

## Συγκοινωνιακός Θόρυβος στις Αναπτυσσόμενες Ελληνικές Πόλεις. Στρατηγική Χωροταξικού Σχεδιασμού και Δράσεις Αντιμετώπισης

Σωτήριος Α. Δαλιάνης  
Εθνικό  
Μετσόβειο Πολυτεχνείο  
Ερευνητής  
dalias@central.ntua.gr

Γιώργος Ε. Καμπουράκης  
Εθνικό  
Μετσόβειο Πολυτεχνείο  
Επίκουρος καθηγητής  
gcamb@cs.ntua.gr

Ελευθέριος Καγιάφας  
Εθνικό  
Μετσόβειο Πολυτεχνείο  
Καθηγητής  
kayafas@cs.ntua.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο συγκοινωνιακός θόρυβος αποτελεί ένα από τα βασικά περιβαλλοντικά προβλήματα στην Ελλάδα και προκαλεί αυξανόμενα παράπονα από το ευρύ κοινό. Συνδέεται άμεσα με το χωροταξικό σχεδιασμό του αστικού περιβάλλοντος και οι δράσεις αντιμετώπισης είναι δαπανηρές. Στην εργασία αυτή γίνεται ανάλυση των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε αναπτυσσόμενες αστικές περιοχές και η εκτίμηση της υποκειμενικής ενόχλησης των πολιτών σύμφωνα με τις πρόσφατες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για χρήση της τοπικής αυτοδιοίκησης. Για τον σκοπό αυτό αναλύονται δείγματα μετρήσεων με κλασικές μεθόδους σε συνδυασμό με καταγραφές ηχητικών σημάτων θορύβου από πηγές καθοριστικές για την κάθε χρήση. Στη συνέχεια γίνεται αξιολόγηση της υποκειμενικής ενόχλησης βασισμένη στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ρυπογόνων πηγών σε σχέση με χρονικές και συχνοτικές παραμέτρους. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης τροφοδοτούνται σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών και χρησιμοποιούνται για τη διατύπωση προτάσεων χωροταξικού σχεδιασμού καθώς και δράσεων αντιμετώπισης του συγκοινωνιακού θορύβου.

## Traffic Noise Assessment for Developing Cities in Greece. Strategy for Urban Planning and Noise Reduction Actions

### ABSTRACT

Traffic noise is a major of environmental problem in Greece and is the cause for increasing complains from the general public. There is a direct link between traffic noise and urban planning and action to reduce environmental noise are expensive. The aim of this research is to analyse noise measurements from areas with high levels of environmental noise under the latest directives of the European Union and to present these data to the local authorities. The developed method was used to assess disturbance from road traffic noise of major motorways in the city of Athens, Greece as well as railway and air traffic noise. Several noise descriptors were either measured or calculated and used to evaluate the disturbance caused by transportation noise. Analysis of the result is very useful when examining alternative scenarios for traffic noise reduction actions and urban planning..

## Εισαγωγή

Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι η δημιουργία μεθόδου η οποία θα χρησιμοποιείται από τις τοπικές αρχές για την αντιμετώπιση του θορύβου σε επίπεδο τοπικής αυτοδιοίκησης. Με την ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία της κοινοτικής οδηγίας 2002/49/EK καθορίζονται μέτρα και διαδικασίες για την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου. Προωθούνται συγκεκριμένες δράσεις, ώστε να προλαμβάνονται ή να περιορίζονται οι δυσμενείς επιπτώσεις από την έκθεση των ανθρώπων σε αυτόν. Ο θόρυβος θα προσδιορίζεται με ακρίβεια και θα χαρτογραφείται σε τακτική βάση, προκειμένου να εκπονηθούν σχέδια δράσης για τη διαχείριση των προβλημάτων που αυτός προκαλεί.

