



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΠΟΠΤΗΣ: ΜΠΑΛΛΗΣ Α., Επίκουρος Καθηγητής**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ
ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ**



ΜΠΑΒΑΡΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

**ΑΘΗΝΑ
Απρίλιος 2008**

Σύνοψη

Τίτλος: «Διερεύνηση θεμάτων καταγραφής και πρόβλεψης θορύβου από τη λειτουργία λιμενικών εγκαταστάσεων διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων.»

Όνομα: Μπάβαρης Δ. Βασίλειος

Επόπτης: Μπαλλής Α., Επίκουρος Καθηγητής

2008

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη διερεύνηση θεμάτων καταγραφής και πρόβλεψης θορύβου από τη λειτουργία λιμενικών εγκαταστάσεων διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων (Ε/Κ). Προσδιορίστηκαν, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, οι κύριες πηγές θορύβου (λόγω των διαδικασιών διακίνησης φορτίων και της κυκλοφορίας μηχανημάτων/οχημάτων στο εσωτερικό οδικό δίκτυο και το δίκτυο πρόσβασης του λιμένα), καθώς επίσης και τα μέτρα που προτείνονται για την αντιμετώπιση του θορύβου και συλλέχθηκαν πληροφορίες για τα υπάρχοντα όργανα καταγραφής θορύβου και κυκλοφορίας. Επιπλέον, αναπτύχθηκε μοντέλο πρόβλεψης θορύβου, το οποίο και εφαρμόστηκε για διάφορα σενάρια λειτουργίας του σταθμού Ε/Κ του Νέου Ικονίου.

Λέξεις κλειδιά: Λιμενικές εγκαταστάσεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων, πηγές θορύβου, μοντέλα πρόβλεψης θορύβου, όργανα καταγραφής θορύβου και κυκλοφορίας.

Abstract

Title: “Investigation of noise monitoring and prediction issues in a container terminal”.

Name: Bavaris D. Vasilios

Supervisor: Ballis A.

2008

The present thesis concerns the investigation of issues of monitoring and prediction of the produced noise levels due to the container terminals operation. By means of bibliographical review were determined the main noise sources (due to the container handling proceedings and the traffic of machineries/vehicles in the internal road network and the access network to the terminal) and were determined measures, that are proposed for the decrease of noise. Information about the existing noise and traffic monitoring instruments were collected. Furthermore, a noise prediction model was developed and applied for noise prediction for different operational scenarios of the container terminal of Neo Ikonio.

Key words: container terminals, noise sources, noise prediction models, noise and traffic monitoring instruments.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή: Λιμενικός θόρυβος.....	1
1.2 Σκοπός, στόχος και δομή της διπλωματικής εργασίας.....	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

2.1 Εισαγωγή: Ήχος – Θόρυβος – Επιπτώσεις στον άνθρωπο.....	4
2.2 Μετρούμενα μεγέθη και αντίστοιχα όρια θορύβου.....	8
2.2.1 Βασικά μεγέθη του ήχου και ορισμοί.....	8
2.2.2 Νομοθεσία και ανώτατα επιτρεπόμενα όρια θορύβου στην Ελλάδα	12
2.2.3 Νομοθεσία και ανώτατα επιτρεπόμενα όρια θορύβου στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	13
2.3 Σχέση κυκλοφοριακού φόρτου και στάθμης θορύβου.....	18
2.4 Εξοπλισμός καταγραφής θορύβου.....	27
2.5 Εξοπλισμός καταγραφής κυκλοφορίας οχημάτων.....	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ, ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΜΕΛΕΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

3.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των λιμένων.....	62
3.2 Μελέτες θορύβου λιμενικών εγκαταστάσεων.....	65
3.2.1 Μελέτη θορύβου λιμένα Auckland, Νέας Ζηλανδίας.....	65
3.2.2 Μελέτη θορύβου λιμένα White Bay, Σίδνεϋ-Αυστραλίας.....	69
3.2.3 Μελέτη θορύβου λιμένα Cape Town, Νότιας Αφρικής.....	72
3.2.4 Μελέτη θορύβου λιμένα Westshore, British Columbia-Καναδάς.....	77
3.2.5 Μελέτη θορύβου λιμένα Hong Kong, Κίνα.....	79
3.2.6 Μελέτη θορύβου λιμένα Botany, Σίδνεϋ-Αυστραλίας.....	82
3.2.7 Μελέτη θορύβου λιμένα Κόλπου Μελβούρνης, Αυστραλία.....	84
3.2.8 Μελέτη θορύβου λιμένα Bayport, Χιούστον-ΗΠΑ.....	86
3.2.9 Μοντέλο της Marshall Day Associates.....	97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΠΗΓΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

4.1 Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.....	102
4.2 Γερανογέφυρες φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων.....	103
4.3 Οχήματα στοιβασίας - μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.....	103

4.4 Φορτηγά οχήματα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.....	104
4.5 Μονάδες ψύξης εμπορευματοκιβωτίων.....	105
4.6 Σιδηροδρομικοί συρμοί μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.....	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΟ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΙΚΟΝΙΟΥ

5.1 Ο λιμένας του Νέου Ικονίου.....	111
5.2 Χρήσεις γης στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα του Νέου Ικονίου.....	119
5.3 Ο θόρυβος από την αστική οδική κυκλοφορία στο δίκτυο πρόσβασης.....	121
5.4 Πηγές θορύβου εντός του λιμένα.....	125

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΟ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΙΚΟΝΙΟΥ

6.1 Ανάπτυξη μοντέλου πρόβλεψης θορύβου.....	129
6.2 Εφαρμογή του μοντέλου στη λιμενική εγκατάσταση του Νέου Ικονίου.....	140

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

7.1 Μείωση θορύβου στην πηγή.....	174
7.2 Μείωση θορύβου κατά τη διάδοση.....	181
7.3 Μείωση θορύβου στο δέκτη.....	183
7.4 Προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης θορύβου στο λιμένα του Νέου Ικονίου.....	184

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

8.1 Συμπεράσματα.....	193
8.2 Εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα.....	195

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....196

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΦΟΡΤΩΝ.....199

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ.....288

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΛΙΜΕΝΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Ως θόρυβος θεωρείται κάθε ενοχλητικός ή ανεπιθύμητος ήχος. Η απόκριση του ανθρώπου στο θόρυβο είναι υποκειμενική και πολύπλοκη. Ο ίδιος θόρυβος μπορεί να είναι ενοχλητικός ή όχι σε διαφορετικά άτομα, διαφορετικές ώρες και διαφορετικούς χώρους [1].

Ως βασικές πηγές του περιβαλλοντικού θορύβου στα αστικά κέντρα μπορούν να θεωρηθούν οι κάτωθι [2]:

- (α) η κυκλοφορία και τα μέσα μεταφοράς
- (β) οι βιοτεχνικές και βιομηχανικές μονάδες
- (γ) οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις και τα επαγγελματικά εργαστήρια
- (δ) η διασκέδαση και τα κέντρα αναψυχής
- (ε) οι κατασκευές

Οι κύριες συνιστώσες του περιβαλλοντικού θορύβου, που σχετίζονται άμεσα με την κυκλοφορία και τα μέσα μεταφοράς, είναι οι ακόλουθες:

- (α) κυκλοφοριακός θόρυβος
- (β) αεροπορικός θόρυβος
- (γ) σιδηροδρομικός θόρυβος
- (δ) λιμενικός θόρυβος

Ο λιμενικός θόρυβος αποτελεί τη συνιστώσα, ανάμεσα στις τέσσερις προαναφερθείσες, με τη μικρότερη προκαλούμενη όχληση στα σύγχρονα αστικά κέντρα. Το ποσοστό του αστικού πληθυσμού, που βιώνει την ενόχληση από το λιμενικό θόρυβο, είναι σημαντικά μικρότερο σε σύγκριση με τα αντίστοιχα ποσοστά για τον κυκλοφοριακό, αεροπορικό και σιδηροδρομικό θόρυβο. Για το λόγο αυτό, δεν είναι λίγες οι φορές, κατά τις οποίες η συνεισφορά του λιμενικού θορύβου, εσκεμμένα, παραλείπεται και οι όποιες αναφορές, σχετικά με το θόρυβο από τις μεταφορές, εστιάζονται, μόνον, στις τρεις πρώτες συνιστώσες. Κατόπιν συνοπτικής διερεύνησης του ζητήματος της νομοθεσίας, σχετικά με τον περιβαλλοντικό θόρυβο, διαπιστώθηκε, ότι επισήμως, σε καμία εθνική νομοθεσία χώρας - μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν αναγνωρίζεται ο λιμενικός θόρυβος ως μία ξεχωριστή κατηγορία του, σχετιζόμενου με τις μεταφορές, περιβαλλοντικού θορύβου. Συνεπώς, δεν έχουν εγκριθεί ούτε σχετικές οδηγίες, ούτε έχουν θεσπιστεί θεσμοθετημένα όρια θορύβου στο ζήτημα του λιμενικού θορύβου, σε αντίθεση με ότι ισχύει για την περίπτωση του κυκλοφοριακού,

αεροπορικού και σιδηροδρομικού θορύβου.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ, ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μέτρηση και πρόβλεψη του θορύβου από τη λειτουργία λιμενικών εγκαταστάσεων διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων. Συγκεκριμένα, επιδιώκεται ο προσδιορισμός των κύριων πηγών θορύβου και των χαρακτηριστικών τους, ο εντοπισμός μέτρων, που έχουν προταθεί ή εφαρμοστεί, για την αντιμετώπιση του θορύβου στους λιμένες αυτούς. Επιπλέον, επιδιώκεται και η εύρεση μοντέλων πρόβλεψης του θορύβου τόσο από τη λειτουργία των λιμένων όσο και από την κυκλοφορία φορτηγών οχημάτων στο οδικό δίκτυο στην περιοχή του λιμένα. Τέλος, σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη μοντέλου πρόβλεψης θορύβου για το σύνολο των δραστηριοτήτων ενός λιμένα διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων, καθώς και η εφαρμογή του μοντέλου αυτού για την εξαγωγή πρόβλεψης της στάθμης θορύβου για συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από οκτώ, επιμέρους, κεφάλαια. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε ιδιότητες, μονάδες μέτρησης και επιπτώσεις του θορύβου στον άνθρωπο. Παρέχονται μαθηματικά μοντέλα συσχέτισης ανάμεσα στον κυκλοφοριακό φόρτο και τη στάθμη θορύβου, καθώς επίσης και στοιχεία για τον απαιτούμενο εξοπλισμό μετρήσεων θορύβου και κυκλοφορίας. Αναλυτική παρουσίαση των οργάνων για την πραγματοποίηση μετρήσεων κυκλοφορίας παρατίθεται στο παράρτημα.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται συνοπτική αναφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των λιμένων. Επιπρόσθετα, γίνεται εκτενής παρουσίαση των σημαντικότερων σημείων ορισμένων μελετών, που σχετίζονται με το θόρυβο από τις δραστηριότητες λιμενικών εγκαταστάσεων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται αναφορά στις κύριες πηγές θορύβου που εντοπίζονται στους λιμένες και τα χαρακτηριστικά αυτών, όπως επισημαίνονται στις αντίστοιχες μελέτες.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο φαινόμενο του θορύβου και τις συνιστώσες του για την ευρύτερη περιοχή του λιμένα του Νέου Ικονίου. Εντοπίζονται οι πηγές του θορύβου εντός της εν λόγω λιμενικής εγκατάστασης..

Στο έκτο κεφάλαιο αναπτύσσεται μοντέλο πρόβλεψης του θορύβου από τις δραστηριότητες λιμενικών εγκαταστάσεων διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων. Στη

συνέχεια, πραγματοποιείται εφαρμογή του εν λόγω μοντέλου για την εξαγωγή πρόβλεψης της στάθμης θορύβου από το σταθμό εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου, για συγκεκριμένα σενάρια λειτουργίας του.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται μέτρα, τα οποία έχουν προταθεί ή εφαρμοστεί, σε διάφορους λιμένες, διεθνώς. Επιπλέον, εξετάζεται η δυνατότητα εφαρμογής, ορισμένων εξ αυτών, στο λιμένα του Νέου Ικονίου.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα, στα οποία καταλήξαμε κατά την ενασχόλησή μας με την εν λόγω διπλωματική εργασία, καθώς και οι εισηγήσεις μας για περαιτέρω έρευνα.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ**

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΉΧΟΣ – ΘΟΡΥΒΟΣ – ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Ήχος / ηχητικά κύματα προκαλούνται από την περιοδική μεταβολή της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα, της οποίας η συχνότητα είναι ικανή να ερεθίζει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλεί το αντίστοιχο αίσθημα [1]. Ο ήχος μπορεί να οριστεί και ως η μηχανική διαταραχή, που διαδίδεται με ορισμένη ταχύτητα, σε ένα μέσο που μπορεί να αναπτύξει εσωτερικές δυνάμεις και έχει τέτοιο χαρακτήρα, ώστε μπορεί να διεγείρει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλέσει το ακουστικό αίσθημα [3].

Ως θόρυβος θεωρείται κάθε ενοχλητικός ή ανεπιθύμητος ήχος. Η απόκριση του ανθρώπου στο θόρυβο είναι υποκειμενική και πολύπλοκη. Ο ίδιος θόρυβος μπορεί να είναι ενοχλητικός ή όχι σε διαφορετικά άτομα, διαφορετικές ώρες και διαφορετικούς χώρους [1].

Οι ήχοι διακρίνονται σε απλούς και σύνθετους. Στον απλό ήχο η μεταβολή της πίεσης του αέρα είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου. Στο σύνθετο ήχο η μεταβολή της πίεσης είναι μεν περιοδική, αλλά όχι αρμονική. Στο θόρυβο η μεταβολή της πίεσης δεν είναι περιοδική [1].

Ο θόρυβος αποτελεί φαινόμενο, το οποίο εντάσσεται από χρόνια στα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα. Το γεγονός ότι δεν αποτελεί άμεση απειλή κατά της ζωής, έχει ως συνέπεια να υποβαθμίζεται συστηματικά στις προτεραιότητες των υπηρεσιών περιβάλλοντος όλων σχεδόν των ευρωπαϊκών χωρών. Εντούτοις, προβάλλεται, πλέον, ως η υπ' αριθμόν ένα ενοχλούσα περιβαλλοντική παράμετρος, στις αστικές κυρίως περιοχές, στις οποίες ζει και η πλειοψηφία των Ευρωπαίων πολιτών.

Το 1993 ομάδα εργασίας του Π.Ο.Υ προσδιόρισε και ανέφερε τις σημαντικότερες επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία του γενικού πληθυσμού, οι οποίες μπορεί να είναι παρεμπόδιση συνομιλίας και επικοινωνίας, απώλεια ακοής, επιπτώσεις στον ύπνο, επιπτώσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα και την ψυχολογία, επιπτώσεις στην κοινωνική συμπεριφορά, την απόδοση, την παραγωγικότητα κλπ. Οι επιπτώσεις εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του θορύβου (ένταση, συχνότητα), την επανάληψη των θορυβωδών γεγονότων, τη διαφοροποίηση από το υπόβαθρο θορύβου κλπ. Επισημαίνεται, ότι ο ορισμός της υγείας, με βάση τον Π.Ο.Υ, δεν αναφέρεται μόνο σε θέματα, που αφορούν το σώμα ή την ψυχολογία, αλλά αναφέρεται και στην ποιότητα ζωής του ανθρώπου.

Επιπλέον, επισημαίνεται, ότι ένα υποβαθμισμένο περιβάλλον ως προς το θόρυβο, συμβάλει αρνητικά στην αναπτυξιακή διαδικασία μιας περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, σε ένα υποβαθμισμένο περιβάλλον από ηχορύπανση προκαλούνται:

- * Άμεσες όσο και σωρευτικές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού όπως ενόχληση, παρεκκλίσεις συμπεριφοράς, ψυχολογικές επιπτώσεις που σχετίζονται με stress, παρεμβολή στην επικοινωνία, προβλήματα στην ανάσπαση, τον ύπνο κλπ.
- * Αρνητικές επιπτώσεις έχει και στις μελλοντικές γενιές, που σχετίζονται με δημιουργία υποβαθμισμένου περιβάλλοντος διαβίωσης, κοινωνικά και μαθησιακά προβλήματα, παρεμπόδιση της ανάπτυξης κλπ
- * Κοινωνικές, οικονομικές και αισθητικές επιπτώσεις, όπως κοινωνική απομόνωση, υποβάθμιση γειτονιών, απαξίωση αξίας κτιρίων κλπ.

Κατόπιν σχετικών ερευνών, η Π.Ο.Υ κατέληξε σε συγκεκριμένα συμπεράσματα αναφορικά με τις αρνητικές επιπτώσεις των ποικίλων σταθμών θορύβου στον άνθρωπο. Στον πίνακα **Π.2.1** παρουσιάζονται, ενδεικτικά, οι επιπτώσεις των ποικίλων σταθμών θορύβου στην ακοή και στην ομιλία του ανθρώπου.

Επιπλέον, η Π.Ο.Υ έχει προβεί και στην έκδοση οδηγιών σχετικά με τις μέγιστες επιτρεπτές τιμές της ηχορύπανσης για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια και για συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Οι κατευθυντήριες αυτές τιμές της στάθμης θορύβου από την Π.Ο.Υ παρουσιάζονται, επιγραμματικά, στον πίνακα **Π.2.2**.

Στάθμη θορύβου decibel	Συναίσθημα Επίδραση	Επιδράσεις		Χαρακτηριστικά παραδείγματα
		Στο αυτί	Σπην ομιλία	
140	Πολύ οδυνηρό	Μη αναστρέψιμες ζημιές στο αυτί		Χώρος δοκιμών για Πνευματικό τρυπόν
130				
120	Οδυνηρό			
110	Ανυπόφορο			
100	Δύσκολα υποφερτό	Απώλεια ακοής μετά από σύντομη έκθεση	Η συνομιλία είναι αδύνατη	Χώρος τυπογραφείου Χώρος επεξεργασίας μετάλλου
90	Πολύ θορυβώδες	Απώλεια ακοής μετά από σχετικά μακροχρόνια έκθεση	Η συνομιλία είναι εφικτή σε απόσταση λίγων εκατοστών από το αυτί	Πολύ θορυβώδης δρόμος Σχολική καντίνα
80	Θορυβώδες			
70			Συνομιλία με έντονη φωνή και «παραστατική» συμπεριφορά	
60	Μέση επίδραση			Θορυβώδης δρόμος
50		Η ομιλία «καλύπτεται»	Όριο για χρήση τηλεφώνου	Γραφείο
40	Χαμηλή επίδραση			Χαμηλή στάθμη ραδιοφώνου
30	Ηρεμία		Ηρεμητική και εύκολη συνομιλία	Γραφείο με ήρεμες συνθήκες λεπτουργίας
20	Πολύ ηρεμία		Καταληπτή ακόμα και συνομιλία «ψιθύρος» σε απόσταση 1 μ	Πολύ προστατευμένη από άποψη θορύβου αίθουσα
100	Σκωτή	Ο παραπρητής άκουει τους ήχους του σώματος του		Επιτυγχάνεται μόνο σε πολύ ειδικούς εργαστηριακούς χώρους

Πίνακας 2.1: Ενδεικτικές επιδράσεις των ποικίλων σταθμών θορύβου στην υγεία.

(ΠΗΓΗ: Δήμος Ρεθύμνου www.rethymno.gr)

Κατευθυντήριες Τιμές Στάθμης Θορύβου από την Π.Ο.Υ.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	L _{Aeq} [dB]	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ [h]	L _{Amax} [dB]
ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ				
Εξωτερικοί χώροι	Σημαντική όχληση, ημέρα και νύχτα	55	16	-
	Μέση όχληση, ημέρα και νύχτα	50	16	-
Εξωτερικό δωματίου ύπνου	Διατάραξη ύπνου, ανοιχτό παράθυρο (τιμές στο εξωτερικό)	45	8	60
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΚΑΛΟ ΕΙΝΑΙ ΝΑ ΔΙΑΤΗΡΕΤΑΙ ΚΑΛΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ				
Υπαίθριοι χώροι παραμονής / συγκέντρωσης ατόμων	Στάθμη υποβάθρου θορύβου για άνετη ομιλία	45		
	Στάθμη υποβάθρου θορύβου για σχετικά αρκετά σαφή καταληπτότητα λόγου	55		
ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΡΗΣΕΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ				
Εσωτερικό σχολικών και προσχολικών τάξεων	Κατανόηση λόγου, δυσκολία στην πρόσληψη πληροφορίας και στην επικοινωνία	35	Στη διάρκεια του μαθήματος	-
Αυλή σχολείου	Όχληση (εξωτερική πηγή)	55	Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού	-
ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΡΗΣΕΩΝ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗΣ				
Εσωτερικό δωματίων Νοσοκομείου	Διατάραξη ύπνου, νύχτα	30	8	40
	Διατάραξη ύπνου, ημέρα & νύχτα	30	16	-
Εσωτερικό δωματίων ανάρρωσης Νοσοκομείου	Παρεμπόδιση ξεκούρασης και ανάρρωσης	#1		
Εθνικοί δρυμοί και προστατευόμενες περιοχές	Παρενόχληση ηρεμίας	#3	-	-

#1: Όσο το δυνατόν χαμηλότερη ,

#2: Μέτρηση σε απόσταση 100mm από το αυτί

#3: Εξωτερικοί χώροι όπου επικρατεί ηρεμία θα πρέπει να προστατεύονται και ο λόγος του εισερχόμενου θορύβου προς το φυσικό υπόβαθρο πρέπει να διαπρέπει χαμηλός.

Πίνακας 2.2: Κατευθυντήριες τιμές στάθμης θορύβου από την Π.Ο.Υ. (ΠΗΓΗ: Δήμος Ρεθύμνου www.rethymno.gr)

2.2 ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

2.2.1 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΟΥ ΉΧΟΥ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Τα βασικά μεγέθη του ήχου είναι η περίοδος, η συχνότητα, το μήκος κύματος, η ταχύτητα, η ένταση, η στάθμη έντασης.

Περίοδος (T) του ηχητικού κύματος είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται, ώστε η εικόνα του ηχητικού κύματος να προχωρήσει κατά ένα ακριβώς μήκος κύματος [1].

Συχνότητα του ήχου (f) είναι η συχνότητα ταλάντωσης των σωματιδίων του ελαστικού μέσου λόγω της διάδοσης του ηχητικού κύματος και ποσοτικά είναι το πλήθος των περιόδων ανά δευτερόλεπτο με μονάδα μέτρησης το Hertz [3]. Η συχνότητα είναι το αντίστροφο της περιόδου. Η ζώνη συχνοτήτων ομιλίας είναι από 500 έως 2000 Hz. Το ανθρώπινο αυτή είναι περισσότερο ευαίσθητο στις συχνότητες από 2000 έως 5000 Hz. Ήχοι με συχνότητα κάτω από 16 Hz δεν είναι ακουστοί και ονομάζονται υπόηχοι. Ήχοι με συχνότητα επάνω από 20000 Hz δεν είναι επίσης ακουστοί και ονομάζονται υπέρηχοι [1].

Μήκος κύματος (λ) είναι η απόσταση, κατά την οποία μετακινείται το κύμα, μέσα στο χρόνο που χρειάζεται, για να συμπληρωθεί μία περίοδος [3].

Ταχύτητα του ήχου (c) είναι η ταχύτητα διάδοσης της διαταραχής σε κάποιο υλικό μέσο (υγρό, στερεό και αέριο) και ισχύει: $c = \lambda * f$ [3].

Ένταση (I) του ήχου είναι η ισχύς, που μεταφέρεται από το ηχητικό κύμα, ανά μονάδα επιφάνειας του μετώπου κύματος [1]. Ισχύει: $I = W / F$

όπου I = ένταση του ήχου (Watt/m²)

W = ισχύς (Watt)

F = επιφάνεια μετώπου του κύματος (m²)

Η σχέση που συνδέει τη στάθμη έντασης ήχου (L) με την ένταση (I), με την ισχύ (W) και με την πίεση (P) του ήχου, δίδεται ως εξής:

$$L = 10 * \log (I / I_0) = 10 * \log (W / W_0) = 20 * \log (P / P_0)$$

όπου L = στάθμη του ήχου (dB)

W = ισχύς που μεταφέρεται από το ηχητικό κύμα (W)

W_0 = ισχύς αναφοράς ($= 10^{-12}$ W)

P = πίεση ήχου (N / m²)

P_0 = πίεση αναφοράς ($= 2 * 10^{-5}$ N / m²)

I = ένταση ήχου (W/m²)

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

Η σχέση που συνδέει τη στάθμη έντασης ήχου (L) με την ένταση (I) μπορεί να διατυπωθεί και με εκθετική μορφή ως εξής: $I = I_0 * \log 10^{(L/10)}$

Στην ακουστική οι μονάδες, που χρησιμοποιούνται, είναι κατά βάση λογαριθμικές. Η κυριότερη μονάδα μέτρησης είναι το **decibel (dB)**, το οποίο είναι μία λογαριθμική μονάδα μέτρησης της ακουστικής πίεσης, έντασης και ισχύος, που εκπέμπεται από μία ηχητική πηγή [3]. Η κλίμακα των ντεσιμπέλ κυμαίνεται από το μείον άπειρο (-∞) έως το συν άπειρο (+∞), αλλά το ανθρώπινο αυτί μπορεί να ακούσει από τα 0 dB (φυσιολογική έναρξη ανθρώπινης ακοής) έως τα 130 dB (όριο που δημιουργεί πόνο στο αυτί). Ο τρόπος με τον οποίο αντιστοιχεί η κλίμακα των ντεσιμπέλ με τους καθημερινούς θορύβους, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Π.2.3). Παρατηρούμε, ότι λόγω της λογαριθμικής φύσης των ντεσιμπέλ, αύξηση 20 ντεσιμπέλ σημαίνει 100 φορές μεγαλύτερη ένταση του ήχου [4]. Επειδή το dB είναι λογαριθμικό μέγεθος, η μείωση κατά 6dB αντιστοιχεί σε υποδιπλασιασμό του μεγέθους της ηχητικής πίεσης του ήχου. Επιπλέον, κάθε διπλασιασμός της απομάκρυνσης από την πηγή μειώνει την ηχητική στάθμη κατά 6dB. Επιπρόσθετα, η διάδοση του ήχου επηρεάζεται από τον αέρα, την υγρασία και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος [3].

Όλες οι πηγές θορύβου προκαλούν μία χρονικά κυμαίνομενη ηχοστάθμη. Επομένως, ο θόρυβος δεν μπορεί να περιγραφεί και να αξιολογηθεί με τη χρήση της στιγμιαίας ηχοστάθμης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η **Ισοδύναμη Συνεχής Ηχοστάθμη ή Ισοδύναμη Στάθμη Θορύβου Leq**, η οποία εκφράζει τη στάθμη, που θα πρέπει να έχει ένας σταθερής στάθμης ήχος, που περικλείει την ίδια ακουστική ενέργεια με τον κυμαίνομενο [3].

Όπως προαναφέρθηκε, το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής λειτουργεί στην ακουστική περιοχή των 16Hz – 20KHz. Η ευαισθησία του, όμως, δεν είναι ίδια σε όλες τις συχνότητες. Συγκεκριμένα, το ανθρώπινο αυτί έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην συχνότητα των 1000Hz. Για το λόγο αυτό και για να προσαρμοστεί ο μετρούμενος θόρυβος στον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου αυτιού, χρησιμοποιούμε το φίλτρο A. Η ηχοστάθμη, που προκύπτει από μετρήσεις με **φίλτρο A**, ονομάζεται **A - Σταθμισμένη Ηχοστάθμη** και μετριέται σε **dB(A)**. Οι μετρήσεις θορύβου γίνονται με τη χρήση του φίλτρου αυτού [3].

Για την πραγματοποίηση κάποιας μέτρησης θορύβου γίνεται χρήση κάποιων φορητών διατάξεων, οι οποίες ονομάζονται ηχόμετρα. Τα όργανα αυτά είναι, συνήθως, εφοδιασμένα με το φίλτρο A και ο υπολογισμός σε dB(A) γίνεται αυτόματα.

Ανάλογα με το είδος του, ο θόρυβος μπορεί να χωριστεί στις παρακάτω δύο κατηγορίες [3]:

(α) **Θόρυβος Περιβάλλοντος (Ambient Noise):** είναι το συνολικό αποτέλεσμα όλων των αερόφερτων ήχων, που παράγονται από πολλές πηγές, κοντινές ή μακρινές, σε δοσμένο περιβάλλον, από τους οποίους κανένας δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. (ΕΛΟΤ 263.1 (1.209))

(β) **Θόρυβος Βάθους (Background Noise):** ο θόρυβος που προέρχεται από όλες τις πηγές, που δεν έχουν σχέση με έναν ορισμένο ήχο, ο οποίος αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος. (ΕΛΟΤ 263.1 (1.210))

Αν ο θόρυβος βάθους δεν μπορεί να μετρηθεί απουσία κάθε διακεκριμένης πηγής θορύβου, μία πολύ καλή, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, προσέγγισή του αποτελεί ο ποσοστομοριακός δείκτης L_{95} , ο οποίος εκφράζει τη στάθμη εκείνη του θορύβου, η οποία υπερβαίνεται κατά το 95% της χρονικής διάρκειας μιας μέτρησης.

Δείκτες L_N ($N = 1\%, 5\%, 10\%, 50\%, 90\%, 95\%, 99\%$) : Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται στη στάθμη, που ξεπεράστηκε κατά τη διάρκεια του $N\%$ του χρόνου μέτρησης. Ο δείκτης N λαμβάνει τιμές από 1 έως και 100. Τα μεγέθη $L_N = 1, 5, 10$ υποδηλώνουν τα επίπεδα αιχμής και μάλιστα, το L_1 ($L_N = 1$) αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή θορύβου κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Οι δείκτες $L_{90}, 95$ υποδηλώνουν τα βασικά επίπεδα θορύβου, ενώ το L_{99} ($L_N = 99$) αντιστοιχεί στο θόρυβο βάθους. Ο δείκτης L_{10} σχετίζεται με την ενόχληση, που προκαλείται στον πληθυσμό, γι' αυτό και χρησιμοποιείται στη νομοθεσία [3].

Γενικά, οι ήχοι και οι θόρυβοι δεν αποτελούνται από απλές συχνότητες, αλλά από πολύπλοκο συνδυασμό τους. Η ανάλυση ενός ήχου ή θορύβου, όσων αφορά στο φάσμα των συχνοτήτων του, ονομάζεται “Φασματική Ανάλυση”.

ΜΕΡΙΚΟΙ ΚΟΙΝΟΙ ΗΧΟΙ	ΗΧΗΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ ΣΕ ΝΤΕΣΙΜΠΕΛ	ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ
Ο πιο ασθενής ήχος που μπορεί να ακουστεί	0	1
Θρόισμα φύλλων	20	100
Ήσυχο σπίτι	40	10 000
Θορυβώδες κατάστημα	60	1 000 000
Κινητήρας αυτοκινήτου μεγάλης ισχύος	80	100 000 000
Κεραυνός κοντά	100	10 000 000 000
Επώδυνος ήχος	120	1 000 000 000 000

Πίνακας 2.3: Στην παραπάνω κλίμακα φαίνεται η σχέση της κλίμακας των ηχητικών σταθμών εκφρασμένων σε ντεσιμπέλ και της ηχητικής ισχύος. Σε μια αύξηση της ηχητικής ισχύος κατά χίλια εκατομμύρια η ηχητική στάθμη ανέρχεται από 0 ντεσιμπέλ σε 120 ντεσιμπέλ. (ΠΗΓΗ: www.2tee-zograf.att.sch.gr)

dB(A) πάνω από το όριο θορύβου	Ενδεχόμενη αντίδραση κοινού	Περιγραφή αντίδρασης κοινού
0	καμία	Καμία αντίδραση.
5	μικρή	Σποραδικές διαμαρτυρίες.
10	μέτρια	Πολλές διαμαρτυρίες.
15	έντονη	Απειλές δράσεως από το κοινό
20	Πολύ έντονη	Έντονη δράση από κοινό

Πίνακας 2.4: Ενδεχόμενη αντίδραση του κοινού (ΠΗΓΗ: ΕΜΑ Ο.Ε)

2.2.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΩΤΑΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΌΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο καθορισμός δεικτών και ανωτάτων επιτρεπόμενων ορίων θορύβου, που προέρχεται από την κυκλοφορία σε οδικά και συγκοινωνιακά έργα, γίνονται στην Ελλάδα με βάση την Υπουργική Απόφαση 17252 (ΦΕΚ 395/Β/19 Ιουνίου 1992). Το πεδίο εφαρμογής αφορά σε [1]:

- (α) όλους τους νέους αυτοκινητόδρομους
- (β) έργα προς βελτίωση υφισταμένων τμημάτων
- (γ) οδούς ταχείας κυκλοφορίας με τις συνοδές τους εγκαταστάσεις
- (δ) νέους ή βελτιωμένους άξονες του εθνικού οδικού δικτύου και του επαρχιακού δικτύου.

Ως δείκτες κυκλοφοριακού θορύβου καθορίζονται [1]:

1. Η ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου (Leq) που εκφράζει τη σταθερά εκείνη στάθμη του θορύβου, η οποία για κάποια ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου, σταθερού ή μεταβαλλόμενου, κατά την ίδια χρονική περίοδο, που ορίζεται από 8:00 έως 22:00 ωρ. Ο δείκτης αυτός καθορίζεται ως Leq (8-20) σε dB(A).
2. Ο δείκτης L10 (18 ωρών) σε dB(A), ο οποίος είναι η αριθμητική μέση τιμή των 18 ξεχωριστών ωριαίων τιμών του L10 (από 6:00 έως 24:00).

Τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια δεικτών κυκλοφοριακού θορύβου καθορίζονται[1]:

- Για τον δείκτη Leq (8-20 ωρ), τα 67 dB(A)
- Για τον δείκτη L10 (18 ωρ), τα 70 dB(A)

Σε περιπτώσεις ειδικής ακουστικής προστασίας, όπως σχολικά συγκροτήματα, νοσοκομεία κλπ. τα παραπάνω ανώτατα επιτρεπόμενα όρια μπορεί να μειώνονται κατά 5-10 dB(A).

Σε περίπτωση που υπερβαίνονται αυτά τα όρια πρέπει να ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης του θορύβου. Η εφαρμογή της ανωτέρω απόφασης επιβάλλεται για όλα τα νέα οδικά συγκοινωνιακά έργα ή για βελτιώσεις υφιστάμενων οδών.

Για το χαρακτηρισμό των επιπτώσεων από τον οδικό θόρυβο θεωρούνται 4 ομάδες, σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 360, και αφορούν την αναμενόμενη όχληση του κοινού σε διάφορες στάθμες θορύβου. Οι ομάδες διακρίνονται ως εξής:

0 - καμία επίπτωση για στάθμες ίσες ή μικρότερες από το όριο θορύβου

I - μικρή επίπτωση για στάθμες από 0 ως 5 dB(A) άνω του ορίου

II - μέτρια επίπτωση για στάθμες από 5 ως 10 dB(A) άνω του ορίου

III - σημαντική επίπτωση για στάθμες από 10 και μεγαλύτερες άνω του ορίου.

Στον πίνακα **Π.2.4** δίνεται εκτίμηση της ενδεχόμενης αντίδρασης του κοινού (βαθμός όχλησης) για διάφορες στάθμες θορύβου πάνω από το όριο [3].

Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία σχετίζονται με τη συνιστώσα του κυκλοφοριακού θορύβου. Στον πίνακα **Π.2.5** παρουσιάζονται τα θεσμοθετημένα όρια θορύβου, που προβλέπονται από την Ελληνική Νομοθεσία, για τις υπόλοιπες συνιστώσες του περιβαλλοντικού θορύβου.

2.2.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΩΤΑΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

Τόσο οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και οι χώρες του άμεσου περιβάλλοντός της, έχουν υλοποιήσει σημαντικό και πολυνετές έργο στην υπόθεση του θορύβου και της αντιμετώπισής του. Αυτό ακριβώς είναι και το κύριο ζήτημα σήμερα, δηλαδή η εναρμόνιση του έργου που έχει γίνει μέχρι σήμερα από την κάθε χώρα ξεχωριστά, σε τεχνικό, διοικητικό και νομοθετικό επίπεδο, έτσι ώστε από τώρα οι προσπάθειες αυτές να είναι κοινές, συγκρίσιμες και διευρωπαϊκές [5].

Ένας από τους βασικούς στόχους της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος είναι και η προστασία των πολιτών από το θόρυβο, ο οποίος αντιμετωπίζεται ως ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα. Για τον έλεγχο του θορύβου από διάφορες πηγές έχουν υιοθετηθεί αρκετές νομοθεσίες, όπως για το θόρυβο στους εργασιακούς χώρους και για τις εκπομπές θορύβου από μηχανήματα για χρήση σε εξωτερικούς χώρους. Όσον αφορά τον περιβαλλοντικό θόρυβο, ο οποίος προέρχεται από αυτοκίνητα, αεροσκάφη και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την Οδηγία 2002/49/EK.

Με την οδηγία επιδιώκεται η εναρμόνιση των δεικτών θορύβου και των μεθόδων αξιολόγησης του περιβαλλοντικού θορύβου. Επιπλέον, με τη χρήση κοινών δεικτών και μεθόδων αξιολόγησης επιδιώκεται η συγκέντρωση στοιχείων έκθεσης στο θόρυβο υπό τη μορφή «χαρτών θορύβου». Οι πληροφορίες, οι σχετικές με την έκθεση στο θόρυβο, θα αποτελέσουν τη βάση των σχεδίων δράσης τοπικού επιπέδου και των στόχων για βελτιώσεις σε επίπεδο Ε.Ε αλλά ακόμη και για τη χάραξη Κοινοτικής στρατηγικής, συμπεριλαμβανομένων και των σχετικών μέτρων [1].

Σύνοψη Εθνικής Νομοθεσίας

Νομοθεσία	Εφαρμογή	Δείκτης – όριο	
Κυκλοφορία οχημάτων			
Υπ. απόφαση οικ. 17252 ΦΕΚ 395/Β 19-06-92	Ανώτατα επιτρεπόμενα όρια θορύβου που προέρχεται από την κυκλοφορία σε οδικά έργα (νέα ή τροποποιούμενα). Μέτρηση ή εκτίμηση σε απόσταση 2.0μ από την οριογραμμή του οδικού έργου	L _{eq} (8-20ωρ.) 67dB(A) L ₁₀ (18ωρ) 70 dB(A)	Σε περίπτωση ειδικής ακουστικής προστασίας, όπως π.χ. σχολικά συγκροτήματα, νοσοκομεία κλπ. τα παραπάνω ανώτατα επιτρεπόμενα όρια δύνανται να μειώνονται κατά 5-10 dB(A)
Υπ. Απόφαση Μοτοποδήλατα /μηχανές	Έλεγχος εκπομπής θορύβου στην πηγή υπό συγκεκριμένες συνθήκες		
Θόρυβος από λειτουργία βιομηχανιών, βιοτεχνιών, μηχανολογικών εγκαταστάσεων ,αποθηκών κλπ	ΠΔ 1180/81 ΦΕΚ 293/Α/81	Στα όρια της δραστηριότητας / εγκατάστασης	Χαρακτήρας Περιοχής Ανώτατο όριο dB(A)
			Νομοθετημένες Βιομηχανικές Περιοχές 70
			Επικρατέστερο στοιχείο το βιομηχανικό 65
			Επικρατεί εξ ίσου βιομηχανικό & αστικό στοιχείο 55
			Επικρατεί το αστικό στοιχείο 50
Θόρυβος από Κέντρα Υγειονομικού Ενδιαφέροντος (αναψυχή, εστίαση κλπ)	Υ.Α.Α5/3010/2.10.1985 (Φ.Ε.Κ.593/Γ.Β	<u>Στεγασμένοι χώροι</u> : Στα όρια της δραστηριότητας / εγκατάστασης <u>Υπόιθροι χώροι</u> : Στην πρόσοψη πλησιέστερου δέκτη	Χαρακτήρας Περιοχής Ανώτατο όριο dB(A)
			καθαρά βιομηχανικές χωρίς κατοικίες -
			επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο, υπάρχουν και κατοικίες 45
			επικρατεί εξίσου το βιομηχανικό και αστικό στοιχείο 40
			επικρατεί το αστικό στοιχείο, υπάρχουν και βιομηχανίες 35
			Περιοχές καθαρά κατοικιών (αστικές προασπακές ή αγροτικές) και περιοχές ειδικής προστασίας (νοσοκομείων γηροκομείων σανατορίων κλπ.) 30
		Στο εσωτερικό δωματίου σε επαφή με δραστηριότητα ή στο χώρο παραπονούμενου	≤ 35 dB(A) (ή απαιτούμενη ηχοαπομόνωση 65 dB(A))
		Στο εσωτερικό δραστηριότητας	Κέντρο διασκέδασης ≤100 dB(A) Λοιπά ΚΥΕ ≤ 80 dB(A)
Εξοπλισμός (εναρμόνιση με Ευρωπαϊκές οδηγίες)			

Πίνακας 2.5: Σύνοψη Εθνικής Νομοθεσίας (ΠΗΓΗ: Δήμος Ρεθύμνου
www.rethymno.gr)

Με την οδηγία θα ζητείται από τα κράτη-μέλη να καθορίσουν εθνικά όρια με βάση εναρμονισμένους δείκτες. Δεν επιδιώκεται να ορισθούν κοινά όρια θορύβου για όλη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Ωστόσο, από τη στιγμή που τα κράτη-μέλη δημοσιεύουν τα εθνικά τους όρια για κάθε είδους ηχητικούς ρύπους και ηχητικούς χάρτες με σχέδια δράσης, τόσο το κοινό και οι αρχές θα είναι σε θέση να συγκρίνουν ηχητικές καταστάσεις, μεθόδους και επιτυγχανόμενα αποτελέσματα.[1].

Οι κοινοί επιλεγέντες δείκτες θορύβου από την Ε.Ε είναι οι **Lden** και **Lnight**. Ο δείκτης **Lden** χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της όχλησης, ενώ ο δείκτης **Lnight** για την εκτίμηση της διαταραχής του ύπνου. Εκτός από τους δύο παραπάνω δείκτες προβλέπεται ότι τα κράτη-μέλη μπορούν να χρησιμοποιούν και συμπληρωματικούς δείκτες για την παρακολούθηση ή τον έλεγχο ειδικών καταστάσεων σχετικών με το θόρυβο [6].

Το επίπεδο ημέρας-βραδιού-νύχτας **Lden**, σε ντεσιμπέλ (dB), ορίζεται με τον ακόλουθο τύπο [6]:

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

Όπου:

Lday = Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, προσδιορισμένη επί του συνόλου των περιόδων ημέρας ενός έτους,

Levening = Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, προσδιορισμένη επί του συνόλου των βραδινών περιόδων ενός έτους,

Lnight = Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη, προσδιορισμένη επί του συνόλου των νυχτερινών περιόδων ενός έτους.

Διευκρινίζεται ότι για την εφαρμογή της οδηγίας, ισχύουν τα εξής [6]:

- (α) η ημέρα διαρκεί δώδεκα ώρες, το βράδυ τέσσερις ώρες και η νύχτα οκτώ ώρες. Τα κράτη-μέλη μπορούν να περικόψουν τη βραδινή περίοδο κατά μία ή δύο ώρες και να αυξήσουν αναλόγως την περίοδο της ημέρας ή/και της νύχτας, υπό τον όρο ότι η επιλογή αυτή ισχύει για όλες τις πηγές και ότι θα παράσχουν στην Επιτροπή πληροφορίες για τις συστηματικές δαφορές σε σχέση με τις βασικές επιλογές,
- (β) η αρχή της ημέρας (και κατά συνέπεια η αρχή του βραδιού και της νύχτας) καθορίζεται από το κράτος-μέλος (η επιλογή αυτή ισχύει για όλες τις πηγές

θορύβου). Οι εξ' ορισμού τιμές είναι 07.00 έως 19.00, 19.00 έως 23.00 και 23.00 έως 07.00 τοπική ώρα,

(γ) ένα έτος αντιστοιχεί στο υπόψιν έτος όσον αφορά την εκπομπή θορύβων και σε ένα μέσο έτος όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες.

Στον πίνακα **Π.2.6** παρουσιάζονται, συνοπτικά, τα ανώτατα όρια θορύβου, που έχουν θεσπιστεί από τις Εθνικές Νομοθεσίες επτά χωρών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (Γαλλία, Ουγγαρία, Αυστρία, Ιταλία, Σουηδία, Γερμανία και Ελβετία).

Νομοθεσία σε σχέση με το θόρυβο σε χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας

ΧΩΡΑ	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΟΡΙΟ [dB (A)]	
			ΗΜΕΡΑ	ΝΥΧΤΑ
ΓΑΛΛΙΑ	Νόμος κατά του Θορύβου, Κυβέρνηση Γαλλίας (1995)	Οδική και στόχηροδρομική κυκλοφορία σε υπάρχοντα έργα	65	60
		Οδική και στόχηροδρομική κυκλοφορία σε νέα έργα	60	55
		Στάθμη θορύβου κοντά σε Νοσοκομεία	57	55
ΑΥΣΤΡΙΑ ΟΥΓΓΑΡΙΑ	Διάταγμα Υπουργείου Υγείας και Κοινωνικής Πρόνοιας (1984)	Στάθμη κυκλοφοριακού θορύβου σε περιοχές με πρόσφατο σχεδιασμό και αλλαγές στη χρήση γης	65(3)	55(4)
ΑΥΣΤΡΙΑ	Εθνικό Περιβαλλοντικό Σχέδιο, Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση Αυστρίας (1995)	Στάθμη θορύβου στους δρόμους μέσα σε πόλεις	60	50
ΙΤΑΛΙΑ	Νόμος για την Αειφόρο Κυκλοφορία σε Αστικές Περιοχές, Κυβέρνηση Ιταλίας (1998)	Στάθμη θορύβου σε εξωτερικούς χώρους σε οικιστικές περιοχές	55	45
ΑΥΣΤΡΙΑ	Εθνικό Περιβαλλοντικό Σχέδιο, Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση Αυστρίας (1995)	Στάθμη θορύβου στους δρόμους μέσα σε πόλεις	60	50
		Στάθμη θορύβου σε οικιστικές περιοχές	40	30
ΣΟΥΗΔΙΑ	Πρόταση Περιβαλλοντικής Έκθεσης της Εθνικής Οδικής Διεύθυνσης, Κοινωνεύλιο Συνηδίας (1997)	Στάθμη θορύβου σε εσωτερικούς χώρους σε οικιστικές περιοχές	30 (1)	
		Στάθμη θορύβου σε εξωτερικούς χώρους σε οικιστικές περιοχές	55(1)	
		Μέγιστη επιπρεπή στάθμη θορύβου σε εσωτερικούς χώρους σε οικιστικές περιοχές	45(2)	
		Μέγιστη επιπρεπή στάθμη θορύβου σε εξωτερικούς χώρους σε οικιστικές περιοχές	70(2)	
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	Προσωρινή Οδηγία για Νομοθετικά Μέτρα Προστασίας από τον Θόρυβο, Υπουργείο Μεταφορών	Στάθμη θορύβου σε οικιστικές περιοχές και άλλα σημεία που χρειάζονται προστασία	70	60
		Στάθμη θορύβου σε πόλεις, χωριά, περιοχές μικτής χρήσης και μικρών επιχειρήσεων	75	65
	Κανονισμός Ελέγχου Κυκλοφοριακού Θορύβου, Ομοσπονδιακή κυβέρνηση Γερμανίας (1990)	Στάθμη θορύβου σε νοσοκομεία, σχολεία, γηροκομεία	57(3)	47(4)
		Στάθμη θορύβου σε αιγιάλες οικιστικές περιοχές και μικρούς οικισμούς	59(3)	49(4)
		Στάθμη θορύβου σε πόλεις, χωριά, περιοχές μικτής χρήσης	64(3)	54(4)
	Στάθμη θορύβου σε περιοχές μικρών επιχειρήσεων		69(3)	59(4)
ΕΛΛΣΤΙΑ	Νόμος για την Προστασία του περιβάλλοντος (1987)	Στάθμη θορύβου σε νέες εγκαταστάσεις – Περιοχές αναψυχής	50	40
		Στάθμη θορύβου σε νέες εγκαταστάσεις – Περιοχές κατοικίας και δημόσια κτίρια	55	45
		Στάθμη θορύβου σε νέες εγκαταστάσεις – Περιοχές κατοικίας και εμπορικές	60	50
		Στάθμη θορύβου σε νέες εγκαταστάσεις – Βιομηχανικές περιοχές	65	55
		Στάθμη θορύβου σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις – Περιοχές αναψυχής	55	45
		Στάθμη θορύβου σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις – Περιοχές κατοικίας και δημόσια κτίρια	60	50
		Στάθμη θορύβου σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις – Περιοχές κατοικίας και εμπορικές	65	55
		Στάθμη θορύβου σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις – Βιομηχανικές περιοχές	70	60
		Όρια κινδύνου – Περιοχές αναψυχής	65	60
		Όρια κινδύνου – Περιοχές κατοικίας και δημόσια κτίρια	70	65
		Όρια κινδύνου – Περιοχές κατοικίας και εμπορικές	70	65
		Όρια κινδύνου – Βιομηχανικές περιοχές	75	70

1)Μέγιστη πημή 24ώρου, 2)Μέγιστο, 3)δπ.μ – 10μ.μ, 4)10μ.μ – 6π.μ.

Πίνακας 2.6: Ανώτατα θεσμοθετημένα όρια θορύβου από τις Εθνικές Νομοθεσίες επτά χωρών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. (ΠΗΓΗ: Δήμος Ρεθύμνου www.rethymno.gr)

2.3 ΣΧΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

Ο κυκλοφοριακός φόρτος και η στάθμη οδικού θορύβου κυκλοφορίας αποτελούν δύο μεγέθη, τα οποία συνδέονται, άμεσα, μεταξύ τους. Σε πολλές χώρες έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα για την παρακολούθηση και την πρόβλεψη του κυκλοφοριακού θορύβου [7]. Για την ανάπτυξη των μοντέλων αυτών είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη διεξαγωγή καταγραφής θορύβου και κυκλοφορίας. Τα μοντέλα αυτά αποτελούν, ουσιαστικά, μαθηματικές εξισώσεις, μέσω των οποίων συσχετίζονται οι διάφορες μετρήσιμες παράμετροι της κυκλοφορίας (φόρτοι, σύνθετη κυκλοφορίας, ταχύτητα κίνησης) και των οδών (πλάτος, κλίση) με συγκεκριμένες στάθμες θορύβου, συνήθως **L₁₀** και **Leq** [8]. Παρόλα αυτά, επειδή οι κυκλοφοριακές συνθήκες διαφέρουν από χώρα σε χώρα, η πρόβλεψη έχει την αξία της, για τις συνθήκες της χώρας όπου και γίνεται [7].

Από τη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν ορισμένα κλασσικά μοντέλα πρόβλεψης κυκλοφοριακού θορύβου, τα οποία προτείνονται από τους Burgess, Josse, Fagotti και CEE και τα οποία παρατίθενται ευθύς αμέσως [8]:

$$\text{Leq} = 55,5 + 10,2 * \log Q + 0,3 * p - 19,3 * \log(L/2) \quad (\text{Burgess}) \quad (1)$$

$$\text{Leq} = 38,8 + 15 * \log Q - 10 * \log L \quad (\text{Josse}) \quad (2)$$

$$\text{Leq} = 10 * \log(N_c + N_m + 8 * N_{hv} + 88 * N_b) + 33,5 \quad (\text{Fagotti}) \quad (3)$$

$$\text{Leq} = 10 * \log(N_c) + p \quad (\text{CEE}) \quad (4)$$

όπου p = ποσοστό βαρέων οχημάτων

L = πλάτος οδού

Q = συνολικός αριθμός των οχημάτων / ώρα

N_c = αριθμός των ελαφρών οχημάτων / ώρα

N_m = αριθμός των μοτοσυκλετών / ώρα

N_{hv} = αριθμός των βαρεών οχημάτων / ώρα

N_b = αριθμός των λεωφορείων / ώρα

Ο συνολικός αριθμός των οχημάτων ανά ώρα (Q) εκφράζεται ως ο ισοδύναμος αριθμός αυτοκινήτων και λαμβάνεται με την υπόθεση, ότι ένα βαρύ όχημα είναι ισοδύναμο με έξι ελαφρά οχήματα [8].

Επιπρόσθετα, μεταξύ των δύο ευρύτερα χρησιμοποιούμενων σταθμών οδικού θορύβου, **L_{10(1hr)}** και **Leq(1hr)**, υφίσταται η ακόλουθη εμπειρική σχέση [9]:

$$\text{L10(1hr)} = \text{Leq(1hr)} + 3 \text{ dB(A)} \quad (5)$$

Σκοπός της εν λόγω παραγράφου είναι να παραθέσει, ενδεικτικά, ορισμένα

μοντέλα πρόβλεψης του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου τόσο από την ελληνική όσο και τη διεθνή βιβλιογραφία. Μέσω των μοντέλων αυτών, επιδιώκεται να παρουσιαστεί η συσχέτιση ανάμεσα στις στάθμες του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου και τις επιμέρους παραμέτρους της κυκλοφορίας.

2.3.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ [7]

Το συγκεκριμένο μοντέλο αναπτύχθηκε ύστερα από ταυτόχρονη καταγραφή θορύβου και κυκλοφορίας σε οκτώ δρόμους του εμπορικού κέντρου της Πάτρας, για κατάσταση ελεύθερης ροής των οχημάτων, και έπειτα από κατάλληλη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων αυτών.

Η καταγραφή του θορύβου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ηχόμετρου, το οποίο τοποθετούταν σε ύψος **1,20** μ. και σε απόσταση **1,00** μ. από τη λωρίδα μέτρησης. Έλαβαν χώρα μετρήσεις της ισοδύναμης στάθμης θορύβου **Leq**, της **L₁₀** και της **L_{max}** σε μονάδες dB(A). Επιπλέον, την ίδια ώρα υπολογίζόταν ο κυκλοφοριακός φόρτος και γινόταν ταξινόμηση των οχημάτων σε ελαφρά και βαριά. Η μέση ταχύτητα των οχημάτων υπολογίζόταν, μετρώντας το χρόνο που απαιτούταν, για να διανύσουν τα οχήματα μια συγκεκριμένη απόσταση 25 μ. Οι μετρήσεις που ελήφθησαν, είχαν διάρκεια **1 ώρα** και διεξήχθησαν κατά τη χρονική περίοδο από **07:00** έως **21:00**.

Το εν λόγω μοντέλο λαμβάνει τις ακόλουθες δύο μορφές:

$$L_{10}(Q,H,L,V) = 10,9 * \log Q + 8,3 * \log H + 0,01 * \log L - 4,3 * \log V + 51 \quad (1)$$

$$L_{10}(Q,H,V) = 10,9 * \log Q + 8,3 * \log H - 4,3 * \log V + 51,4 \quad (2)$$

όπου L_{10} = στάθμη του θορύβου που υπερβαίνεται κατά το 10 % της χρονικής διάρκειας μιας μέτρησης (dB_A).

Q = συνολικός αριθμός οχημάτων/ώρα

H = συνολικός αριθμός βαρέων οχημάτων/ώρα

L = συνολικός αριθμός ελαφρών οχημάτων/ώρα

V = μέση ταχύτητα κίνησης (χλμ/ώρα)

Το συγκεκριμένο μοντέλο προσδιορίζει τα επίπεδα θορύβου L_{10} ως συνάρτηση του συνολικού αριθμού οχημάτων / ώρα, του συνολικού αριθμού βαρέων οχημάτων / ώρα και της μέσης ταχύτητας κίνησής τους (σχέση 2), ενώ λαμβάνει υπόψην και το συνολικό αριθμό ελαφρών οχημάτων / ώρα (σχέση 1).

Η στατιστική ανάλυση έδειξε, ότι ο συνολικός κυκλοφοριακός όγκος (Q) και ο αριθμός των βαρέων οχημάτων (H) είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες δημιουργίας του οδικού θορύβου [7]. Το μοντέλο είναι ρεαλιστικό, καθώς λαμβάνει υπόψη του τις κυριότερες παραμέτρους του κυκλοφοριακού προβλήματος και μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε αστική περιοχή, προκειμένου να γίνουν συστηματικές προβλέψεις του κυκλοφοριακού θορύβου και να δημιουργηθούν «χάρτες θορύβου» διαφόρων περιοχών [7].

2.3.2 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ [10]

Στη συγκεκριμένη παράγραφο παρουσιάζονται τέσσερα μοντέλα, τα οποία αναπτύχθηκαν για την αστική οδική κυκλοφορία στη Θεσσαλονίκη. Ταυτόχρονες καταγραφές θορύβου και κυκλοφορίας διεξήχθησαν σε τριάντα επτά διαφορετικές τοποθεσίες της πόλης, αντιπροσωπευτικές των διαφορετικών αστικών συνθηκών που επικρατούν.

Οι μετρήσεις διεξήχθησαν τη χρονική περίοδο από 1 έως 9 Ιουλίου 2004 καλύπτοντας, κυρίως, το εμπορικό κέντρο της πόλης και τις γύρω περιοχές κατοικίας. Όλες οι μετρήσεις διεξήχθησαν στα χρονικά διαστήματα από 08:00 έως 14:30 και 16:00 έως 22:00, είχαν χρονική διάρκεια 15 λεπτών και πραγματοποιήθηκαν και για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας. Η καταγραφή της στάθμης θορύβου έγινε με ηχόμετρα, τα οποία τοποθετήθηκαν σε ύψος 1,5 μ. από την επιφάνεια του εδάφους και σε απόσταση 0,5 μ. μπροστά από τις προσόψεις των κτιρίων και στις δύο πλευρές του δρόμου.

Τα διερχόμενα οχήματα διακρίθηκαν σε τρεις κατηγορίες: (α) Ελαφρά (με βάρος μικρότερο από 3,5 τόνους), (β) Βαριά (με βάρος ίσο ή μεγαλύτερο από 3,5 τόνους), (γ) Δίκυκλα.

Στα εν λόγω μοντέλα συσχετίζεται η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για διάρκεια μιας ώρας (**L_{Aeq,1h}**) με παραμέτρους όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, η σύνθεση της κυκλοφορίας και η απόσταση μεταξύ πηγής και δέκτη.

(α) Σχέση μεταξύ ισοδύναμης στάθμης θορύβου για διάρκεια μιας ώρας (**L_{Aeq,1h}**) και σύνθεσης της κυκλοφορίας (**Q_H, Q_L, Q_M**).

$$L_{Aeq,1h} = 52,1 + 7,06 \cdot \log(Q_H + 0,1 \cdot Q_L + 0,9 \cdot Q_M) \quad (1)$$

(β) Σχέση μεταξύ ισοδύναμης στάθμης θορύβου για διάρκεια μιας ώρας ($L_{Aeq,1h}$) και κυκλοφοριακού φόρτου (Q).

$$L_{Aeq,1h} = 48,9 + 6,82 \cdot \log(Q) \quad (2)$$

(γ) Σχέση μεταξύ ισοδύναμης στάθμης θορύβου για διάρκεια μιας ώρας ($L_{Aeq,1h}$), απόστασης (d) μεταξύ πηγής και δέκτη και κυκλοφοριακού φόρτου (Q).

$$L_{Aeq,1h} = 50,5 + 9,86 \cdot \log(Q) - 10,77 \cdot \log(d) \quad (3)$$

(δ) Σχέση μεταξύ ισοδύναμης στάθμης θορύβου για διάρκεια μιας ώρας ($L_{Aeq,1h}$), απόστασης (d) μεταξύ πηγής και δέκτη και σύνθεσης της κυκλοφορίας (Q_H, Q_L, Q_M)

$$L_{Aeq,1h} = 55,6 + 9,83 \cdot \log(Q_H + 0,1 \cdot Q_L + 0,9 \cdot Q_M) - 10,38 \cdot \log(d) \quad (4)$$

όπου Q = κυκλοφοριακός φόρτος σε οχήματα / ώρα

Q_H = αριθμός των βαρεών οχημάτων / ώρα

Q_L = αριθμός των ελαφρών οχημάτων / ώρα

Q_M = αριθμός των δικύκλων / ώρα

Το ύψος του δέκτη για τα εν λόγω μοντέλα του θορύβου λαμβάνεται στο 1,50 μ, ενώ το ύψος της πηγής του θορύβου στο 0,50 μ. πάνω από την επιφάνεια της οδού. Η πηγή του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου θεωρείται, ότι βρίσκεται κατά μήκος του άξονα της οδού, είτε πρόκειται για οδό μονής είτε διπλής κατεύθυνσης [10].

Η εκτίμηση της ισοδύναμης στάθμης θορύβου διάρκειας μιας ώρας ($L_{Aeq,1h}$) στο αστικό οδικό δίκτυο μπορεί να γίνει με μεγαλύτερη ακρίβεια, όταν γνωρίζουμε τη σύνθεση της κυκλοφορίας παρά το συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο [10]. Συνεπώς, η ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας μιας ώρας ($L_{Aeq,1h}$) μπορεί να υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1) και (4), που λαμβάνουν υπόψη τη σύνθεση της κυκλοφορίας, σε σύγκριση με τις σχέσεις (2) και (3), που λαμβάνουν υπόψη τους μόνο το συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο [10].

Από τις τρεις κατηγορίες, στις οποίες έχουν καταταχθεί τα κυκλοφορούντα οχήματα, τα βαριά οχήματα (φορτηγά), κατά κύριο λόγο, και τα δίκυκλα, κατά δεύτερο λόγο, επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τις στάθμες του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου [10].

2.3.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ NIS, ΣΤΗ ΣΕΡΒΙΑ [8]

Στη συγκεκριμένη παράγραφο παρουσιάζεται ένα μοντέλο, το οποίο αναπτύχθηκε για την αστική οδική κυκλοφορία στην πόλη Nis, της Σερβίας. Ταυτόχρονες καταγραφές θορύβου και κυκλοφορίας διεξήχθησαν σε κύριες οδικές αρτηρίες της πόλης, σε περιοχές με εμπορικές και βιομηχανικές χρήσεις γης, σε περιοχές κατοικίας και νοσοκυρείων. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν τις εργάσιμες ημέρες της εβδομάδας και κατά το χρονικό διάστημα από 06:00 έως 22:00, σε όλες τις υπό μελέτη τοποθεσίες.

Τα κυκλοφορούντα οχήματα ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες: (α) Ελαφριά, (β) Βαρέα, (γ) Λεωφορεία.

