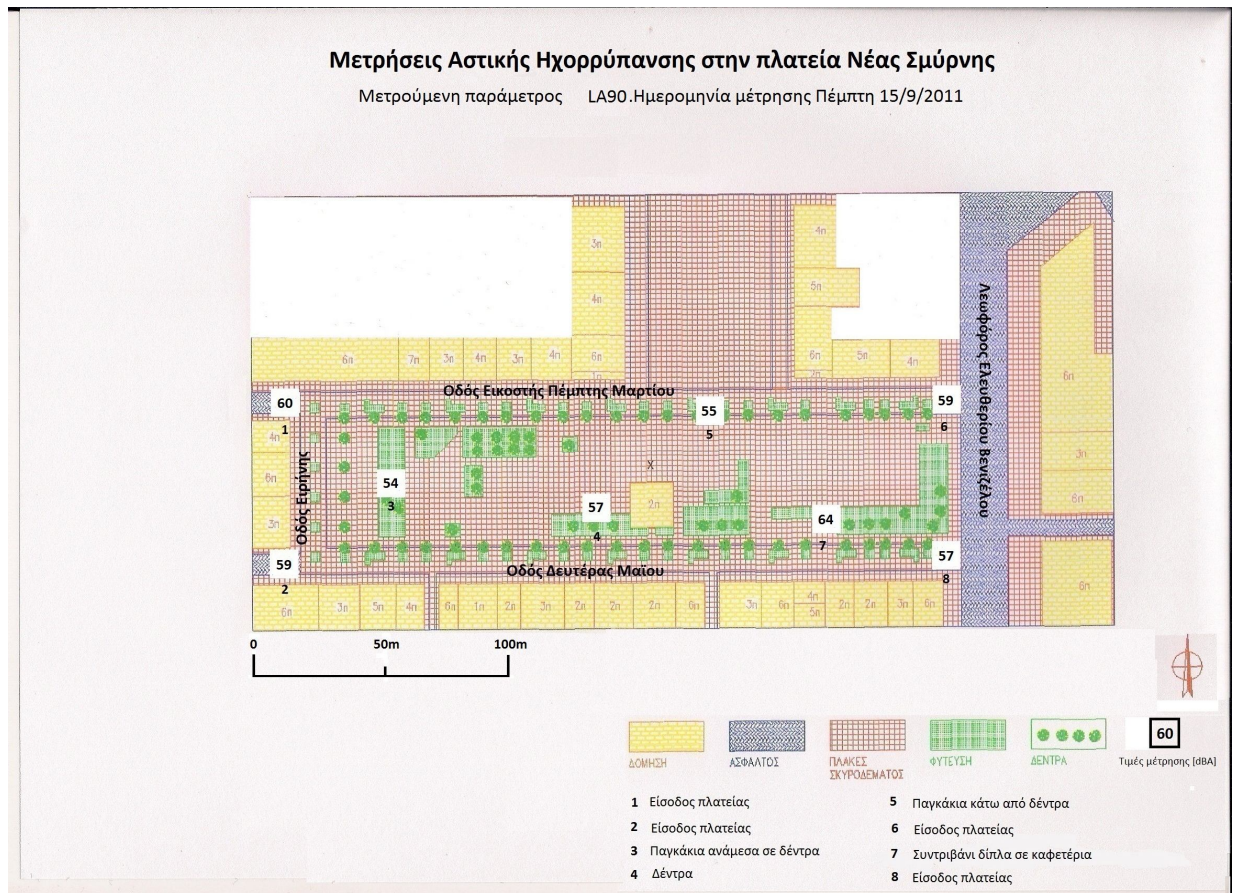


## 5.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Α Φάση Μέτρησης Πέμπτη 15/9/2011

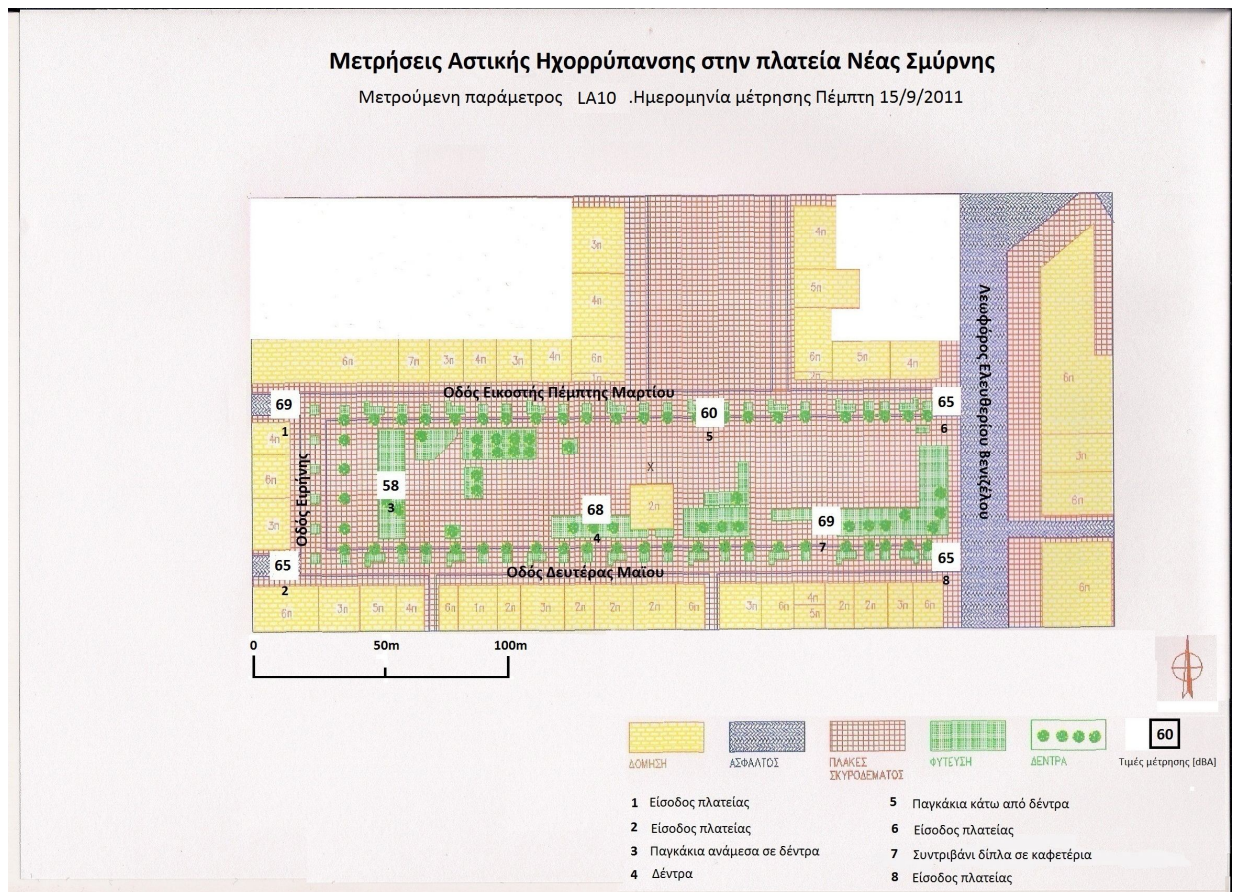


Εικόνα 5.1 : Μετρήσεις πρώτης φάσης , LAeq

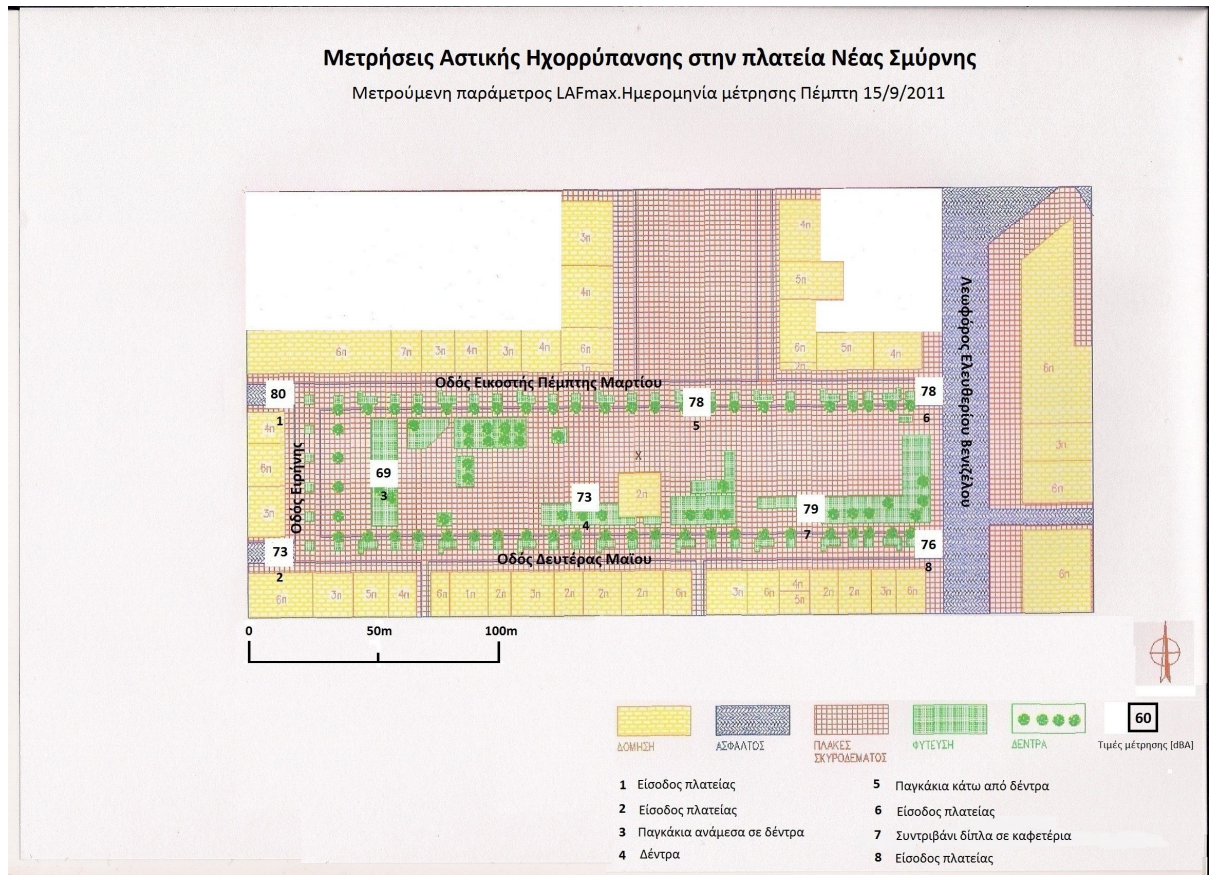


Εικόνα 5.2 : Μετρήσεις πρώτης φάσης , LA90



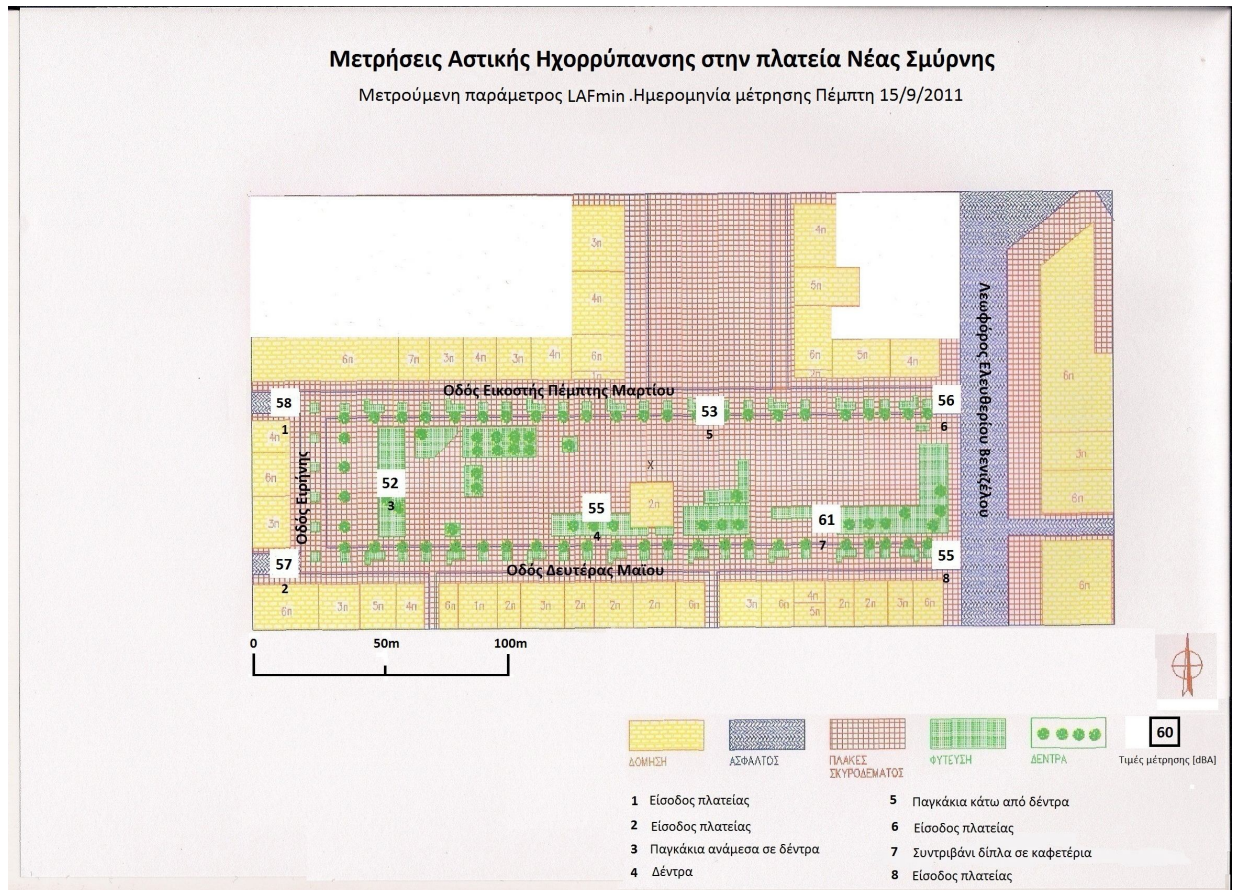


Εικόνα 5.3 : Μετρήσεις πρώτης φάσης , LA10

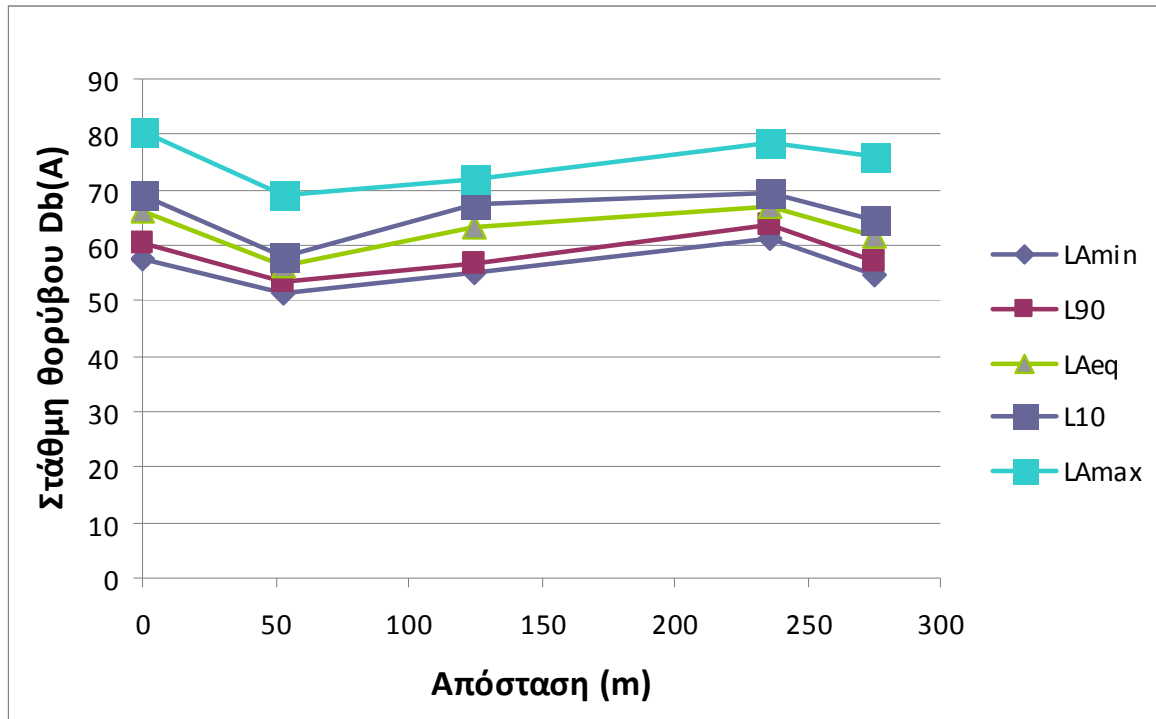


Εικόνα 5.4 : Μετρήσεις πρώτης φάσης , LAFmax





Εικόνα 5.5 : Μετρήσεις πρώτης φάσης , **LAFmin**



Σχήμα 5.1 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας 1-3-4-7-8 (βλέπε σχήματα 5.1 ως 5.5.) Το σημείο 0m αντιστοιχεί στη θέση μέτρησης 1 όπως αυτή απεικονίζεται στα σχήματα 5.1. ως 5.5.).