Η οδηγία 2002/49/EK για την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου είναι η όγδοη κοινοτική οδηγία για το περιβάλλον [1] που ενσωματώνουμε στο εθνικό μας δίκαιο. Η ενσωμάτωση των οκτώ οδηγιών είναι ένα πολύ σπουδαίο νομοθετικό έργο που εκσυγχρονίζει και ενισχύει την ελληνική νομοθεσία. Η κοινή υπουργική απόφαση προβλέπεται τις ακόλουθες δράσεις, με χρονική σειρά:

1. Ακριβής προσδιορισμός της έκθεσης στον περιβαλλοντικό θόρυβο και παράλληλη χαρτογράφηση του με βάση δύο δείκτες αξιολόγησης του: τον δείκτη  $L_{den}$ , για την εκτίμηση της όχλησης, και του δείκτη  $L_{night}$ , για την εκτίμηση της διαταραχής του ύπνου. Στον δείκτη  $L_{night}$  συνεκτιμώνται οι υπερβάσεις των ορίων για τα επίπεδα θορύβου, ο αριθμός ατόμων που θίγονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, καθώς και ο ακριβής αριθμός κατοικιών που εκτίθενται σε ορισμένες τιμές δεικτών θορύβου σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

2. Στη συνέχεια, και με βάση τη χαρτογράφηση του θορύβου, εκπονούνται σχέδια δράσης για τη διαχείριση των προβλημάτων και των επιπτώσεων του θορύβου.

3. Η διάδοση των πληροφοριών στο κοινό θα γίνεται με δημοσιεύσεις στον ημερήσιο τύπο, ενώ παράλληλα θα διευκολυνθεί η πρόσβαση του κοινού στις αρμόδιες δημόσιες αρχές για παροχή σχετικών πληροφοριών, σύμφωνα με τις κείμενες σχετικές διατάξεις.

Η μέθοδος που παρουσιάζεται βασίζεται σε ένα ψηφιακό σύστημα, το οποίο συσσωρεύει και παρουσιάζει πληροφορίες για τα επίπεδα θορύβου από ένα σύστημα μέτρησης [2-3]. Τα χαρακτηριστικά και οι αιτίες του θορύβου γίνονται πιο σαφή, όταν τα αποτελέσματα από διάφορες έρευνες είναι συγκρινόμενες. Τα στοιχεία τροφοδοτούν ένα σύστημα GIS και συγκεντρώνονται πληροφορίες για αστικές περιοχές όπως μετρήσεις, χάρτες, έρευνες περιβαλλοντικού θορύβου, χρήση γης, πληθυσμιακά και άλλα στοιχεία.. Αστικές περιοχές στην Αθήνα, καθώς και άλλες περιοχές, επιλέχθηκαν για δοκιμαστικές μετρήσεις.

### 1. Η επίδραση του περιβαλλοντικού θορύβου

Τα επίπεδα του θορύβου που συνδέονται με τις πηγές του περιβαλλοντικού θορύβου, κατά πάσα πιθανότητα δεν παράγουν ακουστικές ανωμαλίες (με εξαίρεση μουσική από ενισχυτές και διαμονή κοντά σε κάποια πλευρά του κτιρίου), αλλά βέβαια μπορούν να δημιουργήσουν δευτερεύουσες αρνητικές αντιδράσεις στην υγεία. Αυτές είναι συνήθως η ανάπτυξη των επιπέδων του άγχους, στέριση του

ύπνου και προβλήματα επικοινωνίας και διεκπεραίωση καθηκόντων, εξαιτίας της ηχορύπανσης.

Πολλές έρευνες εξέτασαν την επιρροή από διάφορους τύπους ηχορύπανσης, όπως κυκλοφοριακό ή θόρυβο από αεροπλάνα ή τρένα [4]. Οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες, χρησιμοποιούν ένα τεχνικό ερωτηματολόγιο, όπου δηλώνουν το ποσοστό των ανθρώπων που είναι επηρεασμένοι από κάθε τύπο θορύβου, το επίπεδο του θορύβου και την χρονική έκθεση σε σχέση με τις διαταραχές του ύπνου, την ενόχληση, παραγωγή του λόγου και δυσκολίες λειτουργίας [5-7]. Το πρόβλημα στο να καταλήξουμε σε ένα συμπέρασμα, είναι ότι διαφορετικοί τύποι θορύβου μετρήθηκαν με διαφορετικές παραμέτρους,  $L(A)_{eq}$ ,  $L(A)_{10}$ ,  $L_{dn}$ , από διαφορετικές καταστάσεις (εσωτερικό και εξωτερικό των κτιρίων) και από διαφορετικές μελέτες.