Το μοντέλο θορύβου κυκλοφορίας που έχει αναπτυχθεί, αποτελείται από δύο ξεχωριστές εξισώσεις, για δύο διαφορετικές περιοχές σταθμών θορύβου. Συγχετίζει την ισοδύναμη στάθμη θορύβου (Leq) με τη σύνθεση της κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα, λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$(i) Leq = 10 * \log(Nc + 3,7 * Nhv + 1,9 * Nb) + 38,2 \text{ για } 55 \text{ dB(A)} < Leq < 65 \text{ dB(A)} \quad (1)$$

$$(ii) Leq = 10 * \log(Nc + 11,7 * Nhv + 3,1 * Nb) + 44,3 \text{ για } 65 \text{ dB(A)} < Leq < 75 \text{ dB(A)} \quad (2)$$

όπου Leq = ισοδύναμη στάθμη θορύβου

Nc = αριθμός ελαφρών οχημάτων

Nhv = αριθμός βαρέων οχημάτων (φορτηγών)

Nb = αριθμός λεωφορείων

2.3.4 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΤΟ ΑΓΓΛΙΚΟ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ [11]

Στην εν λόγω παράγραφο παρουσιάζονται δύο μοντέλα πρόβλεψης θορύβου, τα οποία αναπτύχθηκαν, αρχικά, για λογαριασμό του αγγλικού Υπουργείου Περιβάλλοντος.

Τα μοντέλα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα εκτίμησης της στάθμης θορύβου L_{10} ως συνάρτηση του κυκλοφοριακού φόρτου μιας οδού. Οι εξισώσεις των μοντέλων αυτών είναι οι ακόλουθες:

$$L_{10(18 \text{ hr})} = 28,1 + 10 * \log(Q) \text{ (dB(A))} \quad (1)$$

όπου $L_{10(18 \text{ hr})}$ = αριθμητικός μέσος των 18 επιμέρους ωριαίων τιμών της στάθμης

θορύβου L_{10} για τη χρονική περίοδο από 06:00 έως 24:00.

Q = συνολικός αριθμός των διερχόμενων οχημάτων στο χρονικό διάστημα από 06:00 έως 24:00.

$$L_{10(1\text{ hr})} = 41,2 + 10 * \log(q) \quad (\text{dB(A)}) \quad (2)$$

όπου $L_{10(1\text{ hr})}$ = στάθμη θορύβου L_{10} για χρονικό διάστημα μιας ώρας

q = συνολικός αριθμός των διερχόμενων οχημάτων στο χρονικό διάστημα μιας ώρας

Οι στάθμες θορύβου, που υπολογίζονται μέσω των παραπάνω δύο μοντέλων, είναι για απόσταση **10 μέτρων** από τα όρια της οδού και για ύψος **0,50 μέτρου** από την επιφάνεια της οδού.

Οι στάθμες θορύβου, που δίνονται μέσω των σχέσεων (1) και (2) και συσχετίζονται μόνο με το συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο, πρέπει να διορθωθούν, προκειμένου να συνυπολογιστεί τόσο η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων, όσο και ο αριθμός των βαρέων οχημάτων (φορτηγών) επί της οδού. Η εν λόγω διόρθωση πραγματοποιείται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$C_{usage} = 33 * \log[v + 40 + (500/v)] + 10 * \log[1 + (5p / v)] - 68,8 \quad \text{dB(A)} \quad (3)$$

όπου v = μέση ταχύτητα κίνησης (χλμ/ώρα)

p = ποσοστό βαρέων οχημάτων (0 - 100%)

2.3.5 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΓΙΑ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ [12]

Στη συγκεκριμένη παράγραφο παρουσιάζονται μοντέλα πρόβλεψης θορύβου, τα οποία αναπτύχθηκαν στην Ιορδανία για σηματοδοτούμενος κόμβους. Τα μοντέλα αυτά αφορούν την εκτίμηση της ισοδύναμης (Leq), της μέγιστης (L_{max}) και της ελάχιστης τιμής (L_{min}) της στάθμης θορύβου σε σηματοδοτούμενος κόμβους, σε σχέση με τις κυκλοφοριακές παραμέτρους και τα χαρακτηριστικά της οδού.

Μέτρηση της στάθμης θορύβου με ταυτόχρονη καταγραφή της κυκλοφορίας πραγματοποιήθηκε σε 40 σηματοδοτούμενος κόμβους. Οι μετρήσεις του θορύβου έγιναν μέσω ηχόμετρου, το οποίο τοποθετήθηκε σε ύψος **1,50 μέτρου** πάνω από την επιφάνεια της οδού και σε απόσταση **1,0 μέτρου** από την εξωτερική οριογραμμή της. Συνολικά, διεξήχθησαν 14235 μετρήσεις θορύβου σε όλες τις προσβάσεις και των 40

κόμβων. Από αυτές, οι 4584 μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν επάνω στη γραμμή υποχρεωτικής διακοπής πορείας πριν το σηματοδότη, ενώ οι υπόλοιπες πραγματοποιήθηκαν σε αποστάσεις 50, 100, 150, 200, 250 και 300 μέτρων από την εν λόγω γραμμή. Μετρήθηκαν η **ισοδύναμη** (Leq), η **μέγιστη** (Lmax) και η **ελάχιστη τιμή** (Lmin) της στάθμης θορύβου, κατά τη διάρκεια χρονικών διαστημάτων του 1 λεπτού, μέσα στα οποία συμπεριλαμβάνονταν και τα χρονικά διαστήματα της πράσινης ένδειξης του σηματοδότη.

Η καταγραφή των κυκλοφοριακών φόρτων, καθώς και η σύνθεση της κυκλοφορίας έγιναν με χρήση **βίντεο κάμερας** (video camera), ενώ η ταχύτητα κυκλοφορίας των οχημάτων μετρήθηκε με χρήση **ραντάρ ταχύτητας** (speed radar).

Τα χαρακτηριστικά των οδών, που ελήφθησαν υπόψη, ήταν το πλάτος και οι κλίσεις τους, ο αριθμός και το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας, καθώς και η υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος (μέσω της χρήσης του Βρετανικού εκκρεμούς - British pendulum).

(α) Μοντέλο πρόβλεψης ισοδύναμης στάθμης θορύβου (Leq).

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε, παρέχει τη δυνατότητα εκτίμησης της ισοδύναμης στάθμης θορύβου (Leq), σε σηματοδοτούμενο κόμβο, ως συνάρτηση του κυκλοφοριακού φόρτου, των βαρέων οχημάτων και της κλίσης της οδού. Άλλες παράμετροι, οι οποίες υπεισέρχονται στο μοντέλο αυτό, είναι ο αριθμός και το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας, η επίδραση της κόρνας των οχημάτων και ο δείκτης BNP. Βέβαια, η επίδραση των τελευταίων παραμέτρων στη διαμόρφωση της τιμής της ισοδύναμης στάθμης θορύβου είναι μικρής σημασίας, σε σύγκριση με την επίδραση των πρώτων παραμέτρων [12].

Το εν λόγω μοντέλο είναι γραμμικό και λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$\text{Leq} = 70,551 + 0,167 \cdot V - 0,013 \cdot \text{BNP} + 0,053 \cdot \text{HV} + 0,029 \cdot G \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

όπου V = κυκλοφοριακός φόρτος (οχήματα/λεπτό)

BNP = αριθμός Βρετανικού εκκρεμούς (British Pendulum Number)

HV = αριθμός βαρέων οχημάτων

G = κλίση της οδού (%)

(β) Μοντέλο πρόβλεψης μέγιστης στάθμης θορύβου (Lmax).

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθησαν, από μετρήσεις στη γραμμή

υποχρεωτικής διακοπής της πορείας πριν το σηματοδότη, η μέγιστη στάθμη του θορύβου σε σηματοδοτούμενο κόμβο διαπιστώθηκε, ότι εξαρτάται, κυρίως, από τον αριθμό των διερχόμενων από τον κόμβο βαρέων οχημάτων και από τη χρήση της κόρνας των οχημάτων.

Για απόσταση 50 μέτρων από τη γραμμή υποχρεωτικής διακοπής της πορείας πριν το σηματοδότη, η μέγιστη στάθμη του θορύβου επηρεάζεται, κυρίως, από το συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο και από τον αριθμό των βαρέων οχημάτων.

Για αποστάσεις 100 και 150 μέτρων από το σηματοδοτούμενο κόμβο, η μέγιστη στάθμη του θορύβου επηρεάζεται, κυρίως, από το συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο και από τον αριθμό των βαρέων οχημάτων, αλλά και επιπρόσθετα, σε μικρότερο, βέβαια, βαθμό, από την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων και την κλίση της οδού.

Το εν λόγω μοντέλο λαμβάνει την ακόλουθη μορφή για **απόσταση 0 μ.** από τη γραμμή υποχρεωτικής διακοπής της πορείας πριν το σηματοδότη :

$$L_{max} = 93,689 + 4,98*HV + 1,264*HE \quad (dB) \quad (2)$$

όπου HV = αριθμός βαρέων οχημάτων

HE = μεταβλητή που εκφράζει την επίδραση της κόρνας και λαμβάνει την τιμή 0, εάν η κόρνα δε χρησιμοποιείται, ενώ λαμβάνει την τιμή 1, εάν η κόρνα χρησιμοποιείται

Το εν λόγω μοντέλο λαμβάνει την ακόλουθη μορφή για **απόσταση 50 μ.** από τη γραμμή υποχρεωτικής διακοπής της πορείας πριν το σηματοδότη :

$$L_{max} = 80,338 + 6,647*HV + 0,0318*V \quad (dB) \quad (3)$$

όπου HV = αριθμός βαρέων οχημάτων

V = κυκλοφοριακός φόρτος (οχήματα/λεπτό)

Το εν λόγω μοντέλο λαμβάνει την ακόλουθη μορφή για **απόσταση 100μ. και 150 μ.** από το σηματοδοτούμενο κόμβο :

$$L_{max} = 81,359 + 6,568*HV + 0,21*G + 0,0235*V + 0,0235*S - 0,0316*BPN \quad (dB) \quad (4)$$

όπου HV = αριθμός βαρέων οχημάτων

V = κυκλοφοριακός φόρτος (οχήματα/λεπτό)

G = κλίση της οδού (%)

S = ταχύτητα κίνησης (χλμ/ώρα)

BPN = αριθμός Βρετανικού εκκρεμούς (British Pendulum Number)

Τα μοντέλα για αποστάσεις 200, 250 και 300 μ. από τους σηματοδοτούμενους κόμβους έχουν γενική μορφή παρόμοια με αυτή της εξίσωσης (3).

(γ) **Μοντέλα πρόβλεψης ελάχιστης στάθμης θορύβου (Lmin).**

Η ελάχιστη στάθμη του θορύβου σε σηματοδοτούμενο κόμβο, για **απόσταση 0 μ.** από τη γραμμή υποχρεωτικής διακοπής της πορείας πριν το σηματοδότη, διαπιστώθηκε, ότι εξαρτάται από το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας και από την υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος, η οποία εκφράζεται μέσω του δείκτη BNP.

Το συγκεκριμένο μοντέλο λαμβάνει την εξής μορφή:

$$L_{min} = 80,939 - 0,323 * BPN - 0,508 * LW \text{ (dB)} \quad (5)$$

όπου LW = πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας (μέτρα)

BPN = αριθμός Βρετανικού εκκρεμούς (British Pendulum Number)

Για διάφορες αποστάσεις από τη γραμμή υποχρεωτικής διακοπής της πορείας, επειδή το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας δεν ήταν διαθέσιμο, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο, το οποίο συσχέτιζε την ελάχιστη στάθμη θορύβου με μία μόνο παράμετρο, η οποία ήταν η υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος, μέσω του δείκτη BNP.

Πιο συγκεκριμένα, το εν λόγω μοντέλο είναι το εξής:

$$L_{min} = 79,818 - 0,330 * BPN \text{ (dB)} \quad (6)$$

όπου BPN = αριθμός Βρετανικού εκκρεμούς (British Pendulum Number)

2.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

Απαραίτητα όργανα για τη διεξαγωγή των μετρήσεων θορύβου είναι τα ηχόμετρα. Τα ηχόμετρα είναι όργανα, με τα οποία μετριούνται οι στάθμες της ηχητικής πίεσης και χρησιμοποιούνται σε μελέτες ηχορρύπανσης για την ποσοτικοποίηση όλων σχεδόν των θορύβων [13].

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

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

2.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΧΟΜΕΤΡΩΝ

Τα ηχόμετρα διακρίνονται σε κατηγορίες με κριτήριο την ακρίβειά τους. Σύμφωνα με το υφιστάμενο πρότυπο IEC 61672:2003, τα ηχόμετρα διαιρούνται σε δύο «κλάσεις» (classes), 1 και 2. Έως το 2003 ισχυαν τα πρότυπα IEC 60651 και IEC 60804. Σύμφωνα με τα πρότυπα αυτά για την υποδιαίρεση των ηχομέτρων σε κατηγορίες χρησιμοποιούταν ο όρος «τύπος» (type) και η διάκριση γινόταν σε ηχόμετρα «τύπου 1» και «τύπου 2» [13], [14]. Παρά το γεγονός ότι τα παραπάνω πρότυπα έχουν αρκετές ομοιότητες, το πιο πρόσφατο πρότυπο είναι περισσότερο απαιτητικό, όσον αφορά την ακρίβεια των μετρήσεων, τη λειτουργία και το καλιμπράρισμα των ηχομέτρων. Τα παλαιότερα ηχόμετρα, τα οποία ικανοποιούν τα πρότυπα IEC 60651 και IEC 60804, μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται για τις περισσότερες εφαρμογές. Σήμερα, όμως, όταν αγοράζεται ένα καινουριο ηχόμετρο, θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του νέου προτύπου IEC 61672 [14].

Τα ηχόμετρα «κλάσης 1» χαρακτηρίζονται από ευρύτερο πεδίο συχνοτήτων, στενότερα όρια ανοχής σφάλματος και είναι πιο ακριβή στις μετρήσεις σε σύγκριση με τα αντίστοιχα ηχόμετρα «κλάσης 2». Συνεπώς, τα ηχόμετρα «κλάσης 1» είναι και ακριβότερα από τα αντίστοιχα μοντέλα «κλάσης 2». Αυτό ισχύει τόσο για το ίδιο το

ηχόμετρο, όσο και για το όργανο ρύθμισης του ηχόμετρου (calibrator), που συνοδεύει την κάθε συσκευή.

Για τα ηχόμετρα «κλάσης 1» η ανοχή σφάλματος είναι +/- 0,7 dB, ενώ για τα αντίστοιχα «κλάσης 2» η ανοχή σφάλματος είναι +/- 1,0 dB. Τα όρια αυτά ανοχής ορίζονται για συνθήκες αναφοράς, οι οποίες καθορίζονται στο πρότυπο IEC 60651, παράγραφο 9.1. Τα ηχόμετρα «κλάσης 1» ενδείκνυνται για αυξημένου βαθμού ακρίβειας εργαστηριακή και υπαίθρια χρήση. Τα ηχόμετρα «κλάσης 2» ενδείκνυνται για γενικού σκοπού υπαίθρια χρήση [14]. Τα παραπάνω παρουσιάζονται, συνοπτικά, στον πίνακα **Π.2.4.1**.

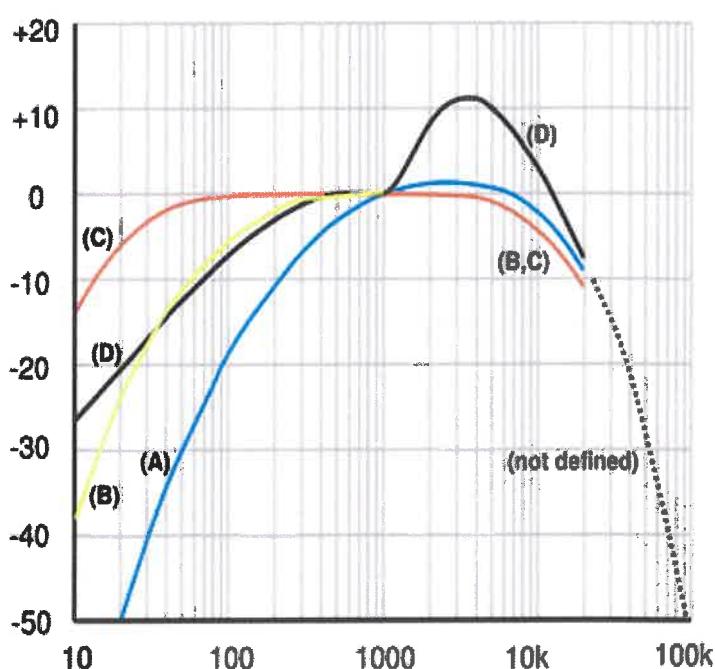
Η κλάση του ηχόμετρου, που θα χρειαστεί κάποιος, εξαρτάται από τις εφαρμογές, για τις οποίες προορίζεται αυτό να χρησιμοποιηθεί και από τους κανονισμούς, τους οποίους επιβάλλεται αυτό να ικανοποιεί. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι κανονισμοί μέτρησης εργαστιακού θορύβου αναφέρουν, ότι τα ηχόμετρα «κλάσης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

2.4.2 ΣΤΑΘΜΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ - ΦΙΛΤΡΑ

Το ανθρώπινο αισθητήριο της ακοής λειτουργεί στην ακουστική περιοχή των 16Hz – 20KHz. Η ευαισθησία του, όμως, δεν είναι ίδια σε όλες τις συχνότητες. Συγκεκριμένα, το ανθρώπινο αυτή έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην συχνότητα των 1000Hz. Προκειμένου να ληφθεί υπόψην η ευαισθησία της ανθρώπινης ακοής στη συχνότητα του ήχου και να προσαρμοστεί ο μετρούμενος θόρυβος στον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου αυτιού, τροποποιείται η στάθμη σύμφωνα με τη σταθμιστική καμπύλη A. Η καμπύλη αυτή δίνει τη μεταβολή της σχετικής απόκρισης (relative response), δηλαδή της διόρθωσης στάθμης ήχου, σε σχέση με τη συχνότητά του. Η τροποποιημένη, σύμφωνα με τη σταθμιστική καμπύλη A, στάθμη ήχου λέγεται

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

Πίνακας 2.4.1: Κατηγορίες και βασικά χαρακτηριστικά ηχομέτρων (ΠΗΓΗ: www.noisemeters.com)



Σχ.2.4.1: Σχετική απόκριση (dBA) για τις σταθμιστικές καμπύλες A (μπλε), B (κίτρινη), C (κόκκινη) και D (μαύρη). (ΠΗΓΗ: www.wikipedia.org)



(α)

(β)



(γ)

Σχ.2.4.2: Ηχόμετρα «κλάσης 2» (ή «τύπου 2») διαφορετικών εταιρειών. (Σύνθεση από τις πηγές: www.bkhome.com, www.noisemeters.com)



(α)



(B)



(γ)

Σχ.2.4.3: Ηχόμετρα «κλάσης 1» (ή «τύπου 1») διαφορετικών εταιρειών. (Σύνθεση από τις πηγές: www.bkhome.com, www.noisemeters.com, www.casellacel.com)

A-στάθμη ήχου (LA) και εκφράζεται σε dB(A). Για το λόγο αυτό η μέτρηση της A-στάθμης ήχου γίνεται με ηχόμετρα εφοδιασμένα με ηλεκτρονικό σύστημα φίλτρων, που ονομάζεται **σταθμιστικό κύκλωμα A** (ή **φίλτρο A**) και με το οποίο γίνονται, αυτόμata, οι διορθώσεις στις πραγματικές ηχοστάθμες [1].

Το υφιστάμενο διεθνές πρότυπο για τη λειτουργία των ηχομέτρων (**IEC 61672:2003**) ορίζει τη χρήση σταθμιστικού κυκλώματος A. Το πρότυπο αυτό αναφέρεται, επίσης, και άλλα σταθμιστικά κυκλώματα, όπως τα C και Z. Τα παλαιότερα, B και D, έχουν πλέον εγκαταλειφθεί και συνεπώς, δεν περιγράφονται στο πρότυπο. Η στάθμη του ήχου τροποποιείται για την κάθε σταθμιστική καμπύλη σύμφωνα με το Σχ.2.4.1 [13].

2.4.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΧΟΜΕΤΡΩΝ

(α) Σταθμιστικά κυκλώματα (ή φίλτρα)

Όπως προαναφέρθηκε, σύμφωνα με το υφιστάμενο διεθνές πρότυπο **IEC 61672:2003** αναφορικά με τη λειτουργία των ηχομέτρων, τρία είναι τα σταθμιστικά κυκλώματα ή φίλτρα (frequency weightings), τα οποία μπορούν να συναντηθούν σε ένα ηχόμετρο. Αυτά είναι τα A, C και Z. Όλα τα ηχόμετρα είναι εφοδιασμένα με τα φίλτρα A και C, ενώ τα πιο εξελιγμένα και ακριβά μοντέλα είναι εφοδιασμένα, επιπλέον, και με το φίλτρο Z.

(β) Εύρος μετρήσεων

Το εύρος των μετρήσεών τους κυμαίνεται από 0 έως και **140 dB(A)**, ενώ η στάθμη αιχμής, η οποία εξ'ορισμού μετριέται με τη χρήση φίλτρου C (συνηθέστερα) ή Z [12], μπορεί να μετρηθεί για μέγιστες τιμές της στάθμης της στο διάστημα από **140 - 143 dB(C)**. Βέβαια, δεν έχουν όλα τα ηχόμετρα τη δυνατότητα να μετρήσουν στάθμες ήχου σε όλο το παραπάνω εύρος. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, το εύρος τους κυμαίνεται από την κατώτερη τιμή των **20-25 dB** μέχρι και την τιμή των **130-140 dB**. Επίσης, σε ορισμένα ηχόμετρα το εύρος των μετρήσεών τους δεν είναι ενιαίο, αλλά καθορίζονται διάφορα διαστήματα συγκεκριμένου εύρους, πχ 30-100 dB ή 50-120 dB κλπ, εντός των οποίων γίνονται οι μετρήσεις και τα οποία ο εκάστοτε χειριστής του οργάνου οφείλει να επιλέξει, ανάλογα με το είδος των μετρήσεών του.

Για παράδειγμα στο ηχόμετρο της εταιρείας Casellacel του Σχ.2.4.3(γ) το εύρος των μετρήσεών του είναι ενιαίο, κυμαίνεται από 0 - 140 dB, ενώ η μέγιστη στάθμη αιχμής είναι 143,3 dB(C) [15].

Για το ηχόμετρο της Brüel&Kjaer του Σχ.2.4.2(γ) το εύρος μετρήσεων κυμαίνεται από 30-140 dB, αλλά δεν είναι ενιαίο και υποδιαιρείται σε τρία επιμέρους διαστήματα: (i) 30-100 dB, (ii) 50-120 dB, (iii) 70-140 dB, με μέγιστη μετρούμενη στάθμη αιχμής για κάθε διάστημα τα 103, 123 και 143 dB(C) [16].

Για το ηχόμετρο της Pulsar του Σχ.2.4.2(α) το εύρος των μετρήσεων είναι ενιαίο και κυμαίνεται στις ακόλουθες τιμές για το κάθε φίλτρο: (i) Φίλτρο A: 22 dB(A) - 137 dB(A), (ii) Φίλτρο C: 23 dB(C) – 137 dB(C) και (iii) Φίλτρο Z: 27 dB(Z) – 137 dB(Z). Η μέγιστη μετρούμενη στάθμης αιχμής είναι τα 140 dB(C) [14].

(γ) Μετρούμενα μεγέθη

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

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

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

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

Οι κεντρικές συχνότητες των ζωνών, σε **Hz**, για την οκταβική ανάλυση είναι οι

ακόλουθες: 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000...[1]

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

Ενδεικτικά, θα αναφερθούμε στις δυνατότητες ορισμένων εκ των ηχομέτρων, που παρουσιάσαμε προηγουμένως, ως προς τα παραπάνω.

(α) Συγκεκριμένα, το ηχόμετρο του Σχ.2.4.3(γ) της Casellacel έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει τόσο οκταβική, όσο και 1/3-οκταβική ανάλυση του ήχου. Το συνολικό εύρος των συχνοτήτων για την οκταβική ανάλυση κυμαίνεται από 16 Hz έως 16 KHz, ενώ για την 1/3-οκταβική ανάλυση κυμαίνεται από 12,5 Hz έως 20 KHz.

(β) Το μοντέλο (Pulsar 30) της Pulsar του Σχ.2.4.2(α) έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει μόνον οκταβική ανάλυση (και όχι 1/3-οκταβική). Το συνολικό εύρος των συχνοτήτων για την οκταβική ανάλυση κυμαίνεται από 31,5 Hz έως 16 KHz. Αντιθέτως, το πιο εξελιγμένο μοντέλο (Pulsar 33) μπορεί να προβεί, επιπλέον, και σε 1/3-οκταβική ανάλυση με το συνολικό εύρος συχνοτήτων να κυμαίνεται από 20 Hz έως 10 KHz.

(γ) Το μοντέλο της Brüel&Kjaer του Σχ.2.4.2(γ) είναι πιο απλό μοντέλο σε σχέση με τα προαναφερθέντα και δεν έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει ούτε οκταβική ούτε 1/3-οκταβική ανάλυση του ήχου.

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

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

L_{Amax}, L_{Cmax}, L_{Zmax}: Μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης με χρήση φίλτρου A, C και Z, αντίστοιχα.

L_{Amin}, L_{Cmin}, L_{Zmin}: Ελάχιστη τιμή της στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης με χρήση φίλτρου A, C και Z, αντίστοιχα.

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

μέγιστη τιμή της στάθμης θορύβου L_{Max} για τη χρονική διάρκεια της μέτρησης αυτής [13].

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

2.4.4 ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ

Μια συσκευή ηχομέτρου συνοδεύεται από παρελκόμενα, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

(α) **Όργανο για τη ρύθμιση του ηχομέτρου** (ακουστική καλίμπρα - acoustical calibrator): Όπως τα ηχόμετρα, έτσι και τα όργανα αυτά διακρίνονται σε «κλάσης 1» και «κλάσης 2». Είναι όργανα απαραίτητα, προκειμένου το ηχόμετρο να καλιμπραριστεί τόσο πριν όσο και μετά από κάθε σειρά μετρήσεων, ώστε να διασφαλιστεί, ότι η μέτρηση αυτή ήταν ακριβής. Το εν λόγω όργανο μπορεί να καλιμπράρει ένα ηχόμετρο σε διάφορες στάθμες αναφοράς, οι οποίες καθορίζονται από τον κάθε κατασκευαστή. Συνήθεις στάθμες είναι στα 94 dB, 104 dB και 114 dB, ενώ η συχνότητα του εκπεμπόμενου ήχου τους είναι στο 1 KHz [15], [16]. Εικόνα από τη διαδικασία καλιμπραρίσματος ενός ηχομέτρου, καθώς και εικόνα ενός οργάνου καλιμπραρίσματος παρουσιάζονται στο Σχ.2.4.4.

(β) **Προστατευτικό κάλυμμα ανέμου:** Χρησιμοποιείται καλύπτοντας το μικρόφωνο του ηχόμετρου, προκειμένου να μειώσει το θόρυβο, που προκαλείται από τον άνεμο και ο οποίος μπορεί να επιφέρει αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές των μετρούμενων πηγών θορύβου. Τα καλύμματα αυτά έχουν τη μορφή σπόγγου. Εικόνα ηχόμετρου με προστατευτικό κάλυμμα ανέμου παρουσιάζεται στα Σχ.2.4.2(γ) και Σχ.2.4.5.

(γ) **Βαλίτσα μεταφοράς:** Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του ηχόμετρου και των υπόλοιπων οργάνων με ασφάλεια, μειώνοντας σε σημαντικό βαθμό τις πιθανότητες πρόκλησης φθορών στον εξοπλισμό κατά τη μεταφορά του. Εσωτερικά, είναι επενδεδυμένες με ειδική μόνωση, ώστε να απορροφούνται οι κραδασμοί από τυχόν προσκρούσεις της βαλίτσας (βλ. Σχ.2.4.5).

(δ) **Τρίποδας στήριξης:** Είναι απαραίτητος για τη στήριξη του ηχόμετρου κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (βλ. Σχ.2.4.5). Το ύψος τοποθέτησης του ηχόμετρου πάνω στον τρίποδα καθορίζεται από τις ανάγκες των μετρήσεων.



Σχ.2.4.4: Όργανο καλιμπραρίσματος (δεξιά) το οποίο είναι τοποθετημένο στην κεφαλή/ μικρόφωνο ενός ηχομέτρου (αριστερή εικόνα). (ΠΗΓΗ: www.casellacel.com)



Σχ.2.4.5: Τρίποδας, με τοποθετημένο επάνω του ηχόμετρο με προστατευτικό κάλυμμα, βαλίτσα μεταφοράς εξοπλισμού. (ΠΗΓΗ: www.noisemeters.com)

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

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

(ζ) Μπαταρίες: Αναγκαίες για τη λειτουργία τόσο του ηχόμετρου, κυρίως σε μετρήσεις στην ήπαιθρο, όσο και του οργάνου καλιμπραρίσματος.

2.4.5 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των ηχομέτρων είναι οι διαστάσεις και το βάρος τους. Τόσο οι διαστάσεις όσο και το βάρος τους είναι μικρό και για το λόγο αυτό, καθίσταται ιδιαίτερα εύκολη η χρήση και η μεταφορά τους. Ενδεικτικά αναφέρονται:

(α) Για το ηχόμετρο της εταιρείας Brüel & Kjaer του Σχ.2.4.2(γ) οι διαστάσεις είναι: μήκος 23 cm, πλάτος 7,8 cm και πάχος 3,1 cm. Το βάρος του είναι 245 γραμμάρια, μαζί με τις μπαταρίες του [16].

(β) Για το ηχόμετρο της εταιρείας Pulsar του Σχ.2.4.2(α) οι διαστάσεις είναι: μήκος 34,1 cm, πλάτος 8,2 cm και πάχος 2 cm. Το βάρος του είναι 543 γραμμάρια, χωρίς τις μπαταρίες του [17].

(γ) Για το ηχόμετρο της εταιρείας Cirrus Research του Σχ.2.4.3(α) οι διαστάσεις είναι: μήκος 22,5 cm, πλάτος 7,5 cm και πάχος 2,5 cm. Το βάρος του είναι 410 γραμμάρια, μαζί με τις μπαταρίες του [14].

2.4.6 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Σύμφωνα με τους κατασκευαστές των ηχομέτρων, παρέχονται ορισμένες προδιαγραφές, αναφορικά με τη λειτουργία των οργάνων ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες και, κυρίως, τη θερμοκρασία και την υγρασία. Από την ανάλυση των στοιχείων, που περιλαμβάνονται στο βιβλίο κατασκευαστή και που αφορούν σε 8 άργανα, προέκυψε, ότι για την πλειοψηφία των ηχομέτρων, οι κατασκευαστές τους ορίζουν, ως θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας τους, το διάστημα από -10° C έως +50° C. Όσον αφορά στις συνιστώμενες τιμές της σχετικής υγρασίας, αντές κυμαίνονται από 30 % έως και 95 %.

2.5 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Όπως έχει προαναφερθεί (βλ. Παραγρ. 2.3), για να δημιουργήσουμε ένα μοντέλο πρόβλεψης θορύβου από την οδική κυκλοφορία, είναι απαραίτητο να διεξάγεται ταυτόχρονη καταγραφή θορύβου και κυκλοφορίας. Ο υπολογισμός όλων των παραμέτρων της κυκλοφορίας, που υπεισέρχονται σε όλα τα μοντέλα θορύβου, τα οποία έχουμε παρουσιάσει, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον κατάλληλο εξοπλισμό καταγραφής κυκλοφορίας.

Η καταγραφή της κυκλοφορίας των οχημάτων μπορεί να γίνει από [18]:

- (α) **άτομα** (μέθοδος παρατηρητή)
- (β) **αυτόματα όργανα.**

Η μέθοδος του παρατηρητή (βλ. Κεφ. Παραρτήματος) ενδείκνυται, μόνο, για μετρήσεις μικρής χρονικής διάρκειας. Για μετρήσεις μεγάλης χρονικής διάρκειας και σε μόνιμους σταθμούς μέτρησης κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται, αποκλειστικά, αυτόματα όργανα καταγραφής της κυκλοφορίας. Τα αυτόματα αυτά όργανα είναι ανιχνευτές κυκλοφορίας. Οι τεχνολογίες, οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή στους ανιχνευτές, είναι αρκετές και παρουσιάζονται στη συνέχεια. Οι ανιχνευτές κυκλοφορίας μπορούν να διακριθούν στις εξής δύο βασικές κατηγορίες [19]:

- (α) **Ανιχνευτές που τοποθετούνται μέσα ή και πάνω στο οδόστρωμα.**

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι ακόλουθοι τύποι ανιχνευτών:

- (i) **Ανιχνευτές (ή μετρητές) με πεπιεσμένο αέρα**
- (ii) **Ανιχνευτές με επαγωγικό βρόχο**
- (iii) **Μαγνητικοί ανιχνευτές**

- (β) **Ανιχνευτές που τοποθετούνται σε θέσεις πάνω από το οδόστρωμα.**

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι ακόλουθοι τύποι ανιχνευτών:

- (i) **Ανιχνευτές με τεχνολογία υπερύθρων**
- (ii) **Ανιχνευτές με τεχνολογία μικροκυμάτων**
- (iii) **Ανιχνευτές με τεχνολογία υπερήχων**
- (iv) **Ανιχνευτές με τεχνολογία ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας**
- (v) **Ανιχνευτές με τεχνολογία παθητικού ακουστικού αισθητήρα**

Στη συγκεκριμένη παράγραφο θα γίνει μια συνοπτική αναφορά στους ανιχνευτές κυκλοφορίας, τις αρχές λειτουργίας τους, την εγκατάστασή τους, τα πλεονεκτήματα και

τα μειονεκτήματά τους. Εκτενέστερη ανάλυση για τους ανιχνευτές κυκλοφορίας πραγματοποιείται στο παράρτημα.

2.5.1 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΦΟΡΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ

Αρχικά, χρησιμοποιούνταν από τους παρατηρητές, που είχαν επιφορτιστεί με τις μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου, ειδικά έντυπα, πάνω στα οποία καταγράφονταν, με τη χρήση κατάλληλων συμβολισμών, τα μετρούμενα μεγέθη, ανά κατηγορία οχήματος και ανά αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Η διάκριση των οχημάτων γινόταν ανά κατηγορίες. Μια τυπική κατάταξη των οχημάτων σε κατηγορίες είναι η ακόλουθη [18]:

- (1) ποδήλατα
- (2) μοτοποδήλατα και μοτοσυκλέτες
- (3) ΙΧ και ταξί
- (4) λεωφορεία, πούλμαν, τρόλλεϋ
- (5) ελαφρά φορτηγά (κάτω από 1,5 τόνων ωφέλιμου φορτίου)
- (6) μεγάλα φορτηγά είτε 2 είτε 3 αξόνων
- (7) φορτηγά με ρυμουλκούμενο.

Στα έντυπα αυτά ο παρατηρητής σημείωνε στοιχεία και λεπτομέρειες, που σχετίζονταν με την ακριβή τοποθεσία των μετρήσεων, την ημερομηνία, την περίοδο διεξαγωγής τους, τις καιρικές συνθήκες κλπ. Ένα αντίστοιχο έντυπο καταγραφής κυκλοφοριακού φόρτου από παρατηρητές παρατίθεται στο Σχ.2.5.1. Ο παρατηρητής σημειώνει με μια κατακόρυφη γραμμή τη διέλευση ενός οχήματος στο αντίστοιχο τετράγωνο, ανάλογα με την κατηγορία του οχήματος και τη χρονική στιγμή της καταγραφής του [18].

Επιπλέον, η καταγραφή κυκλοφοριακών φόρτων από παρατηρητή μπορεί να γίνει και με χρήση μηχανικών μετρητών. Οι μετρητές αυτοί είναι χειροκίνητοι. Σε κάθε κουμπί αντιστοιχεί και μια κατηγορία οχημάτων. Κατά τη διέλευση του οχήματος μιας κατηγορίας πιέζεται το πλήκτρο της αντίστοιχης κατηγορίας και με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται η καταγραφή στον ειδικό αυτό μετρητή [18]. Χαρακτηριστική φωτογραφία ενός τέτοιου μετρητή παρουσιάζεται στο Σχ.2.5.2.

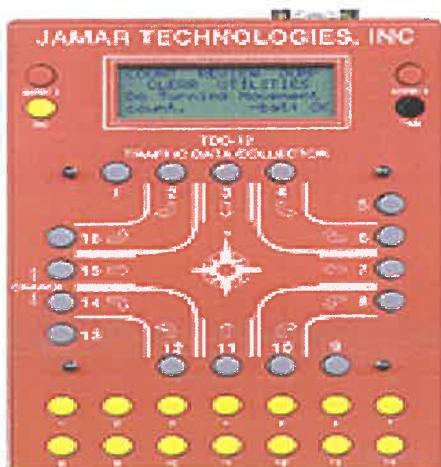
Η μέτρηση από παρατηρητές των «στρεφοντισών κινήσεων» σε ισόπεδους κόμβους μπορεί να γίνει τόσο με τη χρήση ειδικών εντύπων όσο και μηχανικών μετρητών.

Ημερομηνία/Ημέρα: **Τοποθεσία:**
 Περίοδος Από: **- Έως:** **Αριθ. σημείου στάσης:**
 Διεύθυνση Κίνησης: **Καιρός:**
 Όνομα Παρατηρητή: **Αριθ. Φύλλου:**

Ώρες	Ποδήλατο	Μοτοποδ Μοτοσικλ.	ΙΧ Ταξι	Λεωφορεία Πούλμαν Τρόλλεϊ	Ελαφρά Φορτηγά	Μεγάλα Φορτηγά		Με Ρυμουλκού- μενα
						2 Αξόνων	3 Αξόνων	
7:00 - 8:00	Γ	Θ	Θ Θ Γ	Θ Γ	Θ Γ	Γ	Γ	
8:00 - 9:00								
9:00 - 10:00								
10:00 - 11:00								
11:00 - 12:00								
12:00 - 13:00								
13:00 - 14:00								
14:00 - 15:00								
15:00 - 16:00								
16:00 - 17:00								
17:00 - 18:00								
18:00 - 19:00								
19:00 - 20:00								
Συνολος								

* Κάτω από 1.5 τόννο αφέλιμου φορτίου (κυρίως για διανομή αγαθών)

Σχ.2.5.1: Παράδειγμα εντύπου για μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου από παρατηρητή.
(ΠΗΓΗ: [18])



Σχ.2.5.2: Μηχανικός μετρητής «στρεφουσών κινήσεων» σε ισόπεδο κόμβο (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)

2.5.2 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΦΟΡΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ

2.5.2.1 ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΠΑΝΩ Ή ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ

(Α) ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΜΕ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ

Η μέθοδος αυτή αποτελεί μία τις πρώτες μεθόδους, που εφαρμόστηκαν για τη μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων με τη χρήση αυτόματων μηχανημάτων. Ακόμα και σήμερα αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους [18].

Ο μετρητής με πεπιεσμένο αέρα αποτελείται από ένα λεπτό ελαστικό σωλήνα μικρής διατομής, ο οποίος τοποθετείται και στερεώνεται στο οδόστρωμα είτε μόνιμα είτε προσωρινά και από μια ειδική συσκευή, στην οποία συνδέεται ο ελαστικός σωλήνας (βλ. Σχ.2.5.3 και Σχ.2.5.4). Ο ελαστικός σωλήνας μπορεί να είναι κατασκευασμένος είτε από φυσικό είτε από συνθετικό καουτσούκ. Στην περίπτωση που ο μετρητής τοποθετείται μόνιμα, τότε σκάβεται επιφανειακά το οδόστρωμα και ο σωλήνας θάβεται στο οδόστρωμα κατά το ήμισυ, περίπου, της διατομής του. Στην περίπτωση που τοποθετείται προσωρινά, το οδόστρωμα δε χρειάζεται να σκαφθεί και ο σωλήνας τοποθετείται επιφανειακά στο οδόστρωμα, στηριζόμενος με καρφιά και ειδικές υποδοχές, τα οποία εξασφαλίζουν, ουσιαστικά, τη σταθερότητα του σωλήνα έναντι της διάβασης των οχημάτων. Στην εν λόγω περίπτωση, ο σωλήνας απλώς «ακουμπάει» πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος [18].

Ο σωλήνας στερεώνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι, κατά το δυνατόν, παράλληλος προς τη διατομή της οδού. Από τα δύο άκρα του σωλήνα το ένα είναι εντελώς κλειστό, ενώ το άλλο άκρο του συνδέεται με το ειδικό τύμπανο του μετρητή, το οποίο λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα. Συνεπώς, όταν ένα όχημα διέρχεται πάνω από τον σωλήνα, τότε, πατώντας με τους τροχούς των αξόνων του το σωλήνα, ωθεί ποσότητα του αέρα, που βρίσκεται εντός του σωλήνα προς το άκρο, όπου βρίσκεται το ειδικό τύμπανο του μετρητή, ενεργοποιεί το μετρητή και καταγράφεται, με αυτόν τον τρόπο, μια ώθηση. Η ώθηση αυτή ισοδυναμεί όχι με τη διέλευση ενός οχήματος, αλλά με τη διέλευση ενός άξονα τροχών, καθώς, ο μετρητής με πεπιεσμένο αέρα μετράει άξονες οχημάτων και όχι οχήματα και είναι, συνήθως, ρυθμισμένος ώστε να καταγράφει μια μονάδα, δηλαδή ένα όχημα, για κάθε δύο ωθήσεις [18].

(B) ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΜΕ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΒΡΟΧΟ

Οι ανιχνευτές με επαγωγικό βρόχο εγκαθίστανται κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Οι εν λόγω ανιχνευτές αποτελούν, ουσιαστικά, μετρητές μαγνητικού πεδίου και μεταβολών, που προκαλούνται σε αυτό [18]. Αποτελούνται, κατά πρώτο λόγο, από ένα σύρμα με μόνωση, το οποίο περιστρεφόμενο μία ή περισσότερες φορές, σχηματίζει το βρόχο και, κατά δεύτερο λόγο, από ένα καλώδιο, το οποίο συνδέει το σύρμα του βρόχου, μέσα από το οδόστρωμα, με ένα κιβώτιο, μέσα στο οποίο τοποθετείται και προστατεύεται η συσκευή καταμέτρησης. Ο συρμάτινος αυτός βρόχος διαρρέεται από ασθενές ηλεκτρικό ρεύμα. Τοποθετείται κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος, ουσιαστικά θάβεται εντός του οδοστρώματος, μέσω μιας λεπτής και ρηγής εγκοπής βάθους περίπου 3-8 εκατοστών, η οποία γίνεται στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Η λειτουργία των ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο στηρίζεται στο φυσικό φαινόμενο της επαγωγής. Η επαγωγή ορίζεται σαν την αντίσταση σε μία μεταβολή στη ροή του ρεύματος. Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διοχετεύεται σε έναν αγωγό, όπως πχ σε ένα σύρμα, τότε σχηματίζεται ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από το σύρμα. Εάν η πηγή του ρεύματος απομακρυνθεί, τότε το μαγνητικό πεδίο μειώνεται απότομα μέσα στο σύρμα, προσπαθώντας να διατηρήσει τη ροή του ρεύματος [20].

Ένα όχημα, το οποίο κατά τη διάρκεια της κίνησής του διέρχεται μέσα από την περιοχή ανίχνευσης του επαγωγικού βρόχου, επηρεάζει με την παρουσία του το μαγνητικό πεδίο του βρόχου, προκαλώντας σε αυτό μια μείωση στην επαγωγή του. Η εν λόγω μείωση της επαγωγής υποδεικνύει την παρουσία οχήματος και εξαιτίας αυτής της μείωσης, στέλνεται ένα ειδικό σήμα προς τη μονάδα ελέγχου [21]. Το ειδικό αυτό σήμα ισοδυναμεί με την παρουσία και τη διέλευση ενός οχήματος. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιείται η ανίχνευση και η καταμέτρηση των διερχόμενων οχημάτων.

Για την ανίχνευση και την καταμέτρηση των διερχόμενων οχημάτων σε μία οδό τοποθετούνται τόσοι βρόχοι, όσες είναι και οι λωρίδες κυκλοφορίας της οδού. Κάθε βρόχος, δηλαδή, αναλαμβάνει τη συλλογή στοιχείων για τη λωρίδα κυκλοφορίας στην οποία είναι τοποθετημένος και μόνο. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του Σχ.2.5.6.

Ακολούθως, θα αναφερθούμε, επιγραμματικά, στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματα των ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο είναι τα ακόλουθα:

- (α) Ευέλικτος σχεδιασμός που επιτρέπει τη χρησιμοποίησή τους σε μεγάλο εύρος εφαρμογών [18].
- (β) Τεχνολογία ώριμη, με πλήρη επίγνωση των δυνατοτήτων της, ύστερα από εφαρμογή της στην πράξη για περισσότερα από 30 χρόνια [18].
- (γ) Η ύπαρξη των επαγγελματικών βρόχων δε γίνεται καθόλου αντιληπτή ούτε από τα οχήματα αλλά ούτε και τους πεζούς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι βρόχοι τοποθετούνται κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος και όχι πάνω σε αυτήν.
- (δ) Η μη ύπαρξη οποιασδήποτε όχλησης στα διερχόμενα οχήματα λόγω της τοποθέτησης των βρόχων κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος.
- (ε) Η υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία στις μετρήσεις που παρέχουν. Οι σωστά εγκατεστημένοι επί της οδού επαγγελματικοί βρόχοι μπορούν να προσεγγίσουν ακρίβεια στις μετρήσεις σε ποσοστό 99% [21]. Επιπλέον, οι μετρήσεις τους παραμένουν εντελώς ανεπηρέαστες από την παρουσία πεζών, ζώων καθώς και κάθε είδους φερτών υλικών επί του οδοστρώματος, όπως σκόνη, χώμα, μπάζα. Αποτελούν την ακριβέστερη μέθοδο για την ανίχνευση και την καταμέτρηση των οχημάτων [19],[21].
- (στ) Το σχετικά με άλλες μεθόδους (ανιχνευτές που τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος) μικρό κόστος αγοράς του εξοπλισμού των επαγγελματικών βρόχων [19].
- (ζ) Δεν επηρεάζεται η λειτουργία τους από δυσμενείς καιρικές συνθήκες όπως βροχή, ομίχλη, χιόνι [19].

Τα κυριότερα μειονεκτήματα, στα οποία θα μπορούσαμε να αναφερθούμε, είναι τα κάτωθι:

- (α) Η δυσκολία εγκατάστασης και απεγκατάστασης των επαγγελματικών βρόχων από τα οδοστρώματα [19],[21]. Προκειμένου να εγκατασταθεί, αλλά και να αφαιρεθεί από το εσωτερικό του οδοστρώματος το λεπτό σύρμα που αποτελεί το βρόχο, είναι αναπόφευκτη η κοπή του οδοστρώματος με τη χρήση ειδικών μηχανημάτων. Αφότου η εγκατάσταση ή η απεγκατάσταση του βρόχου έχει ολοκληρωθεί, είναι αναγκαία η αποκατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος με ασφαλτικό υλικό, για την κάλυψη των κενών που προέκυψαν στην επιφάνειά του, από τις αναγκαίες τομές που πραγματοποιήθηκαν για την εγκατάσταση ή απεγκατάσταση του βρόχου [19].
- (β) Η φθορά που προκαλείται στο οδόστρωμα κατά την τοποθέτηση των επαγγελματικών βρόχων [19],[21]. Βέβαια, η φθορά αυτή είναι αρκετά περιορισμένη και η αποκατάστασή της δεν είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί.
- (γ) Η μείωση της διάρκειας ζωής του οδοστρώματος εξαιτίας της φθοράς που

προκαλείται στο οδόστρωμα κατά την τοποθέτηση των επαγωγικών βρόχων [19].

(δ) Η απαραίτητη διακοπή της κυκλοφορίας για την εγκατάσταση ή την απεγκατάσταση και τη συντήρηση των βρόχων. Προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι αναγκαίες τομές στο οδόστρωμα, είναι απαραίτητη η διακοπή της κυκλοφορίας για το χρονικό διάστημα που διεξάγονται οι προβλεπόμενες εργασίες επί της οδού για την τοποθέτηση των βρόχων [19],[21].

(ε) Για την καταγραφή της κυκλοφορίας σε μια τοποθεσία απαιτούνται πολλαπλοί ανιχνευτές με επαγωγικό βρόχο [19]. (Ένας επαγωγικός βρόχος προορίζεται για τη συλλογή δεδομένων από μία μόνον λωρίδα κυκλοφορίας).

(στ) Η ακρίβεια της ανίχνευσης ενδέχεται να μειωθεί, όταν απαιτείται ανίχνευση μιας μεγάλης ποικιλίας από κατηγορίες οχημάτων [19].

(ζ) Αστοχίες στη λειτουργία των βρόχων από την εγκατάστασή τους σε κακής ποιότητας επιφάνειες δρόμων [19].

(Γ) ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

Οι μαγνητικοί ανιχνευτές μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο υποκατηγορίες. Στην πρώτη υποκατηγορία μπορούν να καταταχθούν οι ανιχνευτές, οι οποίοι εγκαθίστανται εντός του οδοστρώματος. Οι ανιχνευτές αυτοί προορίζονται για μόνιμη εγκατάσταση εντός του οδοστρώματος, σε θέσεις μόνιμων σταθμών κυκλοφοριακών μετρήσεων του οδικού δικτύου. Στη δεύτερη υποκατηγορία κατατάσσονται οι ανιχνευτές, οι οποίοι τοποθετούνται πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Οι επιφανειακοί αυτοί ανιχνευτές είναι φορητές συσκευές, οι οποίες προσφέρονται για πραγματοποίηση κυκλοφοριακών μετρήσεων περιορισμένης χρονικής διάρκειας και όχι μόνιμης. Μετά την ολοκλήρωση των προβλεπόμενων μετρήσεων, οι φορητοί ανιχνευτές αφαιρούνται από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Χαρακτηριστικές φωτογραφίες ανιχνευτών και των δύο υποκατηγοριών παρατίθενται στα Σχ.2.5.8.

Οι δύο υποκατηγορίες των εν λόγω μετρητών παρουσιάζουν πολλά κοινά σημεία ως προς τη δομή τους, ενώ η αρχή λειτουργίας τους είναι ταυτόσημη και στις δύο περιπτώσεις. Η ανίχνευση των διερχόμενων οχημάτων στηρίζεται στην ανίχνευση της διαταραχής του μαγνητικού πεδίου της γης, εντός της περιοχής ανίχνευσης του ανιχνευτή, που προκαλείται εξαιτίας της παρουσίας μεταλλικών αντικειμένων, όπως τα διερχόμενα οχήματα [19]. Μάλιστα, η προκαλούμενη διαταραχή του μαγνητικού πεδίου της γης πάνω από τη ζώνη ανίχνευσης, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερο

είναι το όχημα, το οποίο διέρχεται πάνω από τους ανιχνευτές. Στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται η δυνατότητα κατάταξης των διερχόμενων οχημάτων σε κατηγορίες, ανάλογα με το μέγεθός τους.

Όσον αφορά τη δομή τους, κοινό χαρακτηριστικό και των δύο υποκατηγοριών είναι, ότι στην ίδια συσκευή βρίσκονται ταυτόχρονα και ο ανιχνευτής αλλά και ο μετρητής της κυκλοφορίας. Επομένως, αποτελούν αυτόνομες μονάδες.

Σαν κυριότερα **πλεονεκτήματα** των μόνιμων μετρητών (τοποθέτηση εντός του οδοιστρώματος) μπορούν να αναφερθούν τα κάτωθι:

- (α) **Η μη αντιληπτή παρουσία** των συσκευών αυτών από τους διερχόμενους οδηγούς λόγω της τοποθέτησής τους μέσα στο οδόστρωμα.
- (β) **Η ακρίβεια και η αξιοπιστία στις μετρήσεις** που είναι εξακριβωμένες και πειραματικά [19].
- (γ) **Η πληθώρα** των παρεχόμενων κυκλοφοριακών δεδομένων καθώς παρέχουν πληροφορίες φόρτου κυκλοφορίας, ταχυτήτων κίνησης, μηκών διερχόμενων οχημάτων, θερμοκρασίας οδοιστρώματος, συνθηκών ξηρών/υγρών επιφάνειας οδοιστρώματος [19].
- (δ) **Δυνατότητα ασύρματης μεταβίβασης** των καταγεγραμμένων πληροφοριών από το μετρητή προς κάθε πηγή χωρίς να απαιτείται αφαίρεση/απεγκατάσταση του μετρητή από το οδόστρωμα [19].
- (ε) **Περιορισμένες ανάγκες συντήρησης** των συσκευών που διαθέτουν και ενσωματωμένη πηγή ενέργειας (μπαταρία) μακράς διάρκειας, έως και 5 έτη [19].
- (στ) **Αυτοτέλεια** ανιχνευτών καθώς είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν μετρήσεις και να συλλέξουν δεδομένα κυκλοφορίας χωρίς οποιαδήποτε παρουσία εξωτερικών αισθητήρων (πχ επαγγελματικών βρόχων) [19].

Σχετικά με τα **μειονεκτήματα** των μόνιμων μετρητών μπορούν να αναφερθούν τα εξής:

- (α) **Η αναπόφευκτη φθορά** του οδοιστρώματος προκειμένου να εγκατασταθεί και να απεγκατασταθεί ο μετρητής από το οδόστρωμα [19],[25].
- (β) **Η απαιτούμενη διακοπή** της κυκλοφορίας σε κάθε λωρίδα τοποθέτησης του ανιχνευτή μέχρι την αποπεράτωση των εργασιών εγκατάστασης της συσκευής και την αποκατάσταση του οδοιστρώματος στη θέση εγκατάστασης [19],[25].
- (γ) **Μικρές ζώνες ανίχνευσης** (σε ορισμένα μοντέλα) [19].
- (δ) Στην πλειοψηφία τους αδυνατούν να ανιχνεύσουν **σταματημένα οχήματα** [19].

Αναφορικά με τους **φορητούς μετρητές** τα κυριότερα **πλεονεκτήματά** τους, τα οποία θα μπορούσαμε να αναφέρουμε, είναι τα ακόλουθα:

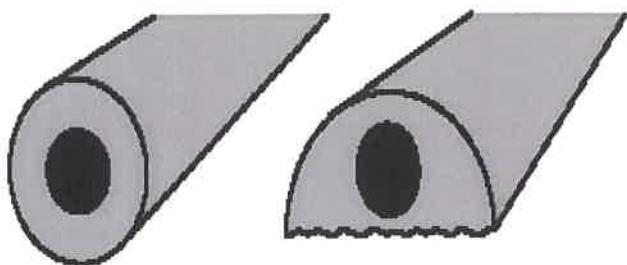
- (α) Πολύ απλή και εύκολη εγκατάσταση/απεγκατάσταση η οποία πραγματοποιείται πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος, χωρίς να είναι αναγκαία οποιασδήποτε μορφής εκτέλεση διεργασιών επί του οδοστρώματος [19].
- (β) Μηδαμινό κόστος εγκατάστασης και απεγκατάστασής τους [19].
- (γ) Ακρίβεια και αξιοπιστία στις μετρήσεις πέρα από κάθε επίδραση των διάφορων συνθηκών του περιβάλλοντος [19].
- (δ) Πληθώρα παρεχόμενων κυκλοφοριακών δεδομένων (όμοια με μόνιμους ανιχνευτές) [19].
- (ε) Αυτοτέλεια και αυτονομία χωρίς την ανάγκη ύπαρξης εξωτερικών αισθητήρων για την επιτέλεση της λειτουργίας τους [19].

Τα κυριότερα μειονεκτήματά των φορητών μετρητών είναι τα κάτωθι:

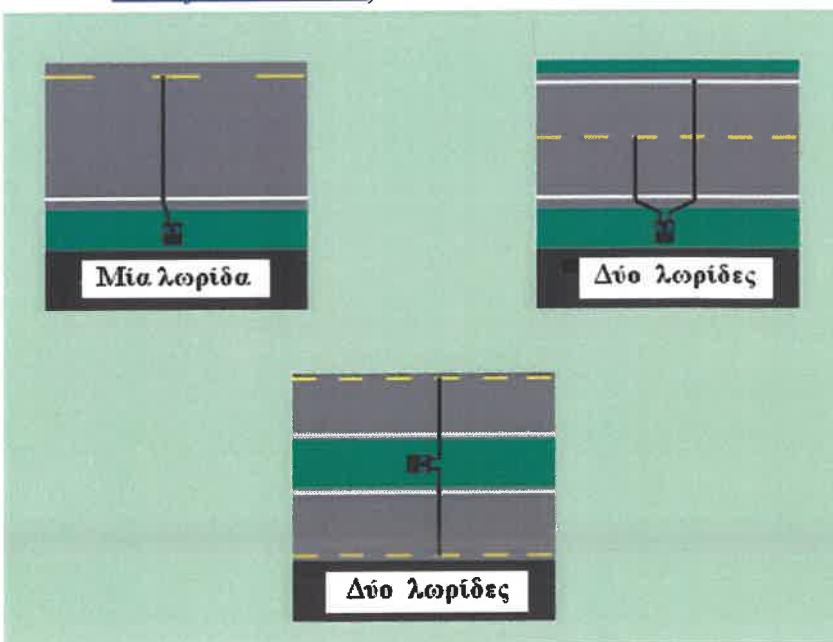
- (α) Αισθητή και εύκολα αντιληπτή παρουσία τους πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος.
- (β) Πρόκληση όχλησης στους οδηγούς των διερχόμενων οχημάτων στη θέα και μόνο των ανιχνευτών.
- (γ) Κίνδυνος πρόκλησης σημαντικών φθορών στο προστατευτικό κάλυμμα του μετρητή και στον ίδιο το μετρητή κατά επέκταση, από τη διερχόμενη κυκλοφορία και, ιδιαίτερα, από τα διερχόμενα βαρέα οχήματα [19].
- (δ) Μικρές ζώνες ανίχνευσης (σε ορισμένα μοντέλα) [19].
- (ε) Στην πλειοψηφία τους αδυνατούν να ανιχνεύσουν σταματημένα οχήματα [19].



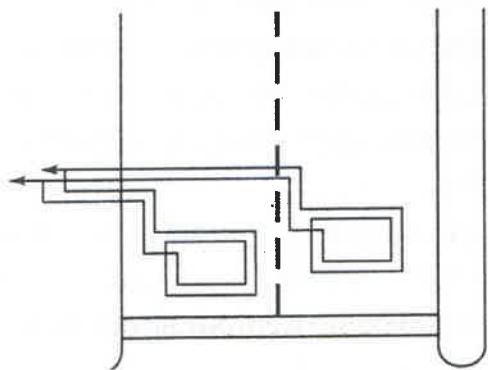
Σχ.2.5.3: Μετρητής με πεπιεσμένο αέρα (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



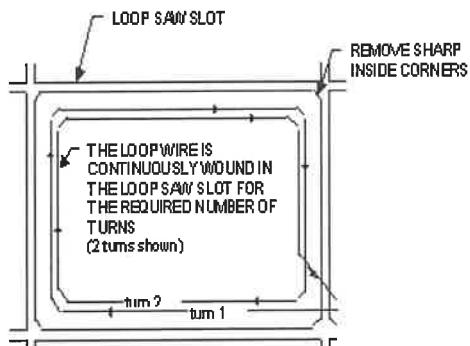
Σχ.2.5.4: Διατομές ελαστικού σωλήνα μετρητών με πεπιεσμένο αέρα (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.2.5.5: Μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων για μία και δύο λωρίδες κυκλοφορίας με χρήση μετρητή με πεπιεσμένο αέρα (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.2.5.6: Παράδειγμα ανιχνευτών οχημάτων με χρήση επαγωγικού βρόχου τοποθετημένων σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας. (ΠΗΓΗ: [21])



Σχ.2.5.7: Λεπτομερής κάτοψη του περιγράμματος των εγκοπών ενός βρόχου στο οδόστρωμα και των συρμάτων του. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)



Σχ.2.5.8: Μόνιμος και φορητός μαγνητικός ανιχνευτής κυκλοφορίας, αντίστοιχα. (ΠΗΓΗ: www.qttinc.com)

2.5.2.2 ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

(A) ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ

Οι ανιχνευτές με τεχνολογία μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο, επιμέρους, κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι **παθητικοί ανιχνευτές υπερύθρων (passive infrared - PIR)**. Στη δεύτερη κατηγορία υπάγονται οι **ενεργητικοί ανιχνευτές υπερύθρων (active infrared)** [19],[21],[22].

Η λειτουργία των **παθητικών ανιχνευτών υπερύθρων** (βλ. Σχ.2.5.9) βασίζεται στην ανίχνευση της ενέργειας, που εκπέμπεται από τα οχήματα, την επιφάνεια του οδοστρώματος και των άλλων αντικειμένων, που βρίσκονται εντός του πεδίου ανίχνευσής τους. Οι ίδιοι οι ανιχνευτές δεν εκπέμπουν καμία ενέργεια από μόνοι τους. Οι παθητικοί ανιχνευτές υπερύθρων ανιχνεύουν ακόμα και τις πιο ανεπαίσθητες μεταβολές των εκπομπών θερμότητας, που προέρχονται από κάθε αντικείμενο ή σώμα, που έχει θερμοκρασία στην επιφάνειά του πάνω από το απόλυτο μηδέν (-273 °C). Μέσω της ανίχνευσης της μεταβολής της θερμότητας, που εκπέμπεται από το οδόστρωμα και ένα διερχόμενο όχημα, καθίσταται δυνατή η ανίχνευση της διέλευσης ενός οχήματος [19],[22].

Η ένταση της εκπεμπόμενης θερμότητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειας, το μέγεθος και την κατασκευή του προς ανίχνευση σώματος. Δεν εξαρτάται, όμως, σε καμιά περίπτωση, από το χρώμα του προς ανίχνευση στόχου, καθώς και από τις επικρατούσες συνθήκες φωτισμού στην ευρύτερη περιοχή ανίχνευσης [22].

Η λειτουργία των **ενεργητικών ανιχνευτών υπερύθρων** (βλ. Σχ.2.5.10) στηρίζεται στην εκπομπή ενός ή περισσότερων χαμηλής ενέργειας ακτίνων λέιζερ στο οδόστρωμα και στη μέτρηση του χρόνου που παρέρχεται, ανάμεσα στη στιγμή της εκπομπής της ακτίνας λέιζερ από τον ανιχνευτή και στη στιγμή της επιστροφής της στον ανιχνευτή. Όταν ο συγκεκριμένος χρόνος που παρέρχεται, είναι μικρότερος από το συνήθη, τότε αυτό αποτελεί σημάδι της ύπαρξης κάποιου οχήματος, εντός της ζώνης ανίχνευσης [21]. Οι ενεργητικοί ανιχνευτές υπερύθρων αποτελούν, ουσιαστικά, λέιζερ ραντάρ (lazer radar).