Πορείες	Αποστάσεις (m)
1-3	53
3-4	72
4-7	111
7-8	39

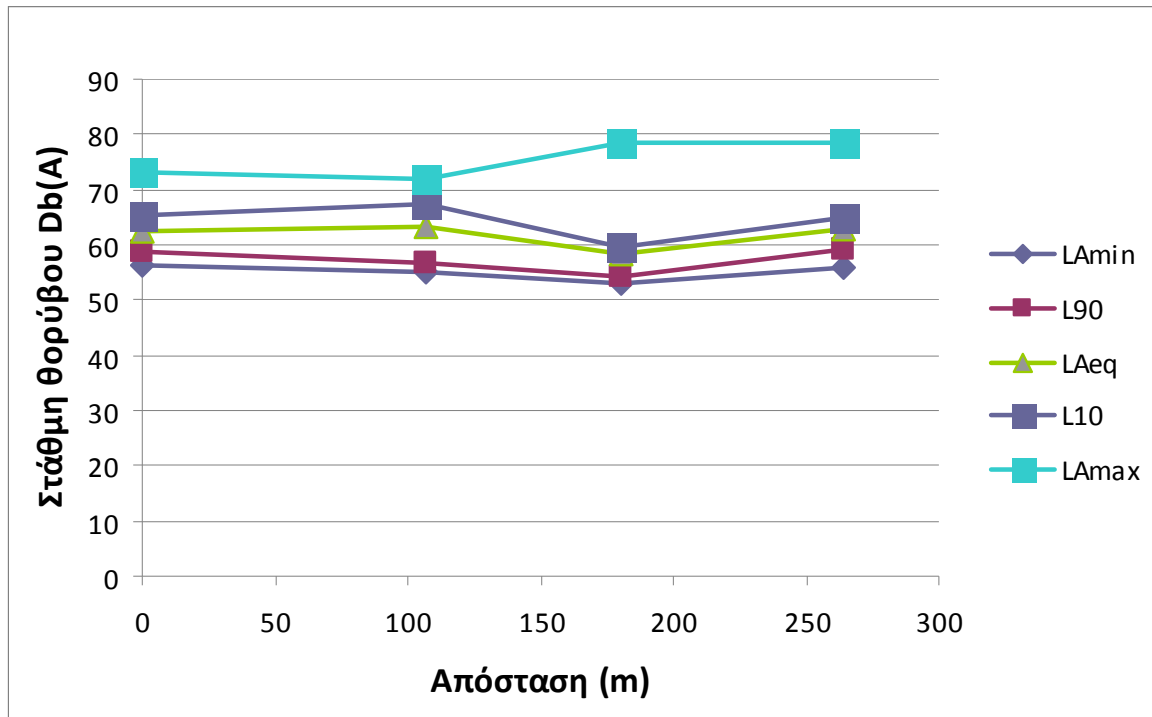
Σημείο 1 : Βορειοδυτική είσοδος πλατείας

Σημείο 3 : Παγκάκια ανάμεσα σε δέντρα

Σημείο 4 : Δέντρα

Σημείο 7 : Συντριβάνι δίπλα σε καφετέρια

Σημείο 8 : Νοτιοανατολική είσοδος πλατείας



Σχήμα 5.2 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας 2-4-5-6 (βλέπε σχήματα 5.1 ως 5.5.) Το σημείο 0m αντιστοιχεί στη θέση μέτρησης 1 όπως αυτή απεικονίζεται στα σχήματα 5.1. ως 5.5.).

Πορείες	Αποστάσεις (m)
2-4	107
4-5	73
5-6	84

Σημείο 2 : Νοτιοδυτική είσοδος πλατείας

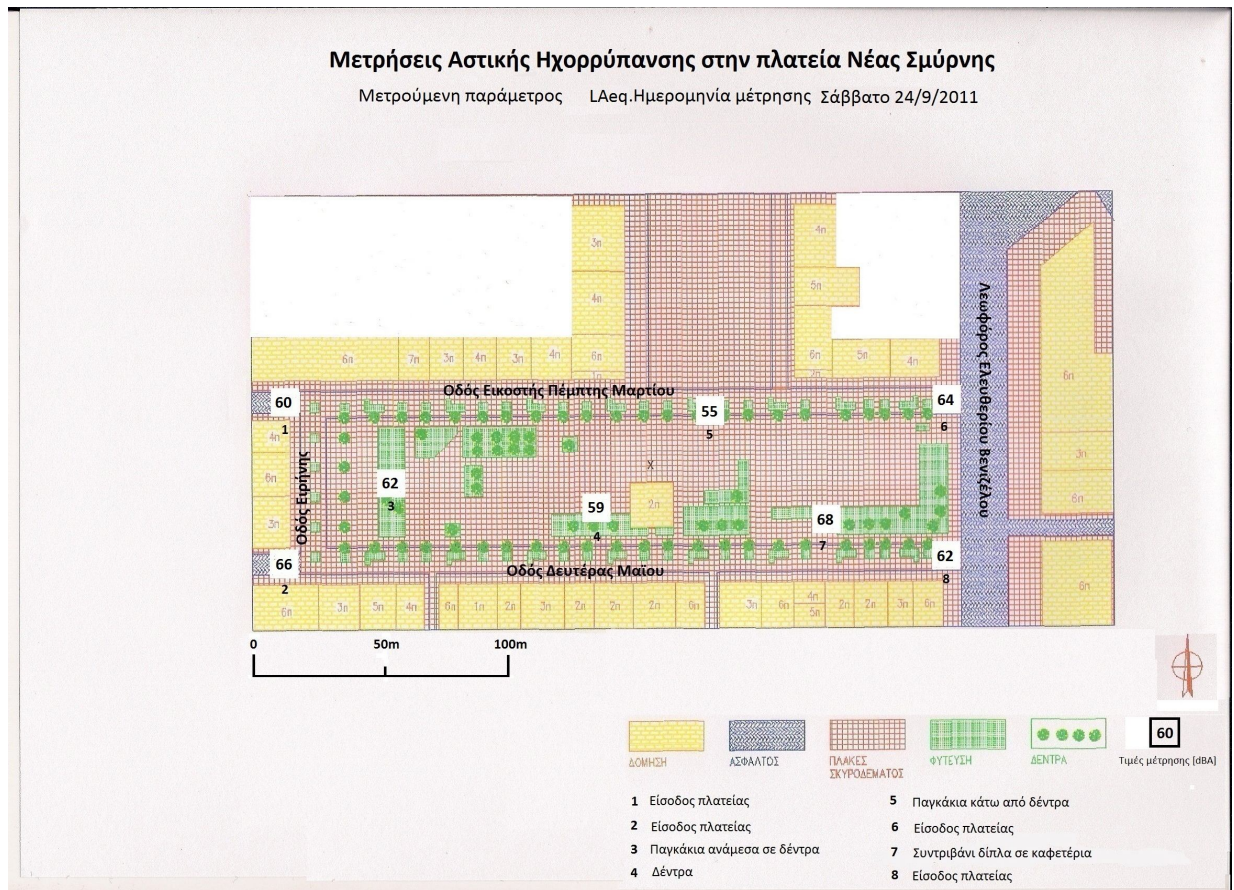
Σημείο 4 : Δέντρα

Σημείο 5 : Παγκάκια κάτω από δέντρα

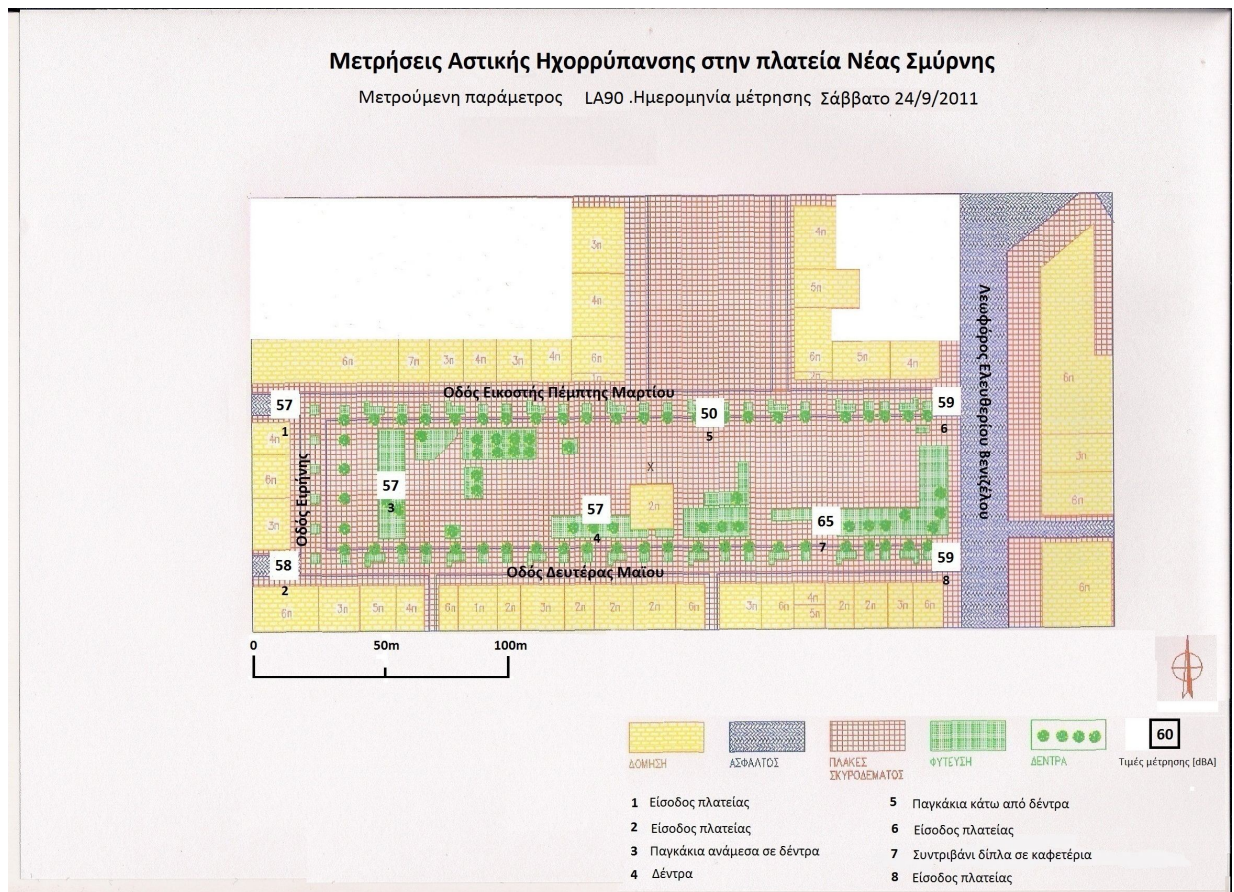
Σημείο 6 : Βορειοανατολική είσοδος πλατείας