Μερικές μελέτες έγιναν σε εργαστήρια και ελεγχόμενα σημεία, όπου μπορεί να επηρεάσουν το άτομο που εξετάζεται. Οι διαφορετικές μορφές επιρροής που μπορεί να έχει η ηχορύπανση είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η διαταραχή του ύπνου [8-9] μπορεί να δημιουργήσει ένα αίσθημα κόπωσης και η κόπωση να δημιουργήσει άγχος εξαιτίας του γεγονότος ότι το άτομο νιώθει πολύ κουρασμένο για να λειτουργήσει σωστά. Γι' αυτό τον λόγο αυτές οι διαφορετικές μορφές επίδρασης, θα πρέπει να εξεταστούν ξεχωριστά.

Στις περιοχές που παράγεται θόρυβος από μεταφορές υπάρχουν διαφορετικές αντιδράσεις στους διάφορους τύπους μεταφοράς (αυτοκίνητο, τρένο και αεροπλάνο) ακόμα κι αν αυτοί έχουν το ίδιο επίπεδο θορύβων και έχουν μετρηθεί με τις ίδιες παραμέτρους. Έχει παρατηρηθεί ότι καθώς το επίπεδο θορύβου αυξάνεται, η ενόχληση από το θόρυβο αεροπλάνων ήταν περισσότερη από το θόρυβο τραϊνών [10-11].

## 2. Μετρήσεις θορύβου και αντιδράσεις ενόχλησης

Η ικανότητα που έχει ο θόρυβος να δημιουργεί διαταραχές, εξαρτάται από πολλά φυσικά χαρακτηριστικά όπως τα επίπεδα πίεσης του ήχου και τα φασματικά χαρακτηριστικά, καθώς και οι μεταβολές αυτών σε μια χρονική περίοδο. Οι σχέσεις μεταξύ της έκθεσης του ήχου και οι αντιδράσεις στους διαφορετικούς τύπους του θορύβου μεταφορών απεικονίζουν καθαρά ότι ο θόρυβος μπορεί να δημιουργήσει διαφορετικού τύπου διαταραχές. Ο ίδιος τύπος θορύβου όπως αυτός κοντά σε αεροδρόμια μπορεί να παράγει διαφορετικές αντιδράσεις και επίπεδα διαταραχών σε διαφορετικά κράτη. Με αυστηρούς όρους, διαταραχή - ενόχληση δημιουργείται κατά την διάρκεια της ημέρας, από επίπεδα του θορύβου άνω των  $L(A)_{eq}$  55 dB(A) και χαμηλή διαταραχή από επίπεδα του θορύβου άνω των  $L(A)_{eq}$  50 dB(A)

## 3. Το ακουστικό περιβάλλον σε κύριους οδικούς άξονες

Η περιοχή γύρω από το Ολυμπιακό Στάδιο, επιλέχθηκε ως πειραματική περιοχή για τον υπολογισμό του κυκλοφοριακού θορύβου σε κύριους οδικούς άξονες στην Αθήνα. Οι μετρήσεις επικεντρώθηκαν κατά μήκος της Λ. Κηφισίας (κύρια οδική αρτηρία που συνδέει τα προάστια με το κέντρο της πόλης, έχοντας τρεις λωρίδες, συν μια για τοπικές συγκοινωνίες σε κάθε κατεύθυνση), και αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα για τις κύριες οδικές αρτηρίες των Αθηνών και άλλων πόλεων. Ο δρόμος αυτός περνάει από κατοικημένες περιοχές, επιχειρήσεις, και

εμπορικά κέντρα. Οι μετρήσεις μεταξύ της ημερήσιας και νυχτερινής περιόδου παρουσιάζονται στο πίνακα 1. Η διάρκεια της ημέρας είναι 16 ώρες (07:00 – 23:00), ενώ της νύχτας 8 ώρες (23:00 – 07:00). Είναι προφανές ότι οι μετρήσεις αυτές μας εξασφαλίζουν ένα περιβάλλον πολύ υψηλών επιπέδων θορύβου.