Η **εγκατάσταση** των εν λόγω ανιχνευτών πραγματοποιείται, πάντοτε, πάνω σε σταθερά σημεία, τα οποία υπέρκεινται του καταστρώματος των οδών. Τέτοια σημεία ενδέχεται να είναι η κορυφή ενός στύλου σηματοδότησης, μια γέφυρα, ένα

υπερυψωμένο τμήμα μιας ανισόπεδης διάβασης, ένας οποιοσδήποτε στύλος στο κράσπεδο της οδού (όπως στύλος ηλεκτροφωτισμού) ή και μία γέφυρα ενός κινητού γερανού (σπανιότερα). Κάθε μετρητής προορίζεται για την πραγματοποίηση μετρήσεων σε μία και μόνο λωρίδα κυκλοφορίας. Επομένως, πάνω από το κατάστρωμα μιας οδού τοποθετούνται τόσοι μετρητές, όσες είναι και οι λωρίδες κυκλοφορίας της οδού. Κάθε μετρητής τοποθετείται ακριβώς επάνω και, κατά το δυνατόν, στο κέντρο της λωρίδας κυκλοφορίας, στην οποία προορίζεται να προβεί σε μετρήσεις.

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** των παθητικών ανιχνευτών υπερύθρων είναι τα ακόλουθα:

- (α) **Η ευκολία εγκατάστασης (και απεγκατάστασης)** των μετρητών, η οποία γίνεται, όπως έχει αναφερθεί, με την τοποθέτηση των μετρητών πάνω σε σταθερά σημεία, τα οποία υπέρκεινται της επιφάνειας του οδοστρώματος.
- (β) Η εγκατάσταση και απεγκατάσταση των μετρητών γίνονται, χωρίς να είναι αναγκαία η πραγματοποίηση οποιασδήποτε εργασίας πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Συνεπώς, σε καμία περίπτωση, δεν είναι αναγκαία η διακοπή της κυκλοφορίας και αποφεύγεται η πρόκληση οποιασδήποτε όχλησης στη διερχόμενη κυκλοφορία.
- (γ) Η ευκολία συντήρησης, η οποία συντήρηση έχει να κάνει, κατά κύριο λόγο, με τον καθαρισμό των οπτικών μερών των μετρητών, όπως των φακών ή/και των κατόπτρων, από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (βροχή, κονιορτός, τέφρα, κλπ).
- (δ) Η πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας [22].
- (ε) Ιδιαίτερα ανταγωνιστικοί στην τιμή και στην αναλογία απόδοσης προς κόστος [22].
- (στ) Καμία εμπλοκή και πρόκληση όχλησης, λόγω της παρουσίας των μετρητών, στη διερχόμενη κυκλοφορία.
- (ζ) Η δυνατότητα ανίχνευσης της ανθρώπινης παρουσίας αποτελεί μία από τις ξεχωριστές δυνατότητες, που παρέχει η τεχνολογία των υπερύθρων. Οι συγκεκριμένοι μετρητές είναι από τους ελάχιστους που διαθέτουν τέτοια δυνατότητα [22].
- (η) Η παθητική ανίχνευση, λόγω της αρχής λειτουργίας της, εξαλείφει τους ενδεχόμενους κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων, που προέρχονται από την πληθώρα των εκπεμπόμενων ακτινοβολιών από κάθε είδος ανιχνευτή [22].

Τα κυριότερα **μειονεκτήματα** των παθητικών ανιχνευτών υπερύθρων είναι τα ακόλουθα:

- (α) Η επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην απόδοση των ανιχνευτών[22].

- (β) Οι μετρήσεις των ταχυτήτων δεν είναι πολύ ακριβείς [22].
- (γ) Οι παθητικοί ανιχνευτές χαρακτηρίζονται σχετικά αργοί, όσον αφορά την ταχύτητα αντίδρασής τους, συγκρινόμενοι με άλλες, ανταγωνιστικές τεχνολογίες [22].

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** των ενεργητικών ανιχνευτών υπερύθρων είναι τα ακόλουθα:

- (α) Η ευκολία εγκατάστασης (και απεγκατάστασης) των μετρητών.
- (β) Η εγκατάσταση και απεγκατάσταση των μετρητών γίνονται, χωρίς να είναι αναγκαία η πραγματοποίηση οποιασδήποτε εργασίας πάνω στην επιφάνεια του οδοιστρώματος.
- (γ) Καμία εμπλοκή και πρόκληση όχλησης, λόγω της παρουσίας των μετρητών, στη διερχόμενη κυκλοφορία.
- (δ) Εκπομπή πολλαπλών ακτίνων (λέιζερ) για την ακριβή μέτρηση της ταχύτητας και των υπολογισμό της ακριβούς θέσης και της κατηγορίας του οχήματος [19].
- (ε) Η δυνατότητα λειτουργίας για πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας [19].

Τα κυριότερα **μειονεκτήματα** των ενεργητικών ανιχνευτών υπερύθρων είναι τα ακόλουθα:

- (α) Η επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην απόδοση των ανιχνευτών [22].
- (β) Η αναγκαία συντήρηση η οποία απαιτεί περιοδικό καθαρισμό των φακών του ανιχνευτή [19].

(B) ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

Η λειτουργία των ανιχνευτών με ραντάρ μικροκυμάτων (βλ.Σχ.2.5.11) βασίζεται στην ίδια αρχή, με την οποία λειτουργούν και τα ραντάρ της αστυνομίας για τον έλεγχο της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων. Η συσκευή του ραντάρ εκπέμπει προς το στόχο, στον οποίο έχει ρυθμιστεί να εστιάζει, χαμηλής ενέργειας και υψηλής συχνότητας μικροκύματα, τα οποία έχουν, λεπτομερώς, καθορισμένο εύρος συχνοτήτων στην περιοχή των **Ghz** [22].

Υπάρχουν δύο κατηγορίες ραντάρ μικροκυμάτων. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα συνεχούς κύματος ντόπλερ ραντάρ (continuous wave (CV) Doppler radar). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα μεταβλητής συχνότητας συνεχούς κύματος ραντάρ (frequency modulated continuous wave (FMCW) microwave radar). Για την κάθε

κατηγορία ραντάρ η λειτουργία της ανίχνευσης ενός οχήματος και του υπολογισμού της ταχύτητάς του πραγματοποιείται με διαφορετικό τρόπο [19].

Ένα όχημα, το οποίο κινείται εντός της περιοχής ανίχνευσης ενός ντόπλερ ραντάρ, δέχεται τα εκπεμπόμενα μικροκύματα από το ραντάρ, τα οποία και αντανακλά προς την πηγή εκπομπής τους. Τα εκπεμπόμενα μικροκύματα από το ραντάρ χαρακτηρίζονται από τη σταθερή συχνότητά τους. Τα ανακλώμενα, όμως, από το όχημα προς το ραντάρ, μικροκύματα είναι διαφορετικής συχνότητας σε σχέση με τα αρχικά μικροκύματα, που εκπέμπονται από το ραντάρ προς τη ζώνη ανίχνευσης, λόγω του φατνομένου Ντόπλερ. Από την παρατηρούμενη αυτή μεταβολή στη συχνότητα του εκπεμπόμενου από το ραντάρ μικροκύματος και του ανακλώμενου από τα οχήματα μικροκύματος, επιτυγχάνεται η ανίχνευση ενός οχήματος εντός του πεδίου ανίχνευσης του ραντάρ και μπορούν, επιπλέον, να υπολογιστούν με μεγάλη ακρίβεια η κατεύθυνση και η ταχύτητα κίνησης ενός οχήματος. Η μεταβολή αυτή της συχνότητας είναι ανάλογη με την ταχύτητα των οχημάτων και μπορεί να υπολογιστεί με μεγάλη ακρίβεια. Όταν ένα όχημα πλησιάζει προς το ραντάρ, τότε παρατηρείται αύξηση στη συχνότητα του ανακλώμενου κύματος, σε σχέση με το εκπεμπόμενο, ενώ όταν ένα όχημα απομακρύνεται, παρατηρείται μείωση στη συχνότητα του ανακλώμενου κύματος [22].

Τα μεταβλητής συχνότητας συνεχούς κύματος ραντάρ εκπέμπουν μικροκύματα, η συχνότητα των οποίων είναι διαρκώς μεταβαλλόμενη ως προς το χρόνο. Το πεδίο ανίχνευσης των ανιχνευτών διαιρείται σε επιμέρους ζώνες. Η ταχύτητα κίνησης ενός οχήματος υπολογίζεται μέσω τη χρονικής διαφοράς ΔT , που αντιστοιχεί στην άφιξη ενός οχήματος στις άκρες δύο διαδοχικών επιμέρους ζωνών, γνωστής απόστασης d μεταξύ τους. Η ταχύτητα υπολογίζεται από τον τύπο: $U = d / \Delta T$ [19].

Η λειτουργία της ανίχνευσης των οχημάτων προϋποθέτει, κατεξοχήν στην περίπτωση των ντόπλερ ραντάρ, συνεχή κίνηση των διερχόμενων οχημάτων. Τα ντόπλερ ραντάρ είναι δυναμικοί ανιχνευτές και αντιδρούν, επομένως, μόνο σε κίνηση οχημάτων, μην έχοντας την ικανότητα να ανιχνεύσουν την παρουσία ακινητοποιημένων οχημάτων. Υπάρχει μία ελάχιστη ταχύτητα κίνησης των οχημάτων, για την οποία τα ντόπλερ ραντάρ δύνανται να ανιχνεύσουν την παρουσία των οχημάτων στο οπτικό τους πεδίο και η οποία κυμαίνεται ανάμεσα στα 4 και 8 χλμ/ώρα, ανάλογα με τις ρυθμίσεις του κάθε κατασκευαστή. Για οχήματα με ταχύτητες κίνησης πιο μικρές από τις ελάχιστες προαναφερθείσες, το ντόπλερ ραντάρ αδυνατεί να ανιχνεύσει την παρουσία τους [22].

Όσον αφορά τα μεταβλητής συχνότητας συνεχούς κύματος ραντάρ, η παραπάνω

ιδιαιτερότητα των ντόπλερ ραντάρ δεν τα χαρακτηρίζει, καθώς αυτά είναι σε θέση να ανιχνεύσουν ακόμη και τα στάσιμα οχήματα, εντός του οπτικού τους πεδίου [19].

Οι ανιχνευτές με χρήση ραντάρ προορίζονται για εγκατάσταση τόσο σε θέσεις ακριβώς επάνω από την οδό όσο και σε πλευρικές θέσεις ως προς την οδό, με εξίσου αποτελεσματική απόδοση και στις δύο επιμέρους τοποθεσίες. Μπορούν να τοποθετηθούν πάνω σε **στύλους σηματοδότησης** ή γέφυρες ανισόπεδων κόμβων, ώστε να βρίσκονται ακριβώς επάνω από τις λωρίδες κυκλοφορίας της οδού και η διεύθυνση του οπτικού τους πεδίου να είναι, κατά το δυνατόν, παράλληλη με τις λωρίδες κυκλοφορίας. Επίσης, μπορούν να τοποθετηθούν και σε πλευρικές θέσεις ως προς την οδό, αναρτώμενοι πάνω σε **πινακίδες σήμανσης** ή και **στύλους ηλεκτροδότησης**.

Πέραν, όμως, από τη θέση εγκατάστασης, σημαντικό παράγοντα για την απόδοση των ανιχνευτών αποτελεί και το **ύψος εγκατάστασης**, το οποίο δεν είναι το ίδιο για όλους τους ανιχνευτές, αλλά ποικίλει ανάλογα με τον κατασκευαστή και τα επιμέρους μοντέλα του.

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** των ανιχνευτών με ραντάρ μικροκυμάτων είναι τα ακόλουθα:

- (α) Η ευκολία εγκατάστασης (και απεγκατάστασης) των μετρητών.
- (β) Η εγκατάσταση και απεγκατάσταση των μετρητών γίνονται, χωρίς να είναι αναγκαία η διακοπή της κυκλοφορίας και αποφεύγεται η πρόκληση οποιασδήποτε όχλησης στη διερχόμενη κυκλοφορία.
- (γ) Καμία πρόκληση όχλησης, λόγω της παρουσίας των μετρητών, στη διερχόμενη κυκλοφορία.
- (δ) Δεν επηρεάζεται η λειτουργία και η απόδοσή τους από τις άσχημες καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος, βροχή κλπ) [19],[23].
- (ε) Ακριβής υπολογισμός της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων [19],[23].
- (στ) Δυνατότητα λειτουργίας ανίχνευσης και συλλογής κυκλοφοριακών στοιχείων από πολλές λωρίδες κυκλοφορίας ταυτόχρονα [19],[22],[23],[24].

Τα κυριότερα **μειονεκτήματά** τους είναι τα ακόλουθα:

- (α) Αδυναμία των ντόπλερ ραντάρ να ανιχνεύσουν τα σταματημένα οχήματα σε μία λωρίδα κυκλοφορίας, καθώς και τα οχήματα που κινούνται με πολύ χαμηλές ταχύτητες (κάτω από 8 χλμ/ώρα) [19],[22],[23],[24]. Προβληματική έως αδύνατη, επομένως, η χρήση τους σε περιπτώσεις μετρήσεων υψηλών φόρτων με χαμηλές ταχύτητες κίνησης των οχημάτων.

(β) Μειωμένη απόδοση της λειτουργίας των ντόπλερ ραντάρ στην καταμέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων σε κόμβους [19].

(Γ) ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Η λειτουργία των εν λόγω ανιχνευτών στηρίζεται στην εκπομπή ηχητικών κυμάτων με συχνότητες από 20 KHz έως και 65 KHz. Τα ηχητικά αυτά κύματα, λόγω της υψηλής συχνότητάς τους, βρίσκονται πάνω από το ακουστικό πεδίο του ανθρώπου και επομένως, δε γίνονται αντιληπτά. Επιπλέον, τα ηχητικά κύματα των ανιχνευτών μπορεί να είναι είτε (α) **συνεχή** είτε (β) **παλμικά**. Η πλειοψηφία των συγκεκριμένων ανιχνευτών λειτουργεί με παλμικά κύματα υπερήχων [19].

Μέσω των υπέρηχων μετριούνται οι αποστάσεις τόσο ανάμεσα στον ανιχνευτή και στην επιφάνεια του οδοστρώματος όσο και ανάμεσα στον ανιχνευτή και στην επιφάνεια του κάθε διερχόμενου οχήματος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ανίχνευσης του ποσοστού της εκπεμπόμενης ηχητικής ενέργειας, που αντακλάται προς τον ανιχνευτή, από την καθορισμένου εύρους περιοχή ανίχνευσής του. Όταν ο ανιχνευτής μετράει μία απόσταση διαφορετική από τη δεδομένη απόσταση, ανάμεσα σε αυτόν και την επιφάνεια του οδοστρώματος, τότε η μεταβολή αυτή της μετρούμενης απόστασης ερμηνεύεται από τον ανιχνευτή, ως η παρουσία ενός οχήματος, εντός του πεδίου ανίχνευσής του [19].

Η εγκατάσταση των ανιχνευτών πρέπει να πραγματοποιείται με δύο μόνο τρόπους. Πρέπει να γίνεται είτε με **οριζόντια** είτε με **κατακόρυφη** τοποθέτηση του ανιχνευτή, όπως παρουσιάζεται, χαρακτηριστικά, στα Σχ.2.5.13 και Σχ.2.5.14. Εξαιτίας της φύσης της τεχνολογίας των υπερήχων απαιτείται άμεση αντανάκλαση των υπερήχων από τα οχήματα-στόχους προς τον ανιχνευτή. Διαφορετικά, για οποιονδήποτε άλλο τρόπο εγκατάστασης του ανιχνευτή (υπό οποιαδήποτε άλλη γωνία) υφίσταται ο κίνδυνος το ανακλώμενο, από την επιφάνεια των οχημάτων, κύμα υπερήχων να μην επιστρέψει στον ανιχνευτή και επομένως, ο ανιχνευτής να απωλέσει τις διελεύσεις των οχημάτων. Η συνήθης διάταξη είναι, να χρησιμοποιείται ένας ανιχνευτής ανά μια λωρίδα κυκλοφορίας.

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** των ανιχνευτών με υπέρηχους είναι τα ακόλουθα:

- (α) Εύκολη εγκατάσταση των ανιχνευτών [25].
- (β) Για την εγκατάσταση των ανιχνευτών δεν απαιτείται κανενός είδους επέμβαση στο οδόστρωμα και επομένως, δεν προκαλείται καμιά ζημιά στην επιφάνεια του

οδοστρώματος [19].

(γ) Η παρενόχληση της κυκλοφορίας, κατά τη διαδικασία εγκατάστασης των ανιχνευτών, είναι πολύ μικρή [19].

(δ) Μικρές ανάγκες συντήρησης και επομένως και χαμηλό κόστος συντήρησης. Υπάρχουν αναφορές για λειτουργία ανιχνευτών, χωρίς καμιά συντήρηση, για χρονικό διάστημα 10 ετών [25].

(ε) Δυνατή η λειτουργία τους για πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας, ταυτόχρονα [19],[25].

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των ανιχνευτών με υπέρηχους είναι τα ακόλουθα:

(α) Ορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως οι μεταβολές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και οι ακραίοι στροβιλισμοί του αέρα, μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στη λειτουργία των ανιχνευτών [19],[25].

(β) Η λειτουργία τους μπορεί να παρεμποδιστεί από παράσιτα πηγών θορύβου [26].

(γ) Οι μεγάλες περίοδοι επανάληψης (εκπομπής) του παλμικού κύματος μπορεί να οδηγήσουν σε υποεκτίμηση της μετρούμενης κατάληψης στους αυτοκινητόδρομους, για οχήματα που να ταξιδεύουν με μέτριες έως υψηλές ταχύτητες [19],[25].

(δ) Η τοποθέτηση των αναγκαίων κατασκευών (πχ απαιτούμενου οριζόντιου βραχίονα πάνω σε κατακόρυφους στύλους, στα πλαϊνά των δρόμων) προκειμένου να αναρτηθούν πάνω σε αυτές οι ανιχνευτές, ακριβώς επάνω από την επιφάνεια του δρόμου, μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην αισθητική των αυτοκινητοδρόμων [25].

(Δ) ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ (BINTEO)

Η εφαρμογή συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας αποτελεί την πιο σύγχρονη, αποτελεσματική και, συγχρόνως, ολοκληρωμένη μέθοδο παρακολούθησης της κυκλοφορίας. Κατά τη μέθοδο αυτή, όπως και στην περύπτωση των κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης, λαμβάνεται εικόνα από την οδό, με τη βοήθεια κάμερας, και αναπαράγεται σε οθόνες του κέντρου διαχείρισης. Πλην όμως, η εικόνα αυτή εισάγεται και σε κατάλληλη ηλεκτρονική υπολογιστική μονάδα, όπου και υφίσταται επεξεργασία για τη λήψη όλων των επιθυμητών στοιχείων, παρακάμπτοντας τον ανθρώπινο παράγοντα. Η παρακολούθηση της κυκλοφορίας με ψηφιακή επεξεργασία εικόνας

μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για εξαγωγή κυκλοφοριακών δεδομένων, όσο και για επιτήρηση της κυκλοφορίας [26].

Οι κάμερες βιντεοσκόπησης εισήχθησαν αρχικά, προκειμένου να εξασφαλίζεται η επιτήρηση της κυκλοφορίας στους δρόμους. Μέσω αυτών, μεταβιβάζονταν εικόνες κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης σε έναν άνθρωπο χειριστή του συστήματος για τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών. Σήμερα, πιο εξελιγμένες τεχνικές χρησιμοποιούν την επεξεργασία της εικόνας του βίντεο για να αναλύσουν αυτόματα το σκηνικό του ενδιαφέροντος και να εξάγουν πληροφορίες για την επιτήρηση και τον έλεγχο της κυκλοφορίας. Ένα σύστημα ψηφιακής επεξεργασίας της εικόνας αποτελείται, συνήθως, από μία ή περισσότερες κάμερες, ένα μικρούπολογιστή για την ψηφιοποίηση και την επεξεργασία της εικόνας, καθώς και από λογισμικό πρόγραμμα για να «ερμηνεύει» τις εικόνες και να τις μετατρέπει σε δεδομένα κυκλοφοριακής ροής [19]. Στο σχήμα Σχ.2.5.12 παρουσιάζονται τύποι συσκευών λήψης εικόνας για εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας, καθώς και συσκευές επεξεργαστών εικόνας.

Κατά την εγκατάσταση του συστήματος, αφού οριστικοποιηθεί η θέση της κάμερας και ξεκινήσει η λήψη της εικόνας, ο χειριστής ορίζει στην οθόνη γραμμές και περιοχές ανίχνευσης, ανάλογα με τα στοιχεία που είναι επιθυμητό να λαμβάνονται. Μόλις κάποιο όχημα πατήσει κάποια γραμμή ή εισέλθει εντός συγκεκριμένης περιοχής, ανιχνεύεται. Χαρακτηριστική η εικόνα του σχήματος Σχ.2.5.12. Στη συνέχεια, μία σειρά από αλγορίθμους αναλαμβάνει να επεξεργαστεί περαιτέρω την εικόνα και να εξάγει όλα τα επιθυμητά στοιχεία, απεικονίζοντάς τα στην οθόνη, αλλά και αποθηκεύοντάς τα για δημιουργία διαχρονικών δεδομένων [26].

Τα συστήματα ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας προβαίνουν στην ανίχνευση των οχημάτων, μέσω της ανάλυσης της εικόνας από ένα σκηνικό της κυκλοφορίας και του προσδιορισμού των αλλαγών, ανάμεσα σε διαδοχικά καρέ της εικόνας. Η πλειοψηφία των ψηφιακών συστημάτων επεξεργασίας εικόνας αναλύει την εικόνα, που μεταβιβάζεται σε αυτά, σε μια πλήρη σειρά από καρέ, με ρυθμό ανάλυσης έως και 30 καρέ ανά δευτερόλεπτο. Οι παράμετροι της κυκλοφοριακής ροής υπολογίζονται διαμέσω της ανάλυσης των διαδοχικών καρέ του βίντεο [19].

Κατά τη μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων μπορούν να μετρηθούν διάφορα στοιχεία όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι ταχύτητες των οχημάτων, η κατανομή κατά λωρίδα, οι χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί, η πυκνότητα κυκλοφορίας. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης του μήκους κάθε οχήματος, με αντίστοιχη κατανομή της κυκλοφορίας κατά κατηγορία. Τα στοιχεία μήκους σε συνδυασμό με το χρώμα,

επιτρέπουν και την ταυτοποίηση της διέλευσης ενός οχήματος συγκεκριμένου από τα επόμενα παρακολουθούμενα σημεία, για την εξαγωγή μέσων τιμών ταχυτήτων και χρόνων διαδρομής, όπως και δεδομένων προέλευσης και προορισμού [26].

Αναφορικά με τον τρόπο εγκατάστασης των συσκευών λήψης της εικόνας (κάμερες), η εγκατάστασή τους μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Οι κάμερες μπορούν να τοποθετηθούν, ώστε να «κοιτάζουν» είτε κατά τη φορά, είτε αντίθετα προς τη φορά της ροής της διερχόμενης κυκλοφορίας.

Ως κύρια **πλεονεκτήματα** των συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας μπορούν να παρατεθούν τα ακόλουθα:

(α) Για την εγκατάσταση των καμερών δεν απαιτείται κανενός είδους επέμβαση στο οδόστρωμα και επομένως, δεν προκαλείται καμιά ζημιά στην επιφάνεια του οδοιστρώματος.

(β) Η παρενόχληση της κυκλοφορίας, κατά τη διαδικασία εγκατάστασης των καμερών, είναι μικρή.

(γ) Υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης και καταγραφής της κυκλοφορίας σε πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας, ταυτόχρονα, καθώς και σε πολλαπλές ζώνες ανά λωρίδα κυκλοφορίας [25].

(δ) Ευκολία ως προς την προσθήκη και την τροποποίηση των ζωνών ανίχνευσης επί της οδού [25].

(ε) Πλούσιες διατειθέμενες δυνατότητες ως προς τη συλλογή κυκλοφοριακών δεδομένων [25].

(στ) Παρέχεται ανίχνευση ευρείας περιοχής, όταν οι (κυκλοφοριακές) πληροφορίες μπορούν να συγκεντρώνονται από μία κάμερα [25].

Ως κύρια **μειονεκτήματα** των συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας μπορούν να θεωρηθούν τα ακόλουθα:

(α) Οι ακραίες καιρικές συνθήκες, οι σκιές, η προβολή των οχημάτων στις γειτονικές λωρίδες κυκλοφορίας, η μετάβαση από την ημέρα στη νύχτα και αντίστροφα, η αντίθεση ανάμεσα στο όχημα και στο δρόμο, καθώς και η παρουσία νερού, στιγμάτων άλατος, κρυστάλλων πάγου και ιστών αράχνης, μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στη λειτουργία του συστήματος [25].

(β) Απαιτείται ένα καθορισμένο ύψος τοποθέτησης της κάμερας για τη βέλτιστη ανίχνευση της παρουσίας και τη μέτρηση της ταχύτητας ενός οχήματος [25].

(γ) Μερικά μοντέλα είναι ευαίσθητα στην κίνηση της κάμερας, η οποία προκαλείται από τους ισχυρούς ανέμους [25].

(δ) Μεγάλο το κόστος αγοράς, εγκατάστασης και λειτουργίας των συστημάτων αυτών. Η μόνη ευμενής περίπτωση (από οικονομικής άποψης) είναι, όταν απαιτείται η επιτήρηση πολλών λωρίδων κυκλοφορίας από μια μόνο κάμερα, οπότε το κόστος ανίχνευσης, ανά λωρίδα κυκλοφορίας, μειώνεται [25].

(E) ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΜΕ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Η βασική αρχή λειτουργίας των ακουστικών ανιχνευτών στηρίζεται στην ανίχνευση της ηχητικής ενέργειας από τη διέλευση των οχημάτων σε μια οδό. Όταν ένα όχημα διέρχεται από την περιοχή ανίχνευσης ενός από τους εν λόγω ανιχνευτές, ανιχνεύεται μία αύξηση στην ηχητική ενέργεια που λαμβάνει ο ανιχνευτής και αναγνωρίζεται η παρουσία ενός οχήματος. Όταν το όχημα εγκαταλείπει τη ζώνη ανίχνευσης, η στάθμη της ηχητικής ενέργειας πέφτει κάτω από το κατώφλι ανίχνευσης και επομένως, παύει να υφίσταται η παρουσία του οχήματος. Χαρακτηριστική εικόνα ενός τέτοιου ανιχνευτή παρουσιάζεται στο Σχ.2.5.15.

Είναι σχεδιασμένοι για εφαρμογή σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, στις οποίες μπορούν να λειτουργήσουν και να δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, υπάρχουν μοντέλα, η χρήση των οποίων ενδείκνυται για τη μέτρηση φόρτων κυκλοφορίας σε δρόμους, που χρησιμοποιούνται αραιά από τα οχήματα και συνεπώς, είναι αναμενόμενο, οι δρόμοι αυτοί να παρουσιάζουν μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους. Οι ακουστικοί ανιχνευτές είναι ιδανικοί, επίσης, για χρήση και σε μη ασφαλτοστρωμένους δρόμους [27].

Η εγκατάσταση του ακουστικού ανιχνευτή είναι απλή και εύκολη. Ως σταθερά σημεία για την τοποθέτηση των ακουστικών αισθητήρων επιλέγονται, συνηθέστερα, στύλοι ηλεκτροφωτισμού ή και στύλοι οδικής σήμανσης, οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται κατά το δυνατόν πλησιέστερα προς το δρόμο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ακουστικοί μετρητές μπορούν να τοποθετηθούν και πάνω σε κορμούς δέντρων [27].

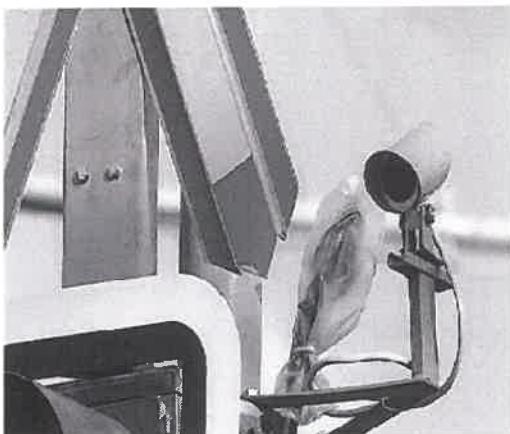
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ανιχνευτών με παθητικό ακουστικό αισθητήρα είναι τα ακόλουθα:

- (α) Το μικρό κόστος απόκτησής τους [27].
- (β) Η ευκολία εγκατάστασης και απεγκατάστασής τους [27].
- (γ) Η μη πρόκληση φθορών στο οδόστρωμα και η μη διακοπή της κυκλοφορίας κατά την εγκατάστασή τους [27].
- (δ) Η πραγματοποίηση των κυκλοφοριακών μετρήσεων γίνεται χωρίς την παραμικρή

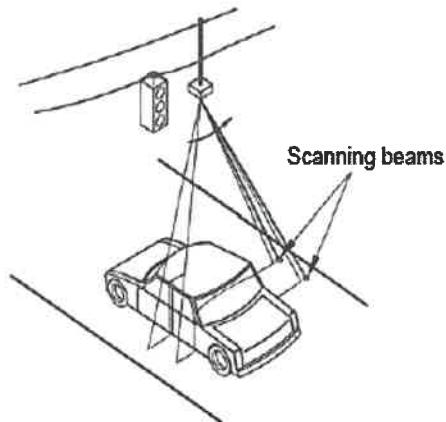
όχληση των διερχόμενων οχημάτων [27].

Τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- (α) Το περιορισμένο εύρος εφαρμογών τους. Όπως έχει αναφερθεί, αρκετά μοντέλα ανιχνευτών αυτής της κατηγορίας ενδείκνυνται για χρήση σε δρόμους με μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους ή/και σε δρόμους μη ασφαλτοστρωμένους [27]. Υπάρχουν και μοντέλα, η χρήση των οποιών δε συνίσταται για δρόμους με χαμηλές ταχύτητες κίνησης των οχημάτων και συνεχή σταματήματα και εκκινήσεις της κυκλοφορίας [19].
- (β) Οι ακουστικοί μετρητές δεν παρέχουν ιδιαίτερα αξιόπιστες μετρήσεις, ενώ η αξιοπιστία των παρεχόμενων μετρήσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό, από τις συνθήκες του περιβάλλοντος που επικρατούν στη θέση εγκατάστασης του ανιχνευτή [27]. Επιπρόσθετα, οι χαμηλές θερμοκρασίες επιδρούν αρνητικά στην ακρίβεια των μετρήσεων [19].
- (γ) Η περιορισμένη ικανότητα συλλογής κυκλοφοριακών δεδομένων σε σύγκριση με άλλους μετρητές. Οι ακουστικοί ανιχνευτές καταγράφουν αριθμό διελεύσεων οχημάτων, χωρίς να έχουν τη δυνατότητα να διακρίνουν σε τι κατηγορία ανήκει το κάθε διερχόμενο όχημα.



Σχ.2.5.9: Παθητικός ανιχνευτής υπερύθρων (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



ανιχνευτής
www.asim-technologies.com

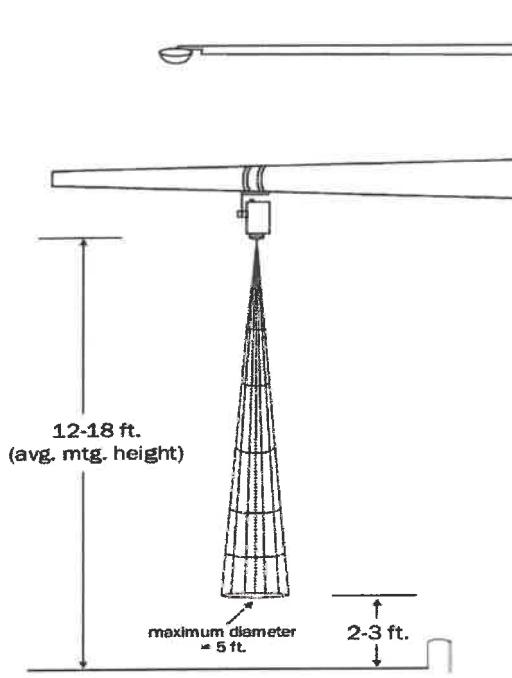
Σχ.2.5.10: Ενεργητικός ανιχνευτής υπερύθρων (λέιζερ) (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



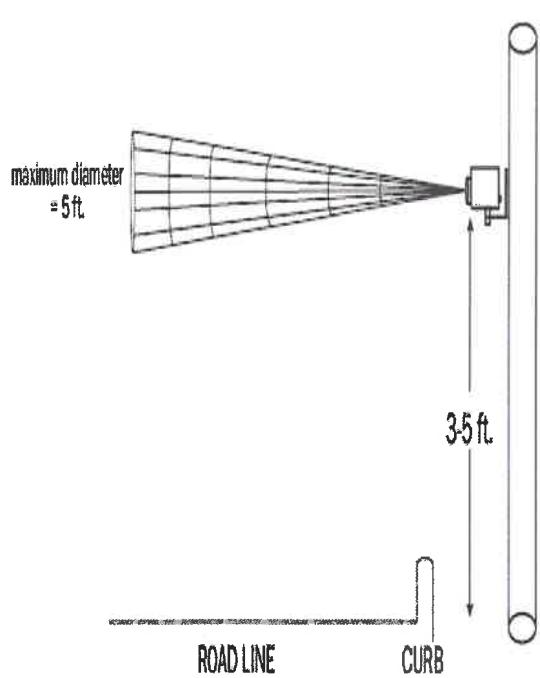
Σχ.2.5.11: Ανιχνευτής κυκλοφορίας με μικροκύματα (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



Σχ.2.5.12: Απεικόνιση των ζωνών ανίχνευσης επί της οδού με τη μέθοδο της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας (ΠΗΓΗ: www.iteris.com)



Σχ.2.5.13: Εγκατάσταση ανιχνευτή με τεχνολογία υπερήχων σε κατακόρυφη θέση (ΠΗΓΗ: www.mssedco.com)



Σχ.2.5.14: Εγκατάσταση ανιχνευτή με τεχνολογία υπερήχων σε οριζόντια θέση (ΠΗΓΗ: www.mssedco.com)



Σχ.2.5.15: Παθητικός ακουστικός ανιχνευτής (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ, ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΜΕΛΕΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ [28].

Τόσο στα 14.000 χιλιόμετρα των ακτών της Ελλάδας όσο και στον υπόλοιπο κόσμο βρίσκονται διάσπαρτα λιμάνια, όλων των ειδών και των μεγεθών. Λιμάνια εμπορικά, μεγάλα σε μέγεθος και με διακίνηση μεγάλου εκτοπίσματος πλοίων, λιμάνια επιβατικά, λιμένες διακίνησης εμπορευμάτων και λιμένες βιομηχανικών εγκαταστάσεων, μαρίνες σκαφών αναψυχής, καταφύγια τουριστικών σκαφών, αλιευτικά καταφύγια, ιχθυόσκαλες και μικρά αραξοβόλια.

Κάθε λιμάνι έχει τους κυματοθραύστες του, τα κρηπιδώματά του, τις εγκαταστάσεις του. Απλές ή πολύπλοκες, μεγάλες ή μικρές, οι εγκαταστάσεις αυτές αποτελούν μία σημαντική επέμβαση στο ιδιαίτερα ευαίσθητο παράκτιο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από την κατασκευή και τη λειτουργία ενός λιμενικού έργου μπορούν να υπαχθούν στις ακόλουθες τρεις βασικές κατηγορίες:

- (α) επιπτώσεις στις μη βιοτικές (ή αβιοτικές) παραμέτρους
- (β) επιπτώσεις στις βιοτικές παραμέτρους
- (γ) επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον

Στην ανάλυση καθεμιάς εκ των τρειών παραπάνω κατηγοριών που ακολουθεί, γίνεται μια αναφορά, στις βασικές παραμέτρους που επηρεάζονται από τα λιμενικά έργα.

3.1.1 ΜΗ ΒΙΟΤΙΚΕΣ (Η ΑΒΙΟΤΙΚΕΣ) ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι παράμετροι, οι οποίες δεν έχουν σχέση με τα έμβια όντα και οι οποίες διακρίνονται στις εξής:

(α) Μορφολογία ακτής και εξέλιξη ακτογραμμής: Τα εξωτερικά έργα ενός λιμενικού έργου, δηλαδή οι κυματοθραύστες, παρεμβαίνουν στη ζώνη που κινείται το παράκτιο ίζημα, στη ζώνη στερεοπαροχής, με αποτέλεσμα να τροποποιείται η 'ακτομηχανική δίαιτα' της περιοχής. Αυτός είναι ο λόγος που με την κατασκευή ενός λιμενικού έργου συνήθως παρατηρούνται μεγάλες συσσωρεύσεις ίζημάτων ανάντι του έργου, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζονται φαινόμενα παράκτιας διάβρωσης στα κατάντι. Η επίπτωση

ενός λιμενικού έργου στη μορφολογία της ακτής είναι μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις από την κατασκευή λιμενικών έργων, ανεξαρτήτως μεγέθους, η οποία επηρεάζει την ευρύτερη περιοχή συνήθως με πολύ δυσμενή αποτελέσματα. Ήδη από τη φάση της επιλογής της χωροθέτησης του έργου πρέπει να γίνεται αναλυτική μελέτη μορφολογίας της ακτής, δηλαδή μελέτη της διαφοροποίησης της ακτομηχανικής δίαιτας και μελέτη πρόβλεψης της εξέλιξης της ακτογραμμής υπό την επίδραση του έργου για τα επόμενα 25 χρόνια τουλάχιστον. Με μια τέτοια μελέτη μπορούν να αποφευχθούν ανεπιθύμητες προσχώσεις και διαβρώσεις, είτε με καλύτερη επιλογή χώρου είτε με καλύτερο σχεδιασμό των εξωτερικών έργων.

(β) **Χαρακτηριστικά του τοπίου – αισθητική:** Η δημιουργία ενός λιμενικού έργου διαφοροποιεί δραστικά την αισθητική του τοπίου. Η αισθητική του παράκτιου τοπίου είναι μια παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική, αφού πολλά από τα παράκτια τοπία μας χαρακτηρίζονται από εξαίρετο φυσικό κάλλος. Είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί η επίπτωση αυτή, κυρίως με βάση τη διερεύνηση των απόψεων ομάδας παρατηρητών και με τη χρήση φωτορεαλιστικής απεικόνισης.

(γ) **Γεωλογικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά:** Εντοπίζονται οι μεταβολές που θα προκαλέσει το έργο σε σημαντικούς γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής, καθώς και η διαθεσιμότητα λατομικών υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή του έργου. Η κατασκευή ενός λιμενικού έργου απαιτεί τεράστιες ποσότητες λατομικού υλικού (φυσικοί ογκόλιθοι και λιθόριπτα), οπότε η θέση και το είδος του λατομείου είναι ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος στην επιμέτρηση των επιπτώσεων του έργου στα εδαφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής.

(δ) **Ατμόσφαιρα:** Η ποιότητα της ατμόσφαιρας επηρεάζεται κυρίως κατά τη φάση κατασκευής ενός λιμενικού έργου. Αν πάρουμε το παράδειγμα που αναφέρθηκε πιο πάνω στο σημείο 3, για τη μεταφορά όλων αυτών των υλικών στο εργοτάξιο του λιμενικού έργου θα απαιτηθούν 20,000 οχηματοδιαδρομές βαρέων οχημάτων. Η επιβάρυνση της ποιότητας του αέρα από τα καυσαέρια των εξατμίσεων είναι σημαντική. Οι οχηματοδιαδρομές αυτές θα επιβαρύνουν σημαντικά την οδική κυκλοφορία της περιοχής, και για το λόγο αυτό συχνά απαιτείται η διενέργεια και κυκλοφοριακής μελέτης για τη ρύθμιση της κυκλοφοριακής ροής.

(ε) **Θόρυβος:** Το ακουστικό κλίμα της περιοχής επηρεάζεται από τις εργασίες κατά τη φάση της κατασκευής, από την διακίνηση των μηχανοκίνητων σκαφών και πλοίων κατά τη λειτουργία του έργου, ή ακόμα και από το θόρυβο των καταρτιών των

ιστιοφόρων όταν υπάρχει αέρας.

(στ) Φωτορύπανση: Τα λιμενικά έργα ανεξαρτήτως μεγέθους συνήθως φωτίζονται για λόγους ασφάλειας. Αν η πανίδα και χλωρίδα της περιοχής είναι ευαίσθητες, τότε η όχληση από το φωτισμό αναμένεται σημαντική.

(ζ) Οσμές: Οσμές δημιουργούνται κυρίως από τις εργασίες ναυπηγοεπισκευής και από τα καυσαέρια των μηχανοκίνητων σκαφών.

(η) Υγρά απόβλητα από σκάφη τοξικά / επικίνδυνα απόβλητα: Η πρόνοια για τη συλλογή των υγρών αποβλήτων των σκαφών στο κάθε λιμενικό έργο είναι απαραίτητη. Διαρροές μηχανελαίων, χημικών ή τοξικών ουσιών είναι συχνό φαινόμενο στα λιμάνια και αποτελούν μια από τις πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης

3.1.2 ΒΙΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Φυσικό περιβάλλον: Εδώ γίνεται μια σφαιρική συνθετική αξιολόγηση όλων των παραμέτρων που αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν σε σημαντικό ή υπολογίσιμο βαθμό το οικοσύστημα και την βιοποικιλότητα της περιοχής. Γίνεται ανάλυση του τοπικού οικοσυστήματος, χερσαίου και θαλάσσιου, και συνεκτιμώνται οι επιδράσεις από το λιμενικό έργο τόσο στη φάση της κατασκευής όσο και στη λειτουργία του. Στόχος είναι η επιλογή της βέλτιστης χωροθέτησης και σχεδιασμού του έργου, ώστε να περιοριστεί κατά το δυνατό η υποβάθμιση του τοπικού οικοσυστήματος. Στη φάση της κατασκευής αυτό συμβαίνει στον θαλάσσιο χώρο κυρίως από τη θολούρα που δημιουργείται στο νερό, λόγω της αιώρησης των σωματιδίων σκόνης από τα υλικά που μπαίνουν στη θάλασσα, και στο χερσαίο περιβάλλον από τη μεταφορά των υλικών στο εργοτάξιο (αέρια ρύπανση από τις εξατμίσεις των φορτηγών) και από το ίδιο το εργοτάξιο (σκόνες, θόρυβος κλπ).

3.1.3 ΑΝΩΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Οι μεταβολές που προκαλεί ένα λιμενικό έργο στο ανθρωπογενές περιβάλλον της περιοχής είναι ποικίλες και μεταβάλλονται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Συνοπτικά, οι κύριες παράμετροι που επηρεάζονται, σε βαθμό που εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες, είναι οι ακόλουθες:

(α) Χρήσεις γης - δομημένο περιβάλλον: Η προσπάθεια είναι να ενσωματωθεί το έργο στη χωρική δομή της περιοχής.

(β) Ιστορικό- πολιτιστικό περιβάλλον: Εντοπίζονται και αξιολογούνται οι επιπτώσεις σε αρχαιολογικούς χώρους και ιστορικά μνημεία της περιοχής.

(γ) Κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον: Συνεκτιμούνται τα οφέλη (έμμεσα ή άμεσα) από τη λειτουργία του έργου στην τοπική οικονομία και κοινωνία μαζί με τις πιθανές αρνητικές κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις από την ύπαρξη του λιμενικού έργου.

(δ) Υποδομές: Αξιολογούνται οι επιπτώσεις που θα έχει το έργο στις υποδομές: στο οδικό δίκτυο, στα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης, στη διαχείριση των σκουπιδιών κλπ.

Από όλες τις παραπάνω παραμέτρους, αυτή η οποία θα αποτελέσει το βασικό αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι ο Θόρυβος που προκαλείται από τις δραστηριότητες λιμενικών εγκαταστάσεων διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων.

3.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Παρότι στην επιστημονική περιοχή του σχεδιασμού λιμενικών εγκαταστάσεων υπάρχει σημαντική βιβλιογραφία, αντιθέτως, στην περιοχή του λιμενικού θορύβου η βιβλιογραφία είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Κατόπιν αναζήτησης σε διεθνή περιοδικά συγκοινωνιακής τεχνικής (ITE, Transportation Engineering and Control), καθώς και σε μηχανές αναζήτησης του διαδικτύου (Τηλερνετ – Google, Yahoo) συγκεντρώθηκαν οι κάτωθι μελέτες, πάνω στην περιοχή του λιμενικού θορύβου, οι οποίες και παρουσιάζονται, συνοπτικά, στη συνέχεια.

3.2.1 ΜΕΛΕΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΑ AUCKLAND, ΝΕΑΣ ΖΗΛΑΝΔΙΑΣ [29].

Η μελέτη αυτή αφορούσε τη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων Fergusson (Fergusson Container Terminal) στο Όκλαντ της Νέας Ζηλανδίας. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε τμηματικά σε διάφορες χρονικές περιόδους.

Η μελέτη περιελάμβανε τα εξής θέματα:

(α) Εντοπισμός των πηγών θορύβου εντός της λιμενικής εγκατάστασης. Οι πηγές που εντοπίστηκαν, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες.

- “**Διαπεραστικές**” πηγές θορύβου, στις οποίες συγκαταλέγονται οι προειδοποιητικές σειρήνες των γερανογεφυρών και των οχημάτων-πλαισίων, οι κόρνες των πλοίων και τα προειδοποιητικά σήμαντρα διέλευσης των τρένων. Η αγγλική ορολογία που αποδίδεται σε αυτές τις πηγές θορύβου είναι “penetrating”. Στην ελληνική βιβλιογραφία, όμως, δεν υπάρχει καθιερωμένη ορολογία. Συνεπώς, αποδίδουμε τον όρο αυτό ως “διαπεραστικός-διεισδυτικός”, προβαίνοντας σε απλή μετάφρασή του στην ελληνική γλώσσα. (Οφείλουμε να

παραδεχτούμε, ότι η αποδιδόμενη ερμηνεία στον παραπάνω όρο είναι προσωπική πρωτοβουλία και, ενδεχομένως, να μην είναι και ιδιαίτερα εύστοχη). Οι εν λόγω πηγές έχουν, συχνά, μικρή επίδραση στις μετρούμενες στάθμες θορύβου, λόγω της συχνότητας εμφάνισής τους και της (μικρής) διάρκειά τους, αλλά αποτελούν, γενικά, θορύβους, που γίνονται ιδιαίτερα αισθητοί στους κατοίκους.

- **Γενικές πηγές θορύβου** της εγκατάστασης όπως είναι οι γερανοί εμπορευματοκιβωτίων, τα οχήματα πλαίσια (straddle carriers), οι μονάδες ψύξης εμπορευματοκιβωτίων, οι γεννήτριες των πλοίων, τα φορτηγά οχήματα και τα τρένα.

(β) **Μέτρηση της στάθμης θορύβου για κάθε πηγή ξεχωριστά.** Αφού γίνεται αναφορά στις επιμέρους συνιστώσες του συνολικά παραγόμενου θορύβου για κάθε πηγή ξεχωριστά, ακολουθεί μέτρηση της στάθμης θορύβου για καθεμία από αυτές.

(γ) **Πρόβλεψη θορύβου**, με εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου μέσω Η/Υ, για τις όμορες προς τη λιμενική εγκατάσταση περιοχές κατοικίας.

(δ) **Αναφορά στα ληφθέντα μέτρα** για τη μείωση του παραγόμενου θορύβου από τη λιμενική εγκατάσταση.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Μετρούμενα μεγέθη

Οι μετρήσεις θορύβου πραγματοποιήθηκαν με χρήση ηχόμετρου, λεπτομερή στοιχεία του οποίου δεν παρέχονται. Τα μετρούμενα μεγέθη θορύβου από τις διάφορες πηγές είναι τα ακόλουθα:

Leq, SEL, L10 καθώς και οκταβική ανάλυση του θορύβου συγκεκριμένης πηγής (μονάδες ψύξης E/K).

Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα

Οι πηγές θορύβου, που αναφέρονται, είναι οι εξής: (α) γερανογέφυρες, (β) οχήματα πλαίσια, (γ) μονάδες ψύξης E/K, (δ) πλοία, (ε) φορτηγά οχήματα, (στ) σιδηροδρομικοί συρμοί.

(α) Για τις γερανογέφυρες καταγράφηκε στάθμη θορύβου, για μια τυπική λειτουργία τους, SEL = 110 - 115 dBA.

(β) Για τα οχήματα πλαίσια καταγράφηκε στάθμη θορύβου, για μια πλήρη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης E/K, SEL = 80 dBA. Αν και ο λιμένας διέθετε τρία διαφορετικά μοντέλα οχημάτων πλαισίων, οι εκτομπές θορύβου παρουσίαζαν μικρές αποκλίσεις για

κάθε μοντέλο οχήματος.

(γ) Για τους τρεις διαφορετικούς τύπους μονάδων ψύξης Ε/Κ καταγράφηκαν τρεις διαφορετικές στάθμες θορύβου. (i) Για τις προσθαφαιρούμενες στα Ε/Κ μονάδες ψύξης καταγράφηκε στάθμη θορύβου $Leq = 91$ dB.A. (ii) Για τις ενσωματωμένες στα Ε/Κ μονάδες ψύξης καταγράφηκε στάθμη θορύβου $Leq = 93$ dB.A. (iii) Για τους πύργους ψύξης Ε/Κ (reefer towers) καταγράφηκε στάθμη θορύβου $Leq = 89$ dB.A.

(δ) Οι εκπομπές θορύβου από τα πλοία, τα οποία βρίσκονται στις θέσεις παραβολής του λιμένα, διαπιστώθηκε ότι ποικίλουν σημαντικά από πλοίο σε πλοίο. Οι μετρήσεις κατέγραψαν ισοδύναμες συνεχείς στάθμες θορύβου Leq , οι τιμές των οποίων κυμαίνονταν από 100 έως 115 dB.A.

(ε),(στ) Στην παρούσα μελέτη μετρήσεις θορύβου τόσο για το φορτηγά οχήματα όσο και για τους σιδηροδρομικούς συρμούς Ε/Κ δεν έχουν πραγματοποιηθεί. Συνεπώς, δε γίνεται αναφορά σχετικών τιμών.

Μέθοδος μέτρησης

(α) Για τη μέτρηση της στάθμης θορύβου των γερανογεφυρών πραγματοποίηθηκαν μετρήσεις θορύβου σε διάφορες αποστάσεις (δεν αναφέρονται συγκεκριμένα) από αυτές, για μια τυπική λειτουργία τους, και εξήγησαν τα αποτελέσματα, που αναφέρθηκαν παραπάνω.

(β) Ο εν λόγω λιμένας διαθέτει τρία διαφορετικά μοντέλα οχημάτων πλαισίων (Clarke, Valmet, Sisu). Προκειμένου να καθοριστούν οι στάθμες θορύβου, για κάθε μοντέλο ξεχωριστά, επιλέχθηκε μία τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης Ε/Κ, στην οποία θα υποβάλλονταν και οι τρεις υπό εξέταση τύποι μηχανημάτων. Η διαδικασία αυτή περιελάμβανε την κίνηση ενός οχήματος πλαισίου προς ένα Ε/Κ, κατά μήκος μιας καθορισμένης διαδρομής, το φόρτωμα του Ε/Κ και την, εν συνεχείᾳ, απομάκρυνση του έμφορτου οχήματος πλαισίου κατά μήκος, πάλι, μιας καθορισμένης διαδρομής. Η διαδικασία, κατόπιν, αντιστρεφόταν, με το όχημα πλαίσιο να επιστρέφει από την ίδια διαδρομή, να αποθέτει το Ε/Κ και να αποχωρεί κενό. Η τοποθεσία λήψης των μετρήσεων (θέση εγκατάστασης του ηχόμετρου) βρισκόταν στα 100 μέτρα απόσταση από το σημείο απόθεσης ή φόρτωσης του Ε/Κ.

(γ) Η διαδικασία της λήψης μετρήσεων για τους τρεις τύπους μονάδων ψύξης Ε/Κ ήταν κάπως πιο απλή σε σχέση με τις μετρήσεις των υπόλοιπων πηγών θορύβου. Αυτό οφειλόταν στο γεγονός, ότι οι πηγές αυτές βρίσκονταν ακίνητες, σε καθορισμένα σημεία της λιμενικής εγκατάστασης και ο εκπεμπόμενος θόρυβος χαρακτηριζόταν από

στάθμες σταθερές με πολύ μικρές διακυμάνσεις.

(δ) Ο θόρυβος, που παράγεται από τα **πλοία** στις θέσεις παραβολής του λιμένα, προέρχεται από το φουγάρο, κυρίως, καθώς και από τις (ντίζελ) γεννήτριες των πλοίων, οι οποίες παράγουν την ενέργεια που απαιτείται, για τις δραστηρίοτητες που λαμβάνουν χώρα στο πλοίο, για όσο χρόνο αυτό είναι αγκυροβολημένο στο λιμένα. Για τον υπολογισμό του παραγόμενου θορύβου διεξήχθη αριθμός μετρήσεων σε αποστάσεις από **20** έως και **40** μέτρα από το φουγάρο του πλοίου, τοποθετώντας το ηχόμετρο σε ένα “κλουβί” και αναρτώντας το επάνω σε μια γερανογέφυρα.

(ε),(στ) Όσον αφορά τον παραγόμενο θόρυβο από τα φορτηγά οχήματα και τους σιδηροδρομικούς συρμούς, δεν αναφέρεται κάποια μεθολογία υπολογισμού του στην εν λόγω μελέτη.

Μοντέλο πρόβλεψης

Το λογισμικό πρόγραμμα του εν λόγω μοντέλου πρόβλεψης θορύβου έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει τις στάθμες θορύβου σε συγκεκριμένες θέσεις δεκτών, εξωτερικά της λιμενικής εγκατάστασης, για μεγάλο αριθμό πηγών θορύβου και λαμβάνοντας υπόψην τις επιδράσεις από την απόσταση ανάμεσα στην πηγή και στο δέκτη, την επίδραση των όποιων ηχοπετασμάτων και των μετεωρολογικών συνθηκών. Επιπλέον, έχει τη δυνατότητα να εξάγει προβλέψεις και για διάφορα μελλοντικά σενάρια λειτουργίας της λιμενικής εγκατάστασης.

Οι προβλέψεις του μοντέλου βασίζονται επάνω στις μετρήσεις θορύβου των επιμέρους πηγών, που ελήφθησαν με τη μεθοδολογία, που περιγράφηκε προηγουμένως.

Προτεινόμενα μέτρα

Μέτρα, τα οποία εφαρμόστηκαν ή εφαρμόζονται ακόμα και τώρα, στον εν λόγω λιμένα, είναι τα κάτωθι:

- (1) Τύλιγμα των προειδοποιητικών σειρήνων των νεότερων (και πιο θορυβωδών) γερανογέφυρών, ώστε να μειωθεί η στάθμη θορύβου τους σε χαμηλότερα επίπεδα.
- (2) Αποσύνδεση των προειδοποιητικών σειρήνων από εκείνες τις γερανογέφυρες που βρίσκονται κοντά σε περιοχές κατοικίας.
- (3) Εγκατάσταση ειδικών συσκευών στις γερανογέφυρες, με τη βοήθεια των οποίων η γερανογέφυρα φρενάρει αυτόματα το εμπορευματοκιβώτιο, σε συγκεκριμένο ύψος, προτού αυτό προσκρούσει στην αποβάθρα.
- (4) Σε γερανογέφυρες, που δεν είναι εφικτή η εγκατάσταση των παραπάνω συσκευών,

λόγω τεχνικών δυσκολιών, τοποθετείται ένα λαμπάκι στις καμπίνες των χειριστών, το οποίο ανάβοντας, προειδοποιεί τους χειριστές, όταν το εμπορευματοκιβώτιο βρίσκεται σε ύψος 1,50 μέτρου από την αποβάθρα.

(5) Τοποθέτηση ελαστικής επίστρωσης στην αποβάθρα για απορρόφηση των κραδασμών κατά την εναπόθεση των εμπορευματοκιβώτιων από τις γερανογέφυρες.

(6) Περιορισμός στη χρήση των σειρήνων των οχημάτων πλαισίων και χρήση τους μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, για λόγους ασφαλείας.

(7) Επιβολή περιορισμών στη χρήση της κόρνας των πλοίων και αντί αυτών, θα ηχούν οι κόρνες των ρυμουλκών σκαφών των πλοίων αυτών, οι οποίες είναι μικρότερης ηχητικής στάθμης.

(8) Όταν πραγματοποιούνται νυχτερινές δραστηριότητες φορτοεκφότωσης των φορτηγών (22:00-06:00), διατάσσεται η χρησιμοποίηση από τα φορτηγά του βόρειου οδικού δικτύου του λιμένα, το οποίο απέχει περισσότερο από τις περιοχές κατοικίας.

(9) Αναβάθμιση των γερανογεφυρών παλαιού τύπου ώστε να μειωθεί ο παραγόμενος από αυτούς θόρυβος.

(10) Απόσυρση ορισμένων παλαιών και θορυβωδών οχημάτων πλαισίων και αγορά καινούριων με χαμηλότερες εκπομπές θορύβου.

(11) Επαναπροσανατολισμός στη διάταξη των στοιβών των εμπορευματοκιβώτιων, αν και δεν αναμένεται να επιφέρει ουσιαστικά αποτελέσματα.

(12) Χρησιμοποίηση κενών εμπορευματοκιβώτιων και στοίβαξη 4 ή και 5 εξ αυτών, καθ'ύψος, ώστε να λειτουργήσουν ως ηχοπετάσματα προστασίας των (ευαίσθητων) περιοχών κατοικίας.

(13) Επιπρόσθετη δενδροφύτευση υφιστάμενων περιοχών με δέντρα, ώστε να αυξηθεί η έκταση των περιοχών αυτών και να λειτουργήσουν πιο αποτελεσματικά ως ηχοπετάσματα.

3.2.2 ΜΕΛΕΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΑ WHITE BAY, ΣΙΔΝΕΪ-ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ [30].

Η μελέτη αυτή αφορούσε τη λιμενική εγκατάσταση πολλαπλών χρήσεων του White Bay στο Σίδνεϋ της Αυστραλίας. Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε τον Ιανουάριο του 2006.

Η μελέτη περιελάμβανε τα εξής θέματα:

(α) Μέτρηση του παραγόμενου θορύβου από συγκεκριμένου τύπου πλοίο τόσο

κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης υγρού εμπορεύματος όσο και κατά την περίοδο ανυπαρξίας δραστηριότητας. Το πλοίο βρισκόταν αγκυροβολημένο στην αποβάθρα No 4. Η μέτρηση της στάθμης θορύβου πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικά σημεία εκτός του λιμένα, σε τοποθεσίες που θεωρούνται αντιπροσωπευτικές των, ενδεχόμενα, περισσότερο εκτεθειμένων, στο θόρυβο του λιμένα, περιοχών κατοικίας.

Η καλύτερη ευκαιρία για μέτρηση της στάθμης θορύβου, κατά την περίοδο ανυπαρξίας δραστηριότητας, υφίσταται αμέσως μετά τη στιγμή, που το πλοίο θα δέσει στο λιμάνι. Οι μετρήσεις στάθμης θορύβου, κατά τη διάρκεια εκφόρτωσης υγρού εμπορεύματος, μπορούν να διεξαχθούν οποιαδήποτε στιγμή μετά την έναρξη της διαδικασίας εκφόρτωσης. Οι πιο ενδεδειγμένες ώρες, για τη διεξαγωγή οποιασδήποτε εκ των παραπάνω μετρήσεων, είναι οι βραδινές και κυρίως, μετά τις 1 τα μεσάνυχτα. Τότε, οι εξωτερικοί θόρυβοι, οι οποίοι είναι άσχετοι με τη λιμενική δραστηριότητα, είναι στο ελάχιστο της τιμής τους από κάθε άλλη στιγμή της ημέρας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν διάρκειας 15 λεπτών.

(β) Σύγκριση των επί τόπου μετρήσεων με τα προβλεπόμενα ανώτατα όρια σταθμών θορύβου. Σε αναλυτικούς πίνακες παρουσιάζονται τα μετρούμενα μεγέθη του θορύβου, τα αντίστοιχα ανώτατα προβλεπόμενα όρια, καθώς και η ύπαρξη τυχόν υπερβάσεων και οι τιμές αυτών.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Μετρούμενα μεγέθη

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα ακόλουθα:

*Ηχόμετρο (Brue & Kjaer Modular Precision Sound Level Meter 2260)

*Μικρόφωνο (Brue & Kjaer 12,5 mm Prepolarised Condenser Microphone 4189)

*Brue & Kjaer Calibrator 4231

Τα μεγέθη του θορύβου που μετρήθηκαν, είναι τα εξής:

LAeq, LMax, LA90, LAeq (15 mins), LAeq (night).

Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα

Η πηγή θορύβου, που εξετάζεται στην εν λόγω μελέτη, είναι ένα πλοίο (Botany Tradewind), τόσο κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης του στο λιμένα όσο και κατά τη διάρκεια απραξίας του μετά το τέλος της εκφόρτωσής του.

(α) Για τη διαδικασία εκφόρτωσης του πλοίου καταγράφηκαν οι εξής τιμές στάθμης θορύβου σε δύο διαφορετικές τοποθεσίες εξωτερικά του λιμένα:

Τοποθεσία Α:

LAeq = 51 dBA, LA90 = 49 dBA, LAmix = 59 - 68 dBA

Τοποθεσία Β:

LAeq = 44 dBA, LA90 = 43 dBA, LAmix = 52 dBA (πρώτο 15λεπτο)

LAeq = 43 dBA, LA90 = 41 dBA (δεύτερο 15λεπτο)

(β) Για τη χρονική διάρκεια απραξίας του πλοίου καταγράφηκαν οι εξής τιμές στάθμης θορύβου σε μία μόνο τοποθεσία (Α):

Τοποθεσία Α: LAeq = 47 dBA, LA90 = 46 dBA

Μέθοδος μέτρησης

Η μέτρηση έγινε σε δύο τοποθεσίες. Στην πρώτη τοποθεσία η εγκατάσταση του ηχόμετρου πραγματοποιήθηκε σε ύψος 1,50 μέτρου από την επιφάνεια του εδάφους, μπροστά από τις κατοικίες και σε απόσταση 7 μέτρων περίπου από τις προσόψεις των κατοικιών. Στη δεύτερη τοποθεσία το ηχόμετρο τοποθετήθηκε στην κορυφή ενός κτιριακού συγκροτήματος τεσσάρων ορόφων και σε ύψος 1,50 μέτρου πάνω από την οροφή του κτιρίου.