## Β Φάση Μέτρησης Σάββατο 24/9/2011

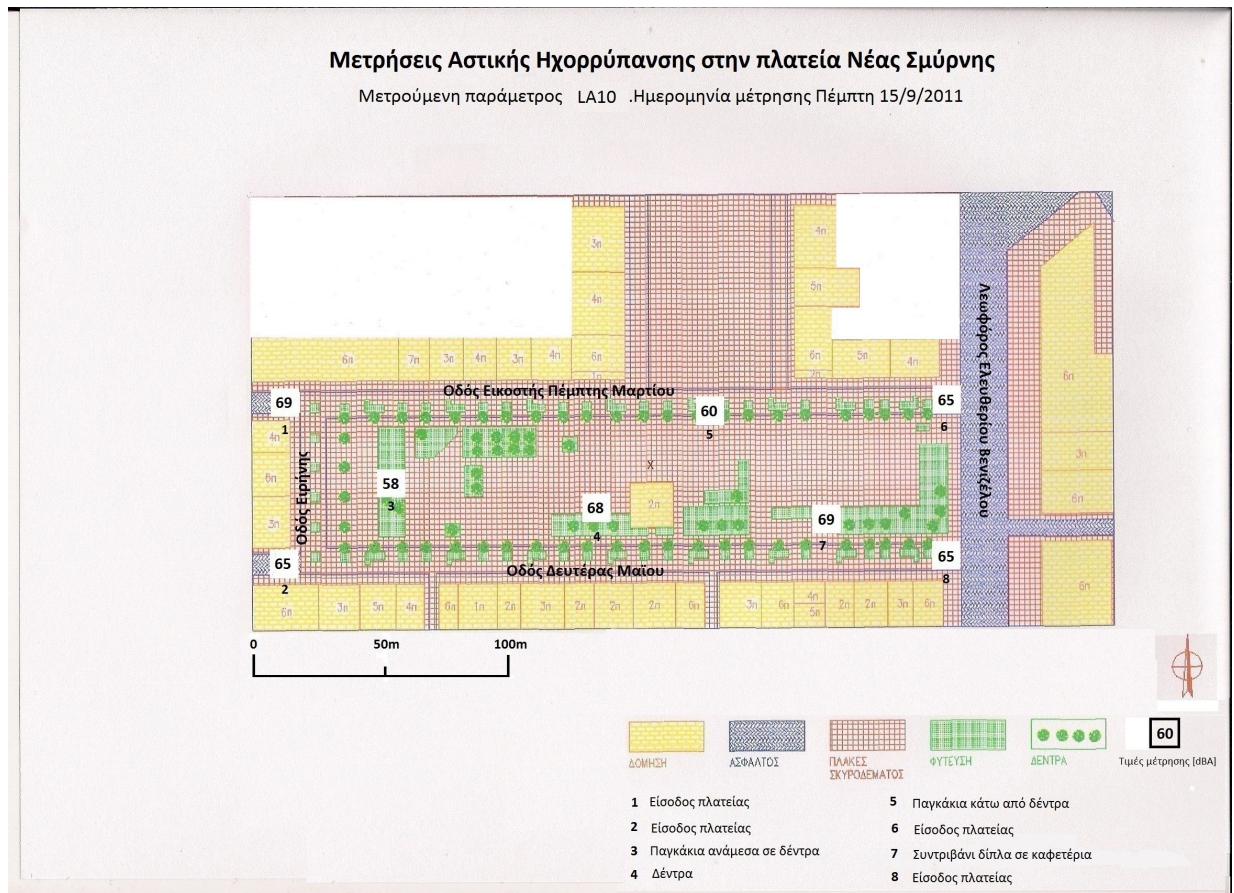


Εικόνα 5.6 : Μετρήσεις δεύτερης φάσης , LAeq

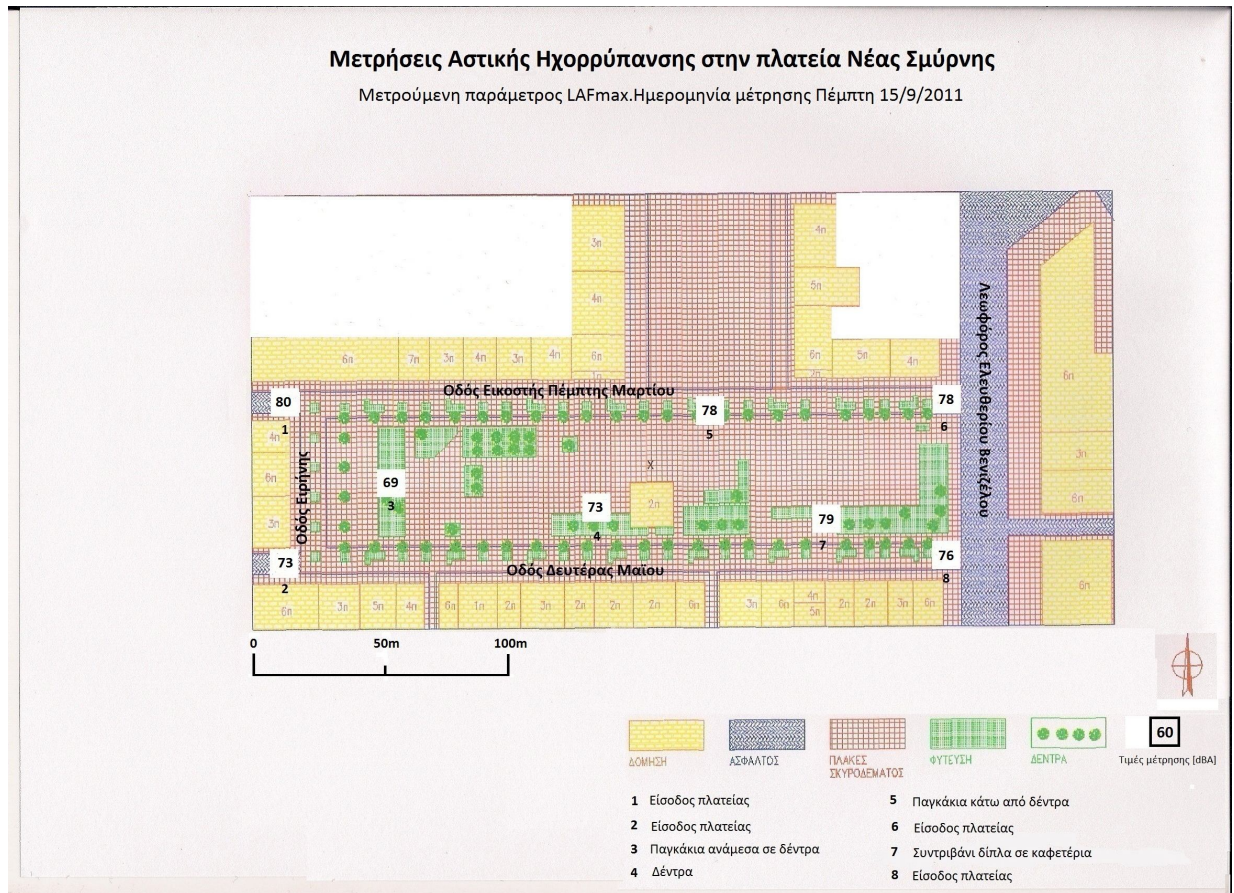


Εικόνα 5.7 : Μετρήσεις δεύτερης φάσης , LA90



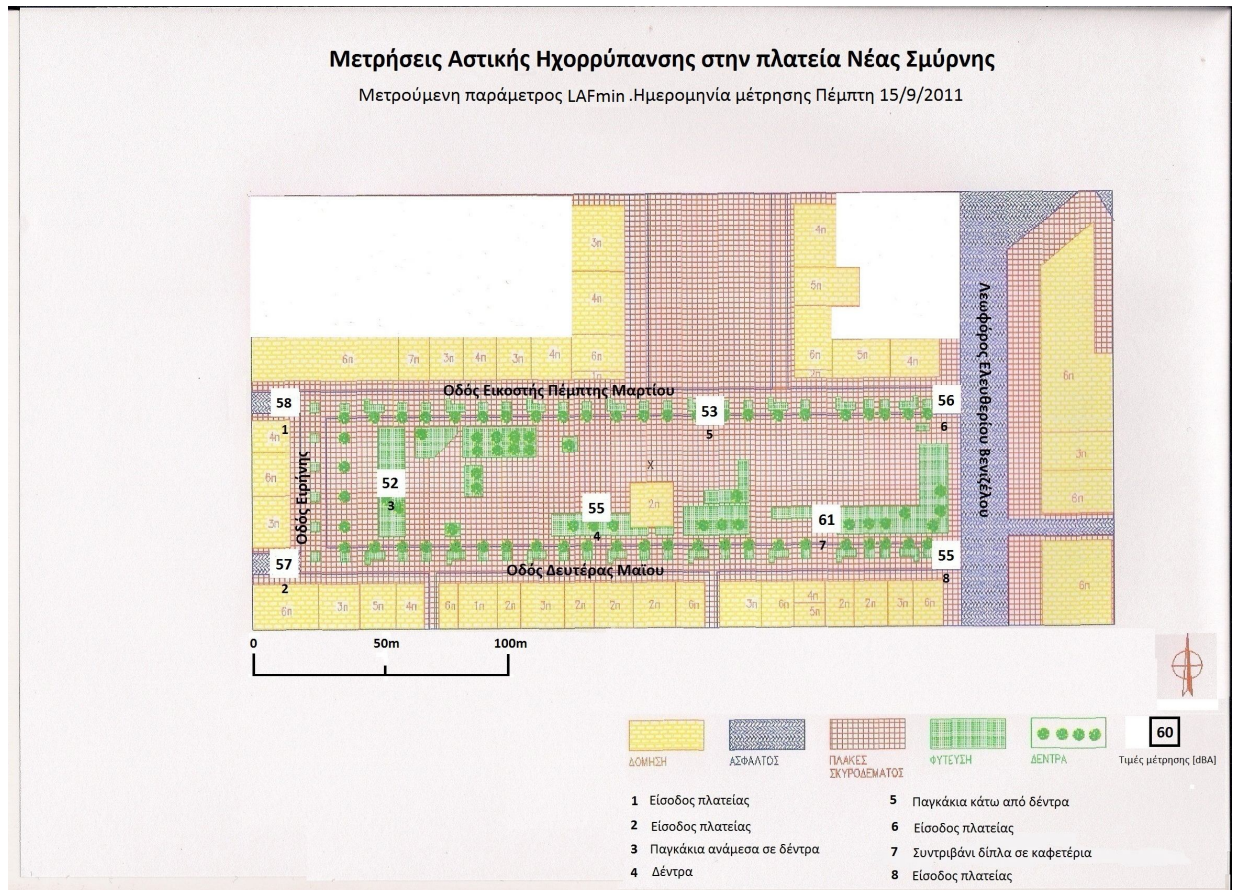


Εικόνα 5.8 : Μετρήσεις δεύτερης φάσης , LA10

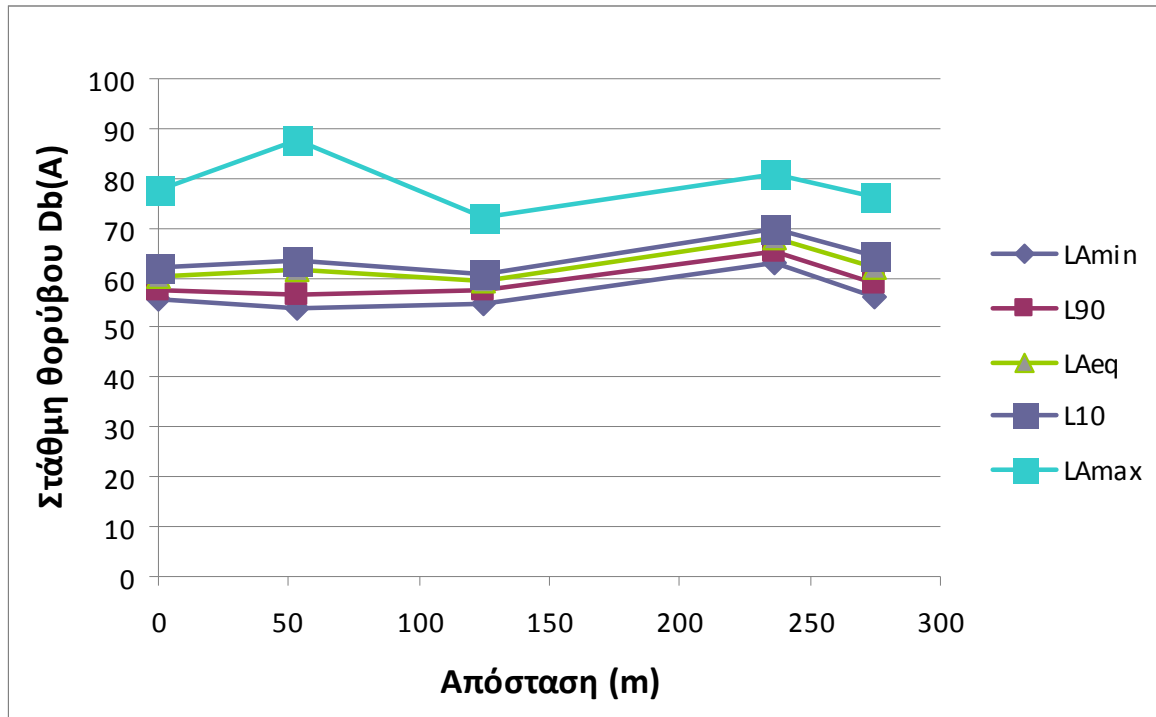


Εικόνα 5.9 : Μετρήσεις δεύτερης φάσης , LAF<sub>max</sub>





Εικόνα 5.10 : Μετρήσεις δεύτερης φάσης, LAFmin



Σχήμα 5.3 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας 1-3-4-7-8 (βλέπε σχήματα 5.6 ως 5.10.) Το σημείο 0m αντιστοιχεί στη θέση μέτρησης 2 όπως αυτή απεικονίζεται στα σχήματα 5.6. ως 5.10.).