Πίνακας 1 Μέσοι όροι επιπέδων θορύβου (Day/Night)

L(A) <sub>eq</sub>		L(A) <sub>90</sub>		L(A) <sub>max</sub>	
Day	Night	Day	Night	Day	Night
71	70	67	65	82	79

Φαίνεται ότι το επίπεδο του θορύβου είναι αυξημένο κατά την διάρκεια της ημέρας, αλλά οι διαφοροποιήσεις μεταξύ ημέρας και νύχτας είναι μικρές. Αυτό σημαίνει και στις δύο περιπτώσεις το επίπεδο του θορύβου είναι σχετικά υψηλό. Αναλυτικότερα τα επίπεδα θορύβου ανά έξι ώρες παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2 Μέσοι όροι επιπέδων θορύβου (Περίοδοι)

Περίοδος	Δείκτες		
	L(A) <sub>eq</sub>	L(A) <sub>90</sub>	L(A) <sub>max</sub>
<b>Νύχτα</b> (24:00-06:00)	70	65	79
<b>Πρωί</b> (06:00-12:00)	72	67	84
<b>Απόγευμα</b> (12:00-18:00)	71	65	83
<b>Βράδυ</b> (18:00-24:00)	72	68	81

Φαίνεται πως το επίπεδο του θορύβου είναι υψηλό κατά την διάρκεια όλων των περιόδων και δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές. Τα επίπεδα του θορύβου αυξάνονται περισσότερο κατά την διάρκεια του πρωινού και του απογεύματος, και μειώνονται κατά 2dB(A) την νύχτα. Η διαφορά μεταξύ πρωινού και απογεύματος είναι 1dB(A) και 0 dB(A) το πρωί και το βράδυ.

Το επίπεδο του θορύβου βάθους είναι επίσης αυξημένο κατά την διάρκεια όλων των χρονικών περιόδων. Η μέγιστη μέτρηση ήταν 68 dB(A) το βράδυ, ενώ η ελάχιστη 65 dB(A) την νύχτα και το απόγευμα. Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ του επιπέδου του θορύβου και του θορύβου βάθους είναι 6 dB(A). Το μέγιστο των επιπέδων του θορύβου L(A)<sub>max</sub> που καταγράφηκε ήταν 84 dB(A) κατά το πρωί.

Παρατηρούμε ότι το βάθος του επιπέδου του θορύβου είναι υψηλότερο από τα όρια για μια άνετη επικοινωνία, άνεση ύπνου και άλλες δραστηριότητες.

#### 4. Στρατηγική αντιμετώπιση περιβαλλοντικού θορύβου

Η στρατηγική αντιμετώπιση θορύβου που προτείνεται να εφαρμοστεί σε τοπικό επίπεδο βασίζεται στη θεώρηση του προβλήματος σαν ένα σύνολο από δεδομένα, διαδικασίες αντιμετώπισης και αποτελέσματα και συνοψίζεται ως εξής :

- ✓ Πρώτον η δημιουργία θορύβου αντιμετωπίζεται ως διαδικασία που επιδρά σε κάποια δεδομένα και έχει συγκεκριμένα αποτελέσματα

- ✓ Δεύτερον αναγνωρίζουμε ότι διαφορετικά χαρακτηριστικά ακουστικής φύσεως όπως και μη ακουστικής φύσεως μπορεί να είναι λιγότερο ή περισσότερο καθοριστικά για διαφορετικές περιπτώσεις. Έτσι διαφορετικοί συνδυασμοί δεδομένων, διαδικασιών και αποτελεσμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την περίπτωση προς αντιμετώπιση.