Σύμφωνα με τη μελέτη, οι καλύτερες ώρες της ημέρας για την καταγραφή του θορύβου ενός πλοίου είναι τις νυχτερινές ώρες και μάλιστα, μετά τις μία τα ξημερώματα (1 π.μ.), διότι τότε οι εξωτερικοί θόρυβοι (κυρίως θόρυβος κυκλοφορίας), οι οποίοι δε σχετίζονται με τις δραστηριότητες του πλοίου, παρουσιάζουν τις ελάχιστες δυνατές στάθμες, που μπορούν να απαντηθούν σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Συνεπώς, οι μετρήσεις τότε είναι οι πιο αξιόπιστες, που μπορούν να ληφθούν.

Για τον παραπάνω λόγο, οι μετρήσεις θορύβου, τόσο για την περίοδο εκφόρτωσης όσο και για την περίοδο απραξίας του πλοίου, πραγματοποιήθηκαν μετά τις 2 π.μ.

Η χρονική διάρκεια των μετρήσεων ήταν δεκαπέντε λεπτά. Αν και ήταν περιορισμένη η διάρκεια, θεωρήθηκε, παρόλα αυτά, επαρκής για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, λόγω της σχετικά σταθερής στάθμης θορύβου από τις διαδικασίες εκφόρτωσης του πλοίου.

Μοντέλο πρόβλεψης

Στην εν λόγω μελέτη δε γίνεται εφαρμογή ούτε καμία αναφορά σε μοντέλα πρόβλεψης θορύβου.

Προτεινόμενα μέτρα

Αναγνώριση, αρχικά, και επισκευή, στη συνέχεια, μηχανημάτων του λιμενικού εξοπλισμού τα οποία είναι θορυβώδη, πέρα από το κανονικό.

Μία τέτοια κατηγορία μηχανημάτων, που επισημαίνεται στη μελέτη, είναι τα φορτηγά οχήματα, τα οποία συμμετέχουν στην εκφόρτωση του υγρού φορτίου των πλοίων και εξαιτίας των οποίων, καταγράφηκε υπέρβαση του δείκτη L_{Amax} σε ορισμένες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, προτείνεται για τα παραβατικά οχήματα να στέλνονται για σέρβις των κινητήρων τους και να πραγματοποιείται αντικατάσταση των ελαττωματικών ή φθαρμένων εξαρτημάτων τους.

3.2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΚΕΪΠ ΤΑΟΥΝ (CAPE TOWN), ΝΟΤΙΑΣ ΑΦΡΙΚΗΣ [31].

Η μελέτη αυτή δημοσιεύτηκε τον Απρίλιο του 2003 και αφορούσε στη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Cape Town στη Νότια Αφρική. Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε σε χρόνο, που δεν αναφέρεται.

Η μελέτη περιελάμβανε τα εξής θέματα:

- (α) Αναγνώριση των ευαίσθητων, στο θόρυβο από τη λιμενική εγκατάσταση, περιοχών τόσο κατά την περίοδο των έργων επέκτασης όσο και κατά την περίοδο της λειτουργίας της, μετά την ολοκλήρωση των έργων. Οι περιοχές αυτές δεν είναι άλλες από τις περιοχές κατοικίας, που βρίσκονται περιμετρικά του υφιστάμενου λιμένα.
- (β) Αναγνώριση των κύριων πηγών θορύβου κατά τη φάση των έργων επέκτασης και τη φάση της μετέπειτα λειτουργίας.
- (γ) Εξαγωγή μοντέλου πρόβλεψης θορύβου για καθεμία εκ των δύο φάσεων.
- (δ) Προκαταρκτική εκτίμηση του μεγέθους της επίδρασης του θορύβου κατά τη διάρκεια των φάσεων της κατασκευής και της λειτουργίας του λιμένα.
- (ε) Προτάσεις για τη μείωση του θορύβου από τις λιμενικές εγκαταστάσεις, όπου αυτό κριθεί απαραίτητο.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Μετρούμενα μεγέθη

Οι μετρήσεις θορύβου πραγματοποιήθηκαν με χρήση ηχόμετρου, λεπτομερή στοιχεία του οποίου δεν παρέχονται.

Η στάθμη του θορύβου, που αποτελεί αντικείμενο εξέτασης, είναι η L_{Aeq(1hr)} και δεν εξετάζεται η απόλυτη τιμή της, αλλά οι μεταβολές αυτής για τα διάφορα σενάρια λειτουργίας του λιμένα. Επιπλέον, πραγματοποιείται και οκταβική ανάλυση των πηγών

θορύβου.

Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα

Κατά τη φάση των έργων επέκτασης του λιμένα οι πηγές θορύβου, που αναφέρονται, σχετίζονται με τον ντιζελοκίνητο κατασκευαστικό εξοπλισμό και συγκεκριμένα είναι: (α) φορτηγά μεταφοράς μπάζων, (β) μπουλντόζες, (γ) FEL, (δ) γκρέιντερ (ισοπεδωτής).

Κατά τη φάση της λειτουργίας του λιμένα οι κύριες πηγές θορύβου που εξετάζονται είναι: (α) γερανογέφυρες, (β) οχήματα πλαίσια.

Τα αποτελέσματα της οκταβικής ανάλυσης του εκπεμπόμενου θορύβου, από τις αναφερθείσες πηγές, παρουσιάζονται, συνοπτικά, στον ακόλουθο πίνακα Π.3.1:

Εξοπλισμός	Οκταβική ανάλυση ηχητικών σταθμών (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Γερανογέφυρα	110,6	110,4	108,5	109,7	104,9	101,2	96,6
'Οχημα πλαίσιο	114,6	119,4	120,1	119,2	114,3	110,3	103,3
Φορτηγό	90,0	101,0	102,0	105,0	105,0	104,0	99,0
Εκσκαπτικό μηχάνημα	100,0	118,0	111,0	109,0	107,0	103,0	97,0
Φορτωτής	105,0	117,0	113,0	114,0	111,0	107,0	101,0
Οδοστρωτήρας	100,0	111,0	108,0	108,0	106,0	104,0	98,0

Πίνακας Π.3.1: Αποτελέσματα της οκταβικής ανάλυσης του εκπεμπόμενου θορύβου από τις διάφορες πηγές.

Μέθοδος μέτρησης

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν, σύμφωνα με τις διαδικασίες που περιγράφονται στο SABS (South African Bureau of Standards) 0103.

Μοντέλο πρόβλεψης

Στη μελέτη παρουσιάζονται δύο μοντέλα πρόβλεψης. Το πρώτο αφορά την περίοδο της κατασκευής της επέκτασης του λιμένα, ενώ το δεύτερο αφορά την περίοδο της λειτουργίας του λιμένα, μετά την ολοκλήρωση των έργων επέκτασης.

(α) Μοντέλο πρόβλεψης εκπομπών θορύβου για την περίοδο κατασκευής της επέκτασης του λιμένα:

$$LW_{con} = 10 * \log [(t_{ref2} / 3600) * N * 10^{(0.1 * Lwt)}] , \text{ (dB)}$$

όπου LW_{con} = στάθμη εκπομπής ηχητικής ισχύος λόγω των συνδυασμένων

δραστηριοτήτων κατασκευής

L_{wt} = άθροισμα ισχύος των σταθμών ηχητικής ισχύος του μεμονωμένου εξοπλισμού

t_{ref2} = λειτουργικός χρόνος αναφοράς για τον εξοπλισμό κατασκευής (60 δευτερόλεπτα)

N = αριθμός των λειτουργιών ανά ώρα

Η υπολογιζόμενη στάθμη θορύβου της σχέσης (1), L_{Wcon} , από το σύνολο των δραστηριοτήτων κατασκευής του έργου, αποτελεί, ουσιαστικά, την ισοδύναμη συνεχή Α-στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, $L_{Aeq(1hr)}$ για το σύνολο των δραστηριοτήτων των έργων επέκτασης του λιμένα.

Με την εφαρμογή του εν λόγω μαθηματικού μοντέλου (1) υπολογίζεται η αύξηση, η οποία προκαλείται, λόγω των έργων επέκτασης του λιμένα, στις στάθμες του θορύβου περιβάλλοντος των διαφόρων περιοχών, που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με το λιμένα. Προφανώς, θεωρείται ότι κατά τη διάρκεια των έργων επέκτασης του λιμένα, ο λιμενάς εξακολουθεί να λειτουργεί, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που λειτουργούσε και πριν την έναρξη των έργων. Συνεπώς, ο θόρυβος που θα προκληθεί από τα έργα επέκτασης, θα αποτελέσει μία επιπλέον συνιστώσα του παραγόμενου από το λιμένα θορύβου.

Επειδή δεν υπήρχαν λεπτομερείς πληροφορίες, κατά το χρονικό διάστημα της μελέτης, για την περίοδο των έργων επέκτασης του λιμένα, ελήφθησαν υπόψη οι ακόλουθες απλοποιητικές υποθέσεις για τον υπολογισμό των σταθμών εκπομπής θορύβου κατά την περίοδο αυτή:

- Η συνολική στάθμη εκπομπής θορύβου είναι το άθροισμα (ηχητικής) ισχύος από τις συνεχείς εκπομπές θορύβου, από το συνδυασμό κάθε δύο τύπων μηχανημάτων, μεταξύ ενός φορτηγού (μεταφοράς μπαζών), μιας μπουλντόζας, ενός FEL και ενός γκρέιντερ.
- Η συνολική αυτή στάθμη εκπομπής θορύβου εκφράζεται ως μια λειτουργία αυξανόμενου αριθμού χειρισμών εξοπλισμού ανά ώρα, θεωρώντας ένα λειτουργικό χρόνο αναφοράς των 60 δευτερολέπτων. Σκοπός ήταν να καθοριστεί, για ποιο επίπεδο χειρισμών η επίδραση του θορύβου, υπό τη μορφή αύξησης της στάθμης του θορύβου περιβάλλοντος, θα γινόταν σημαντική.
- Η πηγή των εκπομπών θορύβου, κατά τη φάση των έργων επέκτασης του λιμένα,

λαμβάνεται ως ένα σημείο, το οποίο βρίσκεται πολύ κοντά στην υπό μελέτη περιοχή κατοικίας και το οποίο βρίσκεται σε ύψος 10 μέτρων πάνω από τη στάθμη της θάλασσας.

(β) Μοντέλο πρόβλεψης των εκπομπών θορύβου από το σύνολο των δραστηριότητων του λιμένα, κατά τη φάση της λειτουργίας:

$$LWops = 10 * \log [1/3600 * (t_{ref2} * N * 10^{(0.1 * LWsv)} + 4 * (3600/t_{ref3}) * \\ * 10^{(0.1 * LWcrane)})] , \text{ (dB)}$$

όπου $LWops$ = στάθμη εκπομπής ηχητικής ισχύος λόγω των συνδυασμένων δραστηριοτήτων από τη λειτουργία του λιμένα.

$LWsv$ = στάθμη ηχητικής ισχύος για μεμονωμένο ειδικό όχημα

$LWcrane$ = στάθμη ηχητικής ισχύος για κύκλο μεμονωμένου γερανού

t_{ref2} = λειτουργικός χρόνος αναφοράς για τα ειδικά οχήματα (30 sec)

t_{ref3} = χρόνος αναφοράς του κύκλου λειτουργίας του γερανού (220 sec)

N = αριθμός των λειτουργιών ανά ώρα

Η υπολογιζόμενη στάθμη θορύβου της σχέσης (2), $LWops$, από το σύνολο των δραστηριοτήτων της λειτουργίας του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων, αποτελεί, ουσιαστικά, την ισοδύναμη συνεχή A-στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, $LAeq(1hr)$, για το σύνολο των δραστηριοτήτων της λειτουργίας του σταθμού.

Με την εφαρμογή του εν λόγω μαθηματικού μοντέλου (2) υπολογίζεται η αύξηση, η οποία προκαλείται, λόγω της λειτουργίας του επεκταθέντος λιμένα, στις στάθμες του θορύβου περιβάλλοντος των διαφόρων περιοχών, που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με το λιμένα. Με την επέκταση του λιμένα δεν αναμένεται να δημιουργηθούν επιπλέον θέσεις παραβολής για πλοία μεταφοράς E/K, ενώ και ο ρυθμός φορτοεκφόρτωσης των E/K από τα πλοία δεν αναμένεται να αυξηθεί και θα παραμείνει όπως ήταν, πριν γίνουν τα έργα επέκτασης. Η επιπρόσθετη, όμως, χωρητικότητα στοίβαξης των E/K και ο πιο

αποτελεσματικός τρόπος διακίνησής τους θα έχουν ως συνέπεια μία ενδεχόμενη αύξηση στον αριθμό των πραγματοποιούμενων χειρισμών ανά δεδομένη μονάδα του χρόνου (πχ ανά ώρα) και μπορούν να προκαλέσουν, ενδεχομένως, αρνητική επίδραση στη στάθμη του θορύβου περιβάλλοντος, οδήγωντας σε αύξησή της.

Το εν λόγω μοντέλο, προκειμένου να προβλέψει τον παραγόμενο θόρυβο από τη λειτουργία της λιμενικής εγκατάστασης, λαμβάνει υπόψη του, σαν πηγές θορύβου, τις ακόλουθες:

- (α) τους γερανούς φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων
- (β) τα ειδικά οχήματα (οχήματα-πλαίσια) μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Και οι δύο αυτές πηγές θορύβου θεωρούνται σημειακές πηγές, καθώς γίνεται η παραδοχή σφαιρικών επιφανειών διάδοσης των ηχητικών κυμάτων από αυτές.

Για τις συνθήκες στη φάση λειτουργίας πραγματοποιήθηκαν οι κάτωθι υποθέσεις:

- Οι γερανοί λειτουργούν συνεχώς σε ωριαία βάση και λαμβάνεται ως χρόνος κύκλου διαχείρισης Ε/Κ από τους γερανούς τα 220 sec. Πάντως, η επαυξημένη χωρητικότητα και αποτελεσματικότητα της εγκατάστασης, λόγω των έργων επέκτασης του λιμένα, θα επιτρέψει την ταυτόχρονη και συνεχή λειτουργία 4 επιπλέον γερανών ανά ώρα, πέρα από το επίπεδο των υφιστάμενων ωριαίων χειρισμών των γερανών.
- Οι ωριαίες στάθμες θορύβου των γερανών προστίθενται σε εκείνες των ειδικών οχημάτων διακίνησης των Ε/Κ. Για τα ειδικά οχήματα διακίνησης Ε/Κ λαμβάνεται ως χρόνος κύκλου λειτουργίας τους τα 30 sec.
- Η θέση της πηγής για τους γερανούς ήταν ένα σημείο, το οποίο αντιπροσωπεύει τη θέση τους στην παρούσα αποβάθρα Ε/Κ.
- Η θέση της πηγής από τις λειτουργίες των ειδικών οχημάτων ήταν ένα σημείο, πάνω στην επεκταθείσα αποβάθρα της εγκατάστασης, το οποίο βρίσκεται πολύ κοντά στην υπό μελέτη περιοχή κατοικίας.

Το εν λόγω μαθηματικό μοντέλο (2) θα μπορούσε να αποκτήσει μία πιο γενική μορφή, ώστε να βρίσκει εφαρμογή και σε άλλους λιμένες πέραν του λιμένα του Κέπι Τάουν. Αυτό μπορεί να γίνει, λαμβάνοντας η σχέση (2) την ακόλουθη μορφή:

$$L_{Wops} = 10 * \log[1/3600 * (\bar{t}_{ref2} * N * 10^{L_{wsy}/10} + K * (3600/\bar{t}_{ref3}) * 10^{-L_{Wcrane}/10})], \text{ (dB)} \quad (3)$$

Όπου K είναι ο αριθμός των επιπλέον γερανών, που θα είναι σε θέση να

λειτουργήσουν, λόγω των έργων επέκτασης του λιμένα, πέραν των γερανών που ήταν ήδη σε λειτουργία, προτού πραγματοποιηθεί η επέκταση. Για την περίπτωση του λιμένα του Κέιπ Τάουν ισχύει, όπως έχει προαναφερθεί, $K = 4$.

Προτεινόμενα μέτρα

Από την προκαταρκτική μελέτη διαπιστώθηκε, ότι οι επιδράσεις από την προτεινόμενη επέκταση του λιμένα θα είναι μικρής σημασίας. Το μόνο θέμα στο οποίο έγινε αναφορά, ήταν η διαδικασία της μεταφοράς βράχων και πετρών, μέσω φορτηγών, από το λατομείο προς το λιμένα, για τα έργα επέκτασης, κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η πορεία των φορτηγών θα διερχόταν μέσα από περιοχές κατοικίας και αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει όχληση στους κατοίκους τις νυχτερινές ώρες.

Για το λόγο αυτό, θεωρήθηκε σκόπιμο να προταθεί μία εναλλακτική διαδρομή για τα φορτηγά, κατά την περίοδο των έργων επέκτασης του λιμένα. Η διαδρομή αυτή θα περιλάμβανε περιοχές με λιγότερους κατοίκους και λιγότερες διασταυρώσεις οδών, έτσι ώστε να μειωνόταν ο παραγόμενος θόρυβος από τα συνεχή σταματήματα και τις εκκινήσεις των φορτηγών στις διασταυρώσεις.

3.2.4 ΜΕΛΕΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΑ WESTSHORE, BRITISH COLUMBIA -ΚΑΝΑΔΑΣ [32].

Η μελέτη αυτή αφορούσε το λιμένα Westshore της British Columbia στον Καναδά. Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο του 2006. Ο λιμένας Westshore αποτελεί την υφιστάμενη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης κάρβουνου, ενώ ο λιμένας Ladd, στην Αλάσκα των ΗΠΑ, αποτελεί την προτεινόμενη υπό μελέτη κατασκευής λιμενική εγκατάσταση για διακίνηση κάρβουνου.

Η μελέτη περιελάμβανε τα εξής θέματα:

- (α) Εντοπισμό των πηγών θορύβου εντός των ορίων της υφιστάμενης εγκατάστασης
- (β) Μέτρηση της στάθμης θορύβου για καθεμία από τις εντοπισθείσες πηγές.
- (γ) Μέτρηση από διάφορες αποστάσεις της στάθμης θορύβου που παράγεται από ολόκληρη την εγκατάσταση.
- (δ) Μέτρηση του θορύβου περιβάλλοντος στην υπό μελέτη προτεινόμενη θέση για την κατασκευή της λιμενικής εγκατάστασης διακίνησης κάρβουνου.
- (ε) Διερεύνηση του κατά πόσο θα είναι σημαντικές οι επιπτώσεις, στην πανίδα της περιοχής, από την αύξηση στις στάθμες θορύβου της, λόγω της λειτουργίας, στο μέλλον, της λιμενικής εγκατάστασης διακίνησης κάρβουνου.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Μετρούμενα μεγέθη

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν, είναι τα ακόλουθα:

*Ηχόμετρο (Larson Davis System 824 Type-1 Logging Sound Level Meter)

*Marantz PMD 690 digital recorder

*Calibrator Larson Davis CAL 200

*GPS

Οι στάθμες θορύβου, που μετρήθηκαν, είναι οι ακόλουθες:

L10, L30, L50, L70, L90, A-στάθμη θορύβου LA, ανάλυση broadband, 1/3-οκταβική ανάλυση

Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα

Οι πηγές θορύβου, που εξετάζονται στην υφιστάμενη λιμενική εγκατάσταση, είναι οι ακόλουθες: (α) σταθμός εκφόρτωσης του, μεταφερόμενου από τα βαγόνια των τρένων, κάρβουνου (Coal Car Dumping Station), (β) σύστημα ταινιοδρόμων μεταφοράς του κάρβουνου (Conveyor Drive Systems), (γ) μηχανήματα αναμόρφωσης των σωρών του κάρβουνου (Stacker Reclaimers), (δ) μπουλντόζες, (ε) φορτωτές, (στ) γερανοί.

Από τις παραπάνω πηγές εξετάζονται, λεπτομερώς, μόνον οι τρεις πρώτες, οι οποίες θεωρούνται και οι κρίσιμες. Όλες οι στάθμες θορύβου που θα αναφερθούν, είναι υπολογισμένες για **απόσταση αναφοράς 1 μέτρου** από την πηγή και θεωρώντας σφαιρική διάδοση του ήχου.

(α) Η A-στάθμη θορύβου, για έναν πλήρη κύκλο εκφόρτωσης κάρβουνου και διάρκειας 3 λεπτών και 45 δευτερολέπτων, έλαβε μέση τιμή 103,5 dB(A).

(β) Κατά το χρονικό διάστημα των 2 λεπτών καταγραφής του θορύβου η τιμή της A-στάθμης θορύβου εκτιμήθηκε στα 107,2 dB(A).

(γ) (i) Κατά τη διάρκεια της αναμόρφωσης των σωρών του κάρβουνου από το μηχάνημα η τιμή της A-στάθμης θορύβου εκτιμήθηκε στα 105,9 dB(A)

(ii) Κατά τη διάρκεια της μετακίνησης του μηχανήματος η τιμή της A-στάθμης θορύβου εκτιμήθηκε στα 107,1 dB(A)

Μέθοδος μέτρησης

Η τοποθέτηση του ηχόμετρου έγινε σε ύψος 1,5 μέτρου πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και το ηχόμετρο ήταν στραμμένο προς την κατεύθυνση της πηγής.

Κατά τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων θορύβου γινόταν διαρκής καταγραφή, σε ειδικό έντυπο, των θορύβων, των μη συσχετιζόμενων με την κάθε εξεταζόμενη πηγή,

ενώ γινόταν και ακριβής καταγραφή της ώρας εμφάνισης των εν λόγω θορύβων.

Για το σύστημα ταινιοδρόμων (Conveyor Drive Systems) οι μετρήσεις θορύβου πραγματοποιήθηκαν σε απόσταση 16 μέτρων και ήταν χρονικής διάρκειας 5,5 λεπτών. Από τα 5,5 λεπτά μόνον 2 λεπτά καταγραφής χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση, καθώς ήταν ελεύθερα από παρεμβολές ήχων διερχόμενων οχημάτων.

Για το σταθμό εκφόρτωσης του, μεταφερόμενου από τα βαγόνια των τρένων, κάρβουνου (Coal Car Dumping Station) η μέτρηση των σταθμών θορύβου έγινε σε απόσταση 8 μέτρων. Η συνολική χρονική διάρκεια ήταν 7 λεπτά, εκ των οποίων μόνο τα 3:45 λεπτά χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση, καθώς περιείχαν τον ελάχιστο εξωτερικό θόρυβο από διερχόμενα οχήματα και άλλες άσχετες πηγές θορύβου. Η περίοδος αυτή των 3:45 λεπτών αντιστοιχούσε σε έναν πλήρη κύκλο, κατά τον οποίο ένα βαγόνι τρένου εισερχόταν στο σταθμό, εκφόρτωνε και στη συνέχεια, έφευγε.

Για τα μηχανήματα αναμόρφωσης των σωρών του κάρβουνου (Stacker Reclaimers) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου χρονικής διάρκειας 8 λεπτών. Το μηχάνημα αναμόρφωσης βρισκόταν σε κίνηση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Η κοντινότερη απόσταση, στην οποία βρέθηκε από το ηχόμετρο, ήταν τα 21 μέτρα.

Οι εξ αποστάσεως από τη λιμενική εγκατάσταση μετρήσεις θορύβου πραγματοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία φόρτωσης με κάρβουνο ενός πλοίου. Οι στάθμες θορύβου μετρήθηκαν σε αποστάσεις από 150 έως 900 μέτρα από το εν λόγω πλοίο και έλαβαν χώρα στο κατάστρωμα ενός άλλου, μικρού πλοίου, το οποίο βρισκόταν σε κίνηση. Η συνολική διάρκεια των μετρήσεων θορύβου ήταν 36 λεπτά.

Μοντέλο πρόβλεψης

Δε γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη ή στη χρήση κάποιου μοντέλου πρόβλεψης θορύβου.

Προτεινόμενα μέτρα

Δε γίνεται αναφορά σε κανενός είδους μέτρα για τη μείωση του θορύβου.

3.2.5 ΜΕΛΕΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΧΟΝΓΚ ΚΟΝΓΚ (HONG KONG), KINA

[33]

Η μελέτη αυτή αφορούσε στην ευρύτερη περιοχή του Hong Kong. Για το αντικείμενο της διπλωματικής εστιάζουμε το ενδιαφέρον στη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Χονγκ Κονγκ (Hong Kong Container Terminal), στην Κίνα. Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε τους μήνες Σεπτέμβριο έως και Νοέμβριο του

2002.

Η μελέτη περιελάμβανε τα εξής θέματα:

- (α) Ευρεία καταγραφή του μη σχετιζόμενου με την κυκλοφορία των οχημάτων θορύβου στην περιοχή του Hong Kong και εντοπισμός των δραστηριοτήτων (6 στον αριθμό όπως προέκυψαν) που επιβαρύνουν περισσότερο με το θόρυβό τους.
- (β) Εντοπισμό των κύριων πηγών θορύβου για καθεμία από τις δραστηριότητες.
- (γ) Εκτίμηση του πληθυσμού γύρω από την κάθε δραστηριότητα και σε ακτίνα 300 μέτρων γύρω από την κάθε τοποθεσία καταγραφής
- (δ) Μέτρηση των σταθμών θορύβου, σε καθεμία από τις 18 τοποθεσίες, για τη διάρκεια της ημέρας (07:00-19:00), του βραδιού (19:00-23:00) και της νύχτας (23:00-07:00).
- (ε) Εκτίμηση του ποσοστού του πληθυσμού που εκτίθεται σε συγκεκριμένου εύρους στάθμες θορύβου, σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Μετρούμενα μεγέθη

Τα όργανα, που χρησιμοποιήθηκαν, είναι τα ακόλουθα:

*Ηχόμετρα (Intergrated sound level meter Brue& Kjaer 2238 & 2231)

*Μικρόφωνα (½" free field microphone Brue & Kjaer 4188 & 4155)

*Προστατευτικό ανέμου (windshield Brue&Kjaer UA0237)

*Μετρητής ταχύτητας ανέμου (LCD wind speed indicator Kestrel Vane Anemometer)

Οι στάθμες θορύβου, που μετρήθηκαν, είναι οι ακόλουθες:

Leq, Lmax, L10, L50, L90, Leq(30mins)

Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα

Αναφορά στις πηγές θορύβου των άλλων δραστηριοτήτων, στην ευρύτερη περιοχή του Hong Kong, δεν θα γίνει. Θα επικεντρωθούμε στα του λιμενικού θορύβου.

Στη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων εντοπίσθηκαν οι ακόλουθες πηγές θορύβου:

(α) γερανογέφυρες (80 στον αριθμό), (β) σχήματα πλαίσια, (γ) διαδικασία φορτοεκφόρτωσης των εμπορευματοκιβωτίων, (δ) φορτηγά μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Οι μετρήσεις θορύβου που πραγματοποιήθηκαν, αφορούσαν το σύνολο των λιμενικών δραστηριοτήτων και όχι καθεμία από τις προαναφερθείσες πηγές θορύβου, ξεχωριστά. Συνεπώς, αποτελέσματα μετρούμενων σταθμών θορύβου για τις εξεταζόμενες πηγές δεν αναφέρονται.

Στον παρακάτω πίνακα Π.2.2 παρουσιάζονται οι μετρούμενες στάθμες θορύβου Leq για διάφορες αποστάσεις από το λιμένα.

Απόσταση (m)	Στάθμη θορύβου Leq dB(A)		
	Ημέρα (07:00-19:00)	Βράδυ (19:00-23:00)	Νύχτα (23:00-07:00)
100 m από το East Terminal	65,1	64,2	63,8
100 m από το West Terminal	69,6	64,8	61,9
200 m από το East Terminal	65,5	64,5	63,7

Πίνακας Π.2.2: Καταγεγραμμένες στάθμες θορύβου στη διάρκεια της ημέρας για διάφορες αποστάσεις από τη λιμενική εγκατάσταση.

Μέθοδος μέτρησης

Η καταγραφή του θορύβου σε ορισμένες τοποθεσίες ήταν αναπόφευκτο, να μην επηρεαστεί από τον κυκλοφοριακό θόρυβο και για το λόγο αυτό, οι μετρήσεις θορύβου στις τοποθεσίες αυτές διεξήχθησαν σε ώρες μη αιχμής της κυκλοφορίας.

Μετρήσεις θορύβου δεν πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια βροχερών ημερών.

Τα ηχόμετρα τοποθετήθηκαν πάνω σε τρύποδες σε ύψος 1,20 μέτρου από την επιφάνεια του εδάφους και σε απόσταση 1 μέτρου, τουλάχιστον, από τις προσόψεις των κτιρίων.

Η ταχύτητα του ανέμου ελέγθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, ώστε να επιβεβαιωθεί, ότι η σταθερή ταχύτητα του ανέμου δεν υπερέβαινε τα 5 m/sec και ότι δεν υπήρξαν ριπές ανέμου, που να υπερέβαιναν τα 10 m/sec.

Κάθε μη φυσιολογική κατάσταση, η οποία προξενούσε ανεπιθύμητο θόρυβο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, καταγραφόταν σε ειδικό έντυπο.

Μοντέλο πρόβλεψης

Δε γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη ή στη χρήση κάποιου μοντέλου πρόβλεψης θορύβου.

Προτεινόμενα μέτρα

Δε γίνεται αναφορά σε μέτρα, που έχουν προταθεί ή εφαρμοστεί, στο συγκεκριμένο λιμένα.

3.2.6 ΜΕΛΕΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΙΜΕΝΑ BOTANY, ΣΙΔΝΕΪ-ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ [34].

Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε τον Απρίλιο του 2002 και αφορούσε στη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων Botany, στο Σίδνεϋ της Αυστραλίας.

Η μελέτη περιελάμβανε τα εξής θέματα:

- (α) Πρόβλεψη των εκπομπών θορύβου τόσο κατά τη φάση της κατασκευής (έργα επέκτασης λιμένα) όσο και κατά τη φάση της λειτουργίας της λιμενικής εγκατάστασης.
- (β) Σύγκριση των προβλεπόμενων σταθμών θορύβου με τα ανώτατα όρια.
- (γ) Πρόταση μέτρων για τη μείωση του παραγόμενου θορύβου και για τις δύο φάσεις του έργου.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Μετρούμενα μεγέθη

Ηχόμετρα (δεν αναφέρονται ο τύπος ή / και τα χαρακτηριστικά τους)

Τα μεγέθη στάθμης θορύβου, που μετρήθηκαν, είναι τα ακόλουθα: LAeq, LA10, LA90

Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα

Οι πηγές θορύβου, που αναφέρονται, είναι οι εξής: (α)γερανογέφυρες, (β)οχήματα πλαίσια, (γ)περονοφόρα οχήματα, (δ)πλοία, (ε)φορτηγά οχήματα, (στ)σιδηροδρομικοί συρμοί.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σταθμών θορύβου των επιμέρους πηγών δεν αναφέρονται. Τα αποτελέσματα που αναφέρονται, αφορούν το θόρυβο, που παράγεται από το σύνολο των δραστηριοτήτων της λιμενικής εγκατάστασης.

Μέθοδος μέτρησης

Δε γίνεται αναφορά σε μεθόδους μέτρησης

Μοντέλο πρόβλεψης

Αν και χρησιμοποιείται, παρόλα αυτά δε δίνονται στοιχεία και πληροφορίες για αυτό.

Προτεινόμενα μέτρα

Τα μέτρα αφορούν τόσο (i) τη φάση της κατασκευής της επέκτασης όσο και (ii) τη φάση της λειτουργίας του λιμένα, μετά την ολοκλήρωση της επέκτασής του.

(i) Για τη φάση της κατασκευής της επέκτασης του λιμένα προβλέπονται τα ακόλουθα μέτρα:

(α) Έλεγχος του θορύβου από τα ντιζελοκίνητα μηχανήματα, με τοποθέτηση σε αυτά

εξαρτημάτων για τον έλεγχο του θορύβου, με σκοπό τη μείωσή του.

(β) Παροχή εκπαίδευσης ώστε να διασφαλιστεί, ότι οι εργάτες έχουν επίγνωση του θορύβου, που προκαλείται κατά τη διάρκεια των έργων κατασκευής, καθώς και ότι είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι, ώστε να είναι σε θέση να ελαχιστοποιήσουν το θόρυβο από τα έργα, όπου αυτό είναι δυνατό.

(γ) Άμεση ανταπόκριση στα παράπονα των κατοίκων για θόρυβο από τα έργα κατασκευής και γρήγορος και αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισής τους.

(δ) Διεξαγωγή συνεχούς καταγραφής του θορύβου λόγω των έργων κατασκευής, σε μηνιαία βάση, ώστε να γίνεται εκτίμηση των επιδράσεων του θορύβου και να γίνονται οι κατάλληλες επεμβάσεις.

(ii) Για τη φάση της λειτουργίας του λιμένα, μετά την ολοκλήρωση της επέκτασής του, προτείνονται τα εξής:

(α) Κατασκευή τηχοπετασμάτων ύψους 4 μέτρων, κατά μήκος των βόρειων και ανατολικών ορίων του λιμένα, ώστε να μειωθεί ο θόρυβος από την επέκταση του λιμένα.

(β) Επιλογή των νέων μηχανημάτων του λιμένα με κριτήριο τις εκπομπές θορύβου. Τα κατά το δυνατόν πιο ήσυχα μηχανήματα θα πρέπει να επιλεγούν και να τοποθετηθούν εξαρτήματα ελέγχου του θορύβου, όπου αυτό είναι απαραίτητο. Πραγματοποίηση τακτικής συντήρησης των μηχανημάτων ώστε να εξασφαλιστεί η βέλτιστη λειτουργία τους, με τις ελάχιστες δυνατές εκπομπές θορύβου.

(γ) Απενεργοποίηση, κατά τη διάρκεια της νύχτας (22:00 έως 06:00), των σειρήνων ασφαλείας, σε ορισμένα από τα μηχανήματα του λιμένα και αντικατάσταση αυτών με οπτικούς συναγερμούς.

(δ) Τακτική και καλή εκπαίδευση των χειριστών των μηχανημάτων, ώστε να προκαλούν τον ελάχιστο δυνατό θόρυβο, κατά τη λειτουργία των μηχανημάτων.

(ε) Άμεση ανταπόκριση στα παράπονα των κατοίκων για θόρυβο από τη λειτουργία του λιμένα και γρήγορος και αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισής τους.

(στ) Διεξαγωγή συνεχούς καταγραφής του θορύβου, λόγω της λειτουργίας του νέου λιμένα, ώστε να γίνεται εκτίμηση των επιδράσεων του θορύβου και να πραγματοποιούνται οι κατάλληλες επεμβάσεις.

3.2.7 ΜΕΛΕΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΜΕΛΒΟΥΡΝΗΣ, ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ [35].

Η μελέτη αυτή αφορούσε τον κόλπο της Μελβούρνης (Melbourne Bay : South Channel & Port Melbourne Channel) στην Αυστραλία . Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε το Μάιο του 2003 (15-16 Μαΐου). Δε γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένη λιμενική εγκατάσταση.

Η μελέτη περιελάμβανε τα εξής θέματα:

- (α) Μέτρηση της στάθμης θορύβου περιβάλλοντος (LA₉₀), της ισοδύναμης συνεχούς στάθμης θορύβου (LA_{eq}) και της στάθμης θορύβου LA₁₀ στον υπό μελέτη κόλπο, για τη διάρκεια της ημέρας, του απογεύματος και της νύχτας, με μετρήσεις σε διάφορες τοποθεσίες της στεριάς, γύρω από τον κόλπο (διάδοση θορύβου δια του αέρα).
- (β) Μέτρηση της στάθμης θορύβου περιβάλλοντος (LA₉₀), στον υπό μελέτη κόλπο, σε τοποθεσίες καταγραφής μέσα στη θάλασσα (διάδοση θορύβου δια του αέρα).
- (γ) Μέτρηση του αερόφερτου θορύβου σε τοποθεσίες καταγραφής που βρίσκονται στη στεριά, από τη διέλευση διαφόρων τύπων πλοίων, εντός του κόλπου.
- (δ) Μέτρηση της στάθμης του υποθαλάσσιου θορύβου περιβάλλοντος στον κόλπο.
- (ε) Μέτρηση της στάθμης του υποθαλάσσιου θορύβου κατά τη διέλευση διαφόρων τύπων πλοίων.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Μετρούμενα μεγέθη

Ηχόμετρα (δε γίνεται αναφορά στον τύπο ή/και στα χαρακτηριστικά τους)

Αξίζει να σημειωθεί και η χρήση ηχόμετρων για τη διεξαγωγή υποβρύχιων μετρήσεων θορύβου.

Τα μεγέθη στάθμης θορύβου, που μετρήθηκαν, είναι τα ακόλουθα: LA_{eq}, LAm_{ax}, LA₁₀, LA₉₀, LA_{eq} (30mins), ενώ έλαβε χώρα και 1/3-οκταβική ανάλυση (για υποβρύχιο θόρυβο).

Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα

Εξετάζεται ο θόρυβος, που παράγεται από 10 διερχόμενα πλοία και που διαδίδεται διαμέσω του αέρα, κατά τη διέλευσή τους εντός του κόλπου της Μελβούρνης. Διαπιστώθηκε, ότι δεν υφίσταται εμφανής σχέση ανάμεσα στις εκπομπές θορύβου από το πλοίο και το βύθισμά του. Παρατηρήθηκε, όμως, αύξηση στις στάθμες θορύβου με την αύξηση της ταχύτητας πλεύσης των πλοίων.

Τα αποτελέσματα από τη διέλευση των 10 πλοίων παρουσιάζονται, συνοπτικά, στον ακόλουθο πίνακα Π.2.3:

Πλοίο	Στάθμη θορύβου κανονικοποιημένη στα 100 m από το πλοίο dB(A)	
	L _{Aeq}	L _{Amaz}
ANL Bass Trader	44-52	62-70
APL Ivory	47	65
British Laurel	46	64
Contship Auckland	50-56	68-74
CSL Kelang	54	72
Forum Samoa II	45	63
Gerdt Oldendorff	47-53	65-71
Medi Monaco	42-43	60-61
MSC New Plymouth	51	69
Tasman Chief	45-49	63-67

Πίνακας Π.2.3: Στάθμες θορύβου κανονικοποιημένες για απόσταση 100 m από το πλοίο

Μέθοδος μέτρησης

(α) Για την καταγραφή του θορύβου των υπό μελέτη πλοίων η ταχύτητα κίνησης, εντός του κόλπου, ήταν **10 κόρμβοι** και ήταν ίδια για όλα τα πλοία για προφανείς λόγους σύγκρισης.

(β) Για τις στάθμες θορύβου, που καταγράφηκαν για κάθε πλοίο από την ακτή, πραγματοποιήθηκε κανονικοποίησή τους για **απόσταση αναφοράς 100 μέτρων** από το πλοίο και αυτό για λόγους σύγκρισης, ανάμεσα στα 10 διαφορετικά πλοία.

(γ) Η εκτιμώμενη ισοδύναμη στάθμη θορύβου, που παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα για το κάθε πλοίο, προέκυψε για μία διέλευση ενός πλοίου ανά χρονική περίοδο 30 λεπτών της ώρας, έτσι ώστε η διέλευση ενός πλοίου να μην επηρεάζεται, κατά το δυνατόν, από την παρουσία άλλων πλοίων σε μικρή απόσταση.

(δ) Τα ίδια ισχύουν και για τις υποβρύχιες μετρήσεις θορύβου από τη διέλευση των πλοίων.

Μοντέλο πρόβλεψης

Δε γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη ή στη χρήση κάποιου μοντέλου πρόβλεψης θορύβου.

Προτεινόμενα μέτρα

Καθώς τα εμπορικά πλοία δεν επηρεάζουν σημαντικά τη μέση ημερήσια τιμή του

διαδιδόμενου από αέρος θορύβου μέσα σε κατοικημένη περιοχή, μία αύξηση στην κίνηση των πλοίων δεν θα αναμενόταν να έχει σημαντική επίδραση στο μέσο θόρυβο του περιβάλλοντος. Επιπλέον, οι μελλοντικές στάθμες θορύβου από τη διέλευση των πλοίων αναμένεται να είναι παρόμοιες ή και μικρότερες από τις υφιστάμενες. Συνεπώς, η λήψη οποιωνδήποτε μέτρων για την κίνηση των πλοίων εντός του κόλπου θεωρείται μη αναγκαία.

3.2.8 ΜΕΛΕΤΗ ΘΟΡΥΒΟΥ BAYPORT TERMINAL, ΧΙΟΥΣΤΟΝ-Η.Π.Α [36].

Η μελέτη αυτή αφορούσε τη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων Bayport στο Χιούστον, Τέξας των ΗΠΑ . Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε σε δυο φάσεις: (α) Απρίλιο του 2005 έως Σεπτέμβριο του 2006, (β) Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2007. Επιπλέον, για τη σύνταξη της τελικής αναφοράς περιβαλλοντικών επιπτώσεων, από το σώμα των μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και καταγραφές σταθμών θορύβου στο λιμένα Barbours Cut Terminal (BCT).

Η μελέτη περιελάμβανε τα εξής θέματα:

- (α) Μέτρηση του θορύβου περιβάλλοντος και του θορύβου βάθους στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα.
- (β) Υπολογισμός του εκπεμπόμενου θορύβου από τις λειτουργίες του λιμένα.
- (γ) Διερεύνηση του βαθμού επίδρασης των λειτουργιών του λιμένα στη διαμόρφωση της στάθμης θορύβου της περιοχής.
- (δ) Αναφορά στα ληφθέντα μέτρα για τη μείωση του θορύβου στον υπό μελέτη λιμένα.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός - Μετρούμενα μεγέθη

*Ηχόμετρα (δε γίνεται αναφορά στον τύπο ή /και τα χαρακτηριστικά τους)

Οι στάθμες θορύβου, που μετρήθηκαν, είναι οι ακόλουθες: Ldn, Leq

Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα

- (i) Για το λιμένα Barbours Cut Terminal (BCT) ως πηγές θορύβου μπορούν να αναφερθούν οι ακόλουθες: (α)φορτοεκφόρτωση πλοίων, (β)φορτοεκφόρτωση φορτηγών, (γ)σιδηροδρομική κίνηση, (δ)προειδοποιητικές σειρήνες, (ε)ποικίλοι θόρυβοι εγκαταστάσεων.
- (ii) Για το λιμένα Bayport Terminal οι πηγές θορύβου, που αναφέρονται, είναι οι

ακόλουθες: (α)πλοία, (β)γερανογέφυρες, (γ)φορτηγά, (δ)προειδοποιητικές σειρήνες, (ε)κατασκευαστικός εξοπλισμός.

Τα μετρούμενα αποτελέσματα δεν αναφέρονται. Από τις πηγές θορύβου του λιμένα Bayport Terminal αναφέρεται ότι, με χρήση του μοντέλου πρόβλεψης θορύβου, προκύπτει για ένα πλοίο: $Ldn = 56 - 58 \text{ dB(A)}$.

Μέθοδος μέτρησης

(α) Για τον υπολογισμό του θορύβου περιβάλλοντος και του θορύβου βάθους (στη βόρεια ακτή) του Bayport πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης θορύβου μόνο τις Κυριακές, για το χρονικό διάστημα από τον Απρίλιο του 2005 έως και το Σεπτέμβριο του 2006. Οι μετρήσεις γίνονταν μόνον Κυριακή, διότι τότε δεν υπήρχαν καθόλου κατασκευαστικές δραστηριότητες στο λιμένα του Bayport. Επομένως, τα δεδομένα των μετρήσεων από τις Κυριακές αναμενόταν να είναι αντιπροσωπευτικά για το θόρυβο περιβάλλοντος και το θορύβου βάθους (στη βόρεια ακτή) του Bayport.

(β) Για τον υπολογισμό της διαφοράς στη στάθμη Ldn , με την παρουσία ενός πλοίου και χωρίς την παρουσία αυτού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου, μόνον τις Κυριακές, ώστε να αποκλειστούν οι θόρυβοι από τις κατασκευαστικές δραστηριότητες, για το διάστημα 1η Φεβρουαρίου έως και 28 Μαρτίου 2007. Η διαφορά, που μετρήθηκε, ήταν 2-3 dB(A).

(γ) Για την εισαγωγή των παραμέτρων θορύβου στο μοντέλο (με χρήση H/Y) του σώματος των μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού, από τις διάφορες πηγές θορύβου του λιμένα Bayport, ο οποίος ακόμη τότε, βρισκόταν σε φάση κατασκευής, χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου, οι οποίες ελήφθησαν από παρεμφερείς πηγές θορύβου (με αυτές του Bayport) από το λιμένα Barbours Cut Terminal.

Μοντέλο πρόβλεψης

Γίνεται απλή αναφορά στη χρησιμοποίηση μοντέλου πρόβλεψης θορύβου, μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, που χρησιμοποιήθηκε για την κατάρτιση της τελικής αναφοράς περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το Bayport Terminal, η οποία συντάχθηκε από το σώμα των μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού για τον εν λόγω λιμένα.

Προτεινόμενα μέτρα

Τα μέτρα, τα οποία προτάθηκαν και εφαρμόστηκαν στο λιμένα του Bayport Terminal, είναι τα ακόλουθα:

- (α) Αγοράστηκαν γερανογέφυρες και φορτηγά, τα οποία διέθεταν συστήματα μείωσης του θορύβου από τις εξατμίσεις των μηχανημάτων.
- (β) Ο κατασκευαστικός εξοπλισμός, ο οποίος περιελάμβανε συστήματα μείωσης του εκπεμπόμενου θορύβου, συντηρούταν σε καλή κατάσταση λειτουργίας, ώστε να μειώνονται οι εκπομπές θορύβου.
- (γ) Όλες σχεδόν οι κατασκευαστικές δραστηριότητες περιοριστήκανε στο χρονικό διάστημα της ημέρας από τις 7 το πρωί έως και τις 10 το βράδυ, το αργότερο.
- (δ) Τα σχέδια του ευρύτερου χώρου της εγκατάστασης και οι διαδρομές στο εσωτερικό της έχουν σχεδιαστεί, ώστε να βελτιστοποιήσουν την κυκλοφοριακή ροή και να μειώσουν τη χρήση των προειδοποιητικών σειρήνων.
- (ε) Ο κατασκευαστικός εξοπλισμός και ο εξοπλισμός λειτουργίας του λιμένα έχει εφοδιαστεί με προειδοποιητικές σειρήνες, οι οποίες είναι λιγότερο ενοχλητικές από τις συνήθεις.

α/α		Τιλος έρευνας-μελέτης Ονομα συγραφέα-οργανισμό		Χρόνος εκπόνησης έρευνας-μελέτης		Υπό μελέτη λιμένας		Τύπος λιμενικής εγκατάστασης		Σκοποί/εργασίες έρευνας/μελέτης		Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός Μετρόμετρα Ηχείθη	
2	“White Bay Berth 4 Bulk Liquids Handling - Botany Tradewind - Ship Noise Monitoring Report” Heggies Australia Pty Ltd για λογορασμό του Οργανισμού Αμένος των Sydney Ports Corporation- SPC)	Iανουάριος 2006 Σίδνει	White Bay Σιδνεύ/Αυστραλία	Λιμενική εγκατάσταση πολλαπλών χρήσεων	(a) Μέτρηση του περιβάλλοντο θορύβου από συγκεκριμένου τόπου πλαισίου (αποβάθρα No 4) κάτω τη διάρκεια της εκφόρτωσης γηρών φορτίου σε και κατά τη διάρκεια ανυπαρξίας δραστηριοτήτων του εν λόγω πλαισίου. (β) Σύγκριση των επί τόπου μετρήσου με τα προβλεπόμενα από την θερύβο.	(a) Μέτρηση του περιβάλλοντο θορύβου σε κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης γηρών φορτίου σε και κατά τη διάρκεια ανυπαρξίας δραστηριοτήτων του εν λόγω πλαισίου. (β) Σύγκριση των επί τόπου μετρήσου με τα προβλεπόμενα από την θερύβο.	*Ηχόμετρο (Brüel & Kjaer Modular Precision Sound Level Meter 2260) *Μικρόφωνο (Brüel & Kjaer 12.5 mm Pre-polarised Condenser Microphone 4189) * Brüel & Kjaer Calibrator 4231 LAeq, LAeq(15min), LAeq(night), LMax,						
Εξεταζόμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα													
Πλάσια	Γερανο γένερος	Οχήματα Πλαίσια	Μονάδες ψήξης E/K	Θρύβος κυριαρχούμενος	Σημείο/κός θρύβους	Μηχανικός εξοπλισμός	Μεθόδος μετρησης		Μοντέλο πρόβλεψης	Προτεινόμενα μέτρα		Ανατέλλε πληροφορίες	
√	X	X	X	X	X	X	(a) Σημείωση A (13 Domnelly Street) η σηκατάσταση του πλατφόρμου προσγειωτούθηκε σε υψός 1,50 μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους, προστά ταν τις κατοικίες και σε απόσταση 7 μέτρων περίπου από τις προσδημάτικς των κατοικιών. (β) Σημείωση B (2 Point Street) το πηγόμετρο ποποθετήθηκε στην κορυφή ενός κτηριακού τογκροτήματος πεσσάρων ορόφων και σε ύψος 1,50 μέτρων πάνω από την οροφή του κτηρίου. (γ) Οι μετρήσεις θορύβου, τόσο για την περιοδο εκφόρτωσης όσο και για την περίοδο απρόξιμα του πλαισίου, πραγματοποιήθηκαν βραδινές ώρες μετά τις 2 π.μ., διότι τότε οι εξωτερικοί θύρων (κυρίως θύρων βούλας) παρουσιάζουν τις ελαχιστες διανυσματικές στάθμες. (δ) Ήγιναν 2 μετρήσεις των 15 λεπτών έκστη, που κρίθηκαν αρκετές για εξαγωγή συμπερασμάτων, καθώς η στάθμη θορύβου κατά τη διάρκεια των μετρήσεων δεν παρουσιάσει έντονες μεταβολές.	Δε γίνεται αναφορά θορυβώνη πέρα από το κανονικό.	Ανεγνώστη μηχανημάτων εξόπλισμον θορυβώνη πέρα από το κανονικό.	Ανεγνώστη μηχανημάτων εξόπλισμα, τα οποία είναι θορυβώνη πέρα από το κανονικό.	Μία τέτοια καταγγοία μηχανημάτων είναι τα φορητά οχήματα, τα οποία συμπερέχουν στην εκφόρτωση του γηρού φορίσου των πλοίων Προτείνεται για τα παραβιαστικά οχήματα να στέλνονται για σέρβις των κυνηγήρων τους και να πραγματοποιείται αντικατάσταση των ελαστομετικών ή φθαρμένων εξόπλισμάτων τους.		

Τηλεοραγματική: LAeq = 47 dBΑ LA90 = 46 dBΑ

Χρησιμοποιούμενο Σεξουλατόρδς Μετροδόμενα μεγάθη													
α/α	Τίτλος έρευνας-μελέτης Όνομα συγχροφέα-οργανισμού						Σκοποί/στόχοι έρευνας/μελέτης						
	Χρήσος εκπόνησης έρευνας-μελέτης	Υπό μελέτη λημένος	Τίτλος λημενικής εγκατάστασης	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται	Απειλητική σχετικότητας Ε/Κ	Διατάξισης Ε/Κ	*Ηχόμετρα αναφέρονται λεπτομερή στοιχεία τους]	Λ.Α.Ε., ανάλλαση θορύβου	Οκταβική πηγών			
3	“Noise Aspects of the Proposed Extension of the Container Terminal in Cape Town Harbour”	Fle R Malherbe Pr Eng	Χρήσος εκπόνησης έρευνας-μελέτης	Δεν αναφέρεται	Δεν αναφέρεται	Απειλητική σχετικότητας Ε/Κ	Διατάξισης Ε/Κ	(α) Αναγνώριση των επιδόσημων στο θέματος περιοχής η οποία περιλαμβάνει την κύρια πηγή θορύβου κατά τη (2) φάσης της κατασκευής και της λειτουργίας της δύο φάσεων. (β) Αναγνώριση των κύριων πηγών θορύβου κατά τη (2) φάσης της κατασκευής και της λειτουργίας της δύο φάσεων. (γ) Εξαγωγή μεταξύ του προβλευματικού θορύβου για καθεμιά από τις δύο φάσεων. (δ) Προκαταρκτική επιστήμη του μετρήσιμου της επιδραστικής του θορύβου κατά τη διάρκεια των φάσεων της κατασκευής και της λειτουργίας του λημένα (ε) Προτάσεις για τη μειωση του θορύβου	*Ηχόμετρα αναφέρονται λεπτομερή στοιχεία τους]	Λ.Α.Ε., ανάλλαση θορύβου			
Εξταύριμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα						Μέθοδος μέτρησης	Μοντέλο πρόβλεψης	Προτεινόμενα μέτρα	Λοιποί πρότοροί ες				
X	✓	✓	X	✓	✓	Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν, σύμφωνα με τις διορικατικές προτύπων του SABS (South African Bureau of Standards) 0103.	Για την περίοδο κατασκευής της επέκτασης του λημένα: LWcon = $10 * \log [(tref2 / 3600) * N * 10^8 (0.1 * Lwt)]$, (dB)	Θεωρητικές στάδιο μετρήσεων για τα φορητά, κατά την περίοδο των έργων επέκτασης του λημένα. Η διαδικασίας αυτή θα περιλαμβάνει περιογές με λειτουργείς κατοίκους και λιγότερες διασταύρωσες οινόν, έστι. Θετε μετανόηταν ο παραγόμενος θόρυβος από τα συνεχή σταματήματα και τις εκπομπές των φορητών στις διασταύρωσες.	Για την περίοδο λειτουργίας του λημένα:	LWops = $10 * \log [10^8 (0.1 * LWst) + 4 * (3600 / tref3 * 10^8 (0.1 * LWcrane))]$, (dB)	* LWops = στάθμη επιπολατής πηγατικής ισχύος άρχισαν στον διαδικαστήρα προτύπων διασταύρωσης από τη λειτουργία του λημένα LWst = στάθμη πηγατικής ισχύος για μελομούμενο ειδικό άρχιμα LWcrane = στάθμη πηγατικής ισχύος για κατόπιν λειτουργίας της πηγής tref3 = λειτουργικής χρόνου αποφοράς για τα ειδικά οργάνωτα N = αριθμός των λειτουργώντων ανά ώρα	ITivarkas II.2.3.1	ΑΕΥ αναφέποντα αποτελέσματα
ITivarkas II.2.3.1						ITivarkas II.2.3.1	ΑΕΥ αναφέποντα αποτελέσματα	ITivarkas II.2.3.1	ΑΕΥ αναφέποντα αποτελέσματα				

α/α	Τίτλος έρευνας-μελέτης Όνομα συγγραφέων- οργανισμού	Χρόνος επερχόντης έρευνας- μελέτης	Σκοποί/στόχοι έρευνας/μελέτης				Τύπος λημνούς εγκατάστασης	Υπό μελέτη λημνάς	Τύπος λημνούς εγκατάστασης	Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός μεγέθη
			Εξατάρθιμες πηγές θορύβου και αντίστοιχη αποτελέσματα	Μέθοδος μετρήσεως	Μοντέλο προβλεψης	Προτεινόμενα μέτρα				
4	“Airborne Noise Measurement Study for Dryden Corporation's Proposed Ladd Marine Coal Terminal” Jasco Research Ltd Βικτώρια, Καναδάς	Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2006	(α) Westshore, British Columbia / Καναδάς (β) Ladd, Αλάσκα / HPA	(α) Λημνοτοπίας πηγών θορύβου εντός των ορίων της υποστάσεως γηγενούς εγκατάστασης (β) Μέτρηση της σταθερής θορύβου για καθεμία από τις εντοπισθείσες πηγές. (γ) Μέτρηση από διέφορες αποστάσεις της σταθερής θορύβου του παρόχεται από διάλογο προγράμματος	(α) Εντοπισμός πηγών θορύβου εντός των ορίων της υποστάσεως γηγενούς εγκατάστασης (β) Μέτρηση της σταθερής θορύβου για καθεμία από τις εντοπισθείσες πηγές. (γ) Μέτρηση του θορύβου περιβάλλοντος στην υπό διάλεξη προτενόμενη θέση για την κατασκευή της λημνοτάξης εγκατάστασης διακήπητης καρβούνου. (δ) Μέτρηση του θορύβου περιβάλλοντος στην υπό διάλεξη προτενόμενη θέση για την κατασκευή της λημνοτάξης εγκατάστασης διακήπητης καρβούνου. (ε) Διερεύνηση του κατώτατου πόρου θα είναι σημαντικός οι επιπτώσεις, στην πανίδα της περιοχής, από την αύξηση στοιχείων θορύβου της περιοχής, από την λειτουργίας, στο μέλλον, της λημνοτάξης διακήπητης καρβούνου.	*Ηχομετρία (Larson System 824 Type-1 Logging Sound Level Meter) *Marantz PMD 690 digital recorder *Calibrator Larson Davis CAL 200 *GPS	(α) Εντοπισμός πηγών θορύβου εντός των ορίων της υποστάσεως γηγενούς εγκατάστασης (β) Μέτρηση της σταθερής θορύβου για καθεμία από τις εντοπισθείσες πηγές. (γ) Μέτρηση από διέφορες αποστάσεις της σταθερής θορύβου του παρόχεται από διάλογο προγράμματος	*Ηχομετρία (Larson System 824 Type-1 Logging Sound Level Meter) *A-στάθμηθη θορύβου LA *1/3-οκταδική ανδλαστή *L10, L30, L50, L70, L90	*Ηχομετρία (Larson System 824 Type-1 Logging Sound Level Meter) *A-στάθμηθη θορύβου LA *1/3-οκταδική ανδλαστή *L10, L30, L50, L70, L90	*Ηχομετρία (Larson System 824 Type-1 Logging Sound Level Meter)
Εξατάρθιμες πηγές θορύβου και αντίστοιχη αποτελέσματα										
Πλούτο	Γερανοί γέφυρες	Οχηματα πλαστικ	Μονάδες ψηλής E/K	Θρόβος κυλιόφορος	ΣΔημιουργίας θρόβος	Μηχανικός εξοπλισμός	Η τοποθέτηση του πηγόμετρου δηνε σε όγκο 1,5 μέτρων πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και το πρόσμετρο ήταν στραμμένο προς την κατεύθυνση της πηγής.	Δε γίνεται αναφορά	Δε γίνεται αναφορά	Οι κύριες πηγές θορύβου των μηχανικών εξοπλισμών, που εξετάζονται στην λημνοτάξη εγκατάστασης, είναι οι ακόλουθες:
Πλούτο	Γερανοί γέφυρες	Οχηματα πλαστικ	Μονάδες ψηλής E/K	Θρόβος κυλιόφορος	ΣΔημιουργίας θρόβος	Μηχανικός εξοπλισμός	Για το σύστημα τανιοδρόμων οι μετρήσεις θορύβου πραγματοποιήθηκαν σε απόσταση 16 μέτρων και ήταν χρονικής διάρκειας 5,5 λεπτών. Άπλο τα 5,5 λεπτά μόνον 2 λεπτά καταγράφονται χρησιμοποιούμενα την για ανδλαστή, καθώς η παραγεμβολές ήχων διεργάζομενον οχημάτων. Για το στενόβυθο από παραγεμβολές ήχων διεργάζομενον από τα βαρύνα των τρενών, καρβούνου την σταθερό θορύβου εγίνε σε απόσταση 8 μέτρων. Η συνολική χρονική διάρκεια ήταν 7 λεπτά, εκ των οποίων μόνο τα 4 λεπτά στην οποία βρέθηκε από το πλόμετρο, ήταν τα 21 μέτρα.	Δε γίνεται αναφορά	Δε γίνεται αναφορά	(α) ΙΑεδ = 103,2 dB(A) (β) ΙΑεδ = 103,5 dB(A) (γ) ΙΑεδ = 105,9 dB(A)(επιπλέον) (δ) ΙΑεδ = 107,2 dB(A) (ε) ΙΑεδ = 107,1 dB(A) (ζ) ΙΑεδ = 107,1 dB(A)
Πλούτο	Γερανοί γέφυρες	Οχηματα πλαστικ	Μονάδες ψηλής E/K	Θρόβος κυλιόφορος	ΣΔημιουργίας θρόβος	Μηχανικός εξοπλισμός	Για τα μηχανήματα αναβόρησης των αεράνων του καρβούνου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου χρονικής διάρκειας 8 λεπτών. Το μηχάνημα αναβόρησης βρισκόταν σε κίνηση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Η κοντινότερη απόσταση, οι εξ αποστάσεως από τη λημνοτάξη εγκατάστασης μετρήσεις θορύβου πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάδικτη φόρτωσης με καρβούνο ενός πλοιού. Οι στάθμες θορύβου μετρήθηκαν σε αποστάσεις από 150 έως 900 μέτρα από το εν λόγῳ πλοιού.	Δε γίνεται αναφορά	Δε γίνεται αναφορά	Η συνολική διάρκεια των μετρήσεων θορύβου ήταν 36 λεπτά
Λεπτομέρειες πειραμάτων										
Λεπτομέρειες πειραμάτων										
Λεπτομέρειες πειραμάτων										

Δεν υπάρχει πληροφορία για αυτόν

Δεν υπάρχει πληροφορία για αυτόν

Δεν υπάρχει πληροφορία για αυτόν

α/α	Πίτζας έρευνας-μελέτης Ονομα συγγραφέα-οργανισμού	Χρόνος έκπληξης έρευνας-μελέτης	Σκοποί/στόχοι έρευνας/μελέτης				Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός Μετρούμενα μετρήθη
			Υπόδ μελέτη λιμένας	Τύπος λιμενικής εγκατάστασης	Τύπος λιμενικής εγκατάστασης	Σκοποί/στόχοι έρευνας/μελέτης	
5	“Survey on Monitoring of Non-Transport Related Noise Pollution” Ove Arup & Partners Hong Kong Ltd	Σεπτέμβριος 2002	Ευρύτερη περιοχή του Hong Kong. Για το αποκείμενο της δηλωματικής εστίασης του ενδιαφέρον στο Hong Kong Container Terminal / Kva	Ευρύτερη περιοχή του Hong Kong. Για το αποκείμενο της δηλωματικής εστίασης του ενδιαφέρον στο Hong Kong Container Terminal / Kva	(α) Ερεύνα καταγραφή του μη σχετιζόμενου με την κυκλοφορία των οχημάτων θορύβου στην περιοχή του Hong Kong και εντοπισμός των διαστριπτούντων (6 στον αριθμό διπος προσκευών) που επιβαρύνουν την περιοστήρι με το θύριό τους. (β) Εντοπισμός των κύριων πηγών θορύβου για καθεμία από τις δραστηριότητες. (γ) Εκτιμηση του πληθυντικού γύρου από την κάθε δραστηριότητα, και σε ακίνα 300 μέτρων γήρο από την κάθη πηγή των ρυθμιζόμενων θορύβων. (δ) Μέτρηση των σταθμών θορύβου, σε καθεμία από τις 18 τοποθεσίες, για τη διάρκεια της ημέρας (07:00-19:00), τον βραδιό (19:00-23:00) και της νύχτας (23:00-07:00). (ε) Εκτιμηση των ποσοστών των πλήθυνσηών που εκτίθεται σε συγκεκριμένου είδους σταθμών θορύβου, σε διλή τη διάρκεια της ημέρας.	(α) Ημέρας (Integrating sound level meter BrueL&Kjaer 2238 & 2231) *Ημέρας (Integrating sound level meter BrueL&Kjaer 4188 & 4155) *Μικρόφωνα (Y/ free field microphone BrueL&Kjaer UA0237) *Προστατευτικό ανέμου (windshield Kestrel Vane Anemometer)	(α) Ερεύνα καταγραφή του μη σχετιζόμενου με την κυκλοφορία των οχημάτων θορύβου στην περιοχή του Hong Kong και εντοπισμός των διαστριπτούντων (6 στον αριθμό διπος προσκευών) που επιβαρύνουν την περιοστήρι με το θύριό τους. (β) Εντοπισμός των κύριων πηγών θορύβου για καθεμία από τις δραστηριότητες. (γ) Εκτιμηση του πληθυντικού γύρου από την κάθη πηγή των ρυθμιζόμενων θορύβων. (δ) Μέτρηση των σταθμών θορύβου, σε καθεμία από τις 18 τοποθεσίες, για τη διάρκεια της ημέρας (07:00-19:00), τον βραδιό (19:00-23:00) και της νύχτας (23:00-07:00). (ε) Εκτιμηση των ποσοστών των πλήθυνσηών που εκτίθεται σε συγκεκριμένου είδους σταθμών θορύβου, σε διλή τη διάρκεια της ημέρας.
Εξταζήμενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα							
Πλαίσιο	Γερανού γέροντας	Οχήματα Πλάστικα	Μονάδες ψήξης E/K	Θρύβος κυκλοφορίας	Σιδηρόκρας θρύβος	Μηχανικός εξοπλισμός	Μέθοδος μετρητής
✓	✓	✓	X	✓	X	X	(α) Η καταγραφή του θορύβου σε ορισμένες τοποθεσίες ήταν αναπόφευκτο, να μην επηρεαστεί από την κυκλοφοριακό θύριο και για το λόγο αυτό, οι μετρήσεις θορύβου στις τοποθεσίες αυτές διεξήχθησαν σε ωρες μη αυγής της κυκλοφορίας. (β) Μετρήσεις θορύβου δεν πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια βροχερών ημερών. (γ) Τα πρόσμερα τοποθετήθηκαν πάνω σε τρίποδες σε υψός 1,20 μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους και σε απόσταση 1 μέτρου, τοπλάκιστον, από τις προσόψεις των κτηρίων. (δ) Η τεργάντια του ανέμου ελέγχηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, δύστικα να επιβεβαιωθεί, διότι η σταθερή ταχύτητα του ανέμου δεν υπερβαίνει τα 5 m/sec και δια δεν υπήρχεν ριζές ανέμου, που να υπερβαίνουν τα 10 m/sec. (ε) Κάθε μη φυσιολογική κατάσταση, η οποία προξενεύει ανεμοθύμητο θύριο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, καταγράφεται σε ειδικό έντυπο.
Αεροπλάνα πτήσης							
Πλαίσιο	Γερανού γέροντας	Οχήματα Πλάστικα	Μονάδες ψήξης E/K	Θρύβος κυκλοφορίας	Σιδηρόκρας θρύβος	Μηχανικός εξοπλισμός	(α) Ο θύροβος στην αναφέρεται στην φορητήν οχημάτων διακίνησης E/K εντός της Αλεπονήκτης γης καραμανταράς. (β) Οι μετρήσεις στάθμες θορύβου από τη λιμενική γης καραμανταράς διακίνησης E/K, φρεγανογράτα, κυρίως κυκλοφορία φορητήν οχημάτων μεταφορές E/K. (γ) Σε ακίνα 300 μέτρων από τη λιμενική γης καραμανταράς διακίνησης E/K δεν υπάρχουν κατοικίες.
Αεροπλάνα πτήσης							
Πλαίσιο	Γερανού γέροντας	Οχήματα Πλάστικα	Μονάδες ψήξης E/K	Θρύβος κυκλοφορίας	Σιδηρόκρας θρύβος	Μηχανικός εξοπλισμός	(α) Ο θύροβος στην αναφέρεται στην φορητήν οχημάτων διακίνησης E/K εντός της Αλεπονήκτης γης καραμανταράς. (β) Οι μετρήσεις στάθμες θορύβου από τη λιμενική γης καραμανταράς διακίνησης E/K, φρεγανογράτα, κυρίως κυκλοφορία φορητήν οχημάτων μεταφορές E/K. (γ) Σε ακίνα 300 μέτρων από τη λιμενική γης καραμανταράς διακίνησης E/K δεν υπάρχουν κατοικίες.
Αεροπλάνα πτήσης							
Πλαίσιο	Γερανού γέροντας	Οχήματα Πλάστικα	Μονάδες ψήξης E/K	Θρύβος κυκλοφορίας	Σιδηρόκρας θρύβος	Μηχανικός εξοπλισμός	(α) Ο θύροβος στην αναφέρεται στην φορητήν οχημάτων διακίνησης E/K εντός της Αλεπονήκτης γης καραμανταράς. (β) Οι μετρήσεις στάθμες θορύβου από τη λιμενική γης καραμανταράς διακίνησης E/K, φρεγανογράτα, κυρίως κυκλοφορία φορητήν οχημάτων μεταφορές E/K. (γ) Σε ακίνα 300 μέτρων από τη λιμενική γης καραμανταράς διακίνησης E/K δεν υπάρχουν κατοικίες.
Αεροπλάνα πτήσης							
Πλαίσιο	Γερανού γέροντας	Οχήματα Πλάστικα	Μονάδες ψήξης E/K	Θρύβος κυκλοφορίας	Σιδηρόκρας θρύβος	Μηχανικός εξοπλισμός	(α) Ο θύροβος στην αναφέρεται στην φορητήν οχημάτων διακίνησης E/K εντός της Αλεπονήκτης γης καραμανταράς. (β) Οι μετρήσεις στάθμες θορύβου από τη λιμενική γης καραμανταράς διακίνησης E/K, φρεγανογράτα, κυρίως κυκλοφορία φορητήν οχημάτων μεταφορές E/K. (γ) Σε ακίνα 300 μέτρων από τη λιμενική γης καραμανταράς διακίνησης E/K δεν υπάρχουν κατοικίες.

Αεροπλάνα πτήσης

Αεροπλάνα πτήσης

Αεροπλάνα πτήσης

a/a	Τίτλος έρευνας-μελέτης Όνομα συγγραφέας-οργανισμός	Χρόνος εκπόνησης έρευνας-μελέτης	Υπόδ μελέτη λιμένας	Τύπος λιμενικής εγκατάστασης	Σκοποί/στόχοι έρευνας/μελέτης	Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός	Μετρόδημα μεγέθη
8	"Bayport Facility - Environmental Sound Levels / February - March 2007" HFP Acoustical Consultants INC, για λογαριασμό της Αρχής Λιμένος του Χιούστον (Port of Houston Authority), Τέξας / HTIA	(i) Απρίλιος 2005 έως Δεκέμβριος 2006 (ii) Φεβρουάριος - Μάρτιος 2007	(a) Bayport Terminal Χιούστον, Τέξας / HTIA (B) Barbours Cut Terminal (BC)	Δημονικές εγκαταστάσεις διακίνησης ΕΚ	(α) Μέτρηση του θορύβου περιβάλλοντος και των θορύβων βάθους στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα. (β) Υπολογισμός του επενδυτικού θορύβου από τις λειτουργίες του λιμένα. (γ) Διερεύνηση των βαθμών επιδρασης της στάθμης θορύβου της περιοχής. (δ) Αναφορά στα ληφθέντα μέτρα για τη μείωση του θορύβου στον υπόλοιπο λιμένα	*Ηχόμετρα (δε γίνεται αναφορά στον υπόλοιπο λιμένα της περιοχής της πόλης της Χιούστον) /και τα χαρακτηριστικά τους)	*Ldn, Leq
Εξετάζομενες πηγές θορύβου και αντίστοιχα αποτελέσματα							
(α)	Πλαίσιο γέφυρας	Γερανο Ορθιάστα	Μονάδες ψηφίων ΕΚ	Θόρυβος κυκλοφορίας	Σημηρ/κός θρυβός	Μηχανικός εξοπλισμός	Μέθοδος μετρητής
(β)	Πλαίσιο γέφυρας	Γερανο Ορθιάστα	Μονάδες ψηφίων ΕΚ	Θόρυβος κυκλοφορίας	Σημηρ/κός θρυβός	Υπόδ μελέτη λιμένας	Μοντέλο πρόβλεψης
Αποτελέσματα							
(α)	✓	✓	X	X	✓	X	✓
(β)	✓	✓	X	X	✓	X	✓
Αποτελέσματα							
(α)	Λιθ = 56 - 58 dB(A)	ΑΕΒ αναφέποντα	ΑΕΒ αναφέποντα	ΑΕΒ αναφέποντα	ΑΕΒ αναφέποντα	ΑΕΒ αναφέποντα	Λοιπές πληροφορίες
(β)	Λιθ = 56 - 58 dB(A)	ΑΕΒ αναφέποντα	ΑΕΒ αναφέποντα	ΑΕΒ αναφέποντα	ΑΕΒ αναφέποντα	ΑΕΒ αναφέποντα	Λοιπές πληροφορίες

3.2.9 ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ MARSHALL DAY ASSOCIATES.

Οι κυριότερες παράμετροι, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη και εισάγονται ως δεδομένα στο μοντέλο πρόβλεψης θορύβου από τις δραστηριότητες των λιμένων, είναι οι ακόλουθες [37]:

- (α) Ηχητικές στάθμες των πηγών θορύβου που έχουν εντοπιστεί εντός του λιμένα.
- (β) Τοπογραφία λιμένα και περιοχών που γειτνιάζουν άμεσα με αυτόν.
- (γ) Λειτουργικά στοιχεία του λιμένα.

Ως κύριες πηγές θορύβου στους λιμένες μπορούν να ορισθούν τα πλοία, τα οχήματα πλαίσια, τα περονοφόρα οχήματα, οι γερανογέφυρες, οι μονάδες ψύξης εμπορευματοκιβωτίων, τα φορτηγά οχήματα και οι σιδηροδρομικοί συρμοί, όπου υφίσταται σιδηροδρομική σύνδεση του λιμένα με το εθνικό σιδηροδρομικό δίκτυο. Η στάθμη θορύβου της κάθε πηγής μπορεί να μετρηθεί υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας της και μπορεί, ακολούθως, να υπολογιστεί η στάθμη θορύβου, που δέχεται παρατηρητής, για διάφορες αποστάσεις από την εν λόγω πηγή [37].

Η τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής του λιμένα πρέπει να είναι γνωστή με μεγάλη ακρίβεια, καθώς η διάδοση του θορύβου στο χώρο επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό, από τη μορφολογία του εδάφους που παρεμβάλλεται ανάμεσα στην πηγή του θορύβου και στο δέκτη. Τα περισσότερα λιμάνια τείνουν, από τη φύση τους, να περιβάλλονται από λοφώδεις εκτάσεις. Όσον αφορά την τοπογραφική αποτύπωση της ευρύτερης περιοχής, η χρήση ισοϋψών καμπυλών με ισοδιάσταση στα 2 μέτρα μπορεί να θεωρηθεί επαρκούς ακρίβειας [37].

Τα λειτουργικά στοιχεία του λιμένα δεν αφορούν μόνο το παρόν, αλλά πρέπει, κυριότερα, να προβλέπονται για τις μελλοντικές χρήσεις του λιμένα πχ σε βάθος χρόνου 10 ετών. Κάτι τέτοιο, όμως, είναι εξαιρετικά δύσκολο να υλοποιηθεί συνην πράξη. Ως κρίσιμος παράγοντας για τη λειτουργία ενός λιμένα λαμβάνεται το σενάριο των “πέντε γεμάτων δραστηριότητα ημερών” (“busy five day” scenario) [37]. Ένας λιμένας επιδιώκει να προβλέπει τον αριθμό των πλοίων, τα οποία μπορεί να προσέλθουν σε αυτόν κατά τη διάρκεια των πέντε πιο δραστήριων ημερών του, τον δύκο του φορτίου (αριθμό E/K) που πρέπει να φορτοεκφορτωθεί προς και από τα πλοία αυτά και επομένως, τον αριθμό των οχημάτων πλαισίων και των περονοφόρων οχημάτων που θα απαιτηθούν για τη μεταφορά και στοίβαξη των παραπάνω E/K, καθώς και τον αριθμό των φορτηγών οχημάτων και των σιδηροδρομικών συρμών που θα χρειαστούν, για να εξασφαλιστεί η μετακίνηση των προβλεπόμενων φορτίων προς

και από το λιμένα [37].

Αφότου συγκεντρωθούν τα στοιχεία όλων των απαιτούμενων παραμέτρων, που έχουν προαναφερθεί, ακολουθεί η εισαγωγή τους σε λογισμικό πρόγραμμα πρόβλεψης θορύβου. Το λογισμικό πρόγραμμα βρίσκεται, πλέον, σε θέση να πραγματοποιήσει προβλέψεις στάθμης θορύβου για την περιοχή του ενδιαφέροντος και να εξάγει τις ισοθορυβικές καμπύλες και ιδιαίτερα τις καμπύλες σταθμών θορύβου $Ldn = 55 \text{ dBA}$ και $Ldn = 65 \text{ dBA}$. Το συγκεκριμένο λογισμικό πρόγραμμα πρόβλεψης θορύβου υπολογίζει για κάθε ώρα της ημέρας το θόρυβο από κάθε πηγή προς ένα πλέγμα από σημεία δέκτες, τα οποία απέχουν από σταση 10 μέτρων μεταξύ τους, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός, ότι πολλές από τις πηγές αυτές κινούνται σε μια περιοχή μεγάλου εύρους. Στις νυχτερινές στάθμες θορύβου (22:00 – 07:00) γίνεται προσαύξησή τους κατά 10 dB, όπως απαιτείται για τον υπολογισμό της στάθμης Ldn [37].

Για τα διάφορα σενάρια λειτουργίας εκπέμπονται από το λιμένα και διαφορετικές στάθμες θορύβου. Προκειμένου να καθοριστεί η δυσμενέστερη περίπτωση συνθηκών λειτουργίας του λιμένα, από άποψη θορύβου, είναι αναγκαίο να εξεταστεί ένας αριθμός από διαφορετικά σενάρια λειτουργίας του, καθώς δεν είναι πάντοτε εμφανές, για ποιο συνδυασμό πλοίων ή φορτίων θα παραχθεί η μέγιστη στάθμη θορύβου από το λιμένα [37].

Η εξαγωγή των προβλέψεων πραγματοποιείται γραφικά, μέσω των χαρτών θορύβου. Οι χάρτες θορύβου αποτελούν χάρτες, πάνω στους οποίους ενώνονται με ισοσταθμικές καμπύλες θορύβου διαδοχικά σημεία της περιοχής, στα οποία η στάθμη του θορύβου λαμβάνει την ίδια τιμή [3]. Οι χάρτες θορύβου μοιάζουν πολύ με τους μετεωρολογικούς και τους τοπογραφικούς χάρτες, στους οποίους οι ισοβαρείς και οι ισούψεις καμπύλες τους ενώνουν σημεία με την ίδια βαρομετρική πίεση και το ίδιο υψόμετρο, αντίστοιχα [38].

Στο Σχ.3.1 παρουσιάζεται ο χάρτης θορύβου ενός λιμένα. Στο υπόμνημα του χάρτη αποτυπώνονται, με τα διάφορα χρώματα, οι προβλεπόμενες στάθμες θορύβου, τόσο πάνω από το λιμένα όσο και πάνω από την περιοχή, που βρίσκεται σε άμεση γειτνίαση με το λιμένα. Με τη βοήθεια ενός τέτοιου χάρτη θορύβου μπορούν να εντοπισθούν, με ιδιαίτερα παραστατικό τρόπο, οι περιοχές, στις οποίες το πρόβλημα του θορύβου από το λιμένα είναι ιδιαίτερα οξυμένο.

Οι χάρτες θορύβου μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο κατηγορίες [3]:

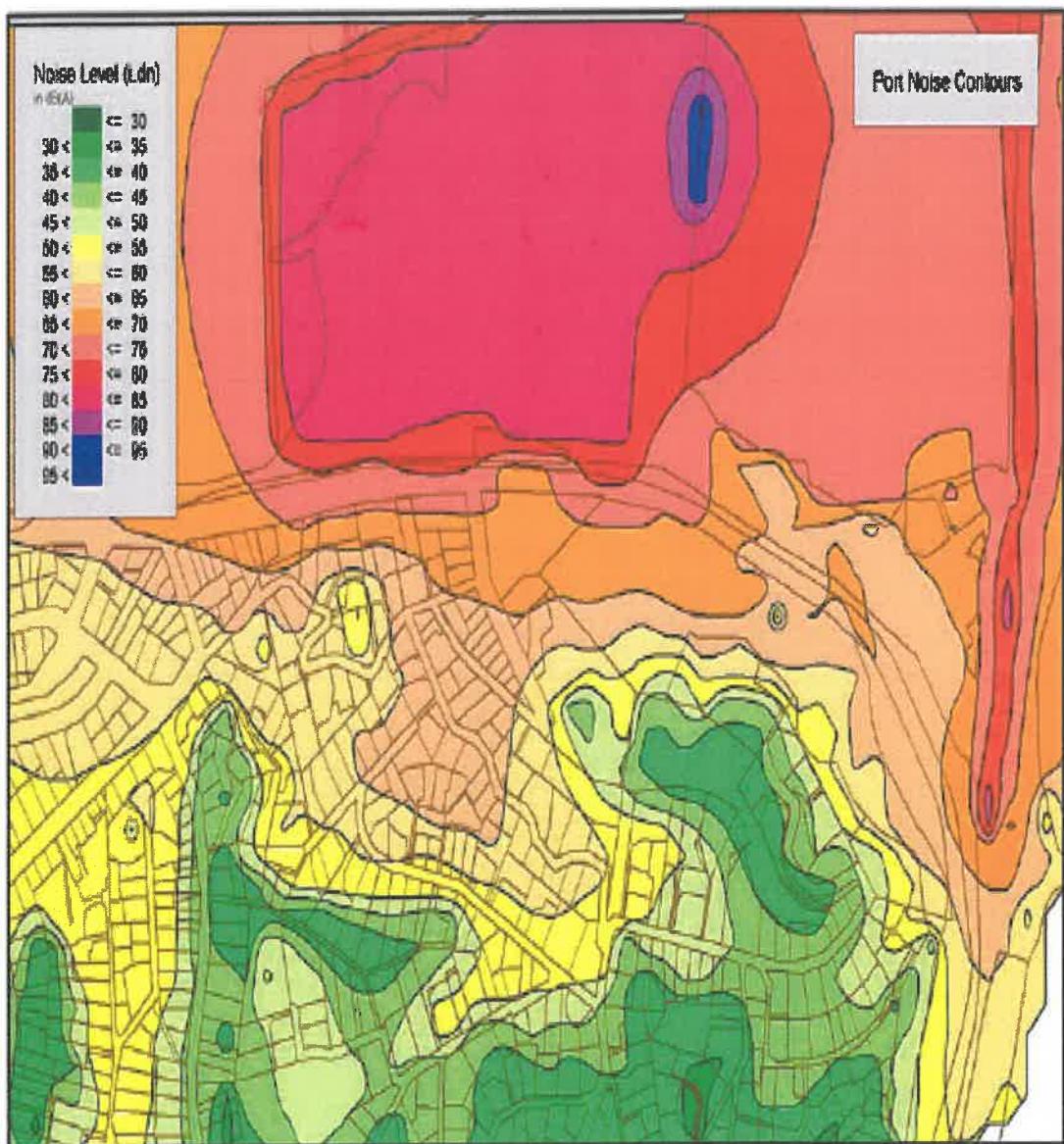
(α) Οριζόντιοι χάρτες ισοθορυβικών καμπυλών

(β) Κάθετοι χάρτες ισοθορυβικών καμπυλών

Στους οριζόντιους χάρτες ο σχεδιασμός των ισοθορυβικών καμπυλών γίνεται σε ένα πλέγμα που έχει σταθερό ύψος πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Στο επίπεδο αυτό γίνεται ο σχεδιασμός των χαρτών θορύβου, όπου με διαφορετικά χρώματα απεικονίζονται οι ισοθορυβικές καμπύλες.

Στους κάθετους χάρτες ορίζεται μία διατομή (κάθετο επίπεδο) στην οριζοντιογραφία και γίνεται υπολογισμός των ισοθορυβικών καμπυλών σε ένα κατακόρυφο πλέγμα. Οι κατακόρυφες ισοθορυβικές καμπύλες απεικονίζουν την κάθετη διάδοση του ηχητικού πεδίου. Έτσι, βρισκόμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την εκλαμβανόμενη ηχοστάθμη στους ευαίσθητους δέκτες σε όλους τους ορόφους ενός κτιρίου.

Οι χάρτες θορύβου εξυπηρετούν τρεις κύριους σκοπούς. Ο πρώτος σκοπός είναι να εντοπισθούν οι περιοχές, στις οποίες οι στάθμες θορύβου είναι υψηλές. Οι περιοχές αυτές μπορούν, στη συνέχεια, να συσχετιστούν με τον πληθυσμό των κατοίκων τους και να εκτιμηθεί, συνεπώς, ο πληθυσμός των ανθρώπων, που επηρεάζεται από τις υψηλές στάθμες θορύβου. Ο δεύτερος σκοπός τους είναι να συνεισφέρουν στη λήψη των απαραίτητων μέτρων δράσης, έτσι ώστε να μειωθούν οι στάθμες του θορύβου. Τέλος, οι χάρτες θορύβου μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ώστε να δοκιμαστεί θεωρητικά η αποτελεσματικότητα των διαφόρων προτεινόμενων μεθόδων για τη μείωση του θορύβου, όπως η κατασκευή ηχοπετασμάτων [38].



Σχ.3.1: Χάρτης θορύβου της ευρύτερης περιοχής ενός λιμένα. Επάνω και αριστερά διακρίνεται το υπόμνημα του χάρτη. (ΠΗΓΗ: Marshall Day Acoustics - www.marshallday.com)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΠΗΓΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει εκτενής ανάλυση των πηγών θορύβου, που σχετίζονται με τη λειτουργία των λιμενικών εγκαταστάσεων. Οι πηγές αυτές θορύβου εντοπίστηκαν από το κεφάλαιο (Κεφ.3) της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Ως πηγές θορύβου από τη λειτουργία των λιμένων μπορούμε να ορίσουμε τις ακόλουθες:

- **Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Container Ships)**
- **Γερανογέφυρες (Γ/Φ) φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων (E/K)**
- **Οχήματα Στοιβασίας και Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων (ΟΣΜΕ - Οχήματα Πλαίσια - Straddle Carriers)**
- **Περονοφόρα Οχήματα**
- **Βαρεά Οχήματα (Φορτηγά) μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων**
- **Μονάδες Ψύξης εμπορευματοκιβωτίων (Container Refrigeration Units).**
- **Σιδηροδρομικοί συρμοί μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων** (για όσους λιμένες υφίσταται σύνδεση των εγκαταστάσεών τους, με το σιδηροδρομικό δίκτυο της χώρας στην οποία ανήκουν).

Προτού προβούμε σε εκτενέστερη ανάλυση καθεμίας εκ των παραπάνω πηγών θορύβου, είναι αναγκαίο, να αναφερθούμε σε συγκεκριμένης κατηγορίας ήχους - θορύβους, οι οποίοι παράγονται από ορισμένες από τις προαναφερθείσες πηγές. Οι ήχοι αυτοί σχετίζονται άμεσα με τη λειτουργία των εν λόγω πηγών θορύβου και δεν προέρχονται από τη μηχανική λειτουργία τους. Συγκεκριμένα, στους ήχους αυτούς συμπεριλαμβάνονται τα κάτωθι:

- **Οι προειδοποιητικές σειρήνες των γερανογεφυρών (Γ/Φ)**
- **Οι προειδοποιητικές σειρήνες των οχημάτων στοιβασίας και μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (ΟΣΜΕ – Οχήματα πλαίσια)**
- **Οι σειρήνες των πλοίων που ηχούν κατά την αναχώρηση των πλοίων από το λιμένα.**
- **Οι κόρνες των φορτηγών οχημάτων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων κατά την κίνησή τους εντός των λιμενικών εγκαταστάσεων (ιδίως κατά τις ώρες αιχμής της κίνησης εντός του λιμένα).**

Οι ήχοι αυτοί είναι ιδιαίτερα διαπεραστικοί και ενοχλητικοί τόσο για τους

εργαζομένους εντός του λιμένα όσο και για τους κατοίκους, κυριότερα, των όμορων προς το λιμένα περιοχών. Παρόλα αυτά, οι συγκεκριμένοι ήχοι, συχνά, έχουν μικρή επίδραση στις μετρούμενες στάθμες θορύβου λόγω της **συχνότητας** και της **διάρκειάς** τους. Όμως, είναι αυτοί, οι οποίοι γίνονται, εντονότερα αισθητοί και ενοχλητικοί στους κατοίκους [29].

Στη συνέχεια, θα ακολουθήσει αναφορά στις επιμέρους συνιστώσες θορύβου και στα χαρακτηριστικά καθεμίας από τις προαναφερθείσες πηγές θορύβου.

4.1 ΠΛΟΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ (Container Ships)

Ο συνολικός παραγόμενος θόρυβος από ένα πλοίο μπορεί να θεωρηθεί σαν το αποτέλεσμα της σύμπραξης επιμέρους συνιστώσων θορύβου, που προέρχονται από διάφορα μέρη ενός πλοίου. Ως επιμέρους πηγές θορύβου από ένα πλοίο μπορούν να θεωρηθούν οι κάτωθι:

- **Ο κινητήρας** (κυρίως κατά τη διάρκεια της κίνησης του πλοίου) **και το φουγάρο**. Ιδιαίτερα το φουγάρο μπορεί να θεωρηθεί σαν η κύρια πηγή θορύβου από το πλοίο.
- **Οι κόρνες**, κυρίως κατά τη διάρκεια της αναχώρησης των πλοίων από το λιμάνι, οι οποίες ηχούν από παράδοση για λόγους ασφαλείας, προκειμένου να προειδοποιήσουν για την αναχώρησή τους, οποιοδήποτε πλοίο βρίσκεται κοντά τους.
- **Οι γεννήτριες** (ντίζελ) **παραγωγής ηλεκτρισμού** για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την πραγματοποίηση των αναγκαίων επί του πλοίου δραστηριοτήτων. Οι γεννήτριες αυτές χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια που το πλοίο είναι αγκυροβολημένο στο λιμένα.
- **Οι προειδοποιητικές σειρήνες των γερανών** που διαθέτει, **ενδεχομένως**, ένα πλοίο για τη φορτοεκφόρτωσή του με ιδία μέσα. Η χρήση των εν λόγω σειρήνων είναι επιβεβλημένη για λόγους ασφαλείας.

Το κύριο χαρακτηριστικό του παραγόμενου θορύβου από τα πλοία είναι οι σταθερές και συγκεκριμένες θέσεις, από τις οποίες προέρχεται ο θόρυβος αυτός. Οι θέσεις αυτές είναι οι θέσεις παραβολής, που προβλέπονται για την κάθε λιμενική εγκατάσταση. Επιπρόσθετα, θα μπορούσαμε να επισημάνουμε τη σχετικά σταθερή, και με μικρές διακυμάνσεις, στάθμη θορύβου, που παράγεται από τις ντίζελ γεννήτριες του πλοίου, κατά το χρονικό διάστημα που το πλοίο βρίσκεται αγκυροβολημένο στο λιμένα [30].

4.2 ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΕΣ (Γ/Φ) ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ Ε/Κ

Ο συνολικός παραγόμενος θόρυβος από αυτές μπορεί να θεωρηθεί σαν αποτέλεσμα 3 επιμέρους πηγών θορύβου, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- Ένας μεγάλος ηλεκτρικός κινητήρας ο οποίος βρίσκεται τοποθετημένος στα υψηλά επίπεδα των γερανογεφυρών και χρησιμοποιείται για τη φόρτωση και την εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων προς και από τα πλοία αντίστοιχα.
- Οι προειδοποιητικές σειρήνες οι οποίες λειτουργούν, για λόγους ασφαλείας, κατά τη διάρκεια που οι γ/φ βρίσκονται σε διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης και μετακίνησης, έτσι ώστε να τραβήξουν την προσοχή των ατόμων, που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με αυτές, προς αποφυγή ατυχημάτων.
- Οι κραδασμοί οι οποίοι παράγονται, κατά τη διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης, εξαιτίας της πρόσκρουσης των εμπορευματοκιβωτίων πάνω σε διάφορες επιφάνειες.

Οι θέσεις των γερανογεφυρών πάνω στην αποβάθρα είναι συγκεκριμένες, ενώ και το εύρος της περιοχής κίνησής τους είναι, σαφώς, καθορισμένο. Συνεπώς, οι θέσεις της λιμενικής εγκατάστασης, από τις οποίες προέρχεται ο θόρυβος των γερανογεφυρών, είναι συγκεκριμένες και, επομένως, είναι γνωστές και οι αποστάσεις των θέσεων αυτών από τα διάφορα, υπό εξέταση, σημεία εκτός του λιμένα. Η στάθμη του παραγόμενου θορύβου από τις γερανογέφυρες παρουσιάζει διακυμάνσεις στη χρονική διάρκεια (χρόνο κύκλου) μιας διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης Ε/Κ. Θα μπορούσαμε, όμως, να προβούμε στην παραδοχή, ότι η ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου (Leq), για το χρόνο κύκλου μιας διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης Ε/Κ, διατηρείται σταθερή για κάθε κύκλο [31]. Επίσης, όπως είναι αναμενόμενο, οι μεγαλύτερες σε ηλικία γερανογέφυρες είναι περισσότερο θορυβώδεις από τις αντίστοιχες νεότερες [31].

4.3 ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ - ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ (ΟΣΜΕ - ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ - Straddle Carriers)

Ως επιμέρους πηγές θορύβου μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες:

- Ο κινητήρας (ντίζελ συνήθως) ο οποίος χρησιμοποιείται για να προωθεί τα οχήματα, να ανυψώνει και να εναποθέτει τα εμπορευματοκιβώτια.
- Οι προειδοποιητικές σειρήνες που ηχούν, για λόγους ασφαλείας, κατά τη διάρκεια τόσο της φορτοεκφόρτωσης όσο και της μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων από τα οχήματα.

- **Οι κραδασμοί** οι οποίοι παράγονται, κατά τη διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης, εξαιτίας της πρόσκρουσης των εμπορευματοκιβωτίων πάνω σε διάφορες επιφάνειες.
- **Τα τραντάγματα** τα οποία παράγονται, κατά την κίνηση των οχημάτων, εντός των λιμενικών εγκαταστάσεων, λόγω της επαφής των διαφόρων κινητών μερών με τον κορμό των οχημάτων (πχ σημεία εξάρτησης της σκάλας πάνω στον κορμό του οχήματος για την άνοδο του οδηγού στην καμπίνα χειρισμού του οχήματος).

Σε αντίθεση με τις προαναφερθείσες πηγές θορύβου, οι θέσεις των οχημάτων πλαισίων δεν είναι σταθερές εντός του λιμένα, καθώς βρίσκονται σε διαρκή κίνηση και οι αποστάσεις τους, από δεδομένα σημεία ενδιαφέροντος, εξωτερικά του λιμένα, είναι διαρκώς μεταβαλλόμενες. Η εκπεμπόμενη στάθμη θορύβου παρουσιάζει διακυμάνσεις στη χρονική διάρκεια (χρόνο κύκλου) μίας τυπικής διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης Ε/Κ. Θα μπορούσε, όμως, να γίνει η παραδοχή, ότι η ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου (Leq), για το χρόνο κύκλου μιας διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης Ε/Κ, διατηρείται σταθερή για κάθε κύκλο [29]. Επίσης, τα μεγαλύτερα σε ηλικία οχήματα πλαίσια χαρακτηρίζονται από υψηλότερες στάθμες θορύβου σε σύγκριση με τα νεότερα [29].

4.4 ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Οι επιμέρους πηγές θορύβου μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες:

- Το **σύστημα κινητήρα και εξάτμισης** των οχημάτων το οποίο και αποτελεί την κυριότερη πηγή θορύβου για τα βαρέα οχήματα.
- Η **κόρνα** των οχημάτων.
- Τα **ελαστικά** των οχημάτων.
- Οι **κραδασμοί** του αμαξώματος και των μεταφερόμενων εμπορευματοκιβωτίων κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους εντός των εγκαταστάσεων του λιμένα.

Όπως τα οχήματα πλαίσια, έτσι και τα φορτηγά οχήματα βρίσκονται σε διαρκή κίνηση εντός του λιμένα και όχι σε κάποια σταθερή θέση. Επιπλέον, η στάθμη θορύβου τους χαρακτηρίζεται από σημαντικές διακυμάνσεις (επιταχύνσεις, φρεναρίσματα κλπ) κατά την κίνησή τους στο οδικό δίκτυο του λιμένα.

4.5 ΜΟΝΑΔΕΣ ΨΥΞΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Ο παραγόμενος θόρυβος από αυτές τις μονάδες οφείλεται, αποκλειστικά, στη λειτουργία των **συστημάτων ψύξης** για τη διατήρηση της θερμοκρασίας των εμπορευμάτων, εντός των εμπορευματοκιβωτίων, στις προβλεπόμενες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της παραμονής των εμπορευματοκιβωτίων στους αποθηκευτικούς χώρους της λιμενικής εγκατάστασης.

Υφίστανται τρεις τύποι μονάδων ψύξης εμπορευματοκιβωτίων. Στον πρώτο τύπο ανήκουν οι μονάδες ψύξης, οι οποίες είναι μόνιμα ενσωματωμένες μέσα στο εμπορευματοκιβώτιο, αποτελώντας δηλαδή, αναπόσπαστο τμήμα του (integral units). Στο δεύτερο τύπο ανήκουν οι αποσπώμενες μονάδες ψύξης, οι οποίες συνδέονται στο εμπορευματοκιβώτιο, μόλις αυτό στοιβαχτεί πάνω στην αποβάθρα και αφαιρούνται από αυτό, πριν το εμπορευματοκιβώτιο απομακρυνθεί από τη λιμενική εγκατάσταση (clip on units). Στον τρίτο τύπο ανήκουν οι πύργοι ψύξης εμπορευματοκιβωτίων (reefer towers), οι οποίοι είναι πύργοι, που φέρουν μονάδες ψύξης και με τους οποίους συνδέονται τα εμπορευματοκιβώτια, προκειμένου να ψυγχθεί και να συντηρηθεί το (ευπαθές) εμπόρευμα στο εσωτερικό τους. Χαρακτηριστικές εικόνες και από τους τρεις τύπους μονάδων ψύξης εμπορευματοκιβωτίων παρουσιάζονται στα σχήματα Σχ.4.6, Σχ.4.7 και Σχ.4.8.

Ένα χαρακτηριστικό του παραγόμενου θορύβου, από αυτήν την κατηγορία των πηγών θορύβου, είναι η σταθερή θέση, από την οποία προέρχεται ο παραγόμενος θόρυβος, καθώς σε κάθε λιμενική εγκατάσταση ο χώρος αποθήκευσης των εμπορευματοκιβωτίων είναι σαφώς καθορισμένος και οριοθετημένος. Επιπλέον, ένα εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του παραγόμενου θορύβου, είναι η συνεχής και σχεδόν σταθερή (με μικρές διακυμάνσεις) στάθμη του ως προς το χρόνο [29].

Σύμφωνα με τη μελέτη [29] (βλ. Κεφ.3) για το λιμένα Ferguson της Νέας Ζηλανδίας, από τους τρεις τύπους μονάδων ψύξης E/K οι πύργοι ψύξης αποδείχτηκαν, κατόπιν μετρήσεων, ως οι διατάξεις με τη χαμηλότερη εκπεμπόμενη στάθμη θορύβου. Για τους τρεις διαφορετικούς τύπους μονάδων ψύξης E/K καταγράφηκαν τρεις διαφορετικές στάθμες θορύβου. Για τις προσθαφαιρούμενες στα E/K μονάδες ψύξης (clip on units) καταγράφηκε στάθμη θορύβου $Leq = 91$ dBA. Για τις ενσωματωμένες στα E/K μονάδες ψύξης (integral units) καταγράφηκε στάθμη θορύβου $Leq = 93$ dBA. Τέλος, για τους πύργους ψύξης E/K (reefer towers) καταγράφηκε στάθμη θορύβου $Leq = 89$ dBA.

4.6

ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΙ

ΣΥΡΜΟΙ

ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Ως επιμέρους πηγές θορύβου μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες:

- Τα **προειδοποιητικά σήμαντρα** που ηχούν κατά τη διέλευση των σιδηροδρομικών συρμών.
- Οι **κραδασμοί** που προκαλούνται κατά την κύλιση των σιδηροδρομικών συρμών επάνω στις σιδηροτροχιές.



Σχ.4.1: Πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (ΠΗΓΗ: www.shipphotos.co.uk)



Σχ.4.2: Γερανογέφυρα φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων (ΠΗΓΗ: www.liebherr.com)



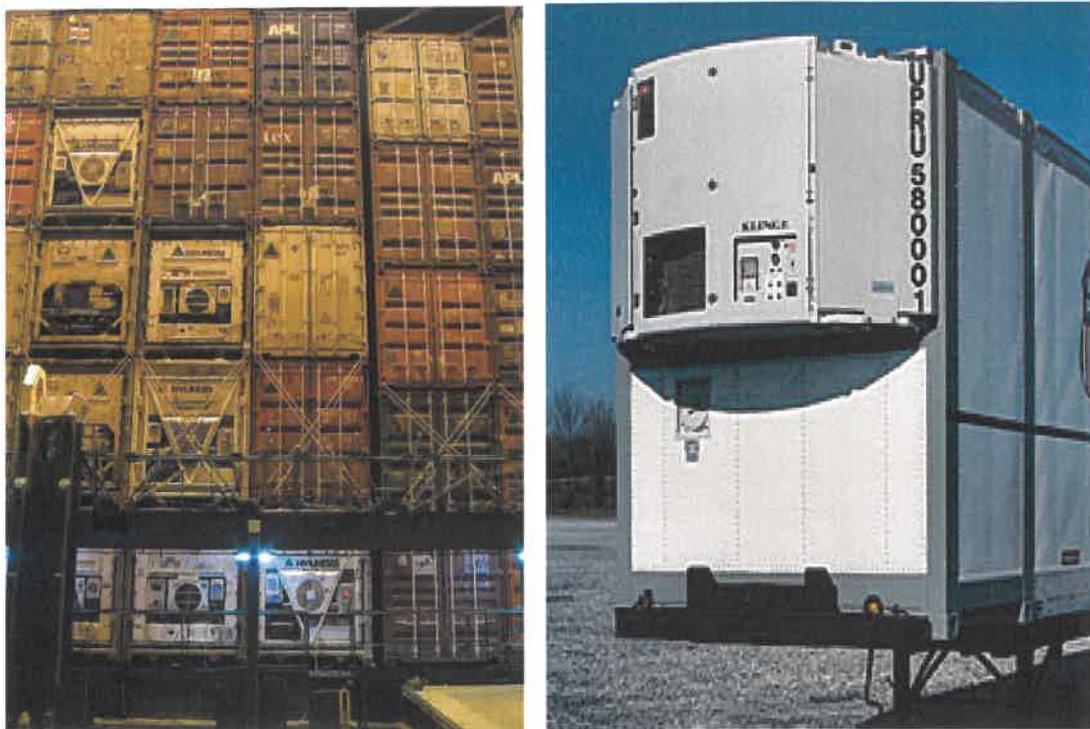
Σχ.4.3: Οχήματα πλαίσια (ΠΗΓΗ: www.isoloader.com)



Σχ.4.4: Περονοφόρο όχημα (ΠΗΓΗ: www.directindustry.com)



Σχ.4.5: Φορτηγά οχήματα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (ΠΗΓΗ:[2])



Σχ.4.6: Αριστερά εικονίζονται Ε/Κ με ενσωματωμένες τις μονάδες ψύξης (integral units) στοιβαγμένα στο εσωτερικό ενός πλοίου. Δεξιά εικονίζεται Ε/Κ με αποσπόμενη μονάδα ψύξης, η οποία προεξέχει του Ε/Κ. (ΠΗΓΕΣ: www.wikipedia.org και www.klingecorp.com, αντίστοιχα)



Σχ.4.7: Πύργος ψύξης Ε/Κ στο λιμένα του Βανκούβερ στον Καναδά (ΠΗΓΗ: www.westmar.com)



Σχ.4.8: Πύργος ψύξης Ε/Κ από τρεις διαφορετικές οπτικές γωνίες (ΠΗΓΗ: www.dpworld.com)



Σχ.4.9: Σιδηροδρομικοί συρμοί μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων εντός λιμενικής εγκατάστασης (μακέτα) (ΠΗΓΗ: www.eurotrainhobby.com)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΟ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΙΚΟΝΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Στο παρόν κεφάλαιο θα εστιάσουμε την προσοχή μας στο λιμένα του Νέου Ικονίου στο Πέραμα. Θα αναφέρουμε πληροφορίες σχετικά με την έκταση του λιμένα, την εμπορευματική του κίνηση, τον εξοπλισμό του, τη διαρρύθμισή του. Επίσης θα αναφερθούμε στις πηγές θορύβου, που εντοπίσαμε εντός της λιμενικής εγκατάστασης, ενώ θα αναφερθούμε, συνοπτικά, και στο φαινόμενο του θορύβου στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα.

5.1 Ο ΛΙΜΕΝΑΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΙΚΟΝΙΟΥ [39]

Στο Νέο Ικόνιο λειτουργεί ο Σταθμός Εξυπηρέτησης Πλοίων Εμπορευματοκιβωτίων (Container Terminal) με την ονομασία «Ελευθέριος Βενιζέλος». Φωτογραφίες της εν λόγω εγκατάστασης, τόσο από τις επί τόπου επισκέψεις σε αυτήν όσο και από αεροφωτογραφίες από το διαδίκτυο (Google), παρατίθενται στη συνέχεια στα αντίστοιχα σχήματα.

Το Νέο Ικόνιο υπάγεται χωρικά στο δήμο Περάματος και βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το κέντρο του Πειραιά. Η θέση, όπου και λειτουργεί, θεωρείται ιδανική, καθώς είναι προφυλαγμένη από τον άνεμο, χωρίς παλίρροια και έχει μεγάλο βάθος. Συνεπώς, εξασφαλίζεται η ελεύθερη και ταχεία εξυπηρέτηση των πλέον σύγχρονων πλοίων, τύπου Feeder ship και Mothership, μεταφορικής ικανότητας έως και 6000 TEUs. Ο Σταθμός λειτουργεί ως Ελεύθερη Ζώνη τύπου II, γεγονός που επιτρέπει τη γρήγορη διέλευση κοινοτικών φορτίων.

Μέσω του σταθμού αυτού διακινείται όγκος 1,4 εκατομμυρίων TEUs ετησίως, γεγονός που κατατάσσει τον Πειραιά στα δέκα μεγαλύτερα λιμάνια στην Ευρώπη στη διακίνηση εμπορευματοκιβωτίων (E/K) και το μεγαλύτερο στην Ανατολική Μεσόγειο. Ποσοστό περίπου 50% από την κίνηση αυτή αφορά εμπορευματοκιβώτια υπό μεταφόρτωση. Στο Σχ.5.4 παρουσιάζεται αναλυτικά, μέσω των γραφημάτων, η διακύμανση του όγκου διακίνησης E/K κατά την περίοδο 2003-2006.

Η συνολική επιφάνεια του Σταθμού είναι 900000 τ.μ, ενώ οι χώροι απόθεσης καταλαμβάνουν 626000 τ.μ. Περιλαμβάνει δύο προβλήτες, I και II, με συνολικό μήκος κρηπιδότοιχων 2774 μ, με βάθη από 11,5 - 16 μ. και με 9 θέσεις εξυπηρέτησης πλοίων. Ο Σταθμός διαθέτει υπαίθριους αποθηκευτικούς χώρους, αποθήκη εκκένωσης –

πλήρωσης εμπορευματοκιβωτίων με έκταση 19200 τ.μ, καθώς και συνεργείο συντήρησης και επισκευής του μηχανολογικού εξοπλισμού με επιφάνεια 5800 τ.μ. Εκτός των άλλων, διαθέτει εγκαταστάσεις ψυγείων για reefers – containers, καθώς και ειδικούς χώρους επικίνδυνων φορτίων (IMDGs).

Ο Προβλήτας I είναι σχήματος τραπεζοειδούς με κατεύθυνση κατά μήκος Β-Ν και βρίσκεται στο ανατολικό άκρο του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων (Σ.ΕΜΠΟ). Το συνολικό μήκος των κρηπιδότοιχών του ανέρχεται σε 763 μέτρα, εκ των οποίων 300 μέτρα στον ανατολικό κρηπιδότοιχο, 178 μέτρα στο νότιο μέτωπο και 285 μέτρα στο δυτικό κρηπιδότοιχο. Το ωφέλιμο βάθος στο δυτικό κρηπιδότοιχο, όπου υπάρχουν και οι γραμμές για τις γερανογέφυρες, είναι 12 μέτρα.

Ο Προβλήτας II είναι επίσης τραπεζοειδούς σχήματος και βρίσκεται δυτικά του Προβλήτα I. Το μήκος των κρηπιδότοιχών του ανέρχεται σε 2011 μέτρα, εκ των οποίων 790 μέτρα στον ανατολικό κρηπιδότοιχο, 520 μέτρα στο νότιο μέτωπο και 701 μέτρα στο δυτικό κρηπιδότοιχο. Το μέγιστο βύθισμα στον ανατολικό και στο μετωπιαίο (νότιο) κρηπιδότοιχο είναι 14 μέτρα, ενώ στο δυτικό κρηπιδότοιχο είναι 16 μέτρα.

Ο κυριότερος εξοπλισμός που διαθέτει η Εταιρεία για την κάλυψη των αναγκών του Σ.ΕΜΠΟ περιλαμβάνει τα κάτωθι **μηχανήματα**:

- 14 Γερανογέφυρες (Γ/Φ)
- 1 αυτοκινούμενο λιμενικό γερανό
- 68 Οχήματα Στοιβασίας και Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων (ΟΣΜΕ -Straddle Carriers)
- 22 Περονοφόρα Οχήματα
- 29 Τράκτορες
- 39 Ρυμουλκούμενα

Το επενδυτικό πρόγραμμα της εταιρείας περιλαμβάνει μεσοπρόθεσμα τη διενέργεια επενδύσεων υποδομής και την προμήθεια εξοπλισμού για την αύξηση της δυναμικότητας και τη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών στο Σ.ΕΜΠΟ. Στο πλαίσιο αυτό υπεγράφη στις 09/03/2005 η σύμβαση κατασκευής του «Νέου Προβλήτα I», με την ολοκλήρωση του οποίου εκτιμάται ότι θα αυξηθεί η δυναμικότητα του Σ.ΕΜΠΟ κατά περίπου 60%, ήτοι κατά 1000000 TEUs ετησίως. Πέραν των έργων υποδομής η επένδυση θα συμπληρωθεί από τον αναγκαίο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Η περίοδος κατασκευής της υποδομής και εγκατάστασης του απαραίτητου εξοπλισμού είναι περίπου 3 έτη. Μακροπρόθεσμα στο επενδυτικό πρόγραμμα περιλαμβάνεται και η κατασκευή του ανατολικού τμήματος του Προβλήτα III. Τέλος,

στο μέλλον ο Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων αναμένεται να συνδεθεί σιδηροδρομικά με το Θριάσιο Πεδίο και στη συνέχεια με το Εθνικό Σιδηροδρομικό δίκτυο, γεγονός που θα αναδείξει τον εν λόγω σταθμό σε κέντρο συνδυασμένων μεταφορών.

Η λειτουργία του Σ.ΕΜΠΟ υποστηρίζεται από ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα, που έχει εγκατασταθεί στο λιμένα (P-MIS). Επίσης, λειτουργεί κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης για την καλύτερη παρακολούθηση, εποπτεία και ασφάλεια των εγκαταστάσεων και των εμπορευμάτων. Για την κίνηση των οχημάτων στην περιοχή έχει διαμορφωθεί ανεξάρτητο οδικό δίκτυο, το οποίο αποτελεί προέκταση του οδικού δικτύου και είναι αποκλειστικής χρήσης του Ο.Λ.Π. Α.Ε.

Στο Σχ.5.5 γίνεται αναλυτική παρουσίαση των κυριότερων εγκαταστάσεων του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου. Επισημαίνονται πάνω σε χάρτη (Google Earth), με τη βοήθεια διαγράμμισης, τα εξής:

- (α) οι πύλες εισόδου-ελέγχου των οχημάτων στη λιμενική εγκατάσταση
- (β) οι προβλήτες
- (γ) οι θέσεις παραβολής των πλοίων
- (δ) η περιοχή φορτοεκφόρτωσης των φορτηγών οχημάτων μεταφοράς Ε/Κ από τα οχήματα πλαίσια του λιμένα
- (ε) το εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα
- (στ) η αποθήκη εκκένωσης - πλήρωσης Ε/Κ
- (ζ) το συνεργείο συντήρησης και επισκευής μηχανολογικού εξοπλισμού



Σχ.5.1: Χάρτης της έκτασης των εγκαταστάσεων (μπεζ χρώμα) του λιμένα του Νέου Ικονίου. (ΠΗΓΗ: Οργανισμός Λιμένος Πειραιά – ΟΛΠ, www.olp.gr)



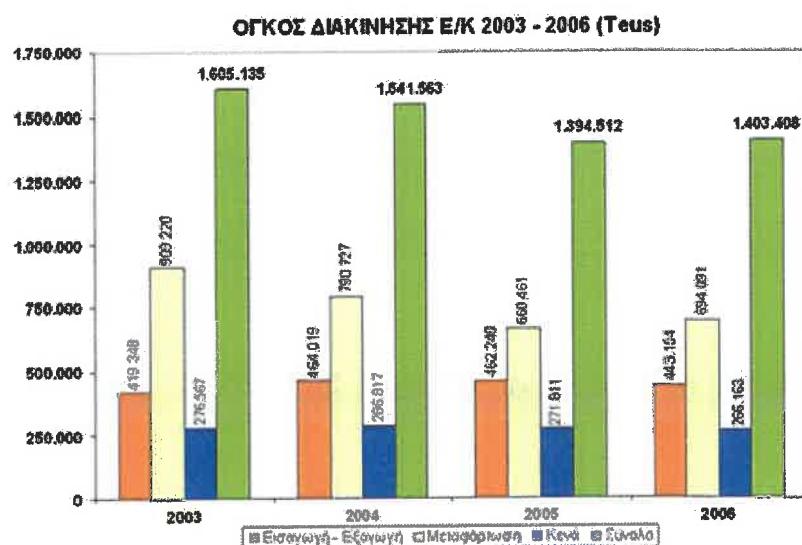
Σχ.5.2: Πανοραμική αεροφωτογραφία ολόκληρης της έκτασης του Νέου Ικονίου. (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.5.3: Φωτογραφία, από λόφο του Περάματος, του χώρου της λιμενικής εγκατάστασης όπου λαμβάνει χώρα εξ' ολοκλήρου η διακίνηση Ε/Κ.



ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΩΝ



Σχ.5.4: Όγκος διακίνησης Ε/Κ από το Σ.ΕΜΠΟ την περίοδο 2003-2006. (ΠΗΓΗ: Ο.Λ.Π. - www.olp.gr)



Σχ.5.5: Κυριότερες εγκαταστάσεις του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.5.6: Πρώτη πύλη εισόδου - ελέγχου οχημάτων στο σταθμό εμπορευματοκιβωτίων (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.5.7: Φωτογραφία της πρώτης πύλης εισόδου - ελέγχου των οχημάτων στο σταθμό εμπορευματοκιβωτίων.



Σχ.5.8: Αριστερά (κόκκινο χρώμα) εικονίζεται η δεύτερη πύλη εισόδου-ελέγχου οχημάτων, στο μέσο η αποθήκη εκκένωσης - πλήρωσης Ε/Κ και δεξιά η περιοχή φορτοεκφόρτωσης των φορτηγών οχημάτων μεταφοράς Ε/Κ από τα οχήματα πλαίσια του λιμένα. (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.5.9: Δεύτερη πύλη εισόδου-ελέγχου οχημάτων (δεξιά) και αποθήκη εκκένωσης - πλήρωσης Ε/Κ(αριστερά).



Σχ.5.10: Περιοχή φορτοεκφόρτωσης των φορτηγών οχημάτων μεταφοράς Ε/Κ από τα οχήματα πλαίσια του λιμένα.

5.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΙΚΟΝΙΟΥ

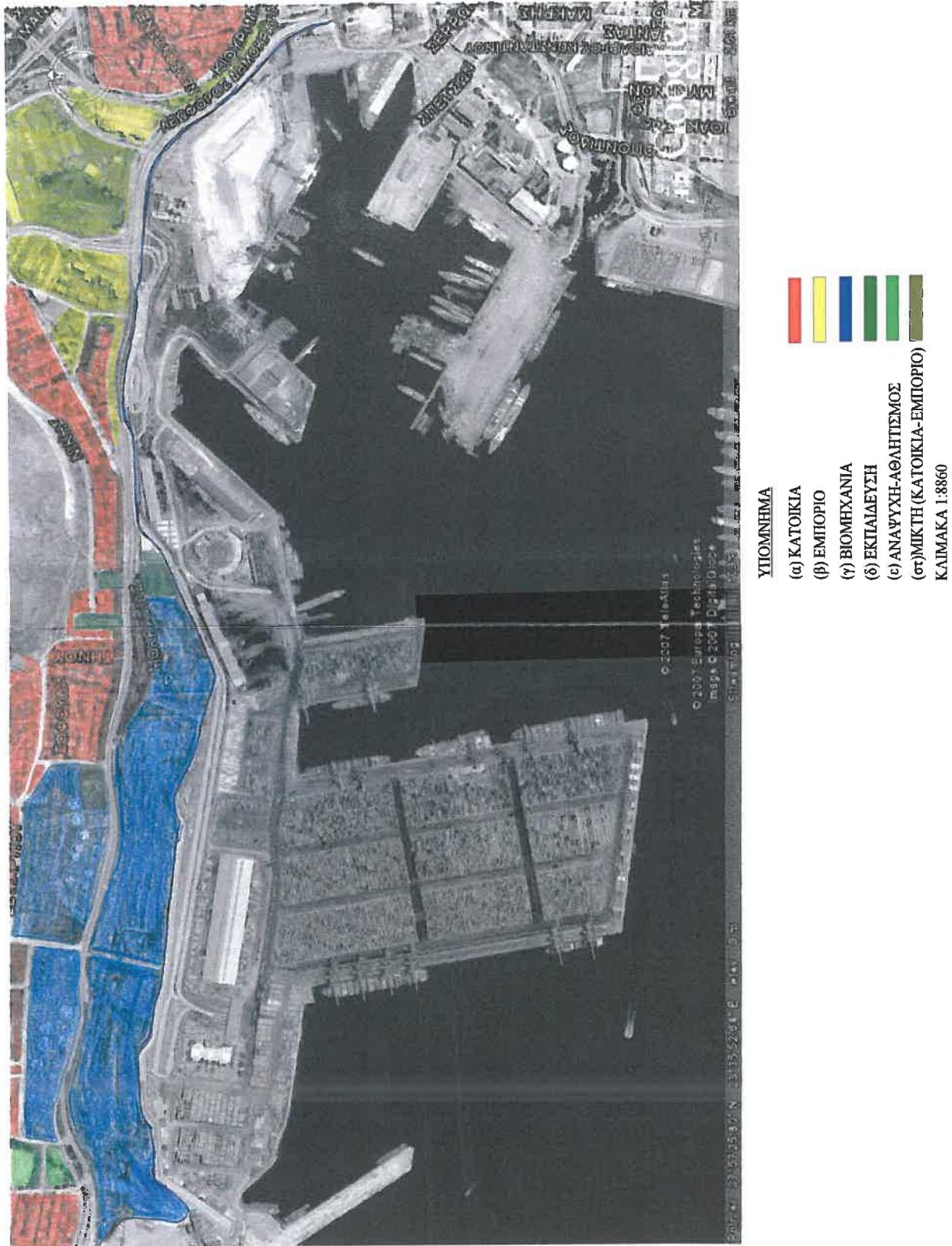
Έπειτα από ορισμένο αριθμό επισκέψεων στις περιοχές του δήμου Περάματος που συνορεύουν άμεσα με το σταθμό εξυπηρέτησης πλοίων εμπορευματοκιβωτίων (container terminal) και κατόπιν προσεκτικής καταγραφής των χρήσεων γης, που συναντιούνται στις περιοχές αυτές, προβήκαμε στην κατάρτιση του «χάρτη χρήσεων γης» για την ευρύτερη περιοχή του λιμένα του Νέου Ικονίου. Στο Σχ.5.11 παρουσιάζεται ο εν λόγω «χάρτης χρήσεων γης».

Για τη δημιουργία του χρησιμοποιήθηκε φωτογραφία της περιοχής, η οποία ελήφθη μέσω του ‘Google Earth’, από ύψος περίπου 2160 μ. και σε κλίμακα 1:8860, ικανή να μας δώσει μία πλήρη και αρκετά λεπτομερή εικόνα της περιοχής. Έκαστη χρήση γης σημειώνεται επάνω στο χάρτη με το αντίστοιχο χρώμα, σύμφωνα με τις υποδείξεις του υπομνήματος. Από την αυτοφύα μας στις εικονιζόμενες περιοχές του χάρτη διαπιστώσαμε την ύπαρξη των ακόλουθων χρήσεων γης:

- **Κατοικία** (Κόκκινο χρώμα)
- **Εμπόριο** (Κίτρινο χρώμα)
- **Βιομηχανία** (Γαλάζιο σκούρο)
- **Εκπαίδευση** (Πράσινο σκούρο)
- **Ψυχαγωγία – Αθλητισμός** (Πράσινο ανοιχτό)
- **Μικτή (Κατοικία & Εμπόριο)** (Καφέ χρώμα)

Σε παρένθεση, δίπλα από κάθε χρήση γης, υποδεικνύεται το χρώμα, με το οποίο συμβολίζεται στο «χάρτη χρήσεων γης» η αντίστοιχη χρήση γης.

Με τη βοήθεια του «χάρτη χρήσεων γης» μπορούμε να εντοπίσουμε εύκολα τους ευαίσθητους δέκτες του θορύβου στην ευρύτερη περιοχή. Ως ευαίσθητοι δέκτες μπορούν να οριστούν οι περιοχές κατοικίας και οι περιοχές με σχολικά συγκροτήματα, οι οποίες αποτυπώνονται στο «χάρτη χρήσεων γης» με τα αντίστοιχα χρώματα, σύμφωνα με το υπόμνημα.



Σχ.5.11: Χάρτης χρήσεων γης της ευρύτερης περιοχής του Νέου Ικονίου

5.3 Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ

Στην ευρύτερη περιοχή, που περιβάλλει το λιμένα του Νέου Ικονίου και η οποία εικονίζεται στο Σχ.5.12, δύο μπορούν να θεωρηθούν ως οι κύριες πηγές θορύβου. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήξαμε ύστερα από ορισμένες επισκέψεις μας στην εν λόγω περιοχή. Οι δύο κύριες πηγές θορύβου, τις οποίες εντοπίσαμε, είναι οι ακόλουθες:

- **Η αστική οδική κυκλοφορία**
- **Η λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων (Ε/Κ) - (Container Terminal)**

Εκ των δύο παραπάνω πηγών θορύβου, εκτενής αναφορά θα γίνει μόνο για τη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ, καθώς ο παραγόμενος από αυτήν θόρυβος αποτελεί αντικείμενο της εν λόγω διπλωματικής εργασίας. Συνεπώς, η αναφορά μας στην αστική οδική κυκλοφορία, σαν πηγή θορύβου για την περιοχή, θα είναι σύντομη και συνοπτική.

Οι δύο κύριες συνιστώσες του φαινομένου του αστικού οδικού θορύβου κυκλοφορίας, στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα, είναι:

- (α) η λεωφόρος Δημοκρατίας (πρωτίστως)
- (β) η οδός που συνδέει τη λεωφόρο Δημοκρατίας με τη λεωφόρο Εθνικής Αντιστάσεως (ή λεωφόρο Σχιστού) (δευτερευόντως).

Η λεωφόρος Δημοκρατίας, η λεωφόρος Εθνικής Αντιστάσεως, η οδός που συνδέει τις δύο αυτές λεωφόρους μεταξύ τους, καθώς και το εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα (το οποίο δεν αποτελεί αντικείμενο εξέτασης σε αυτή τη φάση) αποτυπώνονται στο Σχ.5.12 με τη βοήθεια των αντίστοιχων χρωμάτων.

Όπως φαίνεται και στο Σχ.5.12, η λεωφόρος Δημοκρατίας (αποτυπώνεται με κόκκινο χρώμα στο χάρτη) σε μεγάλη έκτασή της βρίσκεται αρκετά κοντά στο λιμένα του Νέου Ικονίου, ενώ, από ένα σημείο και μετά, γειτνιάζει άμεσα με το λιμένα. Η λεωφόρος Δημοκρατίας αποτελεί την κεντρική λεωφόρο, τον κύριο οδικό άξονα, που εξασφαλίζει τη σύνδεση του Περάματος τόσο με τον Πειραιά και με τους γειτονικούς δήμους, όσο και με το κέντρο της Αθήνας, κατ'επέκταση. Για το λόγο αυτό, όπως είναι αναμενόμενο, παρουσιάζει σημαντικούς κυκλοφοριακούς φόρτους σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αξίζει να σημειωθεί, όπως φαίνεται και στον αντίστοιχο «χάρτη χρήσεων γης» της περιοχής, ότι ένα σημαντικό σε μήκος τμήμα της λεωφόρου Δημοκρατίας διέρχεται μέσα από περιοχές κατοικίας, οι οποίες αποτελούν, αναμφίβολα, τις πιο «ευαίσθητες» περιοχές στο φαινόμενο του θορύβου.

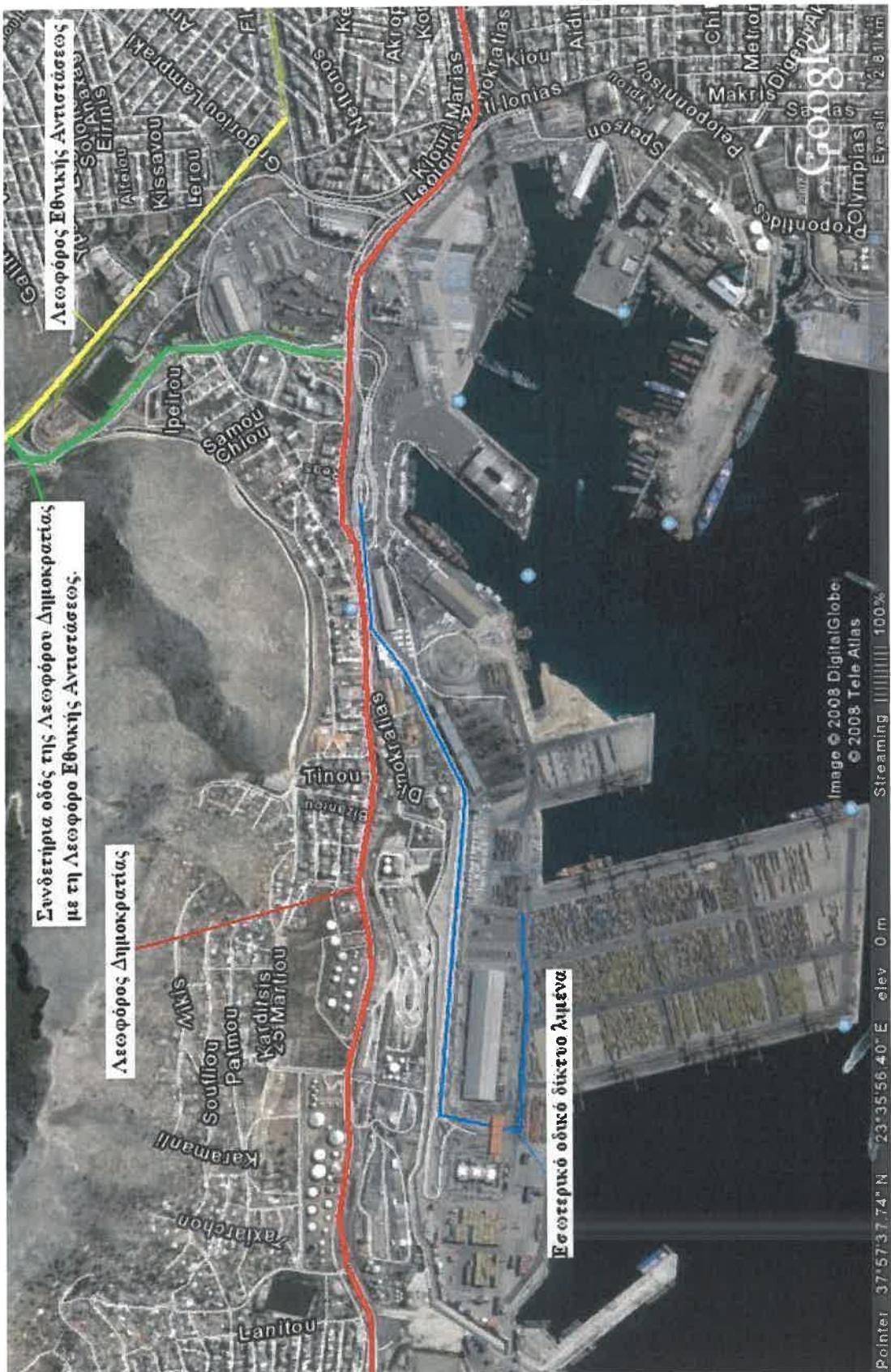
Η οδός που συνδέει τη λεωφόρο Δημοκρατίας με τη λεωφόρο Εθνικής Αντιστάσεως (αποτυπώνεται με πράσινο χρώμα στο χάρτη) έχει σημαντικά μικρότερη έκταση και διασχίζει λιγότερες περιοχές σε σχέση με τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Συνεπώς, η συνεισφορά της στο φαινόμενο του κυκλοφοριακού θορύβου είναι δευτερεύουσας σημασίας (σε σύγκριση με τη λεωφόρο Δημοκρατίας) και είναι περισσότερο τοπικού χαρακτήρα. Η οδός αυτή ξεκινάει ακριβώς έξω από την είσοδο του λιμένα, τέμνει κάθετα τη λεωφόρο Δημοκρατίας και καταλήγει στη λεωφόρο Εθνικής Αντιστάσεως. Χαρακτηρίζεται και αυτή ως οδός με έντονους κυκλοφοριακούς φόρτους τόσο από Ι.Χ οχήματα, όσο και από φορτηγά οχήματα, κυριότερα. Τα φορτηγά αυτά οχήματα, σε μεγάλο ποσοστό τους, είτε κατευθύνονται προς τη λιμενική εγκατάσταση του Νέου Ικονίου, είτε απομακρύνονται από αυτήν.

Οι κύριες πηγές του αστικού οδικού θορύβου κυκλοφορίας τόσο στη λεωφόρο Δημοκρατίας όσο και στην οδό, που συνδέει τις Λεωφόρους Δημοκρατίας και Εθνικής Αντιστάσεως (Σχιστού), είναι οι κάτωθι:

- **Επιβατικά IX αυτοκίνητα**
- **Μοτοσυκλέτες**
- **Λεωφορεία**
- **Φορτηγά οχήματα**

Από τις τέσσερις προαναφερθείσες πηγές του κυκλοφοριακού θορύβου, τα φορτηγά οχήματα αποτελούν τη συνιστώσα του κυκλοφοριακού θορύβου με τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην εκπομπή θορύβου. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο, καθώς το ποσοστό των φορτηγών οχημάτων επί του συνόλου του κυκλοφοριακού φόρτου τόσο της λεωφόρου Δημοκρατίας όσο και της οδού, που συνδέει τις Λεωφόρους Δημοκρατίας και Εθνικής Αντιστάσεως (Σχιστού), είναι ιδιαίτερα υψηλό. Το συγκεκριμένο φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός της άμεσης γειτνίασης και των δύο προαναφερθέντων οδών με το λιμένα του Νέου Ικονίου.

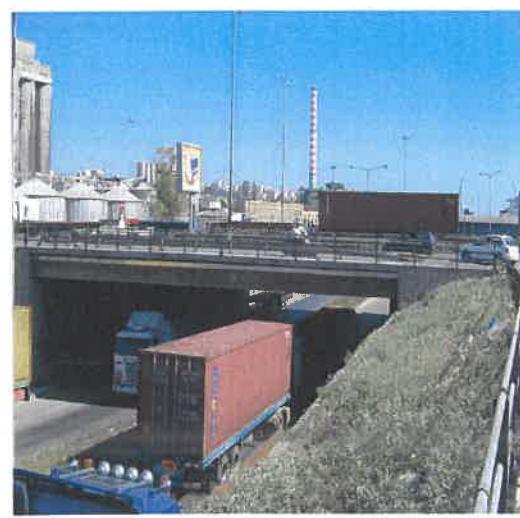
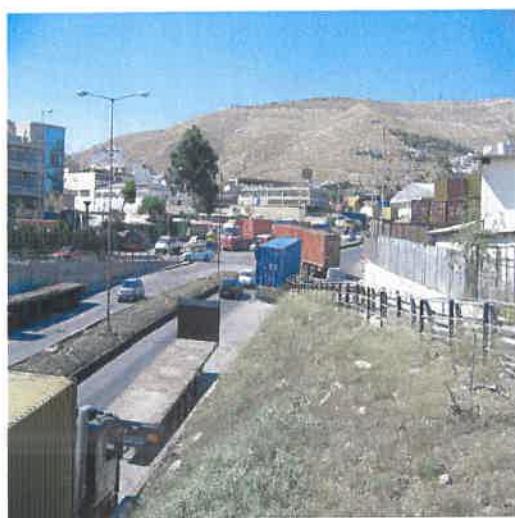
Συνεπώς, οι εν λόγω δύο οδοί αποτελούν τις αποκλειστικές διόδους για την προσέγγιση και την απομάκρυνση των φορτηγών οχημάτων προς και από, αντίστοιχα, το λιμένα του Νέου Ικονίου με σκοπό τη φορτοεκφόρτωση των μεταφερόμενων από αυτά εμπορευματοκιβώτιων. Στα Σχ.5.13 και Σχ.5.14 παρουσιάζονται εικόνες ενδεικτικές και για τις δύο προαναφερθείσες οδούς.



Σχ.5.12: Πηγές οδικού θορύβου κυκλοφορίας στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα του Νέου Ικονίου. (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.5.13: Εικόνες από τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Αριστερά, παρουσιάζεται τμήμα της λεωφόρου, το οποίο διέρχεται μέσα από περιοχή κατοικίας. Δεξιά, παρουσιάζεται τμήμα της λεωφόρου, το οποίο βρίσκεται σε άμεση γειτνίαση με το λιμένα (στο δεξί μέρος της φωτογραφίας φαίνεται τμήμα του εσωτερικού οδικού δικτύου του λιμένα).



Σχ.5.14: Εικόνες από τη συνδετήρια οδό των λεωφόρων Δημοκρατίας και Εθνικής Αντιστάσεως, στη θέση της συμβολής της με τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Διακρίνεται σημαντικός αριθμός φορτηγών οχημάτων.

5.4 ΠΗΓΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ

Η λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου αποτελεί μία από τις δύο κύριες πηγές θορύβου για την ευρύτερη περιοχή. Βασικός στόχος της επίσκεψής μας στην εν λόγω εγκατάσταση ήταν η αναγνώριση των κύριων πηγών θορύβου, εντός αυτής, καθώς και των επιμέρους χαρακτηριστικών στοιχείων για καθεμία από τις πηγές αυτές.

Ως κύριες πηγές θορύβου, προερχόμενες από το λιμένα του Νέου Ικονίου, μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες:

- **Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων**
- **Γερανογέφυρες (Γ/Φ) φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων (Ε/Κ)**
- **Οχήματα Στοιβασίας και Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων (ΟΣΜΕ -Straddle Carriers)**
- **Περονοφόρα Οχήματα**
- **Μονάδες Ψύξης Εμπορευματοκιβωτίων**
- **Φορτηγά Οχήματα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (οδικός θόρυβος)**
- **(Σιδηροδρομικά οχήματα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων), όταν πραγματοποιηθεί η σιδηροδρομική σύνδεση του σταθμού Ε/Κ του Νέου Ικονίου με το εθνικό σιδηροδρομικό δίκτυο (σιδηροδρομικός θόρυβος).**

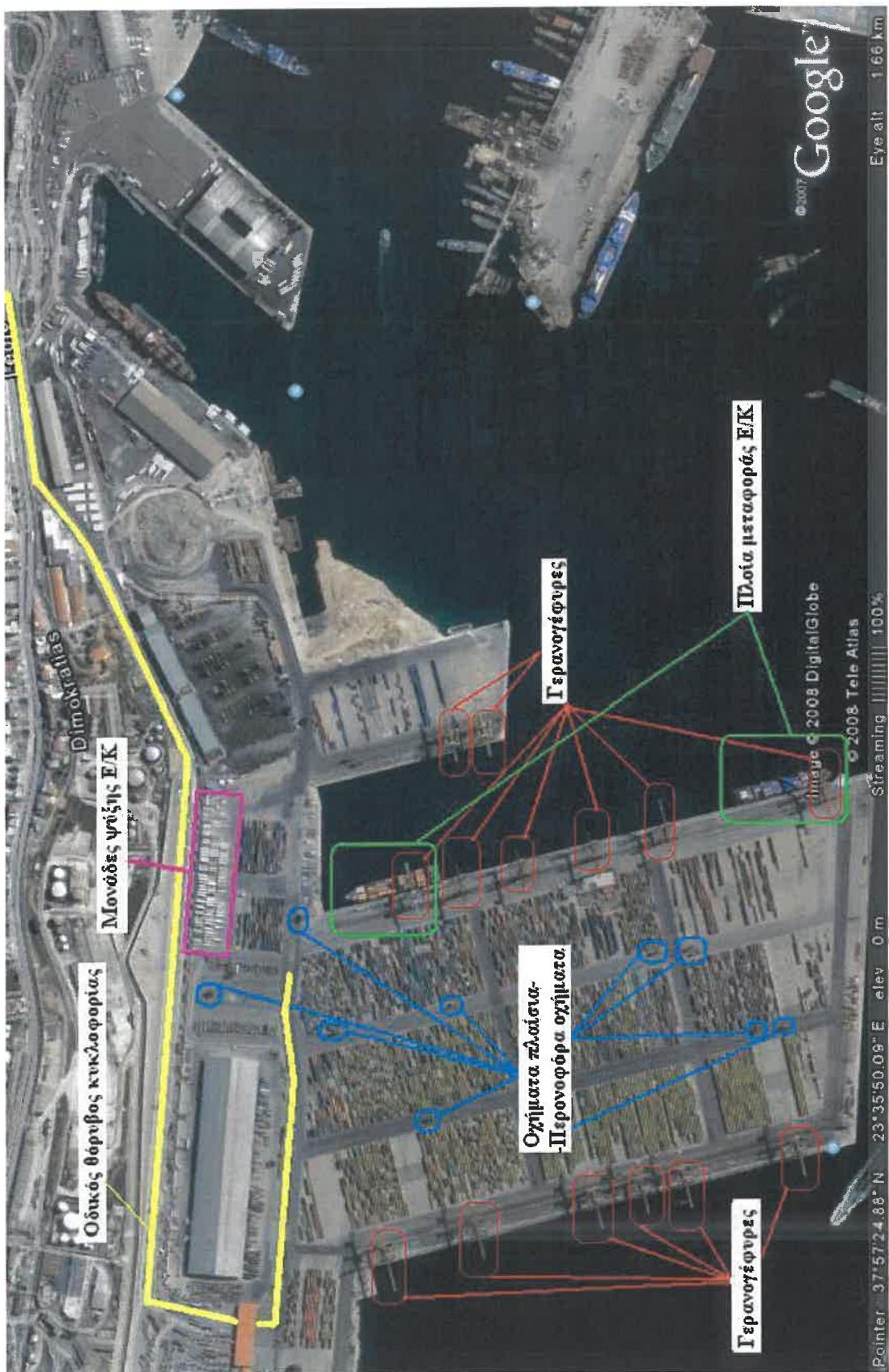
Οι παραπάνω πηγές μπορούν να διακριθούν σε ακίνητες και κινητές.

Ακίνητες πηγές: (α) Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, (β) Μονάδες Ψύξης Εμπορευματοκιβωτίων.

Κινητές πηγές: (α) Γερανογέφυρες φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων, (β) Οχήματα Στοιβασίας και Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων, (γ) Περονοφόρα Οχήματα, (δ) Φορτηγά οχήματα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, (ε) (Σιδηροδρομικά οχήματα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων)

Όσον αφορά τις επιμέρους συνιστώσες του θορύβου για την κάθε πηγή, καθώς και τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου θορύβου τους, ισχύουν όλα όσα έχουν, ήδη, αναφερθεί στο Κεφάλαιο 4.

Στο Σχ.5.15 παρουσιάζεται μία αεροφωτογραφία, η οποία έχει ληφθεί από το Google Earth, των λιμενικών εγκαταστάσεων του Νέου Ικονίου. Στην εικόνα αυτή έχουν εντοπιστεί και επισημανθεί, με τη χρήση διαγραμμίσεων, οι κύριες πηγές θορύβου, οι οποίες υπήρχαν εντός του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων την ώρα της λήψης της εικόνας. Οι φωτογραφίες που ακολουθούν, ελήφθησαν κατά την επίσκεψή μας στην περιοχή του Νέου Ικονίου.



Σχ.5.15: Κύριες πηγές θορύβου εντός του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου. (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.5.16: Δύο πλοία, τρεις γερανογέφυρες, πέντε οχήματα πλαισια, μερικά φορτηγά οχήματα. Ορισμένες από τις πηγές θορύβου του λιμένα του Νέου Ικονίου.



Σχ.5.17: Πλοία, γερανογέφυρες, οχήματα πλαισια, φορτηγά οχήματα και μονάδες ψύξης Ε/Κ (αυτόψυκτα Ε/Κ, λευκού χρώματος στα αριστερά της εικόνας).



Σχ.5.18: Πλοίο, γερανογέφυρες και αυτόψυκτα Ε/Κ οι πηγές θορύβου της εικόνας.



Σχ.5.19: Αυτόψυκτα Ε/Κ (λευκού χρώματος) και φορτηγά οχήματα.



Σχ.5.20: Εικόνα από το εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα. Τα φορτηγά οχήματα (οδικός θόρυβος) και οι γερανογέφυρες στο βάθος είναι οι πηγές θορύβου της εικόνας. Δεξιά διακρίνονται ηχοπετάσματα στην περίφραξη του σχολείου για την αντιμετώπιση των σταθμών θορύβου από τη διέλευση των φορτηγών οχημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΟ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΙΚΟΝΙΟΥ

6.1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου για την πρόβλεψη του παραγόμενου θορύβου που λαμβάνει ένας παρατηρητής, ο οποίος βρίσκεται εκτός του λιμένα, βασίστηκε σε στοιχεία των μεθοδολογιών, τα οποία παρουσιάζονται στο Κεφ.3. Συγκεκριμένα, στηριζόμενοι στη σχέση, που παρουσιάζεται στη μελέτη θορύβου του λιμένα του Cape Town [31] (παραγρ.3.2.3) για την πρόβλεψη της ισοδύναμης ωριαίας στάθμης θορύβου από τη λειτουργία των γερανογεφυρών και των οχημάτων πλαισίων του λιμένα, επιδιώκουμε να επεκτείνουμε τη χρήσης της για την πρόβλεψη του θορύβου και από τις υπόλοιπες πηγές του λιμένα. Το μοντέλο, το οποίο θα αναπτύξουμε, περιλαμβάνει τις εξής πηγές θορύβου:

- (α) Πλοία
- (β) Γερανογέφυρες
- (γ) Οχήματα πλαισία
- (δ) Μονάδες ψύξης Ε/Κ
- (ε) Ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις
- (στ) Φορτηγά οχήματα (κυκλοφοριακός θόρυβος)

Οι παραπάνω πηγές θορύβου μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες:

- (α) κινητές πηγές
- (β) ακίνητες πηγές

Ως κινητές πηγές θορύβου θεωρούνται οι ακόλουθες:

- (α) Γερανογέφυρες, (β) Οχήματα πλαισία, (γ) Ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις,
- (δ) Φορτηγά οχήματα.

Ως ακίνητες πηγές θορύβου θεωρούνται οι ακόλουθες:

- (α) Πλοία, (β) Μονάδες ψύξης Ε/Κ.

Επιπρόσθετα, οι παραπάνω πηγές θορύβου μπορούν να διακριθούν και σε δύο, ακόμη, κατηγορίες:

- (α) σημειακές πηγές
- (β) γραμμικές πηγές

Ως σημειακές πηγές θορύβου θεωρούμε τις εξής:

(α) Πλοία, (β) Γερανογέφυρες, (γ) Οχήματα πλαισια (και περονοφόρα οχήματα), (δ) Μονάδες ψύξης Ε/Κ, (ε) Ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις.

Ως γραμμική πηγή θορύβου θεωρούμε την κυκλοφορία των φορτηγών οχημάτων, εντός του εσωτερικού οδικού δικτύου της λιμενικής εγκατάστασης.

Θεωρούμε έναν παρατηρητή, ο οποίος βρίσκεται σε συγκεκριμένη θέση εκτός του λιμένα (τοποθεσία ευαίσθητων δεκτών – π.χ. κατοικία). Θα υπολογίσουμε το συνολικό θόρυβο (ολική στάθμη θορύβου), που δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των δραστηριοτήτων του λιμένα. Για καθεμία από τις έξι παραπάνω κατηγορίες πηγών θορύβου θα υπολογίσουμε τη συνισταμένη στάθμη θορύβου που λαμβάνει ο παρατηρητής. Η συνολική στάθμη θορύβου θα προκύψει ως συνισταμένη των επιμέρους έξι συνισταμένων σταθμών θορύβου.

Για την ανάπτυξη του μοντέλου πρόβλεψης θορύβου θα χρησιμοποιηθούν οι τρεις ακόλουθες σχέσεις [1]:

$$L = 10 * \log \sum_{i=1}^{i=k} 10^{(Li/10)} \quad (1)$$

όπου L = συνισταμένη των n σταθμών έντασης ήχου, [dB]

Li = στάθμη έντασης ήχου πηγής i , [dB]

n = αριθμός σταθμών έντασης ήχου

$$L_2 = L_1 + 20 * \log(r_1 / r_2) \quad (2)$$

όπου L_2 , L_1 = στάθμες ήχου σε αποστάσεις r_1, r_2 από τη σημειακή ηχητική πηγή, [dB]

$$Leq,T = 10 * \log [(1/T) * 10^{Li/10} * ti] = Li + 10 * \log(ti/T) \quad (3)$$

όπου Leq,T = ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας T [min]

Li = σταθερή (ή ισοδύναμη) στάθμη θορύβου διάρκειας ti [min]

(α) Υπολογισμός στάθμης θορύβου από τα πλοία του λιμένα.

Έστω K ο αριθμός των πλοίων που βρίσκονται στις θέσεις παραβολής του λιμένα. Η επιμέρους στάθμη θορύβου L_{voi} που λαμβάνει ο παρατηρητής από το πλοίο i ($i = 1,..,k$), ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση R_{vi} από το αντίστοιχο πλοίο i , προκύπτει με εφαρμογή της σχέσης (2) και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Lvo_i = Lvs_i + 20 * \log (r_{ii} / R_{ii}) \quad (4)$$

όπου Lvo_i = στάθμη θορύβου που λαμβάνει ο παρατηρητής από το πλοίο i του λιμένα

Lvs_i = στάθμη θορύβου στο πλοίο i

R_{ii} = απόσταση πλοίου i από τον παρατηρητή.

r_{ii} = απόσταση στην οποία έχει πραγματοποιηθεί η μέτρηση θορύβου του πλοίου i

Η συνισταμένη στάθμη θορύβου Lvo , που δέχεται ο παρατηρητής από το πλήθος των K πλοίων στις θέσεις παραβολής του λιμένα, προκύπτει από τη σχέση (1) και λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$Lvo = 10 * \log \sum_{i=1}^{i=k} 10^{(Lvo_i / 10)} \quad (5)$$

όπου Lvo = συνισταμένη στάθμη θορύβου στον παρατηρητή των K πλοίων του λιμένα

Lvo_i = στάθμη θορύβου που δέχεται ο παρατηρητής από το πλοίο i

κ = μέγιστος αριθμός πλοίων εντός του λιμένα

i = αριθμός τυχαίου πλοίου ($i = 1, \dots, \kappa$)

Θα υπολογίσουμε, ακολούθως, την ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας $T = 1\text{hr}$ = 3600 sec που λαμβάνει παρατηρητής εκτός του λιμένα από το σύνολο των K πλοίων που βρίσκονται στις θέσεις παραβολής του λιμένα. Θεωρούμε ότι η στάθμη του θορύβου των K επιμέρους αγκυροβολημένων πλοίων διατηρείται σταθερή στη διάρκεια της ώρας. Για ένα τυχαίο πλοίο i θεωρούμε ότι η σταθερή στάθμη θορύβου διάρκειας μιας ώρας, η οποία μετριέται με τη βοήθεια ηχόμετρου, το οποίο απέχει απόσταση r_{ii} από το αντίστοιχο πλοίο i , είναι Lvs_i . Θέτοντας στη σχέση (3) όπου $T = t_i = 3600\text{sec}$ και $L_i = Lvs_i$, προκύπτουν τα κάτωθι:

$$Lvs_{i,\text{eq},1\text{hr}} = 10 * \log [(1/3600) * 10^{Lvs_i / 10} * 3600] = 10 * \log (10^{Lvs_i / 10})$$

ή $Lvs_{i,\text{eq},1\text{hr}} = Lvs_i$

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας μιας ώρας που λαμβάνει παρατηρητής, ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση R_{ii} από το αντίστοιχο πλοίο i , προκύπτει μέσω της σχέσης (2) και είναι η ακόλουθη:

$$Lvo_{i,\text{eq},1\text{hr}} = Lvs_i, \text{eq}, 1\text{hr} + 20 * \log (r_{ii} / R_{ii})$$

ή $Lvo_{i,\text{eq},1\text{hr}} = Lvs_i + 20 * \log (r_{ii} / R_{ii}) \quad (6)$

Η συνισταμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας μιας ώρας που λαμβάνει παρατηρητής εκτός του λιμένα από το σύνολο των K πλοίων του λιμένα, προκύπτει από

τη σχέση (1) και έχει την εξής μορφή:

$$L_{vo, eq, 1\ hr} = 10 * \log \sum_{i=1}^{i=\lambda} 10^{(L_{voi, eq, 1\ hr}/10)} \quad \text{ή} \quad L_{vo, eq, 1\ hr} = 10 * \log(10^{L_{vo1, eq, 1\ hr}/10} + 10^{L_{vo2, eq, 1\ hr}/10} + \dots + 10^{L_{vo\lambda, eq, 1\ hr}/10}) \quad (7)$$

(β) Υπολογισμός της στάθμης θορύβου από τις μονάδες ψύξης εμπορευματοκιβωτίων

Έστω λ ο αριθμός των μονάδων ψύξης E/K του λιμένα. Η επιμέρους στάθμη θορύβου L_{voi} που λαμβάνει ο παρατηρητής από μία μονάδα ψύξης E/K i ($i = 1, \dots, \lambda$), ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση R_{2i} από την αντίστοιχη μονάδα ψύξης E/K i, προκύπτει με εφαρμογή της σχέσης (2) και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$L_{voi} = L_{usi} + 20 * \log(r_{2i} / R_{2i}) \quad (8)$$

όπου L_{usi} = στάθμη θορύβου που λαμβάνει ο παρατηρητής από τη μονάδα ψύξης i

L_{usi} = στάθμη θορύβου στη μονάδα ψύξης i

R_{2i} = απόσταση της μονάδας ψύξης i από τον παρατηρητή.

r_{2i} = απόσταση από τη μονάδα ψύξης i στην οποία έχει πραγματοποιηθεί η μέτρηση του θορύβου.

Η συνισταμένη στάθμη θορύβου L_{vo} , που δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των λ μονάδων ψύξης E/K του λιμένα, προκύπτει από τη σχέση (1) και λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$L_{vo} = 10 * \log \sum_{i=1}^{i=\lambda} 10^{(L_{voi}/10)} \quad \text{ή} \quad L_{vo} = 10 * \log[10^{(L_{vo1}/10)} + 10^{(L_{vo2}/10)} + \dots + 10^{(L_{vo\lambda}/10)}] \quad (9)$$

όπου L_{vo} = συνισταμένη στάθμη θορύβου από το σύνολο των λ μονάδων ψύξης E/K του λιμένα

L_{voi} = στάθμη έντασης θορύβου πηγής (μονάδας ψύξης E/K) i

λ = αριθμός μονάδων ψύξης E/K του λιμένα

i = αριθμός τυχαίας μονάδας ψύξης E/K ($i = 1, \dots, \lambda$)

Επειδή οι στάθμες θορύβου των διαφόρων τύπων μονάδων ψύξης E/K δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις [29], μπορούμε να προβούμε στην παραδοχή, για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών, ότι οι στάθμες αυτές θορύβου είναι ίδιες.

Επιπλέον, θεωρούμε ότι η στάθμη θορύβου των λ επιμέρους μονάδων ψύξης E/K διατηρείται σταθερή στη διάρκεια μιας ώρας [29]. Για μια τυχαία μονάδα ψύξης E/K i

Θεωρούμε ότι η σταθερή στάθμη θορύβου διάρκειας μιας ώρας, η οποία μετριέται με τη βοήθεια ηχόμετρου, το οποίο απέχει απόσταση r_{2i} από την αντίστοιχη μονάδα ψύξης i , είναι L_{usi} . Θέτοντας στη σχέση (3) ότι $T = t_i = 3600\text{sec}$ και $L_i = L_{usi}$, προκύπτουν τα κάτωθι:

$$L_{usi,\text{eq},1\text{hr}} = 10 * \log [(1/3600) * 10^{L_{usi}/10} * 3600]$$

ή $L_{usi,\text{eq},1\text{hr}} = L_{usi}$

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας μιας ώρας που λαμβάνει παρατηρητής, ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση R_{2i} από την αντίστοιχη μονάδα ψύξης i , προκύπτει μέσω της σχέσης (2) και είναι η ακόλουθη:

$$L_{uo,i,\text{eq},1\text{hr}} = L_{usi,\text{eq},1\text{hr}} + 20 * \log (r_{2i} / R_{2i})$$

ή $L_{uo,i,\text{eq},1\text{hr}} = L_{usi} + 20 * \log (r_{2i} / R_{2i}) \quad (10)$

Η συνισταμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας μιας ώρας, που λαμβάνει παρατηρητής εκτός του λιμένα, από το σύνολο των λ μονάδων ψύξης E/K του λιμένα, προκύπτει από τη σχέση (1) και έχει την εξής μορφή:

$$L_{uo,\text{eq},1\text{hr}} = 10 * \log \sum_{i=1}^{\lambda} 10^{(L_{uo,i,\text{eq},1\text{hr}}/10)}$$

ή $L_{uo,\text{eq},1\text{hr}} = 10 * \log (10^{L_{uo,1,\text{eq},1\text{hr}}/10} + 10^{L_{uo,2,\text{eq},1\text{hr}}/10} + \dots + 10^{L_{uo,\lambda,\text{eq},1\text{hr}}/10}) \quad (11)$

(γ) Υπολογισμός της στάθμης θορύβου από τις γερανογέφυρες του λιμένα

Έστω μ ο αριθμός των γερανογέφυρων του λιμένα που βρίσκονται σε λειτουργία. Η στάθμη θορύβου των γερανογέφυρων, σε αντίθεση με τη στάθμη των πλοίων και των μονάδων ψύξης E/K, είναι μεταβλητή με το χρόνο και όχι σταθερή. Για το λόγο αυτόν, θα εξετάσουμε τον παραγόμενο θόρυβο από τις γερανογέφυρες ανά χρόνο κύκλου διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης ενός εμπορευματοκιβωτίου.

Έστω t_1 ο χρόνος κύκλου μιας πλήρους διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης ενός E/K. Με εφαρμογή της σχέσης (3) θα υπολογίσουμε την ισοδύναμη στάθμη διάρκειας μιας ώρας ($T = 1 \text{ hr} = 3600 \text{ sec}$). Θεωρούμε ότι για κάθε τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης E/K η ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας $t = t_1$ θεωρείται η ίδια. Συνεπώς, έχουμε:

$$L_{gsi,\text{eq},1\text{hr}} = 10 * \log [(1/3600) * 10^{L_{gsi,\text{eq},t_1}/10} * N_{1i} * t_{1i}] \quad (12)$$

ή $L_{gsi,\text{eq},1\text{hr}} = L_{gsi,\text{eq},t_1} + 10 * \log [(N_{1i} * t_{1i}) / 3600] \quad (13)$

όπου $L_{gsi,\text{eq},1\text{hr}}$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας $T = 1 \text{ hr} = 3600 \text{ sec}$ από τη

λειτουργία της γερανογέφυρας i (dBA).

$L_{gsi, eq, t1i}$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου που καταγράφεται για μια τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης και χρονικής διάρκειας ίσης με το χρόνο κύκλου $t1i$ μιας γερανογέφυρας i (dBA).

$N1i$ = αριθμός χειρισμών μιας γερανογέφυρας i στη διάρκεια μιας ώρας.
 $t1i$ = χρόνος κύκλου τυπικής διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης μιας γερανογέφυρας i (sec)

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας $1hr = 3600$ sec για παρατηρητή που βρίσκεται σε απόσταση $R3i$ ($i=1,...,\mu$) από την αντίστοιχη γερανογέφυρα i , προκύπτει, με εφαρμογή της σχέσης (2), ως εξής:

$$L_{goi, eq, 1hr} = L_{gsi, eq, 1hr} + 20 * \log (r3i / R3i)$$

$$\text{ή } L_{goi, eq, 1hr} = 10 * \log [(1/3600) * 10^{L_{gsi, eq, t1i} / 10} * N1i * t1i] + 20 * \log (r3i / R3i) \quad (14)$$

όπου $L_{goi, eq, 1hr}$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου διάρκειας $T = 1hr = 3600$ sec για

παρατηρητή που βρίσκεται σε απόσταση $R3i$ από την αντίστοιχη γερανογέφυρα i .

$r3i$ = απόσταση από τη γερανογέφυρα i στην οποία έχει πραγματοποιηθεί η μέτρηση του θορύβου

$R3i$ = απόσταση του παρατηρητή από από τη γερανογέφυρα i

Η συνισταμένη στάθμη θορύβου $L_{go, eq, 1hr}$, που δέχεται ο παρατηρητής, από το σύνολο των μ γερανογέφυρων που βρίσκονται σε λειτουργία, προκύπτει με εφαρμογή της σχέσης (1) και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$L_{go, eq, 1hr} = 10 * \log \sum_{i=1}^{\mu} 10^{(L_{goi, eq, 1hr} / 10)}$$

$$\text{ή } L_{go, eq, 1hr} = 10 * \log (10^{L_{go1, eq, 1hr} / 10} + 10^{L_{go2, eq, 1hr} / 10} + \dots + 10^{L_{go\mu, eq, 1hr} / 10}) \quad (15)$$

(δ) Υπολογισμός της στάθμης θορύβου από τα οχημάτα πλαίσια του λιμένα

Έστω ν ο αριθμός των οχημάτων πλαισίων που βρίσκονται σε λειτουργία στο λιμένα. Επειδή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους η στάθμη του παραγόμενου θορύβου είναι μεταβλητή με το χρόνο, όπως ισχύει και στην περίπτωση των γερανογέφυρων, θα εξετάσουμε τον παραγόμενο θόρυβο από ένα όχημα πλαισίο κατά το χρόνο κύκλου μιας διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης ενός εμπορευματοκιβωτίου.

Η βασική διαφοροποίηση των οχημάτων πλαισίων από τις προαναφερθείσες πηγές

θορύβου έγκειται στο γεγονός, ότι τα οχήματα πλαισία δε βρίσκονται σε σταθερές θέσεις, αλλά βρίσκονται σε μία διαρκή κίνηση εντός του χώρου του λιμένα. Συνεπώς, οι αποστάσεις των οχημάτων πλαισίων από έναν παρατηρητή, εκτός του λιμένα, μεταβάλλονται, διαρκώς, με το χρόνο.

Σύμφωνα με τη μελέτη [29] ο τύπος του οχήματος πλαισίου καθορίζει και το ύψος της στάθμης θορύβου του. Για λόγους απλοποίησης κάνουμε την παραδοχή, ότι όλα τα οχήματα πλαισία του λιμένα είναι του ίδιου τύπου και επομένως, της ίδιας ηχητικής στάθμης λειτουργίας. Επίσης, θεωρούμε, ότι η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια ίση με το χρόνο κύκλου μιας διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης Ε/Κ από ένα οχήμα πλαισίο είναι σταθερή και επαναλαμβανόμενη στο χρόνο.

Ο υπολογισμός της στάθμης θορύβου ενός οχήματος πλαισίου για μια τυπική λειτουργία φορτοεκφόρτωσης ενός Ε/Κ από ένα οχήμα πλαισίο μπορεί να πραγματοποιηθεί, σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται στη μελέτη [29]. Σύμφωνα με αυτήν, η τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης ενός Ε/Κ από ένα οχήμα πλαισίο περιλαμβάνει τη φόρτωση του Ε/Κ στην αρχική θέση, την κίνηση του έμφορτου οχήματος πλαισίου κατά μήκος συγκεκριμένου διαδρόμου, την εκφόρτωση του Ε/Κ στην τελική θέση και την επιστροφή του οχήματος πλαισίου στην αρχική του θέση. Ο χρόνος, μέσα στον οποίο έλαβε χώρα η παραπάνω τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης του Ε/Κ, ορίζεται ως χρόνος κύκλου (t_2) της διαδικασίας αυτής. Για τη διαδικασία αυτή φορτοεκφόρτωσης Ε/Κ πραγματοποιείται καταγραφή του εκπεμπόμενου θορύβου, με τη βοήθεια ηχόμετρου εγκατεστημένου σε καθορισμένη απόσταση από την αφετηρία ή το πέρας της διαδρομής του οχήματος πλαισίου. Κατόπιν, εξάγεται η ισοδύναμη στάθμη θορύβου του οχήματος πλαισίου για την παραπάνω τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης ενός Ε/Κ.

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου από τη λειτουργία ενός οχήματος πλαισίου i ($i = 1, \dots, n$) για χρονική διάρκεια 1 ώρας, προκύπτει μέσω της σχέσης (3) για $T = 3600$ sec και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Lesi, eq, 1hr = 10 * \log[(1/3600) * 10^{Lesi, eq, t2i / 10} * N2i * t2i]$$

$$\text{ή } Lesi, eq, 1hr = Lesi, eq, t2i + 10 * \log(N2i * t2i / 3600) \quad (16)$$

όπου $Lesi, eq, 1hr$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου από τη λειτουργία ενός οχήματος πλαισίου i για χρονική διάρκεια 1 ώρας (dBA)

$Lesi, eq, t2i$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου από τη λειτουργία του οχήματος πλαισίου i για χρονική διάρκεια ίση με το χρόνο κύκλου του

(dBA)

N2i = αριθμός χειρισμών οχήματος πλαισίου i στη διάρκεια 1 ώρας

t2i = χρόνος κύκλου οχήματος πλαισίου i (sec).

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου από τη λειτουργία ενός οχήματος πλαισίου i (i = 1,...,v) για χρονική διάρκεια 1 ώρας, την οποία δέχεται παρατηρητής εκτός του λιμένα, προκύπτει από τη σχέση (2) και λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$Leoi, eq, 1hr = Lesi, eq, 1hr + 20 * \log (r4i / R4i)$$

$$\text{ή } Leoi, eq, 1hr = 10 * \log [(1 / 3600) * 10^{Lesi, eq, t2i / 10} * N2i * t2i] + 20 * \log (r4i / R4i) \quad (17)$$

όπου $Leoi, eq, 1hr$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου από τη λειτουργία ενός οχήματος

πλαισίου i που δέχεται παρατηρητής, εκτός του λιμένα, για χρονική διάρκεια 1 ώρας (dBA)

$r4i$ = απόσταση ανάμεσα στην τοποθεσία της μέτρησης και στη θέση που έχει οριστεί ως το σημείο αναφοράς και μπορεί να είναι είτε η αφετηρία είτε το πέρας της διαδρομής ενός οχήματος πλαισίου i κατά τη διαδικασία μιας φορτοεκφόρτωσης E/K (m)

$R4i$ = απόσταση ανάμεσα στον παρατηρητή εκτός του λιμένα και στο σημείο αναφοράς (αφετηρία ή πέρας της διαδρομής ενός οχήματος πλαισίου i κατά τη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης E/K) (m).

Η συνισταμένη στάθμη θορύβου $Leoi, eq, 1hr$ που δέχεται παρατηρητής, που βρίσκεται σε θέση εκτός του λιμένα, από το σύνολο των v οχημάτων πλαισίων που βρίσκονται σε λειτουργία στο λιμένα, λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$Leoi, eq, 1hr = 10 * \log \sum_{i=1}^{i=v} 10^{(Leoi, eq, 1hr / 10)}$$

$$\text{ή } Leoi, eq, 1hr = 10 * \log [10^{Leoi, eq, 1hr / 10} + 10^{Leoi, eq, 1hr / 10} + \dots + 10^{Leoi, eq, 1hr / 10}] \quad (18)$$

(ε) Υπολογισμός της στάθμης θορύβου από τους ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις του λιμένα

Έστω για αριθμός των ελκυστήρων με συρόμενες βάσεις που βρίσκονται σε λειτουργία στο λιμένα. Ο θόρυβος, που εκπέμπεται από τους ελκυστήρες με συρόμενες βάσεις, θα υπολογιστεί με εφαρμογή της ίδιας μεθοδολογίας, που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις πηγών θορύβου, τις γερανογέφυρες και τα οχήματα πλαίσια.

Κύριο χαρακτηριστικό του παραγόμενου θορύβου είναι η μεταβλητή στάθμη του ως προς το χρόνο. Συνεπώς, θα προβούμε σε καταγραφή, με τη βοήθεια ηχόμετρου, του παραγόμενου θορύβου από έναν ελκυστήρα για τη χρονική διάρκεια (χρόνο κύκλου) μιας τυπικής διαδικασίας φορτοεκφόρτωσής του. Όπως τα οχήματα πλαίσια, έτσι και οι ελκυστήρες δεν κινούνται πάνω σε καθορισμένες τροχιές εντός του λιμένα (όπως ισχύει για τις γερανογέφυρες) και επομένως, οι αποστάσεις τους από παρατηρητή εκτός του λιμένα είναι, διαρκώς, μεταβαλλόμενες.

Επίσης, θεωρούμε ότι η ισοδύναμη στάθμη θορύβου, για χρονική διάρκεια ίση με το χρόνο κύκλου μιας διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης μιας συρόμενης βάσης από έναν ελκυστήρα, είναι σταθερή για κάθε φορτοεκφόρτωση.

Ο υπολογισμός της στάθμης θορύβου ενός ελκυστήρα για μια τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης της συρόμενης βάσης του μπορεί να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με την αντίστοιχη διαδικασία για τα οχήματα πλαίσια, που περιγράφεται στη μελέτη [29] και εφαρμόστηκε προηγουμένως. Η τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης της συρόμενης βάσης ενός ελκυστήρα περιλαμβάνει τη φόρτωση της συρόμενης βάσης στην αρχική θέση, την κίνηση του ελκυστήρα μαζί με τη συρόμενη βάση, την εκφόρτωση της συρόμενης βάσης στην τελική θέση και την επιστροφή του ελκυστήρα στην αρχική του θέση, προκειμένου να φορτώσει μια νέα συρόμενη βάση. Ο χρόνος, μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η παραπάνω διαδικασία φορτοεκφόρτωσης, ορίζεται ως χρόνος κύκλου (t_3) της διαδικασίας αυτής. Για την εν λόγω διαδικασία φορτοεκφόρτωσης πραγματοποιείται καταγραφή του εκπεμπόμενου θορύβου, με τη βοήθεια ηχόμετρου, το οποίο έχει τοποθετηθεί σε καθορισμένη απόσταση από την αφετηρία ή το πέρας της διαδρομής του ελκυστήρα και εξάγεται η ισοδύναμη στάθμη θορύβου του ελκυστήρα για την παραπάνω διαδικασία.

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου, η οποία καταγράφεται με ηχόμετρο, από τη δραστηριότητα ενός ελκυστήρα i ($i = 1, \dots, y$) με συρόμενη βάση για χρονική διάρκεια 1 ώρας, προκύπτει μέσω της σχέσης (3) για $T = 3600$ sec και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$L_{rsi, eq, 1hr} = 10 * \log [(1/3600) * 10^{L_{rsi, eq, t3i} / 10} * N_{3i} * t_{3i}] \quad (19)$$

$$\text{ή } L_{rsi, eq, 1hr} = L_{rsi, eq, t3i} + 10 * \log (N_{3i} * t_{3i} / 3600)$$

όπου $L_{rsi, eq, 1hr}$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου που καταγράφεται από τη δραστηριότητα ελκυστήρα i ($i = 1, \dots, y$) με συρόμενη βάση για τη χρονική διάρκεια 1 ώρας (dBA)

Lrsi,eq,t3i	= ισοδύναμη στάθμη θορύβου από τη λειτουργία ελκυστήρα i με συρόμενη βάση για χρονική διάρκεια ίση με το χρόνο κύκλου του (dBA)
N3i	= αριθμός των χειρισμών ελκυστήρα i με συρόμενη βάση στη διάρκεια 1 ώρας
t3i	= χρόνος κύκλου ελκυστήρα i με συρόμενη βάση για μια τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης ενός E/K (sec)

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου από τη δραστηριότητα ενός ελκυστήρα i (i = 1,...,y) με συρόμενη βάση για χρονική διάρκεια 1 ώρας, την οποία δέχεται παρατηρητής εκτός του λιμένα, προκύπτει από τη σχέση (2) και λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$Lroi, eq, 1hr = Lrsi, eq, 1hr + 20 * \log (rsi / Rsi)$$

$$\text{ή } Lroi, eq, 1hr = 10 * \log [(1/3600) * 10^{Lrsi, eq, t3i / 10} * N3i * t3i] + 20 * \log (rsi / Rsi) \quad (20)$$

όπου $Lroi, eq, 1hr$ = ισοδύναμη στάθμη θορύβου από τη δραστηριότητα ελκυστήρα i

(i = 1,...,y) με συρόμενη βάση για χρονική διάρκεια 1 ώρας, που δέχεται παρατηρητής εκτός του λιμένα

rsi = απόσταση ανάμεσα στην τοποθεσία της μέτρησης και στη θέση που έχει οριστεί ως το σημείο αναφοράς και μπορεί να είναι είτε η αφετηρία είτε το πέρας διαδρομής ελκυστήρα i κατά τη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης συρόμενης βάσης (m)

Rsi = απόσταση ανάμεσα στον παρατηρητή εκτός του λιμένα και στο σημείο αναφοράς (αφετηρία ή πέρας της διαδρομής ενός ελκυστήρα i κατά τη φορτοεκφόρτωση)(m)

Η συνισταμένη στάθμη θορύβου $Lro, eq, 1hr$ που δέχεται παρατηρητής, που βρίσκεται σε θέση εκτός του λιμένα, από το σύνολο των γ ελκυστήρων, που βρίσκονται σε δραστηριότητα στο λιμένα, προκύπτει με τη βοήθεια της σχέσης (1) και λαμβάνει την εξής μορφή:

$$Lro, eq, 1hr = 10 * \log \sum_{i=1}^{i=y} 10^{(Lroi, eq, 1hr / 10)}$$

$$\text{ή } Lro, eq, 1hr = 10 * \log (10^{Lro1, eq, 1hr / 10} + 10^{Lro2, eq, 1hr / 10} + \dots + 10^{Lroy, eq, 1hr / 10}) \quad (21)$$

(στ) Υπολογισμός της στάθμης θορύβου από την οδική κυκλοφορία στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα.

Όπως έχει ήδη παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 2 (βλ. παράγραφο 2.3), η στάθμη του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα μπορεί να υπολογιστεί με την εφαρμογή διάφορων μοντέλων πρόβλεψης θορύβου κυκλοφορίας.

(ζ) Υπολογισμός της συνολικής στάθμης θορύβου από τις λειτουργίες του λιμένα

Η συνολική ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια 1 ώρας, την οποία δέχεται παρατηρητής εκτός του λιμένα, από το σύνολο των πλοίων, των μονάδων ψύξης Ε/Κ, των γερανογέφυρων, των οχημάτων πλαισίων, των ελκυστήρων με συρόμενες βάσεις και των φορτηγών οχημάτων, προκύπτει σαν η συνισταμένη στάθμη των επιμέρους σταθμών θορύβου καθεμιάς εκ των ανωτέρω έξι κατηγοριών πηγών θορύβου του λιμένα. Με εφαρμογή της σχέσης (1) προκύπτει το ζητούμενο μοντέλο πρόβλεψης του θορύβου για τους λιμένες, το οποίο λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$Lo,eq,1hr = 10 * \log (10^{Lvo, eq, 1hr / 10} + 10^{Luo, eq, 1hr / 10} + 10^{Lgo, eq, 1hr / 10} + 10^{Leo, eq, 1hr / 10} + 10^{Lrto, eq, 1hr / 10} + 10^{Lrto, eq, 1hr / 10}) \quad (22)$$

όπου $Lo,eq,1hr$ = συνολική ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια 1 ώρας, την οποία δέχεται παρατηρητής εκτός του λιμένα, από το σύνολο των δραστηριοτήτων του λιμένα (dBA)

$Lvo, eq, 1hr$ = συνισταμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας που λαμβάνει παρατηρητής εκτός του λιμένα από το σύνολο των πλοίων του λιμένα (dBA)

$Luo, eq, 1hr$ = συνισταμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας που λαμβάνει παρατηρητής εκτός του λιμένα, από το σύνολο των μονάδων ψύξης Ε/Κ του λιμένα (dBA)

$Lgo, eq, 1hr$ = συνισταμένη ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας που δέχεται παρατηρητής εκτός του λιμένα, από το σύνολο των γερανογέφυρων που βρίσκονται σε λειτουργία (dBA)

$Leo, eq, 1hr$ = συνισταμένη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας που δέχεται παρατηρητής, που βρίσκεται εκτός του λιμένα, από το σύνολο των οχημάτων πλαισίων που βρίσκονται σε λειτουργία στο

λιμένα (dBA)

$L_{ro,eq,1hr}$ = συνισταμένη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας που δέχεται παρατηρητής, που βρίσκεται σε θέση εκτός του λιμένα, από το σύνολο των ελκυστήρων που βρίσκονται σε δραστηριότητα στο λιμένα (dBA)

$L_{rto,eq,1hr}$ = συνισταμένη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας που δέχεται παρατηρητής, που βρίσκεται σε θέση εκτός του λιμένα, από την οδική κυκλοφορία φορτηγών και μη οχημάτων στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα (dBA)

6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΗ ΛΙΜΕΝΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΙΚΟΝΙΟΥ

Στην παρούσα παράγραφο θα γίνει μία εφαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης, που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Στόχος είναι η πρόβλεψη της στάθμης θορύβου ($L_{Aeq,1hr}$), που δέχεται παρατηρητής εκτός του λιμένα, από το σύνολο των δραστηριοτήτων του λιμένα για συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας του.

Οι πηγές θορύβου από τη λιμενική εγκατάσταση του Νέου Ικονίου που θα λάβουμε υπόψη μας για την εν λόγω εφαρμογή, είναι οι ακόλουθες:

- (α) **Πλοία**
- (β) **Γερανογέφυρες**
- (γ) **Οχήματα πλαίσια**
- (δ) **Αυτόψυκτα εμπορευματοκιβώτια**
- (ε) **Οδική κυκλοφορία στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα.**

Θα γίνουν προβλέψεις στάθμης θορύβου για διάφορα (14) σενάρια λειτουργίας του λιμένα, τα οποία διαφοροποιούνται, ως προς το ποσοστό του εξοπλισμού του λιμένα που βρίσκεται σε δραστηριότητα και ως προς την απόσταση του εξοπλισμού αυτού από παρατηρητή, που βρίσκεται εκτός του λιμένα. Θα παρουσιάσουμε αναλυτικά μόνο το ένα σενάριο εξ αυτών, προκειμένου να εξηγηθεί η μεθοδολογία και οι παραδοχές που έχουν γίνει.

Τα 14 σενάρια λειτουργίας, για τα οποία θα γίνουν προβλέψεις στάθμης θορύβου, παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα Π.6.1.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ				
		Πλοία σε θέσεις παραβολής	Γερανανογέφυρες σε λειτουργία	Οχήματα πλαίσια σε λειτουργία	Αυτόψυκτα Ε/Κ	Φόρτος κυκλοφορίας
1	100% του εξοπλισμού του λιμένα σε δραστηριότητα, κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με τον ωριαίο φόρτο αιχμής.	7 (100 %)	14 (100 %)	68 (100 %)	720 (100 %)	QΦΟΡΤ = 119/ώρα QΙΧ = 22/ώρα QMΟΤ = 8/ώρα
2	Κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με το μέσο ωριαίο, λειτουργία του απαιτούμενου μόνον αριθμού οχημάτων πλαισίων για τη φορτοεκφόρτωση των φορτηγών.	0 (0 %)	0 (0 %)	8 (12 %)	0 (0 %)	QΦΟΡΤ = 99/ώρα QΙΧ = 19/ώρα QMΟΤ = 6/ώρα
3	50% του εξοπλισμού του λιμένα σε δραστηριότητα (ομοιόμορφη κατανομή του σε όλη την έκταση του σταθμού), κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με το μέσο ωριαίο.	3 (45 %)	6 (45 %)	30 (45 %)	360 (50 %)	QΦΟΡΤ = 99/ώρα QΙΧ = 19/ώρα QMΟΤ = 6/ώρα
4	50% του εξοπλισμού του λιμένα σε δραστηριότητα (συγκέντρωση όλων των δραστηριοτήτων προς τη χερσαία πλευρά), κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με το μέσο ωριαίο.	3 (45 %)	6 (45 %)	30 (45 %)	360 (50 %)	QΦΟΡΤ = 99/ώρα QΙΧ = 19/ώρα QMΟΤ = 6/ώρα
5	50% του εξοπλισμού του λιμένα σε δραστηριότητα (συγκέντρωση όλων των δραστηριοτήτων προς τη θαλάσσια πλευρά), κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με το μέσο ωριαίο.	3 (45 %)	6 (45 %)	30 (45 %)	360 (50 %)	QΦΟΡΤ = 99/ώρα QΙΧ = 19/ώρα QMΟΤ = 6/ώρα
6	Μόνο πλοία (7) σε όλες τις θέσεις παραβολής και καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού	7 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0
7	Μόνο 1 πλοίο στην κοντινότερη προς τον παρατηρητή θέση παραβολής και καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού.	1 (15 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0

8	Μόνο 1 πλοίο στην πιο απομακρυσμένη από τον παρατηρητή θέση παραβολής και καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού.	1 (15 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0
9	Παρουσία των συνόλου των αυτόψυκτων Ε/Κ (720) και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	720 (100 %)	0
10	Παρουσία των μισών (360) από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	360 (50 %)	0
11	3 πλοία σε θέσεις παραβολής (ομοιόμορφη κατανομή), παρουσία των μισών (360) από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	3 (45 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	360 (50 %)	0
12	3 πλοία στις κοντινότερες προς τον παρατηρητή θέσεις παραβολής, παρουσία των μισών (360) από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	3 (45 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	360 (50 %)	0
13	3 πλοία στις πιο απομακρυσμένες από τον παρατηρητή θέσεις παραβολής, παρουσία των μισών (360) από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	3 (45 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	360 (50 %)	0
14	7 πλοία στις θέσεις παραβολής, όλα τα 720 αυτόψυκτα Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	7 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	720 (100 %)	0

Πίνακας 6.1: Τα 14 σενάρια λειτουργίας του λιμένα

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 1

Το σενάριο λειτουργίας του λιμένα, με βάση το οποίο θα εξάγουμε την πρόβλεψή μας, στηρίζεται σε ορισμένες παραδοχές. Καταρχάς, θεωρούμε, ότι ο σταθμός εμπορευματοκιβωτίων λειτουργεί τις **6 από τις 7 ημέρες** της εβδομάδας και για 16 ώρες ημερησίως. Σε ετήσια βάση αυτό σημαίνει, ότι ο σταθμός λειτουργεί **300 περίπου ημέρες** (συμπεριλαμβανόμενων και κάποιων αργιών) ή **4800** (= 300 X 16) ώρες.

Επιπρόσθετα, θεωρούμε, ότι το **100%** του συνολικού εξοπλισμού του σταθμού βρίσκεται σε δραστηριότητα. Με βάση τα διατιθέμενα στοιχεία από τον Ο.Λ.Π., μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των θέσεων παραβολής του σταθμού και των επιμέρους στοιχείων του εξοπλισμού του, που βρίσκονται σε δραστηριότητα, ως εξής:

Θέσεις παραβολής - Πλοία: $100\% * 7 \Rightarrow 7$

Γερανογέφυρες: $100\% * 14 \Rightarrow 14$

Οχήματα πλαίσια: $100\% * 68 \Rightarrow 68$

Επειδή οι υψηλοτερικές διαφορές ανάμεσα στις πηγές του θορύβου και των παρατηρητή είναι αρκετά μικρές σε σχέση με τις οριζόντιες αποστάσεις τους, οι υψηλοτερικές αυτές διαφορές δεν θα ληφθούν καθόλου υπόψη στον υπολογισμό της συνολικής απόστασης μεταξύ πηγών θορύβου και παρατηρητή.

(α) Υπολογισμός στάθμης θορύβου από το εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα.

Μέσω των στοιχείων του Ο.Λ.Π., αναφορικά με τον όγκο διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων (TEUs) (βλ. Σχ.5.4) κατά τα προηγούμενα έτη, μπορούμε να προβούμε σε εκτιμήσεις για τον κυκλοφοριακό φόρτο του εσωτερικού οδικού δικτύου του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου.

Οι εκτιμήσεις, στις οποίες θα προβούμε, θα γίνουν με βάση τα στοιχεία διακίνησης του Ο.Λ.Π για το έτος **2006**. Σύμφωνα με αυτά, διακινήθηκαν συνολικά (εισαγωγή, εξαγωγή και κενά Ε/Κ) περίπου **710.000 TEUs**. Θεωρούμε, ότι εκ των διακινηθέντων εμπορευματοκιβωτίων είχαμε: (α) **50% Ε/Κ των 20'**, (β) **50 % Ε/Κ των 40'**. Επομένως, ο συνολικός αριθμός διακινηθέντων εμπορευματοκιβωτίων ήταν **474.000**, εκ των οποίων **237.000 Ε/Κ των 20'** και **237.000 Ε/Κ των 40'**. Για τη διακίνηση όλων αυτών των εμπορευματοκιβωτίων θα απαιτούνταν **474.000 διελεύσεις φορτηγών** (θεωρώντας ότι 1 φορτηγό αφήνει μόνο ή παίρνει μόνο 1 Ε/Κ από το σταθμό).

Προβαίνουμε στην **παραδοχή**, ότι έχουμε ομοιόμορφη κατανομή της κυκλοφορίας των φορτηγών (και όχι μόνο) στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα, σε όλη τη

διάρκεια του έτους. Συνεπώς, διαιρώντας το συνολικό αριθμό φορτηγών (474.000 φορτηγά / έτος) με τις συνολικές ώρες λειτουργίας του λιμένα (4800 ώρες / έτος), προκύπτει ο ωριαίος φόρτος κυκλοφορίας των φορτηγών, ως $Q_H = 99$ φορτηγά / ώρα. Λαμβάνοντας ως συντελεστή αιχμής της κυκλοφορίας **20%** προκύπτει, ότι ο ωριαίος φόρτος αιχμής είναι: $Q_{H(\text{ΑΙΧΜΗΣ})} = 99 * 1,20 = 119$ φορτηγά / ώρα.

Εκτός των φορτηγών, τα οποία αποτελούν το μεγάλο ποσοστό των κυκλοφορούντων οχημάτων του εσωτερικού οδικού δίκτυου του σταθμού, υπάρχει και κυκλοφορία IX οχημάτων και μοτοσυκλετών, τα οποία χρησιμοποιούνται, κυρίως, από τους εργαζόμενους του σταθμού για τις μετακινήσεις τους. Στοιχεία για τον άμεσο προσδιορισμό των ωριαίων φόρτων τους δεν υφίστανται, οπότε θα προβούμε σε προσεγγίσεις τους, μέσω εύλογων παραδοχών. Θεωρούμε, ότι το ποσοστό των φορτηγών οχημάτων προσεγγίζει το **80%** του συνολικού κυκλοφοριακού φόρτου, ενώ τα ποσοστά των IX και των μοτοσυκλετών είναι **15%** και **5%**, αντίστοιχα. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν τα εξής: $Q_{L(\text{ΑΙΧΜΗΣ})} = 22$ οχήματα / ώρα, $Q_{M(\text{ΑΙΧΜΗΣ})} = 8$ μοτοσυκλέτες / ώρα, ενώ $Q_{\text{ΟΛΙΚΟ}(\text{ΑΙΧΜΗΣ})} = 149$ οχήματα / ώρα. Ως μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων θεωρούμε τα 40 χλμ/ώρα.

Για τον υπολογισμό της στάθμης θορύβου, που δέχεται παρατηρητής από το εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα, θα χρησιμοποιήσουμε το ακόλουθο μοντέλο [10] (βλ. παραγρ. 2.3.2), το οποίο προσδιορίζει τη σχέση μεταξύ της ισοδύναμης στάθμης θορύβου για διάρκεια μιας ώρας ($L_{Aeq,1h}$) και της σύνθεσης της κυκλοφορίας (Q_H , Q_L , Q_M):

$$L_{Aeq,1h} = 52,1 + 7,06 * \log(Q_H + 0,1 * Q_L + 0,9 * Q_M) \quad (1)$$

Το εσωτερικό οδικό δίκτυο του σταθμού μπορεί να χωριστεί σε 3 επιμέρους τμήματα ή οδικά στοιχεία, όπως παρουσιάζεται και στο Σχ.5.κ, με τα αντίστοιχα χρώματα. Το μήκος του κάθε επιμέρους τμήματος είναι:

Πρώτο τμήμα (πράσινο χρώμα): $L_1 = 300$ μέτρα

Δεύτερο τμήμα (γαλάζιο χρώμα): $L_2 = 450$ μέτρα

Τρίτο τμήμα (κόκκινο χρώμα): $L_3 = 800$ μέτρα

Και τα τρία τμήματα του εσωτερικού οδικού δίκτυου αποτελούνται από 4 λωρίδες κυκλοφορίας συνολικά, με 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση. Επειδή, όμως, η απόσταση ανάμεσα στον παρατηρητή και τα τμήματα αυτά είναι μεγάλη, μπορούν να θεωρηθούν και οι δύο κατεύθυνσεις κυκλοφορίας ως μία ενιαία γραμμική πηγή θορύβου. Η πηγή θορύβου βρίσκεται σε ύψος 0,5 μέτρου από την επιφάνεια του οδοστρώματος και κατά μήκος του ξενιστεί από την κυκλοφορία των αυτοκινήτων.



Η σχέση (1) για $Q_H = Q_{H(\text{ΑΙΧΜΗΣ})} = 119$ φορτηγά/ώρα, $Q_L = Q_{L(\text{ΑΙΧΜΗΣ})} = 22$ οχήματα/ώρα και $Q_M = Q_{M(\text{ΑΙΧΜΗΣ})} = 8$ μοτοσυκλέτες/ώρα, γίνεται:

$L_{Rts,eq,1h} = 52,1 + 7,06 * \log(119 + 0,1 * 22 + 0,9 * 8) \Rightarrow L_{Rts,eq,1h} = 66,99 \text{ dBA}$
(κοινό και για τα τρία επιμέρους οδικά τμήματα).

Στη συνέχεια, θα ακολουθήσουν ορισμένες διορθώσεις. Συγκεκριμένα:

(i) Διόρθωση για την κατά μήκος κλίση.

Επειδή η κατά μήκος κλίση και των τριών οδικών τμημάτων είναι μηδενική ($G = 0\%$), δεν απαιτείται καμία διόρθωση για την κατά μήκος κλίση τους [1]. Άρα $\Delta LG = 0 \text{ dBA}$.

(ii) Διόρθωση για την απόσταση από τον παρατηρητή.

Οι αποστάσεις του παρατηρητή από τα τρία επιμέρους οδικά τμήματα είναι οι εξής:
 $D_1 = 115$ μέτρα, $D_2 = 320$ μέτρα, $D_3 = 230$ μέτρα. Οι εν λόγω διορθώσεις γίνονται με βάση τον εξής τύπο [1]: $\Delta LD = 10 * \log(30 / D)$

$$\Delta LD_1 = 10 * \log(30 / 115) \Rightarrow \Delta LD_1 = -5,84 \text{ dBA}$$

$$\Delta LD_2 = 10 * \log(30 / 320) \Rightarrow \Delta LD_2 = -10,28 \text{ dBA}$$

$$\Delta LD_3 = 10 * \log(30 / 230) \Rightarrow \Delta LD_3 = -8,85 \text{ dBA}$$

(iii) Διόρθωση για την υποτείνουσα γωνία.

Οι υποτείνουσες γωνίες των τριών επιμέρους οδικών τμημάτων είναι οι ακόλουθες:

$$\alpha_1 = 6^\circ = 0,033 \pi \text{ rad}$$

$$\alpha_2 = 45^\circ = 0,250 \pi \text{ rad}$$

$$\alpha_3 = 106^\circ = 0,589 \pi \text{ rad}$$

Οι διορθώσεις της ισοδύναμης στάθμης θορύβου για την υποτείνουσα γωνία (α) της γραμμικής πηγής θορύβου δίνονται από την εξής σχέση [1]: $\Delta LA = 10 * \log(\alpha / \pi)$

$$\Delta LA_1 = 10 * \log(0,033\pi / \pi) \Rightarrow \Delta LA_1 = -14,81 \text{ dBA}$$

$$\Delta LA_2 = 10 * \log(0,250\pi / \pi) \Rightarrow \Delta LA_2 = -6,02 \text{ dBA}$$

$$\Delta LA_3 = 10 * \log(0,589\pi / \pi) \Rightarrow \Delta LA_3 = -2,30 \text{ dBA}$$

(iv) Διόρθωση για την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Τυπικό ασφαλτικό οδόστρωμα οπότε $\Delta LPS = 0 \text{ dBA}$ [1].

(v) Διόρθωση για τα παρεμβαλλόμενα κτίσματα μεταξύ πηγής και παρατηρητή [1].

$\Delta LH_1 = \Delta LH_2 = -10 \text{ dBA}$ (περισσότερες από 4 σειρές παρεμβαλλόμενα κτίσματα)

$\Delta LH_3 = -4,5 \text{ dBA}$ (1 σειρά από παρεμβαλλόμενα κτίσματα)

(vi) Διόρθωση για το έδαφος

Η εν λόγω διόρθωση δίνεται από τον εξής τύπο [1]:

$$\Delta LGR = -8,2 * \log \{D / [2 + H + (H^2 / 60) + (60 / D)]\} + 3$$

όπου ΔLGR = διόρθωση για το έδαφος [dBA]. Εάν $\Delta LGR > 0$, τότε $\Delta LGR = 0 \text{ dBA}$.

D = οριζόντια απόσταση παρατηρητή από γραμμική πηγή θορύβου (m).

Av D ≥ 400 m, τότε D = 400 m.

H = «Ολικό ενεργό ύψος » (m). Ισούται με το άθροισμα Σyι των κατακόρυφων συνιστώσων της «αναπτυγμένης διαδρομής» από την πηγή θορύβου έως τον παρατηρητή. Av H ≤ 1,50 m τότε H = 1,50 m.

Η οριζόντια απόσταση του παρατηρητή από το «οδικό στοιχείο 1» είναι **D₁ = 115 m**. Το «ολικό ενεργό ύψος » είναι **H₁ = 40 m** όση και η υψομετρική διαφορά του οδικού στοιχείου από τον παρατηρητή.

Από πράξεις προκύπτει ότι $\Delta LGR_1 = +1,2 > 0$ και άρα **$\Delta LGR_1 = 0 \text{ dBA}$** .

Η οριζόντια απόσταση του παρατηρητή από το «οδικό στοιχείο 2» είναι **D₂ = 320 m**. Το «ολικό ενεργό ύψος » είναι **H₂ = (3 + 3 + 40) m = 46 m**, όπου 3 m είναι το ύψος του τοίχου της περίφραξης, που παρεμβάλλεται μεταξύ του οδικού στοιχείου και του παρατηρητή, ενώ 40 m είναι η υψομετρική διαφορά μεταξύ του οδικού στοιχείου και του παρατηρητή.

Από πράξεις προκύπτει ότι **$\Delta LGR_2 = -1,79 \text{ dBA}$** .

Η οριζόντια απόσταση του παρατηρητή από το «οδικό στοιχείο 3» είναι **D₃ = 230 m**. Το «ολικό ενεργό ύψος » είναι **H₃ = (3 + 3 + 40) m = 46 m**, όπου 3 m είναι το ύψος του τοίχου της περίφραξης, που παρεμβάλλεται μεταξύ του οδικού στοιχείου και του παρατηρητή, ενώ 40 m είναι η υψομετρική διαφορά μεταξύ του οδικού στοιχείου και του παρατηρητή.

Από πράξεις προκύπτει ότι **$\Delta LGR_3 = -0,61 \text{ dBA}$** .

Όλα τα παραπάνω μπορούν να συνοψιστούν στον ακόλουθο πίνακα:

	ΟΔΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ		
	1	2	3
L _{Aeq,1hr} (APXIIKA_χωρίς διορθώσεις)	66,99	66,99	66,99
ΔL _G	0	0	0
ΔL _{PS}	0	0	0
ΔL _{GR}	0	-1,79	-0,61
ΔL _D	-5,84	-10,28	-8,85
ΔL _A	-14,81	-6,02	-2,30
ΔL _{HO}	-10	-10	-4,5
L _{Aeq,1hr} (ΤΕΛΙΚΑ_με διορθώσεις)	36,34	38,90	50,73

Πίνακας 6.2: Σύνοψη των διορθώσεων για το κάθε οδικό στοιχείο.

Η ολική ισοδύναμη στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής και από τα τρία επιμέρους οδικά στοιχεία του εσωτερικού οδικού δικτύου, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lrto, eq, 1\text{ hr} = 10 * \log [10^{(36,34/10)} + 10^{(38,90/10)} + 10^{(50,73/10)}]$$

$$\Rightarrow Lrto, eq, 1\text{ hr} = 51,15 \text{ dBA}$$

(β) Υπολογισμός στάθμης θορύβου από τα αυτόψυκτα εμπορευματοκιβώτια.

Σύμφωνα με τη μελέτη [29], για τα αυτόψυκτα εμπορευματοκιβώτια προέκυψαν τιμές της ισοδύναμης στάθμης θορύβου, κατόπιν επιτόπου μετρήσεων, με τιμή $L_{Aeq} = 93,00 \text{ dBA}$. Τα αυτόψυκτα εμπορευματοκιβώτια χαρακτηρίζονται από σταθερή στάθμη θορύβου [29]. Βέβαια, δε γίνεται αναφορά, για την απόσταση από την οποία μετρήθηκε η παραπάνω τιμή. Κάνουμε την **παραδοχή**, ότι η εν λόγω στάθμη θορύβου μετρήθηκε σε απόσταση **1 μέτρου** από ένα αυτόψυκτο εμπορευματοκιβώτιο.

Στο Σχ.5.15 παρουσιάζεται η περιοχή αποθήκευσης των αυτόψυκτων εμπορευματοκιβωτίων, καθώς και οι αποστάσεις τους από τον παρατηρητή. Η έκταση της περιοχής είναι 8.000 τ.μ ($200 \text{ μ.} \times 40 \text{ μ.}$). Η απόσταση του παρατηρητή από τις ακραίες θέσεις της συγκεκριμένης περιοχής κυμαίνεται από 260 μέτρα έως και 340 μέτρα.

Για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών θεωρούμε, ότι όλα τα εμπορευματοκιβώτια είναι της ίδιας ηχητικής στάθμης και ότι όλα είναι συγκεντρωμένα σε ένα σημείο της εν λόγω περιοχής, το οποίο απέχει απόσταση **300 μέτρων** από τον παρατηρητή. Θεωρούμε, ότι η διάδοση του θορύβου ανάμεσα στα αυτόψυκτα εμπορευματοκιβώτια και τον παρατηρητή γίνεται, χωρίς να λάβουμε υπόψη μας τα παρεμβαλλόμενα εμπόδια, τα οποία λειτουργούν ως ηχοπετάσματα.

Έστω ότι στην εν λόγω έκταση βρίσκονται **720 εμπορευματοκιβώτια** (3 σειρές Ε/Κ αποτελούμενες έκαστη από 80 Ε/Κ και έχουμε στοίβαξη 3 Ε/Κ καθ' ύψος). Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια 1 ώρας, σε **απόσταση 1 μέτρου** από το σημείο στο οποίο θεωρούμε ότι είναι συγκεντρωμένα όλα τα εμπορευματοκιβώτια, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lus, eq, 1\text{ hr} = 10 * \log [10^{(93/10)} + \dots + 10^{(93/10)}] = 10 * \log [720 * 10^{(93/10)}]$$

$$\Rightarrow Lus, eq, 1\text{ hr} = 121,57 \text{ dBA}$$

Η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των αυτόψυκτων εμπορευματοκιβωτίων, υπολογίζεται ως εξής:

$$Luo, eq, 1\text{ hr} = Lus, eq, 1\text{ hr} + 20 * \log(1 / 300) \Rightarrow Luo, eq, 1\text{ hr} = 71,96 \text{ dBA}$$

Μεταξύ πηγής και παρατηρητή παρεμβάλλεται μία σειρά κτισμάτων. Επομένως, ισχύει ότι: $\Delta L_{HO} = -4,50 \text{ dBA}$ (Διόρθωση για παρεμβαλλόμενα κτίσματα).

Θεωρούμε ύψος πηγής $H_{HIG} = 2,50 \text{ m}$, υψομετρική διαφορά πηγής - παρατηρητή ίση με 40 m . Επίσης, υπάρχουν και τα 2 τοιχώματα ύψους περίπου 3 m τόσο της περίφραξης του σταθμού όσο και πίσω από το χώρο απόθεσης των αυτόψυκτων Ε/Κ. Η απόσταση μεταξύ πηγής – παρατηρητή είναι $D = 300 \text{ m}$ (περίπου). Το «ολικό ενεργό ύψος» είναι: $H = (2,50 + 3 + 3 + 3 + 3 + 40) \text{ m} = 54,50 \text{ m}$.

Προκύπτει, ότι $\Delta L_{GR} = -0,70 \text{ dBA}$.

Τελικά, η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των αυτόψυκτων εμπορευματοκιβωτίων, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{uo,eq,1hr} = (71,96 - 4,50 - 0,70) \text{ dBA} \Rightarrow \underline{\underline{L_{uo,eq,1hr} = 66,76 \text{ dBA}}}$$

(γ) Υπολογισμός στάθμης θορύβου από τα πλοία.

Θεωρούμε, ότι βρίσκονται στο σταθμό και τα 7 συνολικά πλοία, που έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει ο σταθμός. Σύμφωνα με τη μελέτη [29], από μετρήσεις θορύβου που διεξήχθησαν σε διάφορα πλοία και σε αποστάσεις από 20 m έως και 40 m από το φουγάρο των πλοίων αυτών (το φουγάρο θεωρείται η κύρια πηγή θορύβου από ένα πλοίο [29]), διαπιστώθηκε, ότι η στάθμη θορύβου τους λαμβάνει τιμές: $L_{Aeq} = 100 - 115 \text{ dBA}$. Για την εφαρμογή του μοντέλου θεωρούμε, ότι όλα τα πλοία είναι της ίδιας ηχητικής στάθμης, την οποία λαμβάνουμε $L_{vs,eq} = 105 \text{ dBA}$ για απόσταση 30 m από το φουγάρο του κάθε πλοίου.

Οι ενδεικτικές θέσεις των πλοίων, καθώς και οι αποστάσεις (D_i) ανάμεσα στον παρατηρητή και τα φουγάρα των πλοίων αυτών παρουσιάζονται στο Σχ.5.κ. Συγκεκριμένα, οι αποστάσεις ανάμεσα στον παρατηρητή και τα πλοία (φουγάρα) λαμβάνουν τις ακόλουθες τιμές:

Πλοίο 1: $D_1 = 850 \text{ m}$ Πλοίο 4: $D_4 = 600 \text{ m}$ Πλοίο 7: $D_7 = 650 \text{ m}$

Πλοίο 2: $D_2 = 1050 \text{ m}$ Πλοίο 5: $D_5 = 800 \text{ m}$

Πλοίο 3: $D_3 = 1200 \text{ m}$ Πλοίο 6: $D_6 = 1150 \text{ m}$

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από καθένα από τα 7 πλοία του σταθμού, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{vo1,eq,1hr} = 105 + 20 * \log(30 / 850) \Rightarrow \underline{\underline{L_{vo1,eq,1hr} = 75,95 \text{ dBA}}}$$

$$L_{vo2,eq,1hr} = 105 + 20 * \log(30 / 1050) \Rightarrow \underline{\underline{L_{vo2,eq,1hr} = 74,12 \text{ dBA}}}$$

$$L_{v03,eq,1hr} = 105 + 20 * \log(30 / 1200) \Rightarrow L_{v03,eq,1hr} = 72,95 \text{ dBA}$$

$$L_{v04,eq,1hr} = 105 + 20 * \log(30 / 600) \Rightarrow L_{v04,eq,1hr} = 78,98 \text{ dBA}$$

$$L_{v05,eq,1hr} = 105 + 20 * \log(30 / 800) \Rightarrow L_{v05,eq,1hr} = 76,48 \text{ dBA}$$

$$L_{v06,eq,1hr} = 105 + 20 * \log(30 / 1150) \Rightarrow L_{v06,eq,1hr} = 73,32 \text{ dBA}$$

$$L_{v07,eq,1hr} = 105 + 20 * \log(30 / 650) \Rightarrow L_{v07,eq,1hr} = 78,28 \text{ dBA}$$

Ανάμεσα σε καθένα από τα 7 πλοία και τον παρατηρητή παρεμβάλλεται μια σειρά από κτίσματα. Άρα: $\Delta L_{HO\ 1} = \Delta L_{HO\ 2} = \dots = \Delta L_{HO\ 7} = -4,50 \text{ dBA}$.

Θεωρούμε ύψος πηγής ΗπΗΓ = 20,00 m και υψομετρική διαφορά πηγής - παρατηρητή ίση με 20 m. Μεταξύ του πλοίου 1 και του παρατηρητή παρεμβάλλονται, χωρίς να διακόπτουν τη γραμμή ορατότητας, 2 στοίβες E/K (με 2 E/K καθ' ύψος η καθεμία - 5 μέτρα ύψος συνολικά), μια αποθήκη εικένωσης - πλίρωσης E/K ύψους περίπου 10 μέτρων και δύο τοίχοι περίφραξης ύψους 3 μέτρων ο καθένας. Η οριζόντια απόσταση του πλοίου 1 από τον παρατηρητή είναι 850 μέτρα. Επομένως, θέτουμε D = 400 m. Το «ολικό ενεργό ύψος» είναι:

$$H_1 = (20 + 5 + 5 + 5 + 5 + 10 + 10 + 3 + 3 + 3 + 3 + 40) m = 112 \text{ m.}$$

Κατόπιν πράξεων προκύπτει: $\Delta L_{GR\ 1} = +2,25 \text{ dBA} > 0$ και επομένως $\Delta L_{GR\ 1} = 0 \text{ dBA}$.

Μεταξύ του πλοίου 2 και του παρατηρητή παρεμβάλλονται, χωρίς να διακόπτουν τη γραμμή ορατότητας, 3 στοίβες E/K (με 2 E/K καθ' ύψος η καθεμία - 5 μέτρα ύψος συνολικά) και δύο τοίχοι περίφραξης ύψους 3 μέτρων ο καθένας, ενώ η υψομετρική διαφορά πηγής - παρατηρητή είναι ίση με 20 m. Η οριζόντια απόσταση του πλοίου 2 από τον παρατηρητή είναι 1050 μέτρα. Επομένως, θέτουμε D = 400 m. Το «ολικό ενεργό ύψος» είναι:

$$H_2 = (20 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 3 + 3 + 3 + 3 + 40) m = 102 \text{ m.}$$

Κατόπιν πράξεων προκύπτει: $\Delta L_{GR\ 2} = +1,70 \text{ dBA} > 0$ και επομένως $\Delta L_{GR\ 2} = 0 \text{ dBA}$.

Οι αποστάσεις όλων των πλοίων από τον παρατηρητή είναι μεγαλύτερες από 400 μέτρα και για το λόγο αυτό θέτουμε σε όλες τις περιπτώσεις $D_i = 400 \text{ m}$, προκειμένου να υπολογίσουμε τη διόρθωση για το έδαφος. Επαναλαμβάνοντας την παραπάνω διαδικασία για όλα τα πλοία, προκύπτει ότι:

$$\Delta L_{GR\ 1} = \Delta L_{GR\ 2} = \dots = \Delta L_{GR\ 7} = 0 \text{ dBA}$$

Επομένως, για τη στάθμη θορύβου του κάθε πλοίου έχουμε διόρθωση μόνο για τα παρεμβαλλόμενα κτίσματα και όχι για το έδαφος.

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται

παρατηρητής από καθένα από τα 7 πλοία του σταθμού, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής:

$$L_{v01,eq,1hr} = 75,95 - 4,50 \Rightarrow L_{v01,eq,1hr} = 71,45 \text{ dBA}$$

$$L_{v02,eq,1hr} = 74,12 - 4,50 \Rightarrow L_{v02,eq,1hr} = 69,62 \text{ dBA}$$

$$L_{v03,eq,1hr} = 72,95 - 4,50 \Rightarrow L_{v03,eq,1hr} = 68,45 \text{ dBA}$$

$$L_{v04,eq,1hr} = 78,98 - 4,50 \Rightarrow L_{v04,eq,1hr} = 74,48 \text{ dBA}$$

$$L_{v05,eq,1hr} = 76,48 - 4,50 \Rightarrow L_{v05,eq,1hr} = 71,98 \text{ dBA}$$

$$L_{v06,eq,1hr} = 73,32 - 4,50 \Rightarrow L_{v06,eq,1hr} = 68,82 \text{ dBA}$$

$$L_{v07,eq,1hr} = 78,28 - 4,50 \Rightarrow L_{v07,eq,1hr} = 73,78 \text{ dBA}$$

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από το σύνολο των 7 πλοίων του σταθμού, υπολογίζεται ως εξής:

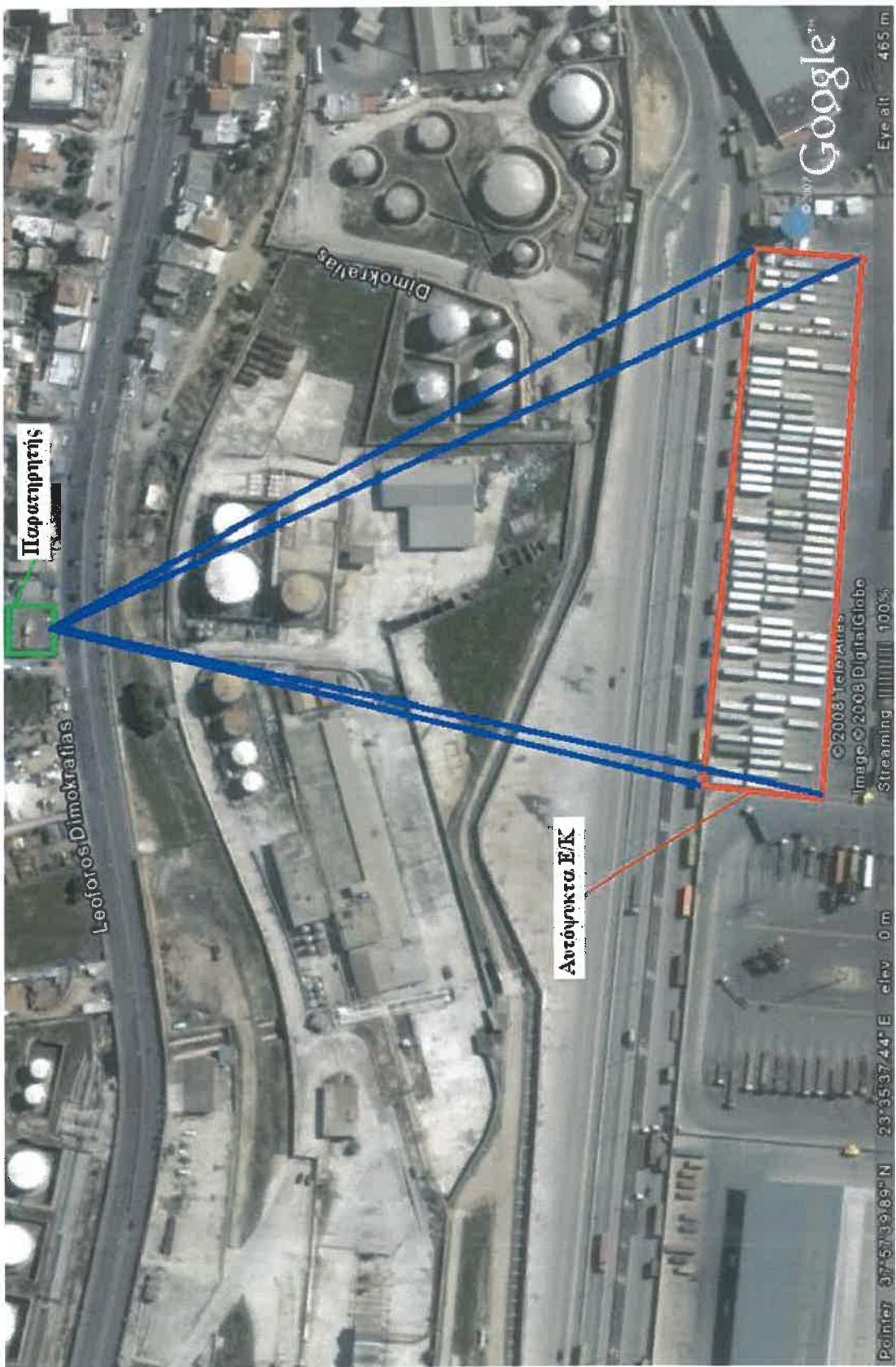
$$L_{v0,eq,1hr} = 10 * \log(10^{71,45/10} + 10^{69,62/10} + 10^{68,45/10} + 10^{74,48/10} + 10^{71,98/10} + 10^{68,82/10} + 10^{73,78/10})$$

$$\Rightarrow L_{v0,eq,1hr} = 80,23 \text{ dBA}$$

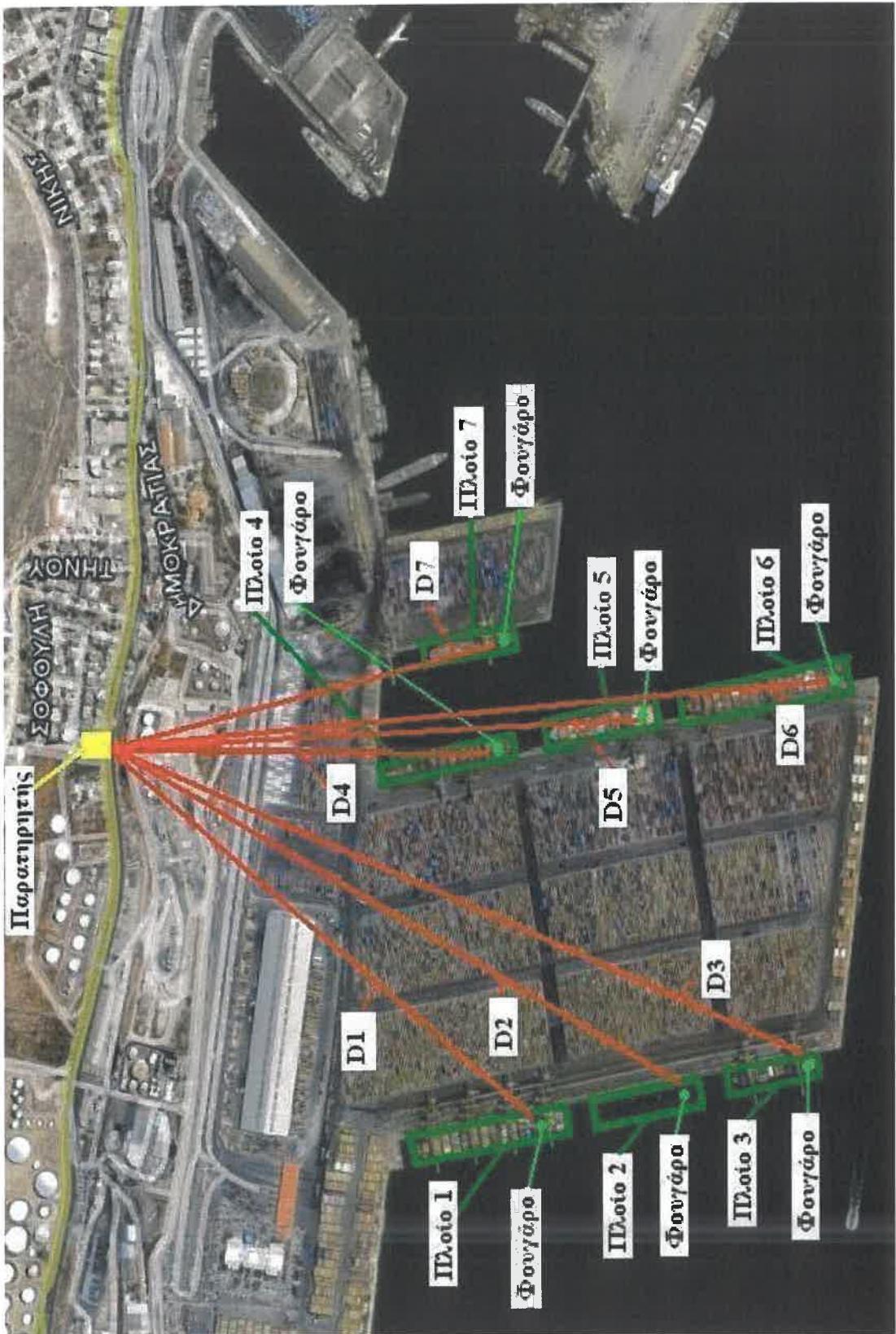
(δ) Υπολογισμός στάθμης θορύβου από τις γερανογέφυρες.

Θεωρούμε, ότι βρίσκονται σε δραστηριότητα και οι 14 συνολικά γερανογέφυρες, που διαθέτει ο σταθμός. Σύμφωνα με τη μελέτη [29], από μετρήσεις θορύβου που διεξήχθησαν σε γερανογέφυρες και για διάφορες αποστάσεις από αυτές (από τον ηλεκτροκινητήρα τους), διαπιστώθηκε, ότι η στάθμη θορύβου τους λαμβάνει τιμές: **SEL = 110 - 115 dBA**. Για την εφαρμογή του μοντέλου θεωρούμε, ότι όλες οι γερανογέφυρες είναι της ίδιας ηχητικής στάθμης, **SEL = 110 dBA**, έστω για απόσταση 30 μέτρων από τον ηλεκτροκινητήρα τους, αφού στη μελέτη [29] δε γίνεται αναφορά στις αποστάσεις, από τις οποίες μετρήθηκαν οι ηχητικές στάθμες των γερανογεφυρών.

Θεωρούμε, ότι όλες οι γερανογέφυρες έχουν την ίδια δυνατότητα φορτοεκφόρτωσης **N_{ii} = 30 E/K την ώρα = N₁**. Συνεπώς, μια τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης διαρκεί 2 λεπτά (ή χρόνος κύκλου = 120 δευτερόλεπτα) και για τη διαδικασία αυτή η εκπεμπόμενη στάθμη θορύβου λαμβάνει τιμή **SEL = 110 dBA**.



Σχ.6.2: Παρατηρητής και περιοχή απόθεσης αυτόψυκτων εμπορευματοκιβωτίων (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.6.3: Αποστάσεις μεταξύ παρατηρητή και πλοίων στις θέσεις παραβολής τους
(ΠΗΓΗ: Google Earth)

Για τις ανάγκες του μοντέλου είναι απαραίτητη η μετατροπή της στάθμης θορύβου SEL (ή LAE) σε LAeq,T. Η μετατροπή αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον εξής τύπο [40],[41]:

$$LAE = LA_{eq,T} + 10 * \log (t_2 - t_1) \quad (2)$$

όπου $LA_{eq,T}$ = ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια ενός κύκλου (dBA)

t_1, t_2 = χρονικές στιγμές έναρξης και παύσης της καταγραφής θορύβου (sec)

Για τη δική μας περίπτωση ισχύει: $T = t_2 - t_1 = \text{Τικλου} = 2 \text{ min} \Rightarrow T = 120 \text{ sec} = t_1$. Άρα η σχέση (2) λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$Leq,120 \text{ sec} = LAE,120 \text{ sec} - 10 * \log (120) \Rightarrow Leq,120 \text{ sec} = 89,21 \text{ dBA}$$

Ο υπολογισμός της ισοδύναμης στάθμης θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} Lgs,eq,1hr &= 10 * \log[(1/3600) * N_1 * t_1 * 10^{Leq,120 \text{ sec} / 10}] = \\ &= 10 * \log[(1/3600) * 30 * 120 * 10^{89,21 / 10}] \Rightarrow Lgs,eq,1hr = 89,21 \text{ dBA}. \end{aligned}$$

Οι αποστάσεις των γερανογεφυρών (Di) από τον παρατηρητή είναι οι ακόλουθες:

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 1: $D_1 = 770 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 1)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 2: $D_2 = 830 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 1)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 3: $D_3 = 920 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 2)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 4: $D_4 = 980 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 2)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 5: $D_5 = 1100 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 3)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 6: $D_6 = 1160 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 3)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 7: $D_7 = 500 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 4)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 8: $D_8 = 560 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 4)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 9: $D_9 = 700 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 5)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 10: $D_{10} = 750 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 5)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 11: $D_{11} = 950 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 6)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 12: $D_{12} = 1050 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 6)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 13: $D_{13} = 550 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 7)

ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑ 14: $D_{14} = 600 \text{ μέτρα}$ (ΠΛΟΙΟ 7)

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής από καθεμία από τις 14 γερανογέφυρες του σταθμού, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lgo1,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 770) \Rightarrow Lgo1,eq,1hr = 61,02 \text{ dBA}$$

$Lgo2,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 830) \Rightarrow Lgo2,eq,1hr = 60,37 \text{ dBA}$
 $Lgo3,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 920) \Rightarrow Lgo3,eq,1hr = 59,48 \text{ dBA}$
 $Lgo4,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 980) \Rightarrow Lgo4,eq,1hr = 58,93 \text{ dBA}$
 $Lgo5,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 1100) \Rightarrow Lgo5,eq,1hr = 57,92 \text{ dBA}$
 $Lgo6,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 1160) \Rightarrow Lgo6,eq,1hr = 57,46 \text{ dBA}$
 $Lgo7,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 500) \Rightarrow Lgo7,eq,1hr = 64,77 \text{ dBA}$
 $Lgo8,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 560) \Rightarrow Lgo8,eq,1hr = 63,79 \text{ dBA}$
 $Lgo9,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 700) \Rightarrow Lgo9,eq,1hr = 61,85 \text{ dBA}$
 $Lgo10,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 750) \Rightarrow Lgo10,eq,1hr = 61,25 \text{ dBA}$
 $Lgo11,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 950) \Rightarrow Lgo11,eq,1hr = 59,20 \text{ dBA}$
 $Lgo12,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 1050) \Rightarrow Lgo12,eq,1hr = 58,33 \text{ dBA}$
 $Lgo13,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 550) \Rightarrow Lgo13,eq,1hr = 63,95 \text{ dBA}$
 $Lgo14,eq,1hr = 89,21 + 20 * \log(30 / 600) \Rightarrow Lgo14,eq,1hr = 63,19 \text{ dBA}$

Θεωρούμε ύψος πηγής Ήπιγ = 25,00 m. Ανάμεσα σε κάθε γερανογέφυρα και τον παρατηρητή παρεμβάλλεται μόνο μια σειρά κτισμάτων. Επομένως, η διόρθωση για τα παρεμβαλλόμενα κτίσματα λαμβάνει τιμή:

$\Delta LHO_1 = \Delta LHO_2 = \dots = \Delta LHO_{14} = -4,5 \text{ dBA}$ (διόρθωση για παρεμβαλλόμενα κτίσματα)

Μεταξύ της γερανογέφυρας 1 και του παρατηρητή παρεμβάλλονται, χωρίς να διακόπτουν τη γραμμή ορατότητας, 1 στοίβα E/K (με 2 E/K καθ' ύψος η καθεμία - 5 μέτρα ύψος συνολικά), μια αποθήκη εκκένωσης – πλήρωσης E/K ύψους περίπου 10 μέτρων και δύο τοίχοι περίφραξης ύψους 3 μέτρων ο καθένας. Η οριζόντια απόσταση της γερανογέφυρας 1 από τον παρατηρητή είναι 770 μέτρα. Επομένως, D = 400 m. Το «ολικό ενεργό ύψος» είναι:

$$H_1 = (25 + 5 + 5 + 10 + 10 + 3 + 3 + 3 + 3 + 40) \text{ m} = 107 \text{ m.}$$

Κατόπιν πράξεων προκύπτει: $\Delta LGR_1 = +1,98 \text{ dBA} > 0$ και επομένως $\Delta LGR_1 = 0 \text{ dBA}$.

Δουλεύοντας αντίστοιχα για όλες τις γερανογέφυρες προκύπτει ότι:

$\Delta LGR_1 = \Delta LGR_2 = \dots = \Delta LGR_{14} = 0 \text{ dBA}$ (διόρθωση για το έδαφος)

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής από καθεμία από τις 14 γερανογέφυρες του σταθμού, κατόπιν των απαιτούμενων διορθώσεων, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lgo1,eq,1hr = 61,02 - 4,50 \Rightarrow Lgo1,eq,1hr = 56,52 \text{ dBA}$$

$$Lgo2,eq,1hr = 60,37 - 4,50 \Rightarrow Lgo2,eq,1hr = 55,87 \text{ dBA}$$

$$Lgo3,eq,1hr = 59,48 - 4,50 \Rightarrow Lgo3,eq,1hr = 54,98 \text{ dBA}$$

$L_{go4,eq,1hr} = 58,93 - 4,50 \Rightarrow L_{go4,eq,1hr} = 54,43 \text{ dBA}$
 $L_{go5,eq,1hr} = 57,92 - 4,50 \Rightarrow L_{go5,eq,1hr} = 53,42 \text{ dBA}$
 $L_{go6,eq,1hr} = 57,46 - 4,50 \Rightarrow L_{go6,eq,1hr} = 52,96 \text{ dBA}$
 $L_{go7,eq,1hr} = 64,77 - 4,50 \Rightarrow L_{go7,eq,1hr} = 60,27 \text{ dBA}$
 $L_{go8,eq,1hr} = 63,79 - 4,50 \Rightarrow L_{go8,eq,1hr} = 59,29 \text{ dBA}$
 $L_{go9,eq,1hr} = 61,85 - 4,50 \Rightarrow L_{go9,eq,1hr} = 57,35 \text{ dBA}$
 $L_{go10,eq,1hr} = 61,25 - 4,50 \Rightarrow L_{go10,eq,1hr} = 56,75 \text{ dBA}$
 $L_{go11,eq,1hr} = 59,20 - 4,50 \Rightarrow L_{go11,eq,1hr} = 54,70 \text{ dBA}$
 $L_{go12,eq,1hr} = 58,33 - 4,50 \Rightarrow L_{go12,eq,1hr} = 53,83 \text{ dBA}$
 $L_{go13,eq,1hr} = 63,95 - 4,50 \Rightarrow L_{go13,eq,1hr} = 59,45 \text{ dBA}$
 $L_{go14,eq,1hr} = 63,13 - 4,50 \Rightarrow L_{go14,eq,1hr} = 58,69 \text{ dBA}$

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των 14 γερανογεφυρών του σταθμού, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{go,eq,1hr} = 10 * \log(10^{5,652} + 10^{5,587} + 10^{5,498} + 10^{5,443} + 10^{5,342} + 10^{5,296} + 10^{6,027} + 10^{5,929} + 10^{5,735} + 10^{5,675} + 10^{5,470} + 10^{5,383} + 10^{5,945} + 10^{5,869}) \Rightarrow$$

$L_{go,eq,1hr} = 68,41 \text{ dBA}$

(ε) Υπολογισμός στάθμης θορύβου από τα οχήματα πλαισία.

Σύμφωνα με τη μελέτη [29], η στάθμη θορύβου που εκπέμπεται από συγκεκριμένου τύπου όχημα πλαισίο για μια τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης ενός εμπορευματοκιβωτίου, λαμβάνει τιμή $SEL = 80 \text{ dBA}$, σε απόσταση 100 μέτρων από το σημείο στο οποίο έγινε η φόρτωση ή η εκφόρτωση του εμπορευματοκιβωτίου. Βέβαια, δεν αναφέρονται λεπτομερέστερα στοιχεία, ούτε σχετικά με τη χρονική διάρκεια της τυπικής διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης του εμπορευματοκιβωτίου, ούτε σχετικά με τη συνολική απόσταση, που κάλυψε το όχημα πλαισίο για την παραπάνω διαδικασία. Συνεπώς, προκειμένου να προβούμε σε εκτίμηση της στάθμης θορύβου από τη δραστηριότητα των οχημάτων πλαισίων του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου, θα αναγκαστούμε να προβούμε σε ορισμένες εύλογες παραδοχές.

Καταρχάς, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, θεωρούμε, ότι έχουμε μια ομοιόμορφη κατανομή και των 68 διατιθέμενων οχημάτων πλαισίων και στις δύο προβλήτες του λιμένα. Θεωρούμε, ότι όλα τα οχήματα πλαισία είναι της ίδιας ηχητικής στάθμης. Χωρίζουμε τη συνολική έκταση και των δύο προβλητών σε τρεις επιμέρους

ζώνες, με κριτήριο την απόστασή τους από την περιοχή φορτοεκφόρτωσης των φορτηγών οχημάτων. Οι τρεις επιμέρους ζώνες όσο και η περιοχή φορτοεκφόρτωσης των φορτηγών παρουσιάζονται στο Σχ.6.5. Η κατανομή των οχημάτων πλαισίων στις ζώνες I, II και III γίνεται ως εξής:

Ζώνη I: 30 οχήματα πλαισία

Ζώνη II: 20 οχήματα πλαισία

Ζώνη III: 18 οχήματα πλαισία

Η τυπική διαδικασία φορτοεκφόρτωσης για την εφαρμογή μας περιλαμβάνει τη φόρτωση ενός εμπορευματοκιβωτίου από ένα όχημα πλαισίο οποιασδήποτε ζώνης, την κίνηση του οχήματος αυτού εντός των καθορισμένων διαδρόμων των προβλητών μέχρι την περιοχή φορτοεκφόρτωσης των φορτηγών, τη φόρτωση του εμπορευματοκιβωτίου σε ένα φορτηγό και την επιστροφή του οχήματος πλαισίου στην αρχική του θέση, ώστε να επαναληφθεί η παραπάνω διαδικασία.

Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας τέτοια διαδικασία, ορίζεται ως χρόνος κύκλου της διαδικασίας αυτής. Για τα οχήματα της ζώνης I ο χρόνος κύκλου λαμβάνεται $t_{2I} = 5 \text{ λεπτά} = T_1$, για τα οχήματα της ζώνης II $t_{2II} = 6,5 \text{ λεπτά} = T_2$, ενώ για τα οχήματα της ζώνης III λαμβάνεται $t_{2III} = 8 \text{ λεπτά} = T_3$. Τα οχήματα πλαισία των ζωνών II και III καλούνται να καλύψουν μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με τα οχήματα της ζώνης I κατά περίπου 500 και 900 μέτρα, αντίστοιχα. Οι επιπρόσθετες αυτές αποστάσεις παρουσιάζονται με τα αντίστοιχα χρώματα στο Σχ.6.5. Λαμβάνοντας ως μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων πλαισίων τα **20 km/hr**, προκύπτουν εύκολα οι προσαυξήσεις των χρόνων κύκλου κατά 1,5 και 3 λεπτά για τα οχήματα πλαισία των ζωνών II και III, αντίστοιχα.

Στη χρονική διάρκεια μιας ώρας τα οχήματα πλαισία της ζώνης I εκτελούν $N_{2I} = 12$ πλήρεις διαδικασίες, τα οχήματα πλαισία της ζώνης II εκτελούν $N_{2II} = 9,2$ πλήρεις διαδικασίες, ενώ τα οχήματα πλαισία της ζώνης III εκτελούν $N_{2III} = 7,5$ πλήρεις διαδικασίες.



Σχ.6.4: Παρατηρητής και γερανογέφυρες (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.6.5: Υποδιαιρεση σε 3 ζώνες των δύο προβλητών του λιμένα (ΠΗΓΗ:Google Earth)

Θεωρούμε, ότι η μετρηθείσα στάθμη θορύβου $SEL = 80$ dBA για απόσταση 100 μέτρων, από το σημείο στο οποίο πραγματοποιείται η φορτοεκφόρτωση των φορτηγών από τα οχήματα πλαίσια, είναι κοινή για τα οχήματα πλαίσια και των τρειών επιμέρους ζωνών.

Για τις ανάγκες του μοντέλου είναι απαραίτητη η μετατροπή της στάθμης θορύβου **SEL** (ή **LAE**) σε **L_{Aeq,T}** για τη χρονική διάρκεια μιας τυπικής διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης. Η μετατροπή αυτή θα πραγματοποιηθεί ως εξής:

$$LAE(T1) = LAeq,T1 + 10 * log(T1) \Rightarrow LAeq,T1 = LAE(T1) - 10 * log(T1) = 80 - 10 * log(300)$$

$$\Rightarrow LAeq,T1 = 55,23 \text{ dBA} = Les,eq,T1 \quad (\text{Οχήματα πλαίσια Ζώνης I})$$

$$LAE(T2) = LAeq,T2 + 10 * log(T2) \Rightarrow LAeq,T2 = LAE(T2) - 10 * log(T2) = 80 - 10 * log(390)$$

$$\Rightarrow LAeq,T2 = 54,09 \text{ dBA} = Les,eq,T2 \quad (\text{Οχήματα πλαίσια Ζώνης II})$$

$$LAE(T3) = LAeq,T3 + 10 * log(T3) \Rightarrow LAeq,T3 = LAE(T3) - 10 * log(T3) = 80 - 10 * log(480)$$

$$\Rightarrow LAeq,T3 = 53,19 \text{ dBA} = Les,eq,T3 \quad (\text{Οχήματα πλαίσια Ζώνης III})$$

Οι παραπάνω στάθμες θορύβου αφορούν στο θόρυβο για το χρόνο κύκλου ενός οχήματος πλαισίου, που λαμβάνεται σε απόσταση 100 μέτρων, από το σημείο στο οποίο γίνεται η εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων από τα οχήματα πλαίσια στα φορτηγά.

Στη συνέχεια, θα υπολογίσουμε την ισοδύναμη στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, που παράγεται από κάθε όχημα πλαισίο για καθεμία, ξεχωριστά, από τις ζώνες του σταθμού, σε απόσταση 100 μέτρων από το σημείο στο οποίο γίνεται η εκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων από τα οχήματα πλαίσια στα φορτηγά.

$$\text{ΖΩΝΗ I : } Lesi,eq,1hr(I) = 10 * log [(1 / 3600) * 12 * 300 * 10^{55,23 / 10}] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Lesi,eq,1hr(I) = 55,23 \text{ dBA}$$

$$\text{ΖΩΝΗ II : } Lesi,eq,1hr(II) = 10 * log [(1 / 3600) * 9,2 * 390 * 10^{54,09 / 10}] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Lesi,eq,1hr(II) = 54,09 \text{ dBA}$$

$$\text{ΖΩΝΗ III : } Lesi,eq,1hr(III) = 10 * log [(1 / 3600) * 7,5 * 480 * 10^{53,19 / 10}] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Lesi,eq,1hr(III) = 53,19 \text{ dBA}$$

Θεωρούμε ύψος πηγής $H_{PiH} = 8,00$ m. Ανάμεσα σε κάθε όχημα πλαισίο και τον παρατηρητή παρεμβάλλεται μόνο μια σειρά κτισμάτων. Επομένως, η διόρθωση για τα παρεμβαλλόμενα κτίσματα λαμβάνει τιμή:

$$\Delta Lho_1 = \Delta Lho_2 = \dots = \Delta Lho_{68} = -4,5 \text{ dBA} \quad (\text{διόρθωση για παρεμβαλλόμενα κτίσματα})$$

Η οριζόντια απόσταση των οχημάτων πλαισίων από τον παρατηρητή είναι διαρκώς μεταβαλλόμενη. Για το μεγαλύτερο τμήμα της διαδρομής τους η απόσταση αυτή είναι αρκετά μεγαλύτερη από 400 μέτρα. Συνεπώς, για τους απαραίτητους υπολογισμούς για

τη διόρθωση για το έδαφος λαμβάνουμε $Di = 400$ m. Θεωρούμε ότι για οποιοδήποτε όχημα πλαίσιο σε τυχαία θέση εντός του λιμένα, παρεμβάλλονται μεταξύ αυτού και του παρατηρητή, χωρίς να διακόπτουν τη γραμμή ορατότητας, 2 στοίβες E/K (με 2 E/K καθ' ύψος η καθεμία - 5 μέτρα ύψους συνολικά) και δύο τοίχοι περίφραξης ύψους 3 μέτρων ο καθένας, ενώ η υψημετρική διαφορά μεταξύ σταθμού και παρατηρητή λαμβάνεται 40 μέτρα. Το «ολικό ενεργό ύψος» είναι:

$$Hi = (8 + 5 + 5 + 5 + 3 + 3 + 3 + 3 + 40) \text{ m} = 80 \text{ m.}$$

Κατόπιν πράξεων προκύπτει: $\Delta LGRi = + 0,33 \text{ dBA} > 0$ και επομένως $\Delta LGRi = 0 \text{ dBA}$.

Συνεπώς, για όλα τα οχήματα πλαίσια ισχύει:

$\Delta LGR1 = \Delta LGR2 = \dots = \Delta LGR68 = 0 \text{ dBA}$ (διόρθωση για το έδαφος)

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, την οποία δέχεται ο παρατηρητής από κάθε ένα από τα οχήματα πλαίσια για καθεμία, ξεχωριστά, από τις ζώνες του σταθμού, υπολογίζεται ως εξής:

$$Leoi,eq,1hr(I) = Lesi,eq,1hr(I) + 20 * \log(100 / 380) = 55,23 - 11,60 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Leoi,eq,1hr(I) = 43,63 \text{ dBA}$$

$$Leoi,eq,1hr(II) = Lesi,eq,1hr(II) + 20 * \log(100 / 380) = 54,09 - 11,60 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Leoi,eq,1hr(II) = 42,49 \text{ dBA}$$

$$Leoi,eq,1hr(III) = Lesi,eq,1hr(III) + 20 * \log(100 / 380) = 53,19 - 11,60 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Leoi,eq,1hr(III) = 41,59 \text{ dBA}$$

όπου 380 μέτρα είναι η απόσταση ανάμεσα στο σημείο φορτοεκφόρτωσης των φορτηγών από τα οχήματα πλαίσια και στον παρατηρητή.

Οι παραπάνω τιμές της στάθμης θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από ένα όχημα πλαίσιο της κάθε ζώνης, λαμβάνονται τις ακόλουθες τελικές τιμές του, μετά την εφαρμογή των αναγκαίων διορθώσεων για τα παρεμβαλλόμενα κτίσματα και το έδαφος. Έχουμε:

$$Leoi,eq,1hr(I) = (43,63 - 4,50) \text{ dBA} \Rightarrow Leoi,eq,1hr(I) = 39,13 \text{ dBA}$$

$$Leoi,eq,1hr(II) = (42,49 - 4,50) \text{ dBA} \Rightarrow Leoi,eq,1hr(II) = 37,99 \text{ dBA}$$

$$Leoi,eq,1hr(III) = (41,59 - 4,50) \text{ dBA} \Rightarrow Leoi,eq,1hr(III) = 37,09 \text{ dBA}$$

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, την οποία δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των οχημάτων πλαισίων για καθεμία, ξεχωριστά, από τις ζώνες του σταθμού, υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{ΖΩΝΗ I : } Leo,eq,1hr(I) = 10 * \log(10^{39,13/10} + \dots + 10^{37,09/10}) = 10 * \log(30 * 10^{3,913})$$

$$\Rightarrow Leo,eq,1hr(I) = 53,90 \text{ dBA}$$

$$\text{ΖΩΝΗ II : } Leo,eq,1hr(II) = 10 * \log(10^{37,99/10} + \dots + 10^{37,09/10}) = 10 * \log(20 * 10^{3,799})$$

=> $Le_{0,eq,1hr(II)} = 51,00 \text{ dBA}$

ZΩNH III : $Le_{0,eq,1hr(III)} = 10 * \log (10^{37,09/10} + \dots + 10^{37,09/10}) = 10 * \log (18 * 10^{3,709})$

=> $Le_{0,eq,1hr(III)} = 49,64 \text{ dBA}$

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, την οποία δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των οχημάτων πλαισίων του σταθμού, υπολογίζεται ως εξής:

$Le_{0,eq,1hr} = 10 * \log (10^{53,90/10} + 10^{51,00/10} + 10^{49,64/10}) \Rightarrow$

=> $Le_{0,eq,1hr} = 56,65 \text{ dBA}$

(στ) Υπολογισμός συνολικής στάθμης θορύβου από τις δραστηριότητες του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου.

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από όλες τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$Lo_{eq,1hr} = 10 * \log (10^{80,23/10} + 10^{66,76/10} + 10^{68,41/10} + 10^{56,65/10} + 10^{51,15/10})$

=> $Lo_{eq,1hr} = 80,71 \text{ dBA}$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 2

Για το δεύτερο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα είναι ίσος με το μέσο ωριαίο, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα στο λιμένα, εκτός από τη λειτουργία των αναγκαίων οχημάτων πλαισίων για τη φορτοεκφόρτωση των φορτηγών που εισέρχονται στο σταθμό εμπορευματοκιβωτίων.

Διαιρώντας το συνολικό αριθμό φορτηγών (474.000 φορτηγά / έτος) με τις συνολικές ώρες λειτουργίας του λιμένα (4800 ώρες / έτος), προκύπτει ο ωριαίος φόρτος κυκλοφορίας των φορτηγών, ως $Q_h = 99 \text{ φορτηγά / ώρα}$. Θεωρώντας ποσοστό φορτηγών οχημάτων 80% του συνολικού φόρτου, προκύπτουν τα εξής:

$Q_L = 19 \text{ οχήματα / ώρα}$

$Q_M = 6 \text{ μοτοσυκλέτες / ώρα}$

$Q_{ΟΛΙΚΟ} = 124 \text{ οχήματα / ώρα}$

$Leq,1h = 52,1 + 7,06 * \log (99 + 0,10 * 19 + 0,90 * 6) \Rightarrow Leq,1h = 66,41 \text{ dBA}$

= $L_{Rts,eq,1h}$

Οι διορθώσεις της στάθμης θορύβου από την οδική κυκλοφορία στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα είναι οι ίδιες ακριβώς με το “Σενάριο 1” και μπορούν να συνοψιστούν στον ακόλυθο πίνακα:

	ΟΔΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ		
	1	2	3
L _{Aeq,1hr} (ΑΡΧΙΚΑ_χωρίς διορθώσεις)	66,41	66,41	66,41
ΔL _G	0	0	0
ΔL _{PS}	0	0	0
ΔL _{GR}	0	-1,79	-0,61
ΔL _D	-5,84	-10,28	-8,85
ΔL _A	-14,81	-6,02	-2,30
ΔL _{HO}	-10	-10	-4,5
L _{Aeq,1hr} (ΤΕΛΙΚΑ_με διορθώσεις)	35,76	38,32	50,15

Πίνακας 6.3: Σύνοψη των διορθώσεων για το κάθε οδικό στοιχείο.

Η **ισοδύναμη στάθμη θορύβου** για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής και από τα τρία επιμέρους οδικά στοιχεία του εσωτερικού οδικού δικτύου, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{Rto,eq,1h} = 10 * \log (10^{35,76/10} + 10^{38,32/10} + 10^{50,15/10})$$

$$\Rightarrow L_{Rto,eq,1h} = 50,57 \text{ dB A}$$

Θεωρούμε ότι όλα τα οχήματα πλαισία ανήκουν στη ζώνη I. Ένα όχημα πλαισίο της ζώνης I έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει 12 φορτοεκφορτώσεις ανά ώρα. Για τη φορτοεκφόρτωση 99 φορτηγών την ώρα απαιτείται, επομένως, η χρησιμοποίηση **8 οχημάτων πλαισίων περίπου**.

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής από τα 8 οχήματα πλαισία της ζώνης I, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{eo,eq,1hr} = 10 * \log (8 * 10^{39,13/10})$$

$$\Rightarrow L_{eo,eq,1hr} = 48,15 \text{ dB A}$$

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{o,eq,1hr} = 10 * \log (10^{50,57/10} + 10^{48,15/10}) \Rightarrow L_{o,eq,1hr} = 52,54 \text{ dB A}$$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 3

Για το τρίτο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα είναι ίσος με το **μέσο ωριαίο**, ενώ βρίσκεται σε δραστηριότητα το **50% περίπου του εξοπλισμού** του λιμένα, το οποίο είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο σε όλη την έκταση του σταθμού.

Η **ισοδύναμη στάθμη θορύβου** για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής και από τα τρία επιμέρους οδικά στοιχεία του εσωτερικού οδικού δικτύου, είναι η ίδια με το “σενάριο 2” και λαμβάνει τιμή:

$$\text{Lrto,eq,1h} = 50,57 \text{ dBA}$$

Θεωρούμε ότι βρίσκονται στο σταθμό σε δραστηριότητα **3 πλοία, 6 γερανογέφυρες** (οι αντίστοιχες των πλοίων), **30 οχήματα πλαίσια** και **360 αυτόψυκτα Ε/Κ σε ομοιόμορφη κατανομή**.

Τα 3 πλοία βρίσκονται στις θέσεις παραβολής 1, 3 και 5, όπως εικονίζονται στο Σχ. 6.3. Από “σενάριο 1” υπολογίστηκαν οι στάθμες θορύβου (συμπεριλαμβανομένων των διορθώσεων), που δέχεται ο παρατηρητής από τα πλοία αυτά.

$$\text{Lvo1,eq,1hr} = 71,45 \text{ dBA}$$

$$\text{Lvo3,eq,1hr} = 68,45 \text{ dBA}$$

$$\text{Lvo5,eq,1hr} = 71,98 \text{ dBA}$$

$$\text{Lvo,eq,1hr} = 10 * \log (10^{71,45/10} + 10^{68,45/10} + 10^{71,98/10}) \Rightarrow \text{Lvo,eq,1hr} = 75,65 \text{ dBA}$$

Η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τα 360 αυτόψυκτα Ε/Κ, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η **εξής**:

$$\text{Luo,eq,1hr} = 63,76 \text{ dBA}$$

Οι 6 γερανογέφυρες που πραγματοποιούν τη φορτοεκφόρτωση των πλοίων είναι οι 1, 2, 5, 6, 9 και 10. Από “σενάριο 1” υπολογίστηκαν οι στάθμες θορύβου (συμπεριλαμβανομένων των διορθώσεων), που δέχεται ο παρατηρητής από τις γερανογέφυρες αυτές.

$$\text{Lgo1,eq,1hr} = 56,52 \text{ dBA} \quad \text{Lgo2,eq,1hr} = 55,87 \text{ dBA}$$

$$\text{Lgo5,eq,1hr} = 53,42 \text{ dBA} \quad \text{Lgo6,eq,1hr} = 52,96 \text{ dBA}$$

$$\text{Lgo9,eq,1hr} = 57,35 \text{ dBA} \quad \text{Lgo10,eq,1hr} = 56,75 \text{ dBA}$$

$$\text{Lgo,eq,1hr} = 10 * \log (10^{56,52/10} + 10^{55,87/10} + 10^{53,42/10} + 10^{52,96/10} + 10^{57,35/10} + 10^{56,75/10})$$

$$\Rightarrow \text{Lgo,eq,1hr} = 63,56 \text{ dBA}$$

Τα 30 οχήματα πλαίσια που βρίσκονται σε λειτουργία, θεωρούμε ότι είναι ισοκατανεμημένα στις τρεις ζώνες, δηλαδή έχουμε από 10 οχήματα πλαίσια σε κάθε ζώνη.

$$Le_{eq,1hr(I)} = 10 * \log (10 * 10^{39,13/10}) = 49,13 \text{ dBA}$$

$$Le_{eq,1hr(II)} = 10 * \log (10 * 10^{37,99/10}) = 47,99 \text{ dBA}$$

$$Le_{eq,1hr(III)} = 10 * \log (10 * 10^{37,09/10}) = 47,09 \text{ dBA}$$

Η συνολική στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των 30 οχημάτων πλαισίων, υπολογίζεται ως εξής:

$$Le_{eq,1hr} = 10 * \log (10^{4,913} + 10^{4,799} + 10^{4,709}) \Rightarrow Le_{eq,1hr} = 52,92 \text{ dBA}$$

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lo_{eq,1hr} = 10 * \log (10^{5,057} + 10^{6,376} + 10^{7,565} + 10^{6,356} + 10^{5,292}) \Rightarrow Lo_{eq,1hr} = 76,20 \text{ dBA}$$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 4

Για το τέταρτο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα είναι ίσος με το **μέσο ωριαίο**, ενώ βρίσκεται σε δραστηριότητα το **50% περίπου του εξοπλισμού** του λιμένα, το οποίο είναι συγκεντρωμένο προς τη χερσαία πλευρά του σταθμού.

Όμοια με το “σενάριο 3” η **ισοδύναμη στάθμη θορύβου** για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής και από τα τρία επιμέρους οδικά στοιχεία του εσωτερικού οδικού δικτύου, λαμβάνει την τιμή:

$$Lr_{to,eq,1h} = 50,57 \text{ dBA}$$

Όμοια με πριν η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τα 360 αυτόψυκτα Ε/Κ, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής:

$$Luo_{eq,1hr} = 63,76 \text{ dBA}$$

Επιπλέον έχουμε 3 πλοία, τα οποία βρίσκονται στις πιο κοντινές προς τον παρατηρητή θέσεις παραβολής του λιμένα. Συγκεκριμένα, βρίσκονται στις θέσεις 1, 4 και 7, σύμφωνα με το Σχ.6.3. Από “σενάριο 1” υπολογίστηκαν οι στάθμες θορύβου (συμπεριλαμβανομένων των διορθώσεων), που δέχεται ο παρατηρητής από τα πλοία αυτά.

$$Lvo1_{eq,1hr} = 71,45 \text{ dBA}$$

$$Lvo4_{eq,1hr} = 74,48 \text{ dBA}$$

$$Lvo7_{eq,1hr} = 73,78 \text{ dBA}$$

$$Lvo_{eq,1hr} = 10 * \log (10^{71,45/10} + 10^{74,48/10} + 10^{73,78/10}) \Rightarrow Lvo_{eq,1hr} = 78,19 \text{ dBA}$$

Οι 6 γερανογέφυρες που πραγματοποιούν τη φορτοεκφόρτωση των πλοίων, είναι οι 1, 2, 7, 8, 13 και 14. Από “σενάριο 1” υπολογίστηκαν οι στάθμες θορύβου (συμπεριλαμβανομένων των διορθώσεων), που δέχεται ο παρατηρητής από τις γερανογέφυρες αυτές.

$$Lgo1,eq,1hr = 56,52 \text{ dBA} \quad Lgo2,eq,1hr = 55,87 \text{ dBA}$$

$$Lgo7,eq,1hr = 60,27 \text{ dBA} \quad Lgo8,eq,1hr = 59,29 \text{ dBA}$$

$$Lgo13,eq,1hr = 59,45 \text{ dBA} \quad Lgo14,eq,1hr = 58,69 \text{ dBA}$$

$$Lgo,eq,1hr = 10 * \log(10^{56,52/10} + 10^{55,87/10} + 10^{60,27/10} + 10^{59,29/10} + 10^{59,45/10} + 10^{58,69/10})$$

$$\Rightarrow Lgo,eq,1hr = 66,40 \text{ dBA}$$

Τα 30 οχήματα πλαίσια που βρίσκονται σε λειτουργία, θεωρούμε ότι είναι συγκεντρωμένα όλα στη ζώνη I.

$$Leo,eq,1hr = 10 * \log(30 * 10^{39,13/10}) \Rightarrow Leo,eq,1hr = 53,90 \text{ dBA}$$

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lo,eq,1hr = 10 * \log(10^{5,057} + 10^{6,376} + 10^{7,819} + 10^{6,640} + 10^{5,390}) \Rightarrow Lo,eq,1hr = 78,63 \text{ dBA}$$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 5

Για το πέμπτο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα είναι ίσος με το μέσο ωριαίο, ενώ βρίσκεται σε δραστηριότητα το 50% περίπου του εξοπλισμού του λιμένα, το οποίο είναι συγκεντρωμένο προς τη θαλάσσια πλευρά του σταθμού.

Όμοια με το “σενάριο 3” η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για τη χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται ο παρατηρητής και από τα τρία επιμέρους οδικά στοιχεία του εσωτερικού οδικού δικτύου, λαμβάνει την τιμή:

$$Lrto,eq,1h = 50,57 \text{ dBA}$$

Όμοια με πριν η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τα 360 αυτόψυκτα Ε/Κ, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής:

$$Luo,eq,1hr = 63,76 \text{ dBA}$$

Επιπλέον έχουμε 3 πλοία, τα οποία βρίσκονται στις πιο μακρινές προς τον παρατηρητή θέσεις παραβολής του λιμένα. Συγκεκριμένα, βρίσκονται στις θέσεις 2, 3 και 6, σύμφωνα με το Σχ.6.3. Από “σενάριο 1” υπολογίστηκαν οι στάθμες θορύβου (συμπεριλαμβανομένων των διορθώσεων), που δέχεται ο παρατηρητής από τα πλοία αυτά.

Lv02,eq,1hr = 69,62 dBA

Lv03,eq,1hr = 68,45 dBA

Lv06,eq,1hr = 68,82 dBA

$$Lvo,eq,1hr = 10 * \log (10^{69,62/10} + 10^{68,45/10} + 10^{68,82/10}) \Rightarrow \underline{Lvo,eq,1hr = 73,76 dBA}$$

Οι 6 γερανογέφυρες που πραγματοποιούν τη φορτοεκφόρτωση των πλοίων, είναι οι 3, 4, 5, 6, 11 και 12. Από “σενάριο 1” υπολογίστηκαν οι στάθμες θορύβου (συμπεριλαμβανομένων των διορθώσεων), που δέχεται ο παρατηρητής από τις γερανογέφυρες αυτές.

Lgo3,eq,1hr = 54,98 dBA Lgo4,eq,1hr = 54,43 dBA

Lgo5,eq,1hr = 53,42 dBA Lgo6,eq,1hr = 52,96 dBA

Lgo11,eq,1hr = 54,70 dBA Lgo12,eq,1hr = 53,83 dBA

$$Lgo,eq,1hr = 10 * \log (10^{54,98/10} + 10^{54,43/10} + 10^{53,42/10} + 10^{52,96/10} + 10^{54,70/10} + 10^{53,83/10})$$

$$\Rightarrow \underline{Lgo,eq,1hr = 61,89 dBA}$$

Τα 30 οχήματα πλαισία που βρίσκονται σε λειτουργία, θεωρούμε ότι είναι κατανευμημένα στις ζώνες II (10 οχήματα) και III (20 οχήματα), οι οποίες είναι και οι πιο απομακρυσμένες από τον παρατηρητή.

$$Leo,eq,1hr(II) = 10 * \log (10 * 10^{37,99/10}) = 47,99 dBA$$

$$Leo,eq,1hr(III) = 10 * \log (20 * 10^{37,09/10}) = 50,10 dBA$$

Η συνολική στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των 30 οχημάτων πλαισίων, υπολογίζεται ως εξής:

$$Leo,eq,1hr = 10 * \log (10^{4,799} + 10^{5,010}) \Rightarrow \underline{Leo,eq,1hr = 52,18 dBA}$$

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lo,eq,1hr = 10 * \log (10^{5,057} + 10^{6,376} + 10^{7,376} + 10^{6,189} + 10^{5,218}) \Rightarrow$$

$$\underline{Lo,eq,1hr = 74,47 dBA}$$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 6

Για το έκτο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε ότι όλες οι θέσεις παραβολής του σταθμού είναι κατειλημμένες, δηλαδή ότι υπάρχουν 7 πλοία, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τις νυχτερινές ώρες, κατά τις οποίες αναστέλλονται οι διάφορες δραστηριότητες στο σταθμό και υφίσταται μόνο ο θόρυβος των ενλιμενισμένων πλοίων.

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται

παρατηρητής από καθένα από τα 7 πλοία του σταθμού, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής (από “σενάριο 1”):

Lv01,eq,1hr = 71,45 dBA

Lv02,eq,1hr = 69,62 dBA

Lv03,eq,1hr = 68,45 dBA

Lv04,eq,1hr = 74,48 dBA

Lv05,eq,1hr = 71,98 dBA

Lv06,eq,1hr = 68,82 dBA

Lv07,eq,1hr = 73,78 dBA

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από το σύνολο των 7 πλοίων του σταθμού, υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Lv0,eq,1hr} = 10 * \log(10^{71,45/10} + 10^{69,62/10} + 10^{68,45/10} + 10^{74,48/10} + 10^{71,98/10} + 10^{68,82/10} + 10^{73,78/10})$$

$$\Rightarrow \text{Lv0,eq,1hr} = 80,23 \text{ dBA} = \text{Lo,eq,1hr}$$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 7

Για το έβδομο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε ότι μόνο μία θέση παραβολής του σταθμού (θέση 4 Σχ.6.3) είναι κατειλημμένη και μάλιστα η πιο κοντινή προς τον παρατηρητή, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τις νυχτερινές ώρες, κατά τις οποίες αναστέλλονται οι διάφορες δραστηριότητες στο σταθμό και υφίσταται μόνο ο θόρυβος των ενλιμενισμένων πλοίων.

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, είναι η εξής:

Lo,eq,1hr = Lv04,eq,1hr = 74,48 dBA

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 8

Για τό όγδοο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε ότι μόνο 1 πλοίο βρίσκεται στο σταθμό και μάλιστα στην πιο μακρινή για τον παρατηρητή θέση παραβολής (θέση 3 Σχ.6.3), ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τις νυχτερινές ώρες, κατά τις οποίες αναστέλλονται οι διάφορες δραστηριότητες στο σταθμό και υφίσταται μόνο ο θόρυβος των

ενλιμενισμένων πλοίων.

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, είναι η εξής:

Lo,eq,1hr = Lvo3,eq,1hr = 68,45 dBA

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 9

Για το ένατο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε, ότι μόνο τα 720 αυτόψυκτα Ε/Κ (μέγιστος αριθμός τους) βρίσκονται στο σταθμό, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τις νυχτερινές ώρες, όπου αναστέλλονται οι διάφορες δραστηριότητες στο σταθμό και για περιπτώσεις, κατά τις οποίες δεν υπάρχουν πλοία στο σταθμό και υφίσταται μόνο ο θόρυβος των αυτόψυκτων Ε/Κ.

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, είναι η εξής:

Lo,eq,1hr = Luo,eq,1hr = 66,76 dBA

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 10

Για το δέκατο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε, ότι μόνο 360 αυτόψυκτα Ε/Κ (τα μισά του μέγιστου αριθμού τους) βρίσκονται στο σταθμό, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού.

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, είναι η εξής:

Lo,eq,1hr = Luo,eq,1hr = 63,76 dBA

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 11

Για το ενδέκατο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε, ότι μόνο 360 αυτόψυκτα Ε/Κ (από τα 720 συνολικά) βρίσκονται στο σταθμό και 3 πλοία κατανεμημένα ομοιόμορφα στις θέσεις παραβολής, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τις νυχτερινές ώρες, όπου αναστέλλονται οι διάφορες δραστηριότητες στο σταθμό και υφίσταται μόνο ο

θόρυβος των αυτόψυκτων Ε/Κ και των πλοίων στις θέσεις παραβολής τους.

Όπως έχει προαναφερθεί, η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τα 360 αυτόψυκτα Ε/Κ, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής:

L_{uo,eq,1hr} = 63,76 dBA

Για να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή των πλοίων στο σταθμό, θεωρούμε ότι τα πλοία βρίσκονται στις θέσεις παραβολής 1, 3, 5. Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από καθένα από τα 3 πλοία του εν λόγω σεναρίου, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής (από “σενάριο 1”):

L_{v01,eq,1hr} = 71,45 dBA

L_{v03,eq,1hr} = 68,45 dBA

L_{v05,eq,1hr} = 71,98 dBA

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από τα 3 παραπάνω πλοία, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{v0,eq,1hr} = 10 * \log(10^{71,45/10} + 10^{68,45/10} + 10^{71,98/10})$$

=> **L_{v0,eq,1hr} = 75,65 dBA**

Η συνολική στάθμη, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{o,eq,1hr} = 10 * \log(10^{6,376} + 10^{7,565}) => L_{o,eq,1hr} = 75,92 dB$$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 12

Για το δωδέκατο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε, ότι μόνο **360 αυτόψυκτα Ε/Κ** (από τα 720 συνολικά) βρίσκονται στο σταθμό και **3 πλοία στις κοντινότερες προς τον παρατηρητή θέσεις παραβολής**, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τις νυχτερινές ώρες, όπου αναστέλλονται οι διάφορες δραστηριότητες στο σταθμό και υφίσταται μόνο ο θόρυβος των αυτόψυκτων Ε/Κ και των πλοίων στις θέσεις παραβολής τους.

Όπως έχει προαναφερθεί, η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τα 360 αυτόψυκτα Ε/Κ, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής:

L_{uo,eq,1hr} = 63,76 dBA

Οι τρεις πιο κοντινές προς τον παρατηρητή θέσεις παραβολής είναι οι 1, 4, 7. Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από καθένα από τα 3 πλοία του εν λόγω σεναρίου, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις,

είναι η εξής (από “σενάριο 1”):

Lvo1,eq,1hr = 71,45 dBA

Lvo4,eq,1hr = 74,48 dBA

Lvo7,eq,1hr = 73,78 dBA

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από τα 3 παραπάνω πλοία, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lvo,eq,1hr = 10 * \log(10^{71,45/10} + 10^{74,48/10} + 10^{73,78/10}) \Rightarrow Lvo,eq,1hr = 78,19 \text{ dBA}$$

Η συνολική στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lo,eq,1hr = 10 * \log(10^{6,376} + 10^{7,819}) \Rightarrow \text{Lo,eq,1hr = 78,35 dBA}$$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 13

Για το δέκατο τρίτο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε, ότι μόνο 360 αυτόψυκτα Ε/Κ (από τα 720 συνολικά) βρίσκονται στο σταθμό και 3 πλοία στις πιο μακρινές προς τον παρατηρητή θέσεις παραβολής, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τις νυχτερινές ώρες, όπου αναστέλλονται οι διάφορες δραστηριότητες στο σταθμό και υφίσταται μόνο ο θόρυβος των αυτόψυκτων Ε/Κ και των πλοίων στις θέσεις παραβολής τους.

Όπως έχει προαναφερθεί, η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τα 360 αυτόψυκτα Ε/Κ, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής:

Luo,eq,1hr = 63,76 dBA

Οι τρεις πιο μακρινές προς τον παρατηρητή θέσεις παραβολής είναι οι 2, 3, 6. Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από καθένα από τα 3 πλοία του εν λόγω σεναρίου, μετά τις απαιτούμενες διορθώσεις, είναι η εξής (από “σενάριο 1”):

Lvo2,eq,1hr = 69,62 dBA

Lvo3,eq,1hr = 68,45 dBA

Lvo6,eq,1hr = 68,82 dBA

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από τα 3 παραπάνω πλοία, υπολογίζεται ως εξής:

$$Lvo,eq,1hr = 10 * \log(10^{69,62/10} + 10^{68,45/10} + 10^{68,82/10}) \Rightarrow Lvo,eq,1hr = 73,76 \text{ dBA}$$

Η συνολική στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{o,eq,1hr} = 10 * \log (10^{6,376} + 10^{7,376}) \Rightarrow L_{o,eq,1hr} = 74,17 \text{ dBA}$$

ΣΕΝΑΡΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 14

Για το δέκατο τέταρτο σενάριο λειτουργίας θεωρούμε, ότι και τα 7 πλοία και όλα τα 720 αυτόψυκτα Ε/Κ βρίσκονται στο σταθμό, ενώ δεν υφίσταται καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να ισχύει για τις νυχτερινές ώρες, όπου αναστέλλονται οι διάφορες δραστηριότητες στο σταθμό και υφίσταται μόνο ο θόρυβος των αυτόψυκτων Ε/Κ και των πλοίων στις θέσεις παραβολής τους.

Η στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ είναι η εξής:

L_{o,eq,1hr} = 66,76 dBA

Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για χρονική διάρκεια μιας ώρας, που δέχεται παρατηρητής από το σύνολο των 7 πλοίων του σταθμού, είναι η εξής (“σενάριο 6”):

L_{o,eq,1hr} = 80,23 dBA

Η συνολική στάθμη θορύβου, που δέχεται ο παρατηρητής από τις δραστηριότητες του σταθμού, για το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{o,eq,1hr} = 10 * \log (10^{6,676} + 10^{8,023}) \Rightarrow L_{o,eq,1hr} = 80,42 \text{ dBA}$$

Οι ισοδύναμες ωριαίες στάθμες θορύβου, που έχουν προβλεφθεί για τα διάφορα σενάρια λειτουργίας του λιμένα, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Π.6.4):

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΩΡΙΑΙΑ ΣΤΑΘΜΗ ΘΟΡΥΒΟΥ (dBA)
1	100% του εξοπλισμού του λιμένα σε δραστηριότητα, κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με τον ωριαίο φόρτο αιχμής.	80,71 (μέγιστη)
2	Κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με το μέσο ωριαίο, λειτουργία του απαιτούμενου μόνον αριθμού οχημάτων πλαισίων για τη φορτοεκφόρτωση των φορτηγών.	52,54 (ελάχιστη)
3	50% του εξοπλισμού του λιμένα σε δραστηριότητα (ομοιόμορφη κατανομή του σε όλη την έκταση του σταθμού), κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με το μέσο ωριαίο.	76,20
4	50% του εξοπλισμού του λιμένα σε δραστηριότητα (συγκέντρωση όλων των δραστηριοτήτων προς τη χερσαία πλευρά), κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με το μέσο ωριαίο.	78,63
5	50% του εξοπλισμού του λιμένα σε δραστηριότητα (συγκέντρωση όλων των δραστηριοτήτων προς τη θαλάσσια πλευρά), κυκλοφοριακός φόρτος ίσος με το μέσο ωριαίο.	74,47
6	Μόνο πλοία (7) σε όλες τις θέσεις παραβολής και καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού.	80,23
7	Μόνο 1 πλοίο στην κοντινότερη προς τον παρατηρητή θέση παραβολής και καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού.	74,48
8	Μόνο 1 πλοίο στην πιο απομακρυσμένη από τον παρατηρητή θέση παραβολής και καμιά άλλη δραστηριότητα εντός του σταθμού.	68,45
9	Παρουσία του συνόλου των αυτόψυκτων Ε/Κ (720) και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	66,76
10	Παρουσία των μισών (360) από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	63,76
11	3 πλοία σε θέσεις παραβολής (ομοιόμορφη κατανομή), παρουσία των μισών (360) από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	75,92
12	3 πλοία στις κοντινότερες προς τον παρατηρητή θέσεις παραβολής, παρουσία των μισών (360) από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	78,35
13	3 πλοία στις πιο απομακρυσμένες από τον παρατηρητή θέσεις παραβολής, παρουσία των μισών (360) από το σύνολο των 720 αυτόψυκτων Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	74,17
14	7 πλοία στις θέσεις παραβολής, όλα τα 720 αυτόψυκτα Ε/Κ και απουσία οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας εντός του σταθμού.	80,42

Πίνακας 6.4: Σύνοψη των προβλεπόμενων σταθμών θορύβου για τα 14 σενάρια λειτουργίας του λιμένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΟΥΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

Ο θόρυβος, που παράγεται από τους λιμένες, αποτελεί μία από τις συνιστώσες του αστικού θορύβου στις σύγχρονες κοινωνίες. Άλλες σημαντικές συνιστώσες του αστικού θορύβου (και με μεγαλύτερη βαρύτητα ομολογουμένως) είναι ο κυκλοφοριακός (η σημαντικότερη), ο βιομηχανικός, ο σιδηροδρομικός και ο αεροπορικός θόρυβος. Ο αστικός θόρυβος αποτελεί, αναμφίβολα, μία από τις σημαντικότερες αιτίες υποβάθμισης της ποιότητας ζωής των κατοίκων στα αστικά κέντρα. Αξιόλογες είναι και οι προσπάθειες, που καταβάλλονται για τον περιορισμό του προβλήματος αυτού. Η αντιμετώπιση του αστικού θορύβου μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον περιορισμό καθεμίας, εκ των προαναφερθέντων, συνιστώσων του.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά σε μέτρα, τα οποία μπορούν να ληφθούν, προκειμένου να μειωθεί ο θόρυβος, που παράγεται από τους λιμένες. Πολλά από αυτά, έχουν, ήδη εφαρμοστεί με θετικά αποτελέσματα, ή προτείνεται να εφαρμοστούν σε διάφορους λιμένες ανά τον κόσμο. Η στρατηγική για τη μείωση της στάθμης του λιμενικού θορύβου περιλαμβάνει τα εξής τρία σκέλη:

- (α) μείωση του θορύβου στην πηγή.
- (β) μείωση του θορύβου κατά τη διάδοση.
- (γ) μείωση του θορύβου στο δέκτη.

7.1 ΜΕΙΩΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ

Η μείωση του θορύβου στην πηγή αφορά στο θόρυβο που δημιουργείται από τις πηγές θορύβου των λιμένων, που έχουν αναφερθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο (βλέπε Κεφ. 4). Η μείωση της εκπεμπόμενης στάθμης θορύβου, για καθεμία από αυτές τις πηγές, αποτελεί βασικό σκοπό. Ακολούθως, θα εξετάσουμε για κάθε επιμέρους πηγή, τρόπους με τους οποίους καθίσταται εφικτή, η μείωση του παραγόμενου θορύβου από αυτήν. Συγκεκριμένα:

(α) ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΕΣ

Οι τεχνικές μείωσης του θορύβου, που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (οι σχετικές αναφορές παρουσιάζονται ανά προτεινόμενο μέτρο), είναι:

- **Αποσύνδεση των προειδοποιητικών σειρήνων.** Το βασικό μειονέκτημα του

συγκεκριμένου μέτρου έγκειται στο γεγονός, ότι η πλήρης απουσία των προειδοποιητικών σειρήνων ενδέχεται να θέσει σε κίνδυνο ατυχήματος τη λειτουργία των γερανογεφυρών. Ένα τέτοιο μέτρο μπορεί να εφαρμοστεί, μόνο στην περίπτωση κατά την οποία, τα εν λόγω μηχανήματα βρίσκονται πολύ κοντά σε περιοχές κατοικίας και η όχληση των σειρήνων τους είναι ιδιαίτερα αισθητή για τους κατοίκους [29].

- **Αντικατάσταση των υφιστάμενων σειρήνων με άλλες σειρήνες μικρότερης ηχητικής ισχύος** [36].
- **Σκέπασμα ή τύλιγμα των υφιστάμενων σειρήνων προκειμένου να περιοριστεί ο παραγόμενος από αυτές θόρυβος σε μικρότερες στάθμες** [29].
- **Παύση της λειτουργίας των προειδοποιητικών σειρήνων μόνο κατά τις νυχτερινές ώρες (22:00 έως 06:00) και αντικατάστασή τους από οπτικούς συναγερμούς**, για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα [34].
- **Εγκατάσταση ειδικών συσκευών στις γερανογέφυρες** οι οποίες να φρενάρουν αυτόματα τα κατερχόμενα εμπορευματοκιβώτια, προτού αυτά προσκρούσουν στο κρηπίδωμα. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται η, κατά το δυνατόν, μείωση των κραδασμών, που παράγονται κατά την πρόσκρουση των εμπορευματοκιβώτιων, πάνω στις επιφάνειες, κατά τη διαδικασία φορτοεκφόρτωσής τους [29].
- **Τοποθέτηση φωτεινού δείκτη, εντός των καμπινών των χειριστών των μηχανημάτων αυτών, ο οποίος να προειδοποιεί τους χειριστές τους, όταν το εμπορευματοκιβώτιο βρίσκεται σε συγκεκριμένο ύψος (πχ 1,50 μέτρα) πάνω από το κρηπίδωμα ή από οποιαδήποτε άλλη επιφάνεια απόθεσης.** Στόχος είναι η έγκαιρη προειδοποίηση των χειριστών των μηχανημάτων αυτών για την εκτέλεση των κατάλληλων χειρισμών, τη στιγμή που το εμπορευματοκιβώτιο πλησιάζει την επιφάνεια απόθεσης, προκειμένου να τοποθετηθούν τα Ε/Κ κατά το δυνατόν πιο ομαλά [29].
- **Τοποθέτηση ελαστικής επίστρωσης στην αποβάθρα του λιμανιού** (κάτω από τις γερανογέφυρες). Η πρόταση αυτή αποσκοπεί στην περαιτέρω μείωση του παραγόμενου θορύβου, κατά τη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης των εμπορευματοκιβώτιων, μέσω της εν μέρει απορρόφησης των κραδασμών από την ελαστική επίστρωση, κατά την απόθεσή τους στην αποβάθρα [29].
- **Αντικατάσταση παλαιών γερανογεφυρών.** Έχει διαπιστωθεί, ότι τα καινούρια μηχανήματα παράγουν θόρυβο χαμηλότερης στάθμης σε σύγκριση με τα αντίστοιχα παλαιά. Βέβαια, αν και θεωρείται ως μία λύση, μία τέτοια ενέργεια είναι, συνήθως,

οικονομικά ασύμφορη και δύσκολα μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη [29].

- **Αναβάθμιση των υφιστάμενων παλαιών μοντέλων γερανογεφυρών.** Η αναβάθμιση πραγματοποιείται μέσω της αντικατάστασης των παλαιών και φθαρμένων εξαρτημάτων, που προκαλούν σημαντικό θόρυβο, με τα αντίστοιχα καινούρια. Ένα από τα σημαντικότερα εξαρτήματα είναι το κιβώτιο ταχυτήτων. Έτσι, επιτυγχάνεται η λειτουργία των μηχανημάτων αυτών και με καλύτερη απόδοση και με μικρότερες στάθμες θορύβου. Η πρόταση αυτή αποβλέπει στους ίδιους στόχους με την προηγούμενη, δηλαδή τη λειτουργία των μηχανημάτων με μειωμένες στάθμες θορύβου. Είναι, όμως, αρκετά πιο ελκυστική και συμφέρουσα λύση, η οποία μπορεί να υλοποιηθεί ευκολότερα στην πράξη [29].
- **Καλή εκπαίδευση των χειριστών των γερανογεφυρών και ενημέρωσή τους πάνω σε θέματα θορύβου,** ώστε να χειρίζονται τα μηχανήματα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και χωρίς να προκαλούν επιπρόσθετους θορύβους από αδέξιους χειρισμούς [34].
- **Αναδιάταξη των θέσεων των διατιθέμενων γερανογεφυρών εντός των εγκαταστάσεων του λιμένα.** Προβλέπεται, δηλαδή, μετακίνηση των παλαιότερων και πιο θορυβώδων μηχανημάτων, σε θέσεις του λιμένα που βρίσκονται, όσο το δυνατόν, πιο μακριά από τις περιοχές κατοικίας. Στις δυσμενείς αυτές θέσεις, λόγω της μικρής τους απόστασης από τις περιοχές κατοικίας, προβλέπεται η τοποθέτηση των πιο σύγχρονων μηχανημάτων, τα οποία χαρακτηρίζονται από μειωμένες στάθμες θορύβου. Η όχληση στις περιοχές κατοικίας, λόγω της λειτουργία τους, αναμένεται να είναι μικρότερη σε σύγκριση με την όχληση από τα αντίστοιχα παλαιότερα μηχανήματα

(β) ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ & ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Αναφορικά με τα οχήματα πλαίσια προτείνονται τα κάτωθι μέτρα:

- **Διακοπή της λειτουργίας των προειδοποιητικών σειρήνων κατά την κίνηση των οχημάτων εντός των λιμενικών εγκαταστάσεων.** Η χρήση των προειδοποιητικών σειρήνων ενδέχεται να επιτραπεί, σε λίγες και συγκεκριμένες περιστάσεις, για λόγους ασφαλείας [29].
- **Αντικατάσταση των υφιστάμενων προειδοποιητικών σειρήνων με άλλες σειρήνες, μικρότερης στάθμης θορύβου.** Η πρόταση αυτή μπορεί να μην περιορίζει δραστικά το θόρυβο των προειδοποιητικών σειρήνων, λειτουργεί, όμως, υπέρ της ασφάλειας της εγκατάστασης, καθώς η πλήρης απουσία προειδοποιητικών

σειρήνων από τα οχήματα πλαισία αυξάνει τις πιθανότητες πρόκλησης ατυχήματος κατά την κίνησή τους, λόγω πιθανής, μη έγκαιρης αντίληψης της παρουσίας τους. Όπως αναφέρεται σε συγκεκριμένη μελέτη, η αντικατάσταση των υφιστάμενων σειρήνων οδήγησε στη χρησιμοποίηση σειρήνων μικρότερης ηχητικής στάθμης έως και 20 dB [29], [36].

- **Παύση της λειτουργίας των προειδοποιητικών σειρήνων μόνο κατά τις νυχτερινές ώρες (22:00 έως 06:00) και αντικατάστασή τους από οπτικούς συναγερμούς, για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα [34].**
- **Προσθήκη ελαστικού υλικού στα σημεία εξάρτησης της σκάλας (για την ανάβαση του οδηγό στην καμπίνα) πάνω στο όχημα. Η πρόταση αυτή αποβλέπει στην απορρόφηση των τρανταγμάτων και των κραδασμών, που προκαλούνται κατά την κίνηση των οχημάτων στους χώρους του λιμένα [29].**
- **Απόσυρση των παλαιότερων (και πιο θορυβώδων) οχημάτων και αντικατάστασή τους από καινούρια οχήματα. Επειδή η ηλικία των οχημάτων συνδέεται άμεσα με τον παραγόμενο θόρυβο, η ενέργεια αυτή θα συμβάλει στη μείωση του θορύβου, κατά τις λειτουργίες της μεταφοράς και της φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων, από τα οχήματα πλαισία. [29]**
- **Εγκατάσταση ανιχνευτών υπέρυθρης ακτινοβολίας στους βραχίονες ανάρτησης των οχημάτων προκειμένου να διευκολύνεται η ακριβέστερη τοποθέτηση των εμπορευματοκιβωτίων και να αποφεύγονται ανεπιθύμητοι κραδασμοί από ανεπαρκείς χειρισμούς. [29]**
- **Καλή εκπαίδευση των χειριστών των οχημάτων πλαισίων και ενημέρωσή τους πάνω σε θέματα θορύβου, ώστε να χειρίζονται τα μηχανήματα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και χωρίς να προκαλούν επιπρόσθετους θορύβους από αδέξιους χειρισμούς [34].**

(γ) ΠΛΟΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Αναφορικά με τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων προτείνονται τα κάτωθι μέτρα:

- **Μη χρήση της σειρήνας των πλοίων κατά τη διάρκεια της αναχώρησής τους από το λιμένα. Αντί αυτού, προτείνεται να ηχεί η σειρήνα του σκάφους που ρυμουλκεί το πλοίο, προκειμένου να ειδοποιούνται τα παραπλέοντα πλοία για την αναχώρηση και να μην υφίσταται ζήτημα παραβίασης των κανόνων ασφαλείας. Η σειρήνα του**

ρυμουλκού σκάφους είναι επαρκώς ευδιάκριτη από κάθε πλοίο και είναι σημαντικά χαμηλότερης ηχητικής στάθμης από τη σειρήνα του πλοίου [29].

- Όσον αφορά τα πλοία, τα οποία διαθέτουν γερανούς, για τη φορτοεκφόρτωσή τους με ίδια μέσα, μπορούν να υιοθετηθούν οι αντίστοιχες προτάσεις, που αναφέρθηκαν για τις γερανογέφυρες των λιμενικών εγκαταστάσεων. Μείωση στη στάθμη θορύβου των γερανών του πλοίου θα επιφέρει και μείωση στη συνολική εκπεμπόμενη στάθμη θορύβου του.

(δ) ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Αναφορικά με τα φορτηγά οχήματα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων προτείνονται τα κάτωθι μέτρα:

- Πραγματοποίηση διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης οδικών φορτηγών οχημάτων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων σε χώρους του λιμένα που βρίσκονται, κατά το δυνατόν, πιο μακριά από τις περιοχές κατοικίας. Το παραπάνω πρέπει να εφαρμόζεται ακόμα πιο αυστηρά, σε περιπτώσεις που οι διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης λαμβάνουν χώρα νυχτερινές ώρες. Αυτό προϋποθέτει, ότι μία λιμενική εγκατάσταση διαθέτει περισσότερες από μία περιοχές φορτοεκφόρτωσης βαρέων οχημάτων. Η πιο απομακρυσμένη εξ αυτών, από τις περιοχές κατοικίας, προσφέρεται ως η πλέον κατάλληλη για τις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης βαρέων οχημάτων, όχι μόνο για τις νυχτερινές ώρες, αλλά και για τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας. Αρκεί, βέβαια, η εμπορευματική κίνηση να είναι τόση, ώστε να μην απαιτείται η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση όλων των διαθέσιμων χώρων του λιμένα [29].
- Αποφυγή άσκοπης χρήσης της κόρνας των οχημάτων από τους οδηγούς τους, ιδιαίτερα κατά τις νυχτερινές ώρες [29].
- Καθορισμός εναλλακτικών διαδρομών για την πρόσβαση και την απομάκρυνση των φορτηγών οχημάτων προς και από το λιμένα, αντίστοιχα, εξασφαλίζοντας ότι οι μετακινήσεις των φορτηγών οχημάτων θα πραγματοποιούνται μέσα από όσο το δυνατό λιγότερες περιοχές κατοικίας και με λιγότερες διασταυρώσεις. Αξιοσημείωτες είναι οι οχλήσεις, οι οποίες μπορούν να προκληθούν από τα διαδοχικά σταματήματα και τις εκκινήσεις των φορτηγών οχημάτων στις διαδοχικές διασταυρώσεις. Ιδιαίτερη βαρύτητα επιβάλλεται να δοθεί για τις νυχτερινές ώρες, κατά τις οποίες, η διέλευση των φορτηγών οχημάτων, είτε κενών είτε έμφορτων, μέσα από περιοχές κατοικίας, μπορεί να επιφέρει σημαντική

όχληση στους κατοίκους τους [31].

- **Συντήρηση των δρόμων του εσωτερικού οδικού δικτύου του λιμένα ώστε να αποφεύγονται θόρυβοι από φθαρμένα οδοστρώματα.** Αυλακώσεις, λακκούβες και λοιπές φθορές του οδοστρώματος είναι υπεύθυνες για την πρόκληση ενοχλητικών κραδασμών, τόσο του αμαξώματος των οχημάτων όσο και των ίδιων των μεταφερόμενων εμπορευματοκιβωτίων, κατά τη μεταφορά τους εντός του λιμένα.

(ε) ΜΟΝΑΔΕΣ ΨΥΞΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Αναφορικά με τις μονάδες ψύξης εμπορευματοκιβωτίων προτείνονται τα κάτωθι μέτρα:

- **Επεμβάσεις στα μηχανήματα ψύξης,** ώστε να μειωθεί ο παραγόμενος θόρυβος. Οι επεμβάσεις αυτές μπορούν να επιτευχθούν με την προσθήκη κατάλληλων εξαρτημάτων στα υφιστάμενα ψυκτικά μηχανήματα, προκειμένου η λειτουργία τους να πραγματοποιείται με λιγότερο θόρυβο [29].
- **Αντικατάσταση των υφιστάμενων μονάδων ψύξης** με άλλες, οι οποίες έχουν μικρότερης στάθμης λειτουργικό θόρυβο.
- **Δημιουργία ανακλαστικών επιφανειών-ηχοπετασμάτων** ανάμεσα στις εν λόγω μονάδες και στους ευαίσθητους δέκτες του θορύβου (περιοχές κατοικίας κλπ). Οι επιφάνειες αυτές πρέπει να βρίσκονται κατά το δυνατόν πλησιέστερα προς τις μονάδες ψύξης, ώστε να επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη δυνατή μείωση του διαδιδόμενου θορύβου.
- **Κατάλληλη χωροθέτηση της λιμενικής εγκατάστασης** ώστε τα προς ψύξη εμπορευματοκιβώτια μαζί με τις αντίστοιχες μονάδες ψύξης να τοποθετούνται σε θέσεις εντός του λιμένα, που να απέχουν κατά το δυνατό μεγαλύτερη απόσταση από τους ευαίσθητους δέκτες.

(ζ) ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΥΡΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Τα ακόλουθα μέτρα αφορούν στους λιμένες, στους οποίους υπάρχει σύνδεση με το σιδηροδρομικό δίκτυο.

Οι προτεινόμενο μέτρο μπορεί να διατυπωθεί ο σχεδιασμός των προβλεπόμενων ή η μεταφορά των υφιστάμενων χώρων, για τη φορτοεκφόρτωση των σιδηροδρομικών συρμών, σε θέσεις των λιμενικών εγκαταστάσεων που να βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο μακριά από τις περιοχές κατοικίας [29]. Με την

πρόταση αυτή επιδιώκεται η μείωση της όχλησης, που προκαλείται στις περιοχές κατοικίας από τις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης των σιδηροδρομικών συρμάτων. Ουσιαστικά, επιδιώκεται η μετάθεση της εν λόγω πηγής θορύβου σε μεγάλες αποστάσεις από τις περιοχές κατοικίας.

(η) ΣΥΝΟΛΟ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Όλα τα προαναφερθέντα μέτρα, εστιάζουν στις επιμέρους πηγές του θορύβου ενός λιμένα. Υπάρχουν, όμως και μέτρα, που αφορούν στη λειτουργία ολόκληρου του λιμένα και τα οποία είναι:

- **Διακοπή της λειτουργίας των λιμενικών δραστηριοτήτων κατά τις νυχτερινές ώρες.** Το μέτρο αυτό θα μπορούσε να αποφέρει αξιοσημείωτα αποτελέσματα, καθώς, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, ο θόρυβος από τους λιμένες, κατά τη διάρκεια της νύχτας, είναι ο πιο ενοχλητικός για τους κατοίκους των γύρω περιοχών. Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως στο Όκλαντ της Νέας Ζηλανδίας, έχει εκφραστεί και ως αίτημα των κατοίκων, το οποίο, όμως, δεν έγινε αποδεκτό. Στην πράξη είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί το μέτρο αυτό. Η διακοπή της νυχτερινής λειτουργίας ενός λιμένα θα μπορούσε να έχει σημαντικές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Καταρχάς, θα αύξανε σημαντικά το χρόνο παραμονής των πλοίων στους λιμένες, αυξάνοντας, ανάλογα, τα έξοδα των πλοικτήτριων εταιρειών. Επιπλέον, θα απέφερε και αξιοσημείωτη μείωση στη χωρητικότητα του λιμένα, γεγονός που θα σήμαινε, ότι για τη διακίνηση του ίδιου όγκου εμπορευμάτων θα απαιτούταν η πραγματοποίηση έργων επέκτασης των υφιστάμενων εγκαταστάσεων, με όλες τις συνεπακόλουθες επιπτώσεις για το περιβάλλον της περιοχής [29].
- **Εκτέλεση των νυχτερινών λιμενικών δραστηριοτήτων σε προβλεπόμενους, για το σκοπό αυτό, χώρους του λιμένα που να βρίσκονται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από τις περιοχές κατοικίας.** Το εν λόγω μέτρο, για τη νυχτερινή λειτουργία του λιμένα, είναι πολύ ηπιότερο και αρκετά ευκολότερο να εφαρμοστεί στην πράξη σε σύγκριση με το προαναφερθέν. Παρόλα αυτά, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός λιμένα με μεγάλη έκταση εγκαταστάσεων, ώστε να διαθέτει την «πολυτέλεια» του διαχωρισμού των χώρων δραστηριοτήτων του, ανάλογα με τις ώρες της ημέρας. Για μικρούς λιμένες, με περιορισμένη έκταση εγκαταστάσεων, το συγκεκριμένο μέτρο δε δύναται να εφαρμοστεί [29].

7.2 ΜΕΙΩΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ

Τα μέτρα για τη μείωση του θορύβου κατά τη διάδοσή του στοχεύουν στην αντιμετώπιση του προβλήματος όχι άμεσα στη ρίζα του, που είναι οι επιμέρους πηγές του θορύβου, αλλά στο χώρο που παρεμβάλλεται ανάμεσα στις πηγές του θορύβου και στους δέκτες. Τα μέτρα, τα οποία μπορούν να προταθούν, είναι τα ακόλουθα:

- **Διευθέτηση των στοιβών των εμπορευματοκιβωτίων ώστε να σχηματίζουν ηχοπετάσματα προς τις εναίσθητες στο θόρυβο περιοχές.** Γενικά, τα εμπορευματοκιβώτια στοιβάζονται στις αποβάθρες των λιμένων σε σειρές. Σε κάθε σειρά τοποθετούνται δύο ή τρία, καθ' ύψος, ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση των οχημάτων πλαισίων ανάμεσα στις σειρές. Οι στοίβες των εμπορευματοκιβωτίων σχηματίζουν επιφάνειες, κάτοψης ορθογωνικής, οι οποίες μεταξύ τους χωρίζονται από ευρείς διαδρόμους, οι οποίοι επιτρέπουν την άνετη κίνηση των οχημάτων πλαισίων (βλ. Σχ.7.1). Το μειονέκτημα της εν λόγω διάταξης είναι, ότι διαμέσου των, μεγάλου εύρους, αυτών διαδρόμων διευκολύνεται η διάδοση του θορύβου, τόσο από τα προσορμισμένα πλοία, όσο και από τα οχήματα πλαίσια. Μία διευθέτηση των στοιβών των εμπορευματοκιβωτίων, με στόχο την κατάργηση αυτών των διαδρόμων μεγάλου μήκους μεταξύ των επιμέρους στοιβών, θα μπορούσε να συνδράμει στη μείωση του διαδιδόμενου θορύβου. Η προτεινόμενη διάταξη παρουσιάζεται στο Σχ.7.2. Με την προτεινόμενη διευθέτηση, επιτυγχάνεται η διακοπή της ευθυγραμμίας των εν λόγω διαδρομών μέσω της παρεμβολής, εντός αυτών, στοιβών εμπορευματοκιβωτίων. Οι συγκεκριμένες στοίβες λειτουργούν, ουσιαστικά, ως διαδοχικές επιφάνειες ανάκλασης του διαδιδόμενου ήχου. Βέβαια, το μειονέκτημα της εν λόγω διάταξης έγκειται στο γεγονός, ότι η απουσία ευθύγραμμων διαδρομών με μεγάλο μήκος μπορεί να δυσκολέψει σε αξιοσημείωτο βαθμό τη λειτουργία των οχημάτων πλαισίων, αυξάνοντας αρκετά τον απαιτούμενο χρόνο για μία διαδικασία φορτοεκφόρτωσής τους, καθώς θα τα αναγκάζει να πραγματοποιούν τεθλασμένη πορεία (ζικ-ζακ) ανάμεσα στις στοίβες των εμπορευματοκιβωτίων και όχι ευθύγραμμα, όπως συνέβαινε αρχικά.
- **Τοποθέτηση κενών, κυρίως, εμπορευματοκιβωτίων σε κατάλληλες θέσεις, εντός της λιμενικής εγκατάστασης, ώστε να λειτουργήσουν ως ηχοπετάσματα για τις εναίσθητες περιοχές.** Επειδή τα εν λόγω εμπορευματοκιβώτια προορίζονται να λειτουργούν, μόνιμα, ως ηχοπετάσματα, είναι προτιμότερη η χρησιμοποίηση κενών, παλαιών και μη χρησιμοποιούμενων πλέον εμπορευματοκιβωτίων, ώστε να μην απαιτείται καμία περαιτέρω μετακίνησή τους.

Προτείνεται η στοίβαξη τεσσάρων ή και πέντε εμπορευματοκιβωτίων, καθ' ύψος, ώστε να δημιουργηθεί μία στοίβα μεγάλου μήκους και ύψους, τουλάχιστον, δέκα (10) μέτρων, η οποία να μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως ηχοπέτασμα, σε όποια θέση τοποθετηθεί. Η τοποθέτηση των συγκεκριμένων στοιβάδων εμπορευματοκιβωτίων προτείνεται να γίνεται στις θέσεις εκείνες του λιμένα, στις οποίες βρίσκονται εγγύτερα οι ευαίσθητες, στο θόρυβο, περιοχές κατοικίας [29].

- **Κατασκευή ηχοπετασμάτων κατάλληλου ύψους στην περίμετρο του λιμένα.** Τα ηχοπετάσματα εάν δεν είναι εφικτό να τοποθετηθούν, για λόγους οικονομίας, σε όλη την έκταση του λιμένα, επιβάλλεται, τουλάχιστον, να τοποθετηθούν σε εκείνες τις θέσεις του λιμένα, προς τις οποίες βρίσκονται οι ευαίσθητες περιοχές (περιοχές κατοικίας κλπ) και όπου οι στάθμες των ορίων θορύβου υπερβαίνουν τα ανώτατα όρια.. Το ύψος και το υλικό κατασκευής των ηχοπετασμάτων καθορίζεται από τις ιδιαιτερότητες και τους επιδιωκόμενους σκοπούς του κάθε λιμένα. Το μέτρο αυτό είναι, ενδεχομένως, το πιο πρακτικό από τα μέτρα για τη μείωση του θορύβου κατά τη διάδοσή του [34].
- **Δενδροφύτευση ικανού πάχους ώστε να λειτουργεί ως ηχοπέτασμα ανάμεσα στο λιμένα και τις περιοχές κατοικίας** [29]. Η δενδροφυτευμένη περιοχή πρέπει να παρεμβάλλεται μεταξύ του λιμένα και των περιοχών κατοικίας. Η αποτελεσματικότητά της, ως ηχοπέτασμα, είναι τόσο πιο μεγάλη, όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος των δένδρων, όσο πυκνότερη είναι η διάταξη των δένδρων και όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος της δενδροφυτευμένης αυτής περιοχής. Το ελάχιστο ενδεικνυόμενο πλάτος, μίας τέτοιας περιοχής χλωρίδας, είναι τριάντα (30) μέτρα. Επιπλέον, η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται και από την υψομετρική διαφορά ανάμεσα στο λιμένα και τις περιοχές κατοικίας. Η βέλτιστη απόδοση της δενδροφυτευμένης περιοχής, σαν ηχοπέτασμα, επιτυγχάνεται για μηδενικές υψομετρικές διαφορές ανάμεσα στο λιμένα και τις περιοχές κατοικίας. Εκτός των άλλων, η θέα και μόνο μίας δενδροφυτευμένης περιοχής, ακόμα και αν η ίδια δεν μπορεί να συμβάλλει στην αισθητική αναβάθμιση της περιοχής και να προσφέρει ένα αίσθημα ψυχολογικής ανάτασης στους κατοίκους, δημιουργώντας τους μία ψευδαίσθηση για μείωση του θορύβου. Το μέτρο αυτό δύσκολα μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στην πράξη, καθότι οι απαίτουμενες εκτάσεις για δενδροφύτευση, στην περίμετρο των λιμένων (ιδιαίτερα σε θέσεις κοντά στις περιοχές κατοικίας), είναι αρκετά μεγάλες και μπορούν να βρεθούν διαθέσιμες σε ελάχιστες περιπτώσεις.

7.3 ΜΕΙΩΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΟ ΔΕΚΤΗ

Τα μέτρα για τη μείωση του θορύβου στο δέκτη αποβλέπουν σε μία σειρά ενεργειών, προς τη μεριά του δέκτη, για τον περιορισμό των συνεπειών που προκαλούνται από το σύνολο των λιμενικών δραστηριοτήτων. Ως προτεινόμενο μέτρο μπορεί να θεωρηθεί το ακόλουθο:

- **Ενίσχυση της ηχομονωτικής προστασίας των υφιστάμενων κατοικιών που ενοχλούνται άμεσα από το θόρυβο του λιμένα** Η ενίσχυση αυτή των άμεσα επηρεαζόμενων κατοικιών, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρηματοδότησή τους, εν μέρει ή εξ' ολοκλήρου, από τη διοικούσα αρχή του κάθε λιμένα, σα μιας μορφής «αποζημίωση» για την προκαλούμενη όχληση [42]. Η ενίσχυση της ηχομόνωσης των κατοικιών μπορεί να πραγματοποιηθεί πχ με τη χρησιμοποίηση διπλών τζαμιών, ενισχυμένων κουφωμάτων, με την κατασκευή ηχοπετασμάτων στις προσόψεις τους. Βέβαια, η επιλογή των κατοικιών και το ποσοστό της χρηματοδότησης, για καθεμία από αυτές, καθορίζεται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, τα οποία μπορεί να θεσπίσει ο κάθε λιμενικός οργανισμός. Το βασικότερο κριτήριο είναι οι στάθμες του θορύβου, που εκπέμπονται από τον λιμένα προς κάθε περιοχή κατοικίας και το κατά πόσο αυτές υπερβαίνουν ή όχι κάποια ανώτατα όρια τιμών. Ανάλογα με την τιμή της υπέρβασης αυτής, μπορεί να καθοριστεί και το ποσοστό της χρηματοδότησης του κάθε λιμενικού οργανισμού προς τις επηρεαζόμενες, από το θόρυβο, κατοικίες [42]. Όσο μεγαλύτερη είναι η εν λόγω υπέρβαση, τόσο μεγαλύτερη μπορεί να είναι και το ποσοστό της χρηματοδότησης, αγγίζοντας ακόμα και το 100% του συνολικού απαιτούμενου κόστους εργασιών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένας λιμενικός οργανισμός μπορεί να προβεί και σε πρόταση αγοράς προς τους ιδιοκτήτες, των επηρεαζόμενων από το θόρυβο του λιμένα, κατοικιών. Τα ακίνητα που, ενδεχομένως, αγοραστούν από ένα λιμενικό οργανισμό με τον παραπάνω τρόπο, δε θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για σκοπούς κατοικίας, εάν δεν υποστούν, πρώτα, τα απαραίτητα έργα θωράκισης έναντι του θορύβου από το λιμένα [42].

7.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΟ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΙΚΟΝΙΟΥ

Προτού εξετάσουμε τη δυνατότητα εφαρμογής στο λιμένα του Νέου Ικονίου ορισμένων εκ των προαναφερθέντων μέτρων, θεωρείται αναγκαίο να αναφερθούμε σε υφιστάμενες κατασκευές και διατάξεις, τις οποίες εντοπίσαμε εντός της λιμενικής εγκατάστασης και οι οποίες είναι σε θέση, να λειτουργήσουν ως ηχοπετάσματα, για την προστασία των ευαίσθητων δεκτών από τον παραγόμενο θόρυβο των λιμενικών εγκαταστάσεων. Οι εν λόγω υφιστάμενες κατασκευές και διατάξεις, που μπορούν να εκληφθούν, με την παρουσία τους και μόνο, ως ηχοπετάσματα, είναι οι ακόλουθες:

- (α) Υφιστάμενα κτίρια μεγάλων διαστάσεων
- (β) Στοίβες εμπορευματοκιβωτίων

Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται, αναλυτικά, στο Σχ.7.1 με τη χρήση της αντίστοιχης διαγράμμισης. Στο χάρτη του Σχ.7.1 έχουμε εντοπίσει την ύπαρξη τεσσάρων μεγάλων κτιρίων, τα οποία επισημαίνονται με κόκκινο περίγραμμα, καθώς και μεγάλου αριθμού στοιβών εμπορευματοκιβωτίων, οι οποίες επισημαίνονται με πράσινο περίγραμμα. Επιπλέον, στο αρχικό τμήμα του εσωτερικού οδικού δικτύου του λιμένα έχουμε επισημάνει μια σημαντική υπερύψωση της λεωφόρου Δημοκρατίας έναντι του οδικού δικτύου του λιμένα. Το τμήμα αυτό οριοθετείται στο χάρτη με τη χρήση ενός γαλάζιου ευθύγραμμου τμήματος.

Τα τέσσερα κτίρια, που έχουν επισημανθεί στο χάρτη, χαρακτηρίζονται από τις μεγάλες διαστάσεις τους. (Οι διαστάσεις των κτιρίων, που αναφέρονται στη συνέχεια, έχουν υπολογιστεί με τη βοήθεια κατάλληλων εργαλείων του Google Earth).

Το μεγαλύτερο εξ αυτών είναι το “κτίριο 1”, το οποίο αποτελεί αποθήκη εικένωσης και πλήρωσης εμπορευματοκιβωτίων. Οι διαστάσεις του υπολογίζονται σε 300 μέτρα μήκος και 65 μέτρα πλάτος περίπου, ενώ το ύψος του υπερβαίνει τα 10 μέτρα.

Το “κτίριο 2” στεγάζει το συνεργείο συντήρησης και επισκευής του μηχανολογικού εξοπλισμού. Το μήκος του υπολογίζεται σε 220 μέτρα και το πλάτος του σε 25 μέτρα περίπου. Το ύψος του υπερβαίνει τα 10 μέτρα.

Το “κτίριο 3” (αποθήκη ενδεχομένως) έχει μήκος 160 μέτρα και πλάτος 50 μέτρα περίπου, ενώ το ύψος του υπερβαίνει τα 10 μέτρα.

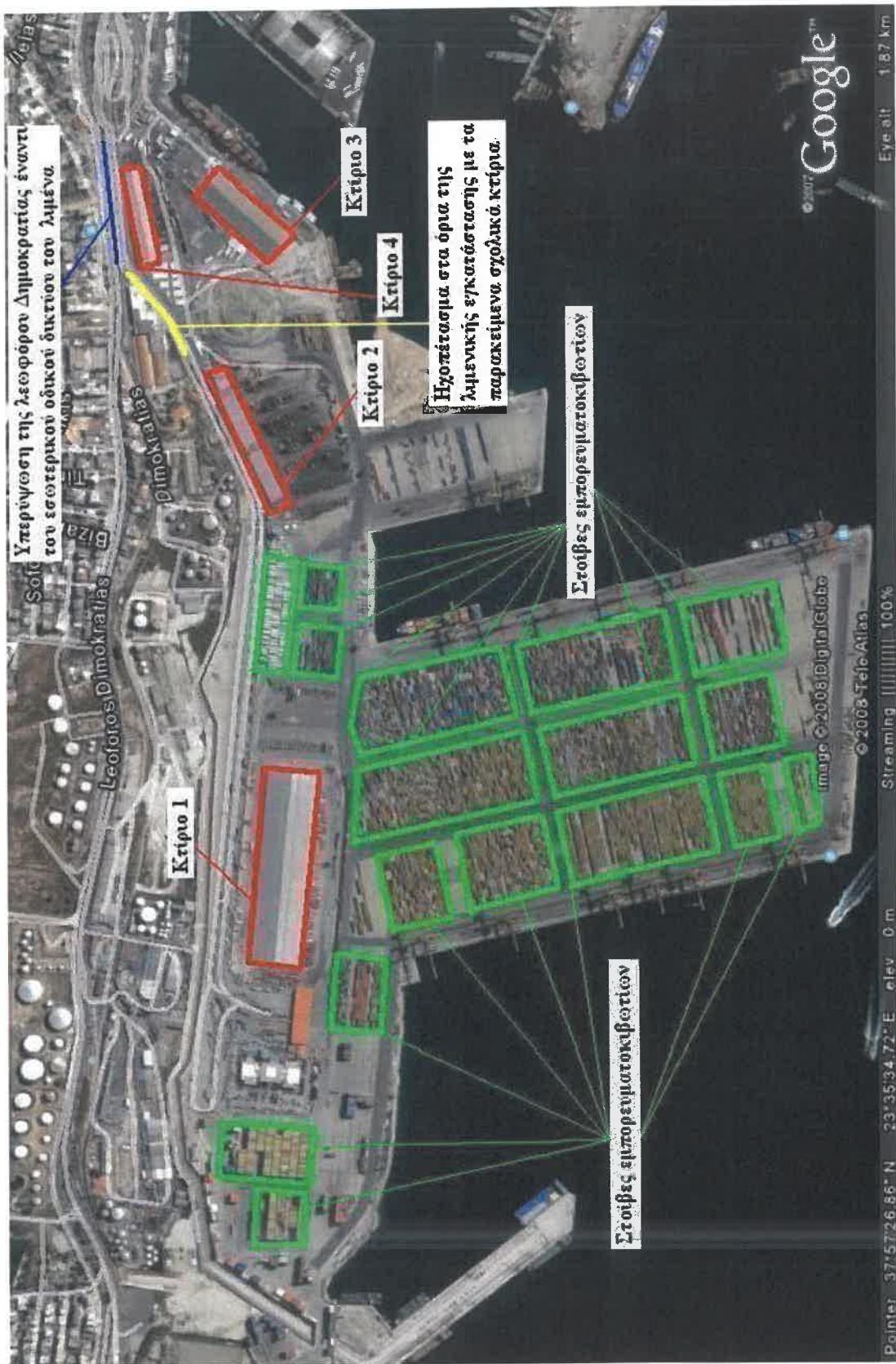
Τέλος, το “κτίριο 4” (αποθήκη ενδεχομένως) έχει μήκος 150 μέτρα και πλάτος 25 μέτρα περίπου. Το ύψος του υπερβαίνει τα 10 μέτρα.

Σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα κτίρια του λιμένα, οι διαστάσεις των στοιβών

των εμπορευματοκιβωτίων (μήκος, πλάτος, ύψος) δεν είναι σταθερές, αλλά μεταβάλλονται ανάλογα με την εμπορευματική κίνηση του λιμένα (σχέση μεταξύ εισαγωγών - εξαγωγών εμπορευματοκιβωτίων από το λιμένα). Συνεπώς, οι στοίβες των εμπορευματοκιβωτίων θα μπορούσαν να θεωρηθούν και ως ηχοπετάσματα μεταβλητών διαστάσεων. Μια στοίβα εμπορευματοκιβωτίων μπορεί να αποτελείται από ένα έως και πέντε εμπορευματοκιβώτια καθ' ύψος. Αναλογιζόμενοι ότι το ύψος ενός εμπορευματοκιβωτίου είναι περίπου 2,5 μέτρα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το ύψος μιας στοίβας εμπορευματοκιβωτίων μπορεί να κυμαίνεται από 2,5 έως και 12,5 μέτρα περίπου.

Χαρακτηριστικές είναι οι εικόνες, που έχουν ληφθεί από το σταθμό εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου και παρουσιάζονται στα Σχ.7.5 και Σχ.7.6. Συγκεκριμένα, στο Σχ.7.5 οι στοίβες των εμπορευματοκιβωτίων της Προβλήτας Ι αποτελούνται από ένα ή δύο, συνηθέστερα, εμπορευματοκιβώτια καθ' ύψος. Στο Σχ.7.6 οι στοίβες των εμπορευματοκιβωτίων, οι οποίες βρίσκονται σε υπαίθριος αποθηκευτικούς χώρους, έξω από τις Προβλήτες Ι και ΙΙ, αποτελούνται από τέσσερα και πέντε καθ' ύψος εμπορευματοκιβώτια (στοίβες εμπορευματοκιβωτίων στα αριστερά και δεξιά της εικόνας, αντιστοίχως).

Η σημαντική υπερύψωση της λεωφόρου Δημοκρατίας έναντι του εσωτερικού οδικού δικτύου του λιμένα, στην τοποθεσία όπου οι δύο αυτοί δρόμοι βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση, απεικονίζεται με τη γαλάζια διαγράμμιση στο χάρτη του Σχ.7.1 και παρουσιάζεται στις εικόνες των Σχ.7.4 και Σχ.7.7. Η σημαντική υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο δρόμων, στο συγκεκριμένο τμήμα, μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως ηχοπέτασμα, έναντι του παραγόμενου θορύβου, από την κυκλοφορία των φορτηγών οχημάτων, στο συγκεκριμένο τμήμα του εσωτερικού οδικού δικτύου του λιμένα.



Σχ.7.1: Υφιστάμενα κτίρια και εμπόδια, εντός του λιμένα, που λειτουργούν ως ηχοπετάσματα. (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.7.2: Εικόνα του μεγέθους του “κτιρίου 1”.



Σχ.7.3: Αριστερά εικονίζεται το “κτίριο 4”, ενώ στο βάθος διακρίνεται το “κτίριο 2” (γαλάζιο χρώμα). Δεξιά διακρίνεται το ηχοπέτασμα στα όρια της λιμενικής εγκατάστασης με το σχολικό συγκρότημα.



Σχ.7.4: Όρια εσωτερικού οδικού δικτύου λιμένα με λεωφόρο Δημοκρατίας (αριστερά) και “κτίριο 4” (δεξιά).



Σχ.7.5: Στοίβες εμπορευματοκιβωτίων της Προβλήτας Ι που αποτελούνται από ένα ή και δύο εμπορευματοκιβώτια καθ' ύψος.



Σχ.7.6: Στοίβες εμπορευματοκιβωτίων, σε υπαίθριος αποθηκευτικούς χώρους, έξω από τις Προβλήτες Ι και ΙΙ, με τέσσερα και πέντε καθ' ύψος εμπορευματοκιβώτια (στοίβες εμπορευματοκιβωτίων στα αριστερά και δεξιά της εικόνας, αντιστοίχως).



Σχ.7.7: Υψημετρική διαφορά μεταξύ λεωφόρου Δημοκρατίας και εσωτερικού οδικού δικτύου λιμένα.

Για τη λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου θα μπορούσαμε να προτείνουμε τα ακόλουθα γενικά μέτρα:

(α) Όσον αφορά τις γερανογέφυρες και τα οχήματα πλαισία, μπορούν να προταθούν τα κάτωθι:

(i) **Αντικατάσταση** των υφιστάμενων προειδοποιητικών σειρήνων τους με άλλες σειρήνες μικρότερης ηχητικής ισχύος.

(ii) **Σκέπασμα** ή **τύλιγμα** των υφιστάμενων σειρήνων προκειμένου να περιοριστεί ο παραγόμενος από αυτές θόρυβος σε μικρότερες στάθμες.

(iii) **Παύση** της λειτουργίας των προειδοποιητικών σειρήνων μόνο κατά τις νυχτερινές ώρες και αντικατάστασή τους από οπτικούς συναγερμούς, για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Εάν δεν είναι εφικτή η διακοπή της λειτουργίας όλων των σειρήνων, θα ήταν προτιμότερο να απενεργοποιηθούν, επιλεκτικά, οι σειρήνες των γερανογεφυρών και των οχημάτων πλαισίων, που βρίσκονται και κινούνται, αντίστοιχα, εγγύτερα προς τις ευαίσθητες περιοχές (περιοχές κατοικίας).

(iv) Σωστή **συντήρηση** τους για ομαλότερη λειτουργία, με λιγότερους θορύβους.

(v) **Αντικατάσταση** παλαιών (και θορυβωδών) μοντέλων με καινούρια.

(β) **Αποφυγή** άσκοπης χρήσης της κόρνας των φορτηγών οχημάτων από τους οδηγούς τους, ιδιαίτερα κατά τις νυχτερινές ώρες.

(γ) **Περιορισμός**, κατά το δυνατόν, της λειτουργίας των λιμενικών δραστηριοτήτων κατά τις νυχτερινές ώρες.

(δ) **Τοποθέτηση** κενών, κυρίως, εμπορευματοκιβωτίων σε κατάλληλες θέσεις, εντός της λιμενικής εγκατάστασης, ώστε να λειτουργήσουν ως ηχοπετάσματα για τις ευαίσθητες περιοχές. Επειδή τα εν λόγω εμπορευματοκιβώτια προορίζονται να λειτουργούν, μόνιμα, ως ηχοπετάσματα, είναι προτιμότερη η χρησιμοποίηση κενών, παλαιών και μη χρησιμοποιούμενων, πλέον, εμπορευματοκιβωτίων. Προτείνεται η στοίβαξη τεσσάρων ή και πέντε εμπορευματοκιβωτίων, καθ' ύψος, ώστε να δημιουργηθεί μία στοίβα μεγάλου μήκους και ύψους, τουλάχιστον, δέκα (10) μέτρων, η οποία να μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως ηχοπέτασμα, σε όποια θέση τοποθετηθεί. Η τοποθέτηση των συγκεκριμένων στοιβών εμπορευματοκιβωτίων προτείνεται να γίνεται στις θέσεις εκείνες του λιμένα, στις οποίες βρίσκονται εγγύτερα οι ευαίσθητες, στο θόρυβο, περιοχές κατοικίας. Στο Σχ.7.8 παρουσιάζονται, με την κόκκινη διαγράμμιση, οι προτεινόμενες θέσεις, στα όρια της λιμενικής εγκατάστασης, για την τοποθέτηση των κενών εμπορευματοκιβωτίων.

(ε) **Διευθέτηση** των στοιβών των εμπορευματοκιβωτίων με τέτοιο τρόπο, ώστε να

περιοριστεί η διάδοση του θορύβου διαμέσω των μεγάλων, σε εύρος και μήκος, διαδρόμων τους. Στο Σχ.7.9 παρουσιάζεται η υφιστάμενη διάταξη των στοιβών των εμπορευματοκιβωτίων στη μεγάλη προβλήτα, όπου διακρίνονται μεταξύ των στοιβών δύο πολύ μεγάλοι διάδρομοι σε μήκος, κυρίως, αλλά και πλάτος. Μέσω των διαδρόμων αυτών, ευνοείται η ανεμπόδιστη διάδοση του θορύβου προς τις περιοχές κατοικίας από τη δραστηριότητα των πλοίων, των οχημάτων πλαισίων, των περονοφόρων οχημάτων και των γερανογεφυρών (η απόσταση των κατοικιών, πάντως, είναι μεγάλη από την προβλήτα).



Σχ.7.8: Προτεινόμενες θέσεις τοποθέτησης των κενών Ε/Κ. (ΠΗΓΗ: Google Earth)



Σχ.7.9: Η υφιστάμενη διάταξη των εμπορευματοκιβωτίων στην αποβάθρα του Νέου Ικονίου. Διακρίνονται οι ευρείς διάδρομοι για την κίνηση των οχημάτων πλαισίων, που χωρίζουν το σύνολο των εμπορευματοκιβωτίων σε τρεις επιμέρους ομάδες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι κύριες πηγές του θορύβου σε μια λιμενική εγκατάσταση διακίνησης Ε/Κ είναι τα πλοία, οι γερανογέφυρες, τα οχήματα πλαίσια, οι μονάδες ψύξης Ε/Κ, η κυκλοφορία οχημάτων στο εσωτερικό οδικό δίκτυο.

Η μείωση του θορύβου μπορεί να επιτευχθεί με

- μέτρα στην πηγή, όπως:
 - (α) εκπαίδευση των χειριστών των μηχανημάτων για αποφυγή πρόκλησης πρόσθετων θορύβων
 - (β) τακτική συντήρηση του εξοπλισμού ή και αντικατάσταση του παλαιού τύπου εξοπλισμού με νεότερο
 - (γ) αποσύνδεση (ιδιαίτερα κατά τις νυχτερινές ώρες) ή αντικατάσταση των προειδοποιητικών σειρήνων των γερανογεφυρών και των οχημάτων πλαισίων με άλλες μικρότερης ηχητικής ισχύος
 - (δ) περιορισμός της χρήσης των σειρήνων των πλοίων
 - (ε) διακοπή των λιμενικών δραστηριοτήτων τις νυχτερινές ώρες ή εκτέλεσή τους σε χώρους του λιμένα μακριά από περιοχές κατοικίας
- μέτρα κατά τη διάδοση, όπως:
 - (α) χρησιμοποίηση κενών εμπορευματοκιβωτίων ως ηχοπετάσματα
 - (β) κατασκευή ηχοπετασμάτων σε θέσεις της περιμέτρου του λιμένα που βρίσκονται κοντά σε περιοχές κατοικίας
- μέτρα στο δέκτη με την ενίσχυση της ηχομονωτικής προστασίας των οικιών που ενοχλούνται άμεσα από το θόρυβο, μέσω της χρησιμοποίησης διπλών τζαμιών, ενισχυμένων κουφωμάτων και ηχοπετασμάτων στις προσόψεις τους.

Διαφορετικού τύπου εξοπλισμός (πχ οχήματα πλαίσια) καθώς και διαφορετικοί τύποι μονάδων ψύξης Ε/Κ παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορές ως προς τις στάθμες εκπομπής θορύβου.

Για τη διερεύνηση των θεμάτων του θορύβου από τη λειτουργία λιμενικών εγκαταστάσεων διακίνησης Ε/Κ αναπτύχθηκε μοντέλο πρόβλεψης θορύβου, το οποίο θεωρεί σημειακές πηγές θορύβου (πλοία, γερανογέφυρες, οχήματα πλαίσια, αυτόψυκτα Ε/Κ) και επιτρέπει τον υπολογισμό της στάθμης θορύβου σε δεδομένη θέση του παρατηρητή. Η εφαρμογή του μοντέλου αυτού στο λιμένα του Νέου Ικονίου για μια θέση παρατηρητή στο μέτωπο της πλησιέστερης κατοικημένης περιοχής έδειξε, ότι ο θόρυβος που προέρχεται από τις ανωτέρω πηγές είναι:

- (α) για κάθε μεμονωμένο πλοίο από 68 dBA έως και 74 dBA ανάλογα με την (σε σχέση με τον παρατηρητή) απόσταση από την αντίστοιχη