Πορείες	Αποστάσεις (m)
1-3	53
3-4	72
4-7	111
7-8	39

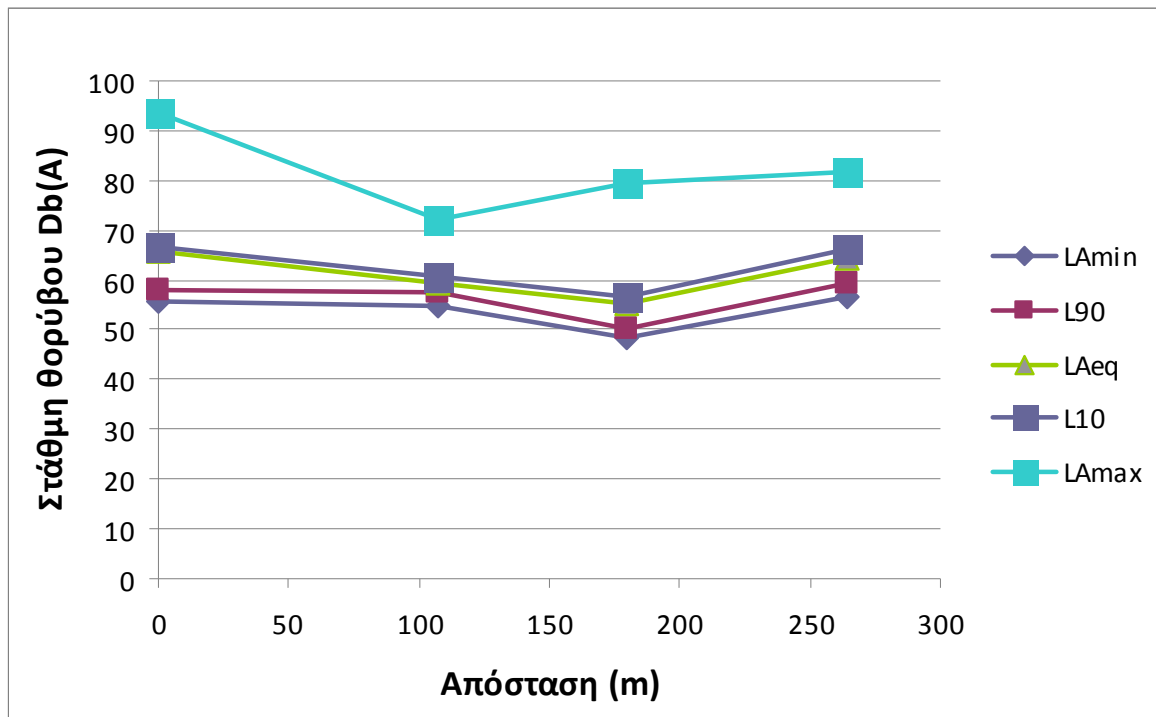
Σημείο 1 : Βορειοδυτική είσοδος πλατείας

Σημείο 3 : Παγκάκια ανάμεσα σε δέντρα

Σημείο 4 : Δέντρα

Σημείο 7 : Συντριβάνι δίπλα σε καφετέρια

Σημείο 8 : Νοτιοανατολική είσοδος πλατείας



Σχήμα 5.4 : Κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της νοητής πορείας 2-4-5-6 (βλέπε σχήματα 5.6 ως 5.10.) Το σημείο 0m αντιστοιχεί στη θέση μέτρησης 2 όπως αυτή απεικονίζεται στα σχήματα 5.6. ως 5.10.).

Πορείες	Αποστάσεις (m)
2-4	107
4-5	73
5-6	84

Σημείο 2 : Νοτιοδυτική είσοδος πλατείας

Σημείο 4 : Δέντρα

Σημείο 5 : Παγκάκια κάτω από δέντρα

Σημείο 6 : Βορειοανατολική είσοδος πλατείας



## 5.3 Περιγραφή αποτελεσμάτων

### 5.3.1 Αποτελέσματα Πρώτης Φάσης

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων της πρώτης φάσης, το σημείο με τη χαμηλότερη στάθμη θορύβου για όλους τους δείκτες είναι το σημείο 3 στο εσωτερικό της πλατείας. Το σημείο αυτό βρίσκεται σε σχετικά μικρή απόσταση απ τις κύριες πηγές θορύβου που είναι κατά κύριο λόγο τα μαγαζιά και οι χώροι εστίασης κατά μήκος των οδών Ειρήνης, Δευτέρας Μαΐου και Εικοστής Πέμπτης Μαρτίου. Ο κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της λεωφόρου Ελευθερίου Βενιζέλου είναι πρακτικά αμελητέος. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με τ ότι η βλάστηση δεν είναι πυκνή μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν προστατεύεται ικανοποιητικά απ τις πηγές του θορύβου. Η στάθμη του  $LA_{eq}$  στο σημείο αυτό είναι **56 dB(A)**.

Αντί για Μ.Ο. αναφέρω τις διαφορές. Παρόλα αυτά εξακολουθεί να είναι πάνω απ το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των **50 dB(A)**.

#### Σημεία εντός των κυρίων πηγών θορύβου

1:  $LA_{eq} = 65,96$  dB(A)

2:  $LA_{eq} = 62,59$  dB(A)

6:  $LA_{eq} = 62,92$  dB(A)

7:  $LA_{eq} = 66,94$  dB(A)

8:  $LA_{eq} = 61,83$  dB(A)

- Η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάζεται στο σημείο 7, εκεί που γειτονεύει ένα απ τα πολλά συντριβάνια της πλατείας με μια καφετέρια. Επειδή η καφετέρια αυτή προσελκύει αρκετό κόσμο, αποτελεί την βασικότερη πηγή θορύβου της πλατείας.

Παρατηρήσεις : την ημέρα των μετρήσεων ο κόσμος που καθόταν επί της καφετέριας ήταν κυρίως άτομα νεαρής ηλικίας.

- Ακολουθεί το σημείο 1, η βορειοδυτική είσοδος της πλατείας. Το σημείο αυτό δε βρίσκεται ακριβώς πάνω σε πολυσύχναστες καφετέριες ή μαγαζιά, λειτουργεί όμως σε σχετικά μικρή απόσταση φροντιστήριο. Επίσης λίγα μέτρα πέρα απ την είσοδο της πλατείας συνορεύει με το προαύλιο ενός σχολείου. Για τους παραπάνω λόγους θεωρείται ως μια απ τις βασικότερες πηγές θορύβου της πλατείας.

Παρατηρήσεις : κοντά στο σημείο των μετρήσεων υπήρχανε 10-15 πιτσιρικάκια τα οποία κάνανε θόρυβο.

- Τα σημεία 2 και 6 (Νοτιοδυτική και Βορειοανατολική είσοδος πλατείας αντίστοιχα) είναι σημεία τα οποία συγκεντρώνουν τόσο πεζούς που μπεινοβγαίνουν σε μαγαζιά όσο και κόσμο που κάθεται στις καφετέριες και τα εστιατόρια που υπάρχουν εκεί κοντά. Θεωρούνται μαζί με με το σημείο 1 απ τις βασικότερες πηγές θορύβου

Παρατηρήσεις : 10-15 μέτρα πιο πέρα απ το σημείο 2 γινόντουσαν μικρής έκτασης έργα με τη βοήθεια γερανού, ο οποίος όμως λειτουργούσε περιοδικά κι όχι περισσότερο από 1 λεπτό κατά τη διάρκεια των μετρήσεων μας. Στο σημείο 6 λειτουργούσε ένα συντριβάνι με αυξομειώσεις στην ένταση του.

- Το σημείο 8, η νοτιοανατολική είσοδος της πλατείας, είναι σημείο που συγκεντρώνει πεζούς οι οποίοι κατευθύνονται είτε προς τα μαγαζιά της πλατείας είτε προς τις καφετέριες που βρίσκονται μερικά μέτρα πιο πέρα. Είναι το σημείο με τη χαμηλότερη στάθμη θορύβου ωστόσο παραμένει αρκετά πάνω απ το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των **50 dB(A)**.

Παρατηρήσεις : Το συντριβάνι που υπάρχει μερικά μέτρα πιο κει δεν επηρεάζει τις μετρήσεις μας και οι καφετέριες δε βρίσκονται δίπλα στο σημείο 8. Πολύ σημαντικό είναι επίσης ότι επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι ο κυκλοφοριακός θόρυβος της Λεωφόρου Ελευθερίου Βενιζέλου δεν επηρεάζει τις μετρήσεις μας και δεν αποτελεί σημαντική πηγή θορύβου.

### Σημεία εκτός των κυρίων πηγών θορύβου

3:  $LA_{eq} = 56,11$  dB(A)

4:  $LA_{eq} = 63,10$  dB(A)

5:  $LA_{eq} = 58,54$  dB(A)

- Μεγαλύτερη τιμή έχουμε στο σημείο 4 που βρίσκεται πολύ κοντά σε δέντρα και πιο κοντά σε συντριβάνι της πλατείας. Χαρακτηριστικό του σημείου εκείνου είναι ότι δεν υπάρχει μεγάλη ροή πεζών ούτε κάθεται πολύ κόσμος κοντά στο σημείο εκείνο.

Παρατηρήσεις : κατά τη διάρκεια των μετρήσεων λειτουργούσε το συντριβάνι και γινότουσαν κάτι έργα σ ένα απ τα μαγαζιά κοντά στο σημείο.

- Το σημείο με τη δεύτερη χαμηλότερη στάθμη είναι το σημείο 5. Παρά το γεγονός ότι βρίσκεται στην περίμετρο της πλατείας βρίσκεται σε σημείο σχετικά απομακρυσμένο από καφετέριες και μαγαζιά.

Παρατηρήσεις : μικρή κίνηση των πεζών και σχετική ησυχία

- Τέλος το σημείο με τη χαμηλότερη στάθμη για όλους τους δείκτες είναι το σημείο 3 όπως περιγράφηκε προηγουμένως.

### 5.3.2 Πείραμα με νοητές πορείες

«Ένα νοητό πείραμα ή πείραμα σκέψης (*thought experiment*, από το γερμανικό ουσιαστικό *Gedankenexperiment*) αποτελεί μια προσπάθεια για επίλυση ενός προβλήματος με την χρήση της μοναδικής δύναμης της ανθρώπινης φαντασίας.» Βασιζόμενη στον πιο πάνω ορισμό και στην προσπάθεια το πείραμα να πάρει μορφή βάση της οποίας η εξαγωγή συμπερασμάτων να γίνει πιο άμεση, εισήχθησαν στο σχεδιασμό του

πειράματος δύο νοητές πορείες : 1-3-4-7-8 και 2-4-5-6 με σημείο τομής το σημείο 4 δηλαδή το εσωτερικό σημείο με το χαμηλότερο δείκτη θορύβου.

**Πορεία 1-3-4-7-8** : Καθώς προχωράμε από το σημείο 1 προς το εσωτερικό της πλατείας παρατηρείται μια μικρή μείωση του θορύβου στα σημεία που απέχουν από πολυσύχναστες καφετέριες και μαγαζιά. Συγκεκριμένα είχαμε τις εξής χαρακτηριστικές μεταβολές :

- Σημείο 1 – Σημείο 3 : - 9,85 dB(A)
- Σημείο 3 – Σημείο 4 : + 6,99 dB(A)
- Σημείο 4 – Σημείο 7 : + 3,84 dB(A)
- Σημείο 7 – Σημείο 8 : - 5,11 dB(A)

**Πορεία 2-4-5-6** : Καθώς προχωράμε από το σημείο 2 προς το εσωτερικό της πλατείας παρατηρείται μια μικρή μείωση του θορύβου στα σημεία που απέχουν από πολυσύχναστες καφετέριες και μαγαζιά. Συγκεκριμένα είχαμε τις εξής χαρακτηριστικές μεταβολές :

- Σημείο 2 – Σημείο 4 : + 0,51 dB(A)
- Σημείο 4 – Σημείο 5 : - 4,56 dB (A)
- Σημείο 5 – Σημείο 6 : + 4,38 dB(A)

Η διαφορά του σημείου 3 με τον Μ.Ο. όλων των σημείων της πλατείας είναι ίση με  $\Delta L_{A,eq} = [(65,96 + 62,59 + 62,92 + 66,94 + 61,83 + 56,11 + 63,1 + 58,54) / 8] - 56,11 = 6,2 \text{ dB(A)}$

Έτσι λοιπόν γίνεται κατανοητό ότι ο θόρυβος που προκαλείται απ μαγαζιά και τις καφετέριες φτάνει μειωμένος στο σημείο 3, χωρίς όμως η μείωση αυτή να είναι αρκετά σημαντική.

Η διαφορά του σημείου 3 με το πιο θορυβώδες της πλατείας είναι ίση με  $\Delta L_{A,eq} = 66,94 - 56,11 = 10,83 \text{ dB(A)}$ .

Σύγκριση  $LA_{10}$  και  $LA_{90}$  :

Σημείο	1	2	3	4	5	6	7	8
$LA_{10}$	69	65	58	68	60	65	69	65
$LA_{90}$	60	59	54	57	55	59	64	57
$\Delta L_A$	9	6	4	11	5	6	5	8

### 5.3.3 Αποτελέσματα Δεύτερης Φάσης

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων της πρώτης φάσης, το σημείο με τη χαμηλότερη στάθμη θορύβου για τους περισσότερους δείκτες είναι το σημείο 5 στην περίμετρο της πλατείας. Όπως και το σημείο 3, το σημείο 5 βρίσκεται σε σχετικά μικρή απόσταση απ τις κύριες πηγές θορύβου που είναι κατά κύριο λόγο τα μαγαζιά και οι χώροι εστίασης κατά μήκος των οδών Ειρήνης, Δευτέρας Μαΐου και Εικοστής Πέμπτης Μαρτίου. Επιπλέον όμως το γεγονός ότι βρίσκεται σε τμήμα της Οδού Εικοστής Πέμπτης Μαρτίου απ τ οποίο σε απόσταση εκατέρωθεν περί τα 30 μέτρα δεν υπάρχουν μαγαζιά, δικαιολογεί τις σχετικά χαμηλές στάθμες θορύβου όχι μόνο στην δεύτερη αλλά και στην πρώτη φάση. Ο κυκλοφοριακός θόρυβος κατά μήκος της λεωφόρου Ελευθερίου Βενιζέλου είναι πρακτικά αμελητέος. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με τ ότι η βλάστηση δεν είναι πυκνή μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν προστατεύεται ικανοποιητικά απ τις πηγές του θορύβου. Η στάθμη του  $LA_{eq}$  στο σημείο αυτό είναι **55 dB(A)**.

#### Σημεία εντός των κυρίων πηγών θορύβου

1:  $LA_{eq} = 60,15 \text{ dB(A)}$

2:  $LA_{eq} = 65,71 \text{ dB(A)}$

6:  $LA_{eq} = 64,29 \text{ dB(A)}$

7:  $LA_{eq} = 67,90 \text{ dB(A)}$

8:  $LA_{eq} = 62,25 \text{ dB(A)}$

- Όπως και στην πρώτη φάση έτσι και στην δεύτερη, η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάζεται στο σημείο 7, εκεί που γειτονεύει ένα απ τα πολλά συντριβάνια της πλατείας με μια καφετέρια.

Παρατηρήσεις : την ημέρα των μετρήσεων ο κόσμος που καθόταν επί της καφετέριας ήταν σχεδόν ίδιος με αυτόν που υπήρχε στην πρώτη φάση των μετρήσεων ,τόσο σε πληθυσμό όσο και σε σύσταση.

- Σ αυτή τη φάση των μετρήσεων,ακολουθούν τα σημεία 2 και 6 (Νοτιοδυτική και Βορειοανατολική είσοδος πλατείας αντίστοιχα) τα οποία όπως προαναφέραμε συγκεντρώνουν αρκετούς πεζούς, κι ιδιαίτερα τα σάββατα.

Παρατηρήσεις : 10-15 μέτρα πιο πέρα απ το σημείο 2 γινόντουσαν μικρής έκτασης έργα ανακαίνισης.Στο σημείο 6 λειτουργούσε ένα συντριβάνι με αυξομειώσεις στην ένταση του.

- Ακολουθεί το σημείο 1,η βορειοδυτική είσοδος της πλατείας.Το σημείο αυτό δε βρίσκεται ακριβώς πάνω σε πολυσύχναστες καφετέριες η μαγαζιά,λειτουργεί όμως σε σχετικά μικρή απόσταση φροντιστήριο.Επίσης λίγα μέτρα πέρα απ την είσοδο της πλατείας συνορεύει με το προαύλιο ενός σχολείου.Το Σάββατο ωστόσο πέραν του σχολείου,ούτε το φροντιστήριο λειτουργούσε.

Παρατηρήσεις : Οι μετρήσεις μας γίνονται λίγο πιο μακριά από καφετέριες και μαγαζιά, επιπλέον όμως δεν έχουμε συνάθροιση από πιτσιρικά κατά τη διάρκεια των μετρήσεων

- Το σημείο 8, η νοτιοανατολική είσοδος της πλατείας, είναι σημείο που συγκεντρώνει πεζούς οι οποίοι κατευθύνονται είτε προς τα μαγαζιά της πλατείας είτε προς τις καφετέριες που βρίσκονται μερικά μέτρα πιο πέρα.Είναι το σημείο με τη χαμηλότερη στάθμη θορύβου ωστόσο παραμένει αρκετά πάνω απ το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των **50 dB(A)**.

Παρατηρήσεις : Ίδιες συνθήκες με αυτές της πρώτης φάσης

### Σημεία εκτός των κυρίων πηγών θορύβου

3:  $LA_{eq} = 61,69$  dB(A)

4:  $LA_{eq} = 59,43$  dB(A)

5:  $LA_{eq} = 55,43$  dB(A)

- Μεγαλύτερη τιμή έχουμε στο σημείο 3 που βρίσκεται ανάμεσα σε δέντρα και παγκάκια και λίγο πιο απομακρυσμένο απ τα συντριβάνια.

Παρατηρήσεις : κατά τη διάρκεια των μετρήσεων γινόταν ανακαίνιση σε μαγαζί κοντά στο σημείο 3.

- Το σημείο με τη δεύτερη χαμηλότερη στάθμη είναι το σημείο 4.

Παρατηρήσεις : πολύ ησυχία

- Τέλος το σημείο με τη χαμηλότερη στάθμη για τους περισσότερους δείκτες είναι το σημείο 5 όπως περιγράφηκε προηγουμένως.

### 5.3.4 Πείραμα με νοητές πορείες

**Πορεία 1-3-4-7-8** : Καθώς προχωράμε από το σημείο 1 προς το εσωτερικό της πλατείας παρατηρείται μια μικρή μείωση του θορύβου στα σημεία που απέχουν από πολυσύχναστες καφετέριες και μαγαζιά. Συγκεκριμένα είχαμε τις εξής χαρακτηριστικές μεταβολές :

- Σημείο 1 – Σημείο 3 : + 1,54 dB(A)
- Σημείο 3 – Σημείο 4 : - 2,26 dB(A)
- Σημείο 4 – Σημείο 7 : + 8,47 dB(A)
- Σημείο 7 – Σημείο 8 : - 5,11 dB(A)



**Πορεία 2-4-5-6 :** Καθώς προχωράμε από το σημείο 2 προς το εσωτερικό της πλατείας παρατηρείται μια μικρή μείωση του θορύβου στα σημεία που απέχουν από πολυσύχναστες καφετέριες και μαγαζιά. Συγκεκριμένα είχαμε τις εξής χαρακτηριστικές μεταβολές :

- Σημείο 2 – Σημείο 4 : + 6,28 dB(A)
- Σημείο 4 – Σημείο 5 : - 4,00 dB (A)
- Σημείο 5 – Σημείο 6 : + 8,86 dB(A)

Η διαφορά του σημείου 5 με τον Μ.Ο. όλων των σημείων της πλατείας είναι ίση με  $\Delta L_{A,eq} = [(60,15 + 65,71 + 61,69 + 59,43 + 55,43 + 64,29 + 67,90 + 62,25) / 8] - 55,43 = 6,67 \text{ dB(A)}$

Όπως και στην πρώτη φάση, έτσι και τώρα λοιπόν ο θόρυβος που προκαλείται απ μαγαζιά και τις καφετέριες φτάνει μειωμένος στο σημείο με τη χαμηλότερη στάθμη θορύβου (σημείο 5 γι αυτή τη φάση), χωρίς όμως η μείωση αυτή να είναι αρκετά σημαντική.

Η διαφορά του σημείου 5 με το πιο θορυβώδες της πλατείας είναι ίση με  $\Delta L_{A,eq} = 67,90 - 55,43 = 12,47 \text{ dB(A)}$ .

Σύγκριση  $LA_{10}$  και  $LA_{90}$  :

Σημείο	1	2	3	4	5	6	7	8
$LA_{10}$	62	67	64	61	56	66	70	64
$LA_{90}$	57	58	57	57	50	59	65	59
$\Delta L_A$	5	9	7	4	6	7	5	5

## 5.4 Συζήτηση αποτελεσμάτων A και B φάσης

Το σημείο 1 όπως έχει προαναφερθεί αν και βρίσκεται εντός των πηγών θορύβου, δε βρίσκεται πάνω στα πιο πολυσύχναστα και θορυβώδη μαγαζιά της πλατείας. Οι αυξομειώσεις στη στάθμη του θορύβου οφείλονται κυρίως στα πιτσιρικά τα οποία συγκεντρώνονται γύρω απ το σημείο εκείνο λόγω του φροντιστηρίου που λειτουργεί λίγα μέτρα παραπέρα καθώς και του μικρού τμήματος του προαυλίου ενός σχολείου το οποίο συνορεύει με την πλατεία. Γι αυτό το λόγο υπάρχει μεγάλη διαφορά στις στάθμες θορύβου μεταξύ πρώτης και δεύτερης φάσης (6 dB(A) ) , επειδή τις καθημερινές συγκεντρώνονται περισσότερα πιτσιρικά γύρω απ το σημείο αυτό.

Στα σημεία 2 και 6 τόσο στην πρώτη φάση όσο και στην δεύτερη φάση, επικρατούν σχεδόν πανομοιότυπες συνθήκες και στάθμες θορύβου. Μια μικρή διαφορά στις στάθμες θορύβου στο σημείο 2 μεταξύ

πρώτης και δεύτερης φάσης οφείλονται στα μικρής έκτασης έργα ανακαίνισης τα οποία λαμβάναν χώρα κατά τη διάρκεια των μετρήσεών μας, τα οποία κατά την δεύτερη φάση διήρκησαν περισσότερο απ' ό,τι στην πρώτη. Κυριότερες αιτίες θορύβου και στα 2 αυτά σημεία είναι οι πεζοί που συγκεντρώνονται για τους λόγους που περιγράφηκαν στο εδάφιο 5.3.1, καθώς επίσης και οι χώροι εστίασης (μαγαζιά, καφετέριες και εστιατόρια) που λειτουργούν όχι μόνο γύρω απ' τα σημεία εκείνα αλλά και περιμετρικά σε όλη την πλατεία, μ' εξαίρεση τη Λεωφόρο Ελευθερίου Βενιζέλου. Οι στάθμες των 60 – 65 dB(A) και στις δύο φάσεις είναι αρκετά πάνω απ' το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των 50 dB(A). Συνεπώς η στάθμη θορύβου χαρακτηρίζεται ως απαράδεκτη και ανυπόφορη.

Στο σημείο 3 παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές μεταξύ πρώτης και δεύτερης φάσης. Ενώ στην πρώτη φάση των μετρήσεων το σημείο 3 είναι το σημείο με τη χαμηλότερη στάθμη θορύβου, στη δεύτερη φάση των μετρήσεων είναι κατά 6 dB(A) πιο θορυβώδες. Η διαφορά αυτή μπορεί να ερμηνευτεί ως εξής: καταρχάς τα παγκάκια που είναι ανάμεσα στα δέντρα κοντά στο σημείο 3 συγκεντρώνουν περισσότερο κόσμο το Σάββατο παρά τις καθημερινές, ο οποίος κάθεται είτε για να ηρεμήσει είτε για να ξαποστάσει. Επίσης όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα έργα που γίνονταν σε απόσταση 10-15 μέτρων απ' το σημείο 2 ήταν μεγαλύτερα σε διάρκεια κατά την δεύτερη φάση απ' ό,τι στην πρώτη. Κατά τη διάρκεια και των 2 φάσεων των μετρήσεων παρατηρείται το εξής φαινόμενο: το σημείο 3 ισαπέχει απ' τις οδούς Ειρήνης, Δευτέρας Μαΐου και Εικοστής Πέμπτης Μαρτίου κατά 32 μέτρα. Σύμφωνα με το νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου θα έπρεπε ο θόρυβος απ' τις 3 αυτές οδούς να φτάνει στο σημείο 3 κατά 30 dB(A) μειωμένος σε σχέση με τον αρχικά παραγόμενο. Ωστόσο κάτι τέτοιο δε συμβαίνει καθώς στην πρώτη φάση η μέγιστη απόσβεση είναι 10 dB(A), ενώ στην δεύτερη φάση αντί για απόσβεση έχουμε και αύξηση του θορύβου κατά 2 dB(A). Οι λόγοι για τους οποίους πιθανότατα δεν είχαμε την αναμενόμενη θεωρητική απόσβεση είναι οι εξής:

- Λόγω του ανώμαλου εδάφους πραγματοποιούνταν ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων σε αυτό, με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρότερη ελαττωμένη απόσβεση του

ήχου. Επιπλέον η ιδιαίτερα αραιή κατανομή των δέντρων και της πρασινιάς γύρω απ το σημείο αυτό (αλλά και γενικά γύρω απ την πλατεία) δε συμβάλλει σχεδόν καθόλου στην αποτροπή αυτών των φαινομένων, κοινώς δε μπορεί να λειτουργήσει ως αντιθορυβικός φράχτης.

- Το σημείο 3 (και γενικά το μεγαλύτερο μέρος της πλατείας), περιτριγυρίζεται από προσόψεις υψηλών κτιρίων, τα οποία ευνοούν τις ανακλάσεις του ήχου. Εξ άλλου όπως γνωρίζουμε από βιβλιογραφική γνώση, η παρουσία προσόψεων κτιρίων σ ένα δρόμο ενισχύει το θόρυβο κατά 3 dB(A).
- Ο θόρυβος προκαλείται εκτός απ τις τριγύρω οδούς (οι οποίες λειτουργούν ως γραμμικές πηγές θορύβου) και απ τους πεζούς οι οποίοι διέρχονται η κάθονται στο σημείο αυτό, για τους οποίους εκτενέστερη αναφορά έγινε προηγουμένως.

Στο σημείο 4 επικρατούν σχεδόν ίδιες συνθήκες και κατά τις 2 φάσεις των μετρήσεων. Κύρια πηγή θορύβου είναι η οδός Δευτέρας Μαΐου και το συντριβάνι που λειτουργεί περιοδικά σε απόσταση λίγων μέτρων, ενώ η ελάχιστη κίνηση πεζών γύρω απ το σημείο εκείνο ουσιαστικά δεν επηρεάζει σημαντικά τις στάθμες θορύβου. Όπως και στο σημείο 3, έτσι και στο σημείο 3 δεν υπήρξε η αναμενόμενη θεωρητική απόσβεση σύμφωνα με το νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου. Οι λόγοι είναι οι ίδιοι με αυτούς που προαναφέρθηκαν για το σημείο 3, με μόνη διαφορά ότι δεν υπάρχουν πολλοί πεζοί γύρω απ το σημείο εκείνο όπως γινόταν στην περίπτωση του σημείου 3. Η διαφορά των 4 dB(A) μεταξύ πρώτης και δεύτερης φάσης οφείλεται στ ότι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων της πρώτης φάσης λειτουργούσε το συντριβάνι.

Το σημείο 5 χαρακτηρίζεται απ την απουσία μαγαζιών και χώρων εστίασης σε απόσταση 30 μέτρων εκατέρωθεν. Το χαρακτηριστικό αυτό σε συνδυασμό με τ ότι υπάρχει σχετικά μικρή κίνηση πεζών και κατά τις 2 φάσεις των μετρήσεων, το καθιστά ως ένα απ τα πιο ήσυχα σημεία της πλατείας. Η διαφορά των 4 dB(A) μεταξύ πρώτης και

δεύτερης φάσης οφείλεται πιθανότατα στ ότι τις καθημερινές υπάρχει μια σχετικά μεγαλύτερη ροή πεζών οι οποίοι χρησιμοποιούν την οδό Εικοστής Πέμπτης Μαρτίου για να κόβουν δρόμο μέσω της πλατείας και να πηγαίνουν απ τη Λεωφόρο Ελευθερίου Βενιζέλου (και συγκεκριμένα απ τη στάση του τραμ ‘Αγίας Φωτεινής’) προς την οδό Κωνσταντίνου Παλαιολόγου και την ευρύτερη περιοχή τριγύρω. Η αναμενόμενη θεωρητική απόσβεση είναι μικρότερη απ την πραγματική για λόγους παρόμοιους με αυτούς των μετρήσεων στα σημεία 3 και 4 που έχουν αναφερθεί παραπάνω.

Το σημείο 7 αποτελεί το πιο θορυβώδες σημείο της πλατείας και στις 2 φάσεις των μετρήσεών μας. Κύρια πηγή θορύβου, όχι μόνο για το σημείο αυτό αλλά και για ολόκληρη την πλατεία, είναι η πολυσύχναστη καφετέρια που λειτουργεί δίπλα στο σημείο των μετρήσεών μας. Τόσο τις καθημερινές όσο και τα Σάββατα προσελκύει κόσμο νεαρής κυρίως ηλικίας, γεγονός που αιτιολογεί τις ιδιαίτερα υψηλές στάθμες θορύβου των 67 και 68 dB(A) οι οποίες χαρακτηρίζονται ως απαράδεκτες κι ανυπόφορες ( κατά 17 και 18 dB(A) μεγαλύτερες από το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των 50 dB(A). Η λεωφόρος Ελευθερίου Βενιζέλου δεν επηρεάζει τις στάθμες θορύβου στο σημείο αυτό και λόγω απόστασης (45 μέτρα απ τον οδικό άξονα) αλλά και για λόγους που θ αναλυθούν λίγο παρακάτω. Επίσης δεν έχει νόημα ν αναλύσουμε την αναμενόμενη θεωρητική απόσβεση σε σύγκριση με την πραγματική, καθώς ούτε η οδός Δευτέρας Μαΐου ούτε η Λεωφόρος Ελευθερίου Βενιζέλου θεωρούνται κύριες πηγές θορύβου για το σημείο εκείνο.

Το σημείο 8 έχει πανομοιότυπες συνθήκες μέτρησης και στις 2 φάσεις των μετρήσεων. Κύρια πηγή θορύβου είναι οι διερχόμενοι πεζοί στη συμβολή των οδών Δευτέρας Μαΐου και Ελευθερίου Βενιζέλου. Η Λεωφόρος Ελευθερίου Βενιζέλου δεν αποτελεί κύρια πηγή θορύβου όχι μόνο για τα σημεία που απέχουν αρκετά από κείνη, αλλά και για σημεία που βρίσκονται σχεδόν δίπλα της (όπως το σημείο 2 και το σημείο 8). Η εξήγηση δίνεται απ το γεγονός ότι η λεωφόρος αυτή είναι δρόμος ήπιας κυκλοφορίας με μια λωρίδα ανά κατεύθυνση, καθώς επίσης και τ ότι δεν διασχίζεται από μεγάλο ποσοστό βαρέων οχημάτων. Έτσι ο κυκλοφοριακός θόρυβος είναι πρακτικά αμελητέος, γεγονός που εξηγεί



γιατί τα σημεία 2 και 8 ενώ είναι σαφώς πιο κοντά στον οδικό άξονα της λεωφόρου είναι λιγότερο θορυβώδη απ το σημείο 7 το οποίο απέχει σαφώς περισσότερη απόσταση.

Συνοψίζοντας λοιπόν τα παραπάνω, η πλατεία έχει τα εξής χαρακτηριστικά

- Οι οδοί Εικοστής Πέμπτης Μαρτίου, Δευτέρας Μαΐου και Ειρήνης είναι οι κύριες γραμμικές πηγές θορύβου της πλατείας μαζί με τους πεζούς που κινούνται ή κάθονται επί της πλατείας.
- Η λεωφόρος Ελευθερίου Βενιζέλου για τους λόγους που αναλύθηκαν, δεν αποτελεί κύρια πηγή θορύβου της πλατείας κι ελάχιστα την επηρεάζει.
- Όλα τα σημεία της πλατείας έχουν στάθμη θορύβου αρκετά πάνω απ το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των 50 dB(A), με αποτέλεσμα ο επισκέπτης πρακτικά να μη μπορεί να βρει ηρεμία σε κανένα σημείο της πλατείας.
- Η πλατεία είναι φυτεμένη περιμετρικά από μια ζώνη δέντρων αραιά κατανεμημένη, μαζί με μεμονωμένα δέντρα που είναι φυτεμένα στο εσωτερικό της ζώνης αυτής. Παρά το ότι θα αναμέναμε έστω και μια μικρή μείωση του θορύβου, κάτι τέτοιο δε συμβαίνει λόγω των μαγαζιών και των χώρων εστίασης που χτίστηκαν περιμετρικά της πλατείας και αποτελούν τις κύριες πηγές θορύβου.

## **5.5 Συγκριτική ανάλυση με τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας των Δημήτρη Καστανιά & Παναγιώτη Κριπούρη**

Η παραπάνω διπλωματική εργασία (Αναφορά 5) με τίτλο «Συμβολή του Εθνικού Κήπου της Αθήνας στην απόσβεση της αστικής

ηχορύπανσης» εκπονήθηκε από φοιτητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και μελετά την απόσβεση του αστικού θορύβου. Οι σχεδιασμός του πειράματος, οι συνθήκες διεξαγωγής του καθώς επίσης και τα δεδομένα αξιολόγησης προς έκβασης των αποτελεσμάτων, είναι σχεδόν όμοια με αυτά τις παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συνεπώς, η σύγκριση μεταξύ των δυο διπλωματικών εργασιών κρίθηκε αποδεκτή. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τις δυο εργασίες, παρατηρούμε τα ακόλουθα :

1. Στον Εθνικό κήπο , η χαμηλότερη στάθμη θορύβου και κατά τις 2 φάσεις των μετρήσεων παρατηρείται στο σημείο που βρίσκεται η κεντρική λίμνη και είναι της τάξης των 60 db(A) ενώ στην πλατεία Νέας Σμύρνης οι χαμηλότερες στάθμες θορύβου είναι της τάξης των 55 db(A) και 56 db(A) στα σημεία 5 και 3 αντίστοιχα. Και στις δύο περιπτώσεις οι στάθμες θορύβου ξεπερνάνε το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των 50 dB(A).
2. Στο εξωτερικό περίγραμμα τόσο του Εθνικού κήπου επικρατούν υψηλότερες στάθμες θορύβου απ αυτές του αντιστοίχου της πλατείας Νέας Σμύρνης , ωστόσο και στις 2 περιπτώσεις οι στάθμες θορύβου που επικρατούν είναι πολύ παραπάνω απ το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των 50 dB(A). Στον Εθνικό κήπο οι ανώτερες στάθμες θορύβου αγγίζουν μέχρι και τα 79 dB(A) ενώ στην πλατεία Νέας Σμύρνης αντίστοιχα φτάνουν έως και 69 dB(A). Συμπερασματικά και στα δύο πάρκα , οι στάθμες θορύβου στο εξωτερικό περίγραμμα χαρακτηρίζονται από απαράδεκτες ως και ανυπόφορες για μερικά σημεία του Εθνικού Κήπου. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα κτίρια και η

περιοχή γύρω από τις συγκεκριμένες οδούς «πάσχουν» από έντονα φαινόμενα ηχητικής ρύπανσης, κάτι που υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής των κατοίκων στις γύρω περιοχές.

3. Τα επίπεδα θορύβου στην πλατεία Νέας Σμύρνης διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ καθημερινής και Σαββάτου , ενώ στον Εθνικό κήπο τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ μεγαλύτερα την Κυριακή σε σχέση με τις καθημερινές. Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται ως εξής : ο Εθνικός κήπος αποτελεί χώρο ανάπαυσης και περιπάτου και ως εκ τούτου έχει περισσότερους επισκέπτες τις Κυριακές όταν ο περισσότερος κόσμος δεν εργάζεται.
4. Σημαντική παρατήρηση είναι πως στο εσωτερικό του Εθνικού Κήπου επικρατούν κατά κανόνα σαφώς χαμηλότερες στάθμες θορύβου απ ό τι στο εξωτερικό του περίγραμμα (εώς και 18 dB(A) ). Αντιθέτως στην πλατεία Νέας Σμύρνης , για τους λόγους που αναλύθηκαν , οι στάθμες θορύβου στο εσωτερικό της πλατείας δεν είναι πάντα μικρότερες απ ό τι στο εξωτερικό της περίγραμμα και η μεγαλύτερη διαφορά σε στάθμη θορύβου είναι 11 dB(A).
5. Τέλος, στον Εθνικό κήπο κύρια πηγή θορύβου είναι ο κυκλοφοριακός θόρυβος στις γύρω οδικές αρτηρίες ενώ στην πλατεία Νέας Σμύρνης ο κυκλοφοριακός θόρυβος είναι αμελητέος και κύρια πηγή θορύβου είναι τα μαγαζιά και οι χώροι εστίασης περιμετρικά της πλατείας.

## **5.6 Συγκριτική ανάλυση με τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας της Κατερίνας Λουκαΐδου.**

Η παραπάνω διπλωματική εργασία (Αναφορά 4) με τίτλο «Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην αστική ηχοπροστασία : το Πεδίον του Άρεως στην Αθήνα» εκπονήθηκε από φοιτήτρια του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και μελετά την απόσβεση του αστικού θορύβου. Οι σχεδιασμός του πειράματος, οι συνθήκες διεξαγωγής του καθώς επίσης και τα δεδομένα αξιολόγησης προς έκβασης των αποτελεσμάτων, είναι σχεδόν όμοια με αυτά τις παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συνεπώς, η σύγκριση μεταξύ των δυο διπλωματικών εργασιών κρίθηκε αποδεκτή. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τις δυο εργασίες, παρατηρούμε τα ακόλουθα :

1. Στο Πεδίον του Άρεως η χαμηλότερη στάθμη θορύβου παρατηρείται στα σημεία που βρίσκεται το θέατρο Άλσος και η κεντρική πλατεία με το συντριβάνι και είναι της τάξης των 48 db(A) και 50 db(A) αντίστοιχα , ενώ στην πλατεία Νέας Σμύρνης οι χαμηλότερες στάθμες θορύβου είναι της τάξης των 55 db(A) και 56 db(A) στα σημεία 5 και 3 αντίστοιχα.Επομένως ενώ στο Πεδίον του Άρεως υπάρχουν 2 σημεία που είναι ακριβώς και λίγο πιο κάτω απ το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των 50 dB(A) , στην πλατεία Νέας Σμύρνης δε συμβαίνει κάτι αντίστοιχο.
2. Όπως στον Εθνικό Κήπο και την πλατεία Νέας Σμύρνης, έτσι και στο πεδίο του Άρεως οι στάθμες θορύβου στο εξωτερικό περίγραμμα είναι αρκετά πάνω απ το επιτρεπόμενο ανεκτό όριο των 50 dB(A) , υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα ζωής

των κατοίκων των γύρω περιοχών όπως περιγράφηκε και προηγουμένως.

3. Τα επίπεδα θορύβου στην πλατεία Νέας Σμύρνης διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ καθημερινής και Σαββάτου , ενώ στο Πεδίον του Άρεως τα επίπεδα θορύβου είναι πιο χαμηλά το Σάββατο σε σχέση με τις καθημερινές.
4. Σημαντική παρατήρηση είναι πως στο εσωτερικό του Πεδίον του Άρεως επικρατούν κατά κανόνα σαφώς χαμηλότερες στάθμες θορύβου απ ότι στο εξωτερικό του περίγραμμα (εώς και 25 dB(A) ).Η διαφορά αυτή είναι ακόμα μεγαλύτερη κι απο την αντίστοιχη του Εθνικού Κήπου (εώς και 18 dB(A) ).Έτσι με βάση τη σύγκριση στο κεφάλαιο 5.5 γίνεται σαφές ότι στο Πεδίον του Άρεως η διασπορά των τιμών στις στάθμες του dB(A) είναι ακόμα μεγαλύτερη απ την αντίστοιχη στην πλατεία της Νέας Σμύρνης.Οι χαμηλές στάθμες θορύβου στο πεδίο του Άρεως οφείλονται στη χαμηλή προσέλευση κόσμου , που όπως αναφέρεται στη διπλωματική εργασία της Κατερίνας Λουκαΐδου οφείλονται κυρίως σε α) Στη χωροθέτηση του πάρκου που γειτονεύει με περιοχές κατοικήσιμες απο μετανάστες και γενικά υποβαθμισμένες και υψηλής εγληματικότητας περιοχές β)Συχνά γίνεται «στέκι» αστέγων και ναρκομανών και ως εκ τούτου μόνο ασφαλές δε μπορεί να χαρακτηριστεί.Αντιθέτως, η πλατεία Νέας Σμύρνης δεν έχει κανένα απ τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά και η σχετικά υψηλή προσέλευση κόσμου όλες τις μέρες της εβδομάδας προσδίδει ένα αίσθημα ασφάλειας στους επισκέπτες.



5. Τέλος, στο Πεδίον του Άρεως κύρια πηγή θορύβου είναι ο κυκλοφοριακός θόρυβος στις γύρω οδικές αρτηρίες, ενώ όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5.5, στην πλατεία Νέας Σμύρνης ο κυκλοφοριακός θόρυβος είναι αμελητέος και κύρια πηγή θορύβου είναι τα μαγαζιά και οι χώροι εστίασης περιμετρικά της πλατείας.

### **5.7 Συγκριτική ανάλυση με τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας των Σβάρνα Γιάννη και Χατζηλιάδου Εύης.**

Η παραπάνω διπλωματική εργασία (Αναφορά 19) με τίτλο «Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην αστική ηχοπροστασία : η Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου και το Άλσος Παπάγου» εκπονήθηκε από φοιτητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και μελετά την απόσβεση του αστικού θορύβου. Οι σχεδιασμός του πειράματος, οι συνθήκες διεξαγωγής του καθώς επίσης και τα δεδομένα αξιολόγησης προς έκβασης των αποτελεσμάτων, είναι σχεδόν όμοια με αυτά τις παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συνεπώς, η σύγκριση μεταξύ των δυο διπλωματικών εργασιών κρίθηκε αποδεκτή. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τις δυο εργασίες, παρατηρούμε τα ακόλουθα :

Η πλατεία της Νέας Σμύρνης έχει έκταση περίπου 16 στρέμματα. Η έκτασή της καθιστά δυσχερή την σύγκρισή της με την Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, όχι μόνο επειδή η δεύτερη είναι σχεδόν 60-πλάσια σε διάσταση αλλά και επειδή διαφέρουν ως χώροι σε τοποθεσία και λειτουργικότητα, αλλά και έχουν διαφορετικές συνθήκες στα γύρω οδικά τους δίκτυα.

Επιχειρείται μια ευχερέστερη σύγκριση με το Άλσος Παπάγου, το οποίο είναι 5-πλάσιο (80 περίπου στρέμματα) σε σύγκριση με την πλατεία Νέας Σμύρνης. Οι δύο αυτοί χώροι βρίσκονται αμφότεροι σε προάστια του κέντρου της Αθήνας και περικλείονται από οδούς με χαμηλούς σχετικά κυκλοφοριακούς φόρτους. Οι περεταίρω συγκρίσεις - παρατηρήσεις απαριθμούνται παρακάτω:

- ❖ Από άποψη μορφολογίας, οι δύο χώροι διαφέρουν στην πυκνότητα φύτευσης καθώς το άλσος διαθέτει δέντρα και χαμηλή βλάστηση που καλύπτει μεγάλο ποσοστό της επιφάνειάς του, ενώ η πλατεία διαθέτει τα αντίστοιχα μόνο περιμετρικά της και όχι σε συνέχεια.
- ❖ Η πλατεία Νέας Σμύρνης περιλαμβάνει αρκετούς χώρους εστίασης και διασκέδασης καθώς και εμπορικά καταστήματα, γεγονός που διαφοροποιεί αισθητά τη λειτουργικότητα της σε σχέση με το Άλσος Παπάγου όπου υπάρχει ένα μοναδικό καφέ - εστιατόριο. Αυτομάτως διαφοροποιείται και ο σκοπός των επισκεπτών σε κάθε έναν από τους δύο πράσινους χώρους. Το άλσος προσελκύει κόσμο που επιθυμεί την αναψυχή, την άθληση, τον περίπατο, ενώ η πλατεία προσφέρει μια μικρή αγορά και μια συνοικία χώρων διασκέδασης. Οι δύο διαφορετικές χρήσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στις στάθμες θορύβου που διαμορφώθηκαν κατά τις μελέτες.

- ❖ Οι μετρήσεις θορύβου που έλαβαν χώρα στο Άλσος Παπάγου και στην πλατεία Νέας Σμύρνης, αντίστοιχα, έδειξαν ότι στο άλσος οι τιμές των σταθμών θορύβου είχαν μεγαλύτερο εύρος τιμών σε σύγκριση με την πλατεία. Συγκεκριμένα στην πρώτη περιοχή η μικρότερη τιμή που σημειώθηκε ήταν 49 dBA και η μεγαλύτερη 72.5 dBA ενώ αντίστοιχα στην δεύτερη ήταν 55 dBA και 68 dBA. Η μικρότερη διακύμανση στην πλατεία, μπορεί να σημαίνει αφενός ότι δεν επιτυγχάνεται μεγάλη απόσβεση στο εσωτερικό της λόγω των μικρότερων αποστάσεων της, αφετέρου ότι η ύπαρξη πρασίνου δεν είναι ικανοποιητική.
- ❖ Και στους δυο πράσινους χώρους παρατηρήθηκαν σταθερές στάθμες θορύβου στις δυο φάσεις διεξαγωγής του πειράματος, που σημαίνει από κοινού ίδιους παράγοντες θορύβου τις καθημερινές και τα σαββατοκύριακα.
- ❖ Στην πλατεία Νέας Σμύρνης κανένα σημείο δεν βρέθηκε με τιμή κάτω από την επιτρεπόμενη αποδεκτή των 50 dBA σε αντίθεση με το Άλσος Παπάγου που διαθέτει πολλές θέσεις με στάθμες θορύβου κοντά στο ικανοποιητικό όριο.
- ❖ Εξ' αιτίας όλων των παραπάνω μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η κύρια πηγή θορύβου για το άλσος Παπάγου είναι ο κυκλοφοριακός θόρυβος που αποσβένηται ικανοποιητικά λόγω της πυκνής του φύτευσης, στην πλατεία Νέας Σμύρνης ο θόρυβος της πόλης συντηρείται και ενίοτε ενισχύεται στο εσωτερικό της λόγω της έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας και αυτό σε συνδυασμό με την αραιή φύτευση και τα ψηλά τριγύρω κτίρια δεν οδηγεί σε απόσβεση αλλά, μέσω ανακλάσεων, σε συντήρηση του αστικού θορύβου.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

---

Σ ένα χαοτικό κι ιδιαίτερα θορυβώδες περιβάλλον, όπως αυτό των μεγάλων αστικών κέντρων, η ύπαρξη ελεύθερων αστικών χώρων αποτελεί ένα είδος «όασης» για τους κατοίκους των γύρω περιοχών. Οι επισκέπτες των χώρων αυτών επιζητούν άνεση, ηρεμία, αναψυχή και γενικότερα μια προσωρινή διέξοδο απ την καθημερινότητα του αστικού περιβάλλοντος και του θορύβου που το χαρακτηρίζει. Για τους παραπάνω λόγους γίνεται κατανοητή η σημασία μιας σωστής σχεδίασης και λειτουργίας ενός ελεύθερου αστικού χώρου, ο οποίος θα μπορεί να παρέχει στους χρήστες τις παραπάνω ανέσεις.

Μια πρώτη κρίσιμη παράμετρος για το σωστό σχεδιασμό ενός αστικού πνεύμονα πρασίνου είναι οι μεγάλες διαστάσεις έτσι ώστε τα κεντρικά τους σημεία να απέχουν αρκετά απ τις εκάστοτε πηγές θορύβου και να υπάρχει ικανοποιητική απόσβεση του θορύβου. Εργασίες προηγούμενων ερευνητών έδειξαν ότι οι αποστάσεις αυτές για να θεωρηθούν ικανοποιητικές θα πρέπει να ναι της τάξης των 200-500 μέτρων. Όπως έχει προαναφερθεί στην παρούσα διπλωματική, στόχος μας είναι να επιτύχουμε αποδεκτές στάθμες θορύβου κάτω απ το ανώτατο επιτρεπτό όριο των 50dB(A).

Παρόλα αυτά σε μεγάλα αστικά κέντρα, όπως αυτό της Αθήνας, σπάνια εώς ποτέ είναι διαθέσιμες τόσο μεγάλες εκτάσεις γης για τη δημιουργία πάρκων μεγάλων διαστάσεων παρομοίων με αυτών που αναφερθήκανε παραπάνω. Μια τέτοια περίπτωση είναι η πλατεία της Νέας Σμύρνης, η οποία είναι σε σχήμα ορθογωνίου με διαστάσεις της τάξεως των 250m x 65m. Θα πρέπει λοιπόν να εξετάσουμε εναλλακτικούς

τρόπους για την απόσβεση του αστικού θορύβου εντός των πάρκων αυτών.

Σύμφωνα με εργασίες προηγούμενων ερευνητών η βλάστηση των πάρκων είναι αποτελεί μια παράμετρο ηχοπροστασίας. Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, όσο πυκνότερο το φύλλωμα των δέντρων και των θάμνων τόσο καλύτερη ηχοπροστασία μπορούν να προσφέρουν. Γι αυτό τον λόγο τα είδη δέντρων που θα πρέπει να προτιμούνται στη χώρα μας είναι τα αειθαλή πεύκα και έλατα. Σύμφωνα με προηγούμενες πτυχιακές εργασίες (αναφορά 1), για πιο αποτελεσματική προστασία θα πρέπει και η φύτευση να γίνει πυκνή προκειμένου να επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη ηχοπροστασία, σε αντίθεση με την Πλατεία Νέας Σμύρνης όπου επικρατεί σχετικά αραιή φύτευση. Σπουδαίο ρόλο παίζει επίσης και το ύψος των δέντρων που φυτεύονται περιμετρικά, επειδή όσο μεγαλύτερο το ύψος τους τόσο περισσότερο περιορίζεται η διάδοση του ήχου πάνω απ τις κορυφές τους. Σπουδαίο ρόλο επίσης διαδραματίζει το υλικό επίστρωσης των επιφανειών του εδάφους του πάρκου. Μαλακές επιφάνειες όπως ο χλοοτάπητας ή και το γρασίδι είναι προτιμότερες από σκληρά υλικά όπως πλάκες σκυροδέματος, καθώς οι σκληρές επιφάνειες προκαλούν ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων με αποτέλεσμα να μην υπάρχει τόσο καλή απόσβεση του ήχου.

Σ όσους από μας έχουμε βρεθεί μέσα σε κάποιο πνεύμονα αστικού πρασίνου (ή έστω και πάρκο), σε αρκετές περιπτώσεις είναι κατανοητή η επιθυμία του επισκέπτη να ξαποστάσει απ το περπάτημα η τη γυμναστική σε κάποιο μικρό αναψυκτήριο η καφετέρια. Οι χώροι αυτοί αν σχεδιαστούν με προσοχή και δεν αναπτυχθούν αλόγιστα, μπορούν να ικανοποιήσουν την επιθυμία αυτή του επισκέπτη. Σε αντίθετη περίπτωση όμως, όπου προκαλείται συνωστισμός στο αναψυκτήριο η την καφετέρια του παρκου, οι θαμώνες αποτελούν από μόνοι τους σημαντική πηγή θορύβου και αντί για απόσβεση του θορύβου προκαλούν ενίσχυσή του! Χαρακτηριστικό παράδειγμα η πλατεία της Νέας Σμύρνης που λόγω των καταστημάτων και των χώρων εστίασης που στεγάζονται τριγύρω, σε πολλά σημεία αντί να υπάρχει απόσβεση του αστικού θορύβου



συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο. Πρέπει λοιπόν ο σχεδιασμός του αναψυκτηρίου να είναι αντιθορυβικός.

Επίσης η πλατεία Νέας Σμύρνης δεν βρίσκεται κοντά σε υποβαθμισμένες περιοχές και ως εκ τούτου δεν προσελκύει μετανάστες, άστεγους ή χρήστες ναρκωτικών ουσιών. Ως άμεση συνέπεια της καλής χωροθέτησης της πλατείας, η εγκληματικότητα είναι σχεδόν ανύπαρκτη και το παρκο είναι προσπελάσιμο σχεδόν όλες τις ώρες της ημέρας.

Εν κατακλείδι : Η πλατεία Νέας Σμύρνης περισσότερο χαρακτηρίζεται ως ένα μικρής έκτασης αστικό πάρκο παρά ως πνεύμονας πρασίνου στο αστικό περιβάλλον της Αθήνας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι αναπτύχθηκαν γύρω αλλά και μέσα στην πλατεία θορυβώδη μαγαζιά και χώροι εστίασης το καθιστούν ακατάλληλο χώρο για ηρεμία και αποτελεί παράδειγμα προς αποφυγή για το σωστό σχεδιασμό ενός πάρκου αστικής ηχοπροστασίας. Παρόλα αυτά είναι σημαντική η διαφύλαξη της πλατείας αυτής σε καλή κατάσταση καθώς αποτελεί ένα όμορφο αισθητικά τοπίο στην περιοχή της Νέας Σμύρνης.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

[1] Γ.Κανελλαΐδης – Α.Καλτσούνης – Γ.Γλαρός – Α.Δραγομάνοβιτς-Α.Μπαλλής (Οκτώβριος 2009) : Σημειώσεις ειδικών κεφαλαίων οδοποιίας.Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π.

[2] Σωτηροπούλου Αλεξάνδρα (1996) : Εμβάθυνση στο σχεδιασμό χώρων ακρόασης. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

[3] Καρτσακλή Ελένη (Μάρτιος 2011) : Βιοκλιματικός σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων, προσομοίωση βιοκλιματικών συνθηκών με τη χρήση του προγράμματος Envi – met στην κεντρική πλατεία Νέας Σμύρνης.Διπλωματική εργασία σχολής Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

[4] Λουκαΐδου Κατερίνα (Νοέμβριος 2011) : Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην αστική ηχοπροστασία : το «Πεδίον του Άρεως στην Αθήνα».Διπλωματική εργασία σχολής Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

[5] Καστανιάς Ε. Δημήτρης, Κριπούρης Ι. Παναγιώτης (2009, Οκτώβριος). Συμβολή του Εθνικού Κήπου της Αθήνας στην απόσβεση της αστικής ηχορύπανσης. Διπλωματική εργασία, Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.

[6] Stephen H. Burns (1978, October). *The absorption of sound by pine trees*.Acoustical Society of America.

[7] Fricke F. (1983, March). *Sound attenuation in forest*. Academic Press Inc. (London).

[8] Mark Padgham (2003, October). *Reverberation and frequency attenuation in forests – Implications for acoustic communication in animals*. Acoustical Society of America.

[9] Maurice J. M. Martens (1980, July). *Absorption of acoustic energy by plant leaves*. Acoustical Society of America.

[10] J. Kragh (1980, June). *Road traffic noise attenuation by belts of trees*. Academic Press Inc. (London).

[11] Willibrord H.T. Huisman, Keith Attenborough (1991, June). *Reverberation and attenuation in a pine forest*. Acoustical Society of America.

[12] Βικτώρια Τζούμα (Αύγουστος 2007) : Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Ηράκλειο και Λαμία στη λίστα με τις πλέον θορυβώδεις της Ευρώπης!!!  
<http://ixoripansi.blogspot.com/2007/08/blog-post.html>

[13] Ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια Wikipedia – Νέα Σμύρνη

[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%AD%CE%B1\\_%CE%A3%CE%BC%CF%8D%CF%81%CE%BD%CE%B7](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%AD%CE%B1_%CE%A3%CE%BC%CF%8D%CF%81%CE%BD%CE%B7)

[14] Ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια Wikipedia – Πλατεία Νέας Σμύρνης

[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE\\_%CE%A0%CE%BB%CE%B1%CF%84%CE%B5%CE%AF%CE%B1\\_%CE%9D%CE%AD%CE%B1%CF%82\\_%CE%A3%CE%BC%CF%8D%CF%81%CE%BD%CE%B7%CF%82](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%A0%CE%BB%CE%B1%CF%84%CE%B5%CE%AF%CE%B1_%CE%9D%CE%AD%CE%B1%CF%82_%CE%A3%CE%BC%CF%8D%CF%81%CE%BD%CE%B7%CF%82)

[15] Ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια Wikipedia – Ήχος

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%89%CF%87%CE%BF%CF%82>

[16] Ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια Wikipedia – Διάχυση

[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%AC%CF%87%CF%85%CF%83%CE%B7\\_%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%AC%CF%87%CF%85%CF%83%CE%B7_%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82)

[17] Sound – speakers.pblogs.gr

<http://sound-speakers.pblogs.gr/tags/diachysi-gr.html>

[18] [www.eco-textile.gr](http://www.eco-textile.gr) – Γενικά χώροι πρασίνου

<http://www.eco-textile.gr/Page.aspx?id=526>

[19] Χατζηλιάδη Εύη και Σβάρνας Γιάννης , Μάρτιος 2012 : Συμβολή πνευμόνων πρασίνου στην αστική ηχοπροστασία : «Η πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου και το Άλσος Παπάγου στην Αθήνα».Διπλωματική εργασία σχολής Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

### ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΗΧΟΥ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.1 : Πειραματικές τιμές δεικτών θορύβου Α' Φάσης ανά θέση μέτρησης σε dB(A).

<b>Σημείο 1 – ΒΔ Είσοδος πλατείας</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
80,44	57,69	65,96	68,95	60,44
<b>Σημείο 2 – ΝΔ Είσοδος πλατείας</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
73,04	56,21	62,59	65,14	58,93
<b>Σημείο 3 – Παγκάκια ανάμεσα σε δέντρα</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
68,9	51,56	56,11	58,03	53,63
<b>Σημείο 4 - Δέντρα</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
72,03	55,07	63,1	67,56	56,88
<b>Σημείο 5 – Παγκάκια κάτω απο δέντρα</b>				

$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
78,36	53,07	58,54	59,78	54,45

<b>Σημείο 6 – ΒΑ είσοδος πλατείας</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
78,49	56,04	62,92	65,09	59,11
<b>Σημείο 7 – Σοντριβάνι δίπλα σε καφετέρια</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
78,54	61,11	66,94	69,43	63,61
<b>Σημείο 8 – ΝΑ είσοδος πλατείας</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
76,08	54,84	61,83	64,69	57,18

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.2 : Πειραματικές τιμές δεικτών θορύβου Β' Φάσης ανά θέση μέτρησης σε dB(A).

<b>Σημείο 1 – ΒΔ Είσοδος πλατείας</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
77,68	55,77	60,15	61,95	57,38



<b>Σημείο 2 – ΝΑ Είσοδος πλατείας</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
93,79	55,67	65,71	66,6	58,18
<b>Σημείο 3 – Παγκάκια ανάμεσα σε δέντρα</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
87,83	53,92	61,69	63,57	56,63

<b>Σημείο 4 - Δέντρα</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
71,96	54,92	59,43	60,89	57,37
<b>Σημείο 5 – Παγκάκια κάτω απο δέντρα</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
79,31	48,44	55,43	56,41	50,18
<b>Σημείο 6 – ΒΑ είσοδος πλατείας</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
81,7	56,66	64,29	66,36	59,34
<b>Σημείο 7 – Συντριβάνι δίπλα σε καφετέρια</b>				
$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
80,7	63,09	67,9	69,86	65,27
<b>Σημείο 8 – ΝΑ είσοδος πλατείας</b>				

$L_{A,max}$	$L_{A,min}$	$L_{A,eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$
76,23	56,32	62,25	64,26	59,1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.3 : Αποστάσεις σημείων απο άξονες οδών σε (m)

<b>Θέσεις</b>	<b>Οδός Ειρήνης</b>	<b>25<sup>ης</sup> Μαρτίου</b>	<b>2<sup>ας</sup> Μαΐου</b>	<b>Ελευθερίου Βενιζέλου</b>
<b>Σημείο 1</b>	0	0	63	260
<b>Σημείο 2</b>	0	63	0	258
<b>Σημείο 3</b>	30	33	33	223
<b>Σημείο 4</b>	100	46	20	153
<b>Σημείο 5</b>	165	3	63	98
<b>Σημείο 6</b>	255	0	66	8
<b>Σημείο 7</b>	211	28	38	52
<b>Σημείο 8</b>	258	66	0	5

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

#### ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ : Αριθ. 1180/81

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 γενεί.

Παράγραφος 5. (σελ. 3) *Το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο θορύβου, εκπεμπόμενου εις το περιβάλλον υπό των εγκαταστάσεων, καθορίζεται ως τούτο αναφέρεται εις τον κατώτερο παρατιθέμενο πίνακα, μετρούμενο επί του ορίου του ακινήτου επί του ορίου του ακινήτου επί του οποίου κείται η εγκατάσταση.*

<i>Ανώτερο Επιτρεπόμενο Όριο θορύβου</i>		
<i>α/α</i>	<i>Περιοχή</i>	<i>Ανώτατο όριο θορύβου σε dB(A)</i>
1.	Νομοθετημένη Βιομηχανική Περιοχή	<b>70</b>
2.	Περιοχή στην οποία επικρατέστερο στοιχείο είναι το βιομηχανικό	<b>65</b>
3.	Περιοχή στην οποία επικρατεί ίσο βιομηχανικό και αστικό στοιχείο	<b>55</b>
4.	Περιοχή στην οποία επικρατεί το αστικό στοιχείο	<b>50</b>

Παρατήρηση : Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν διαπραγματεύεται με την λειτουργία βιομηχανιών, βιοτεχνιών και πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και κατ' επέκταση με τον θόρυβο που προκαλούν μηχανολογικές εγκαταστάσεις. Ωστόσο ο θόρυβος από τις παραπάνω εγκαταστάσεις ευλόγα θα μπορούσε να ταυτιστεί με το κυκλοφοριακό θόρυβο δηλαδή τον θόρυβο για τον οποίο διαπραγματεύεται η διπλωματική εργασία. Έτσι θα μπορούσε λοιπόν να θεωρήσει κανείς, ότι τα πιο πάνω όρια αποτελούν τα ανώτερα επιτρεπόμενα όρια θορύβου, εκπεμπόμενου εις το περιβάλλον εξαιτίας κίνησης οχημάτων στις οδικές κυκλοφοριακές αρτηρίες.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

### ΝΟΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ

---

*Ορισμός:* Για κάθε διπλασιασμό της απόστασης από την πηγή έχουμε μείωση της στάθμης έντασης του ήχου κατά 6 dB(A), θεωρώντας ότι έχουμε ελεύθερο πεδίο.

$$\frac{R1^2}{R2^2} = \frac{P2^2}{P1^2}$$

όπου **R1** η απόσταση του σημείου 1 από την πηγή του ήχου

η απόσταση του σημείου 2 από την πηγή του ήχου

**P1** η ηχητική πίεση στην θέση 1

**P2** η ηχητική πίεση στην θέση 2

Με βάση, λοιπόν, τον ορισμό του νόμου αντιστρόφου τετραγώνου προκύπτουν οι παρακάτω θεωρητικές τιμές.

<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ</b>	
Αποστάση από την πηγή θορύβου, m	Αναμενόμενη μείωση της έντασης, dB(A)
1	0
2	6
4	12
8	18
16	24
32	30
64	36
128	42
256	48
512	54

*Πίνακας Γ.1 : Θεωρητικές τιμές*



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ**

**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

**ΠΛΑΤΕΙΑ ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ**

---



Εικόνα Δ.1 : Θέση Μέτρησης 1





Εικόνα Δ.2 : Θέση Μέτρησης 2



Εικόνα Δ.3 : Θέση Μέτρησης 3



Εικόνα Δ.4 : Θέση Μέτρησης 4





Εικόνα Δ.5 : Θέση Μέτρησης 5



Εικόνα Δ.6 : Θέση Μέτρησης 6

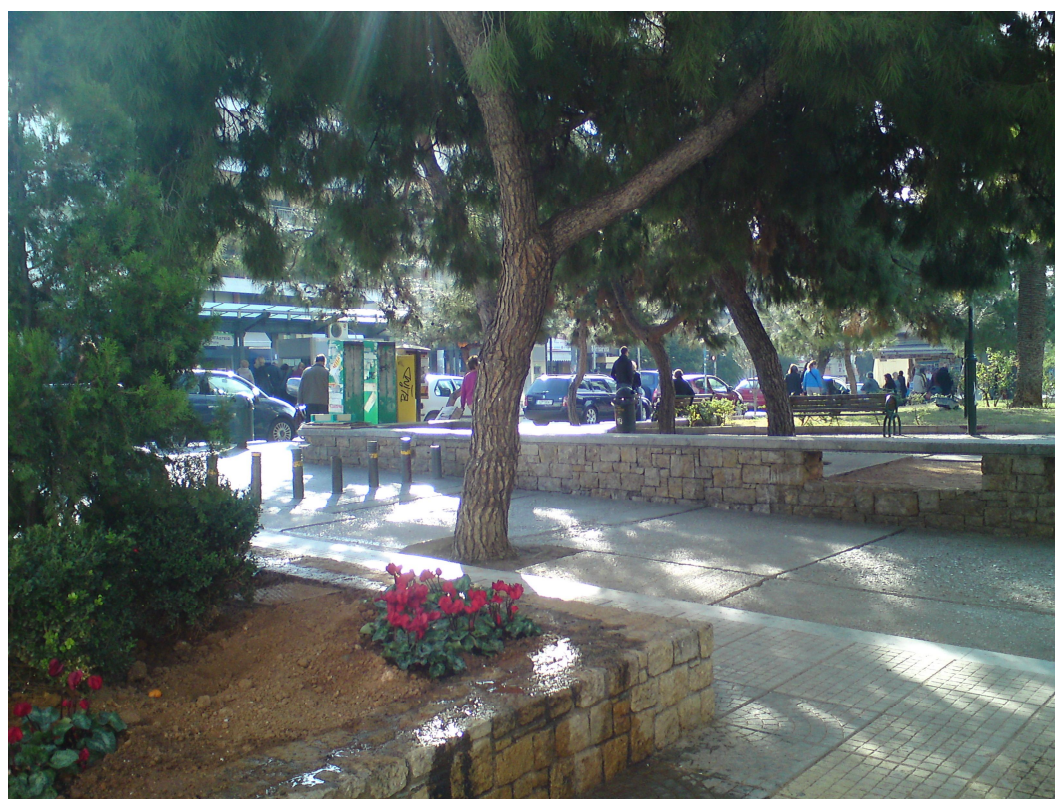


Εικόνα Δ.7 : Θέση Μέτρησης 7





Εικόνα Δ.8 : Θέση Μέτρησης 8



Εικόνα Δ.9 : Φωτογραφία πλησίον της Λεωφόρου Ελευθερίου Βενιζέλου





Εικόνα Δ.10 : Φωτογραφία κοντά στη θέση μέτρησης 6



Εικόνα Δ.11 : Ένα απ τα πολλά συντριβάνια στο εσωτερικό της πλατείας



Εικόνα Δ.12 : Μικρής έκτασης υπόστεγο παράλληλα της οδού 25<sup>ης</sup> Μαρτίου





Εικόνα Δ.13 : Δέντρα ανάμεσα σε καφετέριες επί της οδού 25<sup>ης</sup> Μαρτίου





Εικόνα Δ.14 : Λιμνούλες ανάμεσα σε καφετέριες στο εσωτερικό της πλατείας



Εικόνα Δ.15 : Λιμνούλα κοντά στο σημείο μέτρησης 5



Εικόνα Δ.16 : Έργα ανάπλασης στην πλατεία Βασιλέως Κωνσταντίνου





Εικόνα Δ.17 : Λιμνούλα πλησίον της θέσης μέτρησης 4



Εικόνα Δ.18 : Καφετέρια στο εσωτερικό της πλατείας





Εικόνα Δ.19 : Όψη της οδού Ειρήνης



Εικόνα Δ.20 : Επί της οδού Ειρήνης





Εικόνα Δ.21 : Πολυκαταστήματα επί της εισόδου 6 της πλατείας





Εικόνα Δ.22 : Άποψη της πλατείας λίγο έξω απ την οδό 25<sup>ης</sup> Μαρτίου