Καθορίζοντας τα αποτελέσματα της μεθόδου σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες έχουμε μια πολύ καλή εικόνα για τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν σε συγκεκριμένες περιοχές. Οι τρεις πιθανές τάξεις αποτελεσμάτων είναι οι Α, Β, Γ.

<i>Αποτελέσματα τάξης Α.</i>	Χωρίς επίδραση θορύβου
<i>Αποτελέσματα τάξης Β</i>	Ενδιάμεση επίδραση θορύβου στην περιοχή μεταξύ μηδέν και μη αποδεκτής επίδρασης.
<i>Αποτελέσματα τάξης Γ</i>	Μη αποδεκτή επίδραση θορύβου

Με αποτέλεσμα τάξης Α καμία δράση αντιμετώπισης δεν είναι απαραίτητη. Με αποτέλεσμα τάξης Γ είναι απαραίτητη άμεση δράση αντιμετώπισης.

Το αποτέλεσμα τάξης Β (ενδιάμεση επίδραση) είναι το πιο ενδιαφέρον γιατί ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού κατοικεί σε περιοχές που εντάσσονται σε αυτή την τάξη. Θα είναι τότε σημαντικό να εξισορροπήσουμε τις δαπάνες για αντιμετώπιση του θορύβου σε σχέση με το βαθμό ενόχλησης και ενάντια στα πιθανά οφέλη που θα επιτευχθούν.

## 5. Συμπεράσματα

Η στρατηγική αντιμετώπισης θορύβου βασίζεται σε ένα σύστημα αποφάσεων σχετικά με τις δράσεις αντιμετώπισης που είναι εφικτό να εφαρμοστούν σε μια περιοχή. Τα δεδομένα για τη χάραξη της κατάλληλης στρατηγικής είναι η χαρτογράφηση του προβλήματος, η εκτίμηση της υποκειμενικής ενόχλησης και το κόστος της μεθόδου αντιμετώπισης. Τα στοιχεία αυτά είναι σκόπιμο να συγκεντρώνονται σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών ώστε να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά από την τοπική αυτοδιοίκηση.

## 6. Αναφορές

- [1] Οδηγία 2002/49/EK για την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου.
- [2] Dalianis S.A., and Cambourakis G.E., "The Prediction Of Traffic Noise Disturbance Due To Noise Events", *7-th International Symposium on Transport Noise and Vibration*, St. Petersburg, 2004.
- [3] Dalianis S.A., Sarris J.C., Cambourakis G.E., Hammond J.K., 2002, «Time frequency analysis and event detection in noise signals», *ISMA 2002, International Conference on Noise and Vibration Engineering*, Leuven, Belgium

- [4] Robinson D.W., 1969, «The concept of noise pollution level», *National Physics Laboratory Aero Report Ac.38*
- [5] Griffiths, I.D., Langdon, F.J., 1968, «Subjective Response to Road Traffic», *Journal of Sound and Vibration*, 16-32, 8 (1)
- [6] Bjorkman M., 1991, «Community noise annoyance: Importance of noise levels and the number of noise events», *Journal of Sound and Vibration*, 497-503, 151(3)
- [7] Abel S.M., 1990, «The extra-auditory effects of noise and annoyance: an overview of research», *The Journal of Otolaryngology*, 1-13, 19(1)
- [8] Ohrstrom E., Rylander R., 1990, «Sleep disturbance by road traffic noise - A laboratory study on number of noise events», *Journal of Sound and Vibration*, 93-101, 143(1)
- [9] Ohrstrom E., 1995, «Effects of low levels of road traffic noise during the night: a laboratory study on number of events, maximum, noise levels and noise sensitivity», *Journal of Sound and Vibration*, 603-615, 179(4)
- [10] Reijneveld S.A., 1994, «The impact of the Amsterdam aircraft disaster on reported annoyance by aircraft noise and on psychiatric disorders», *International Journal of Epidemiology*, 333-340, 23
- [11] Horonjeff R., Fidell S., Teffeteller S, Green D., Behavioural awakening as functions of duration and detectability of noise intrusions in the home, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 84, Academic Press (1982), pp. 327-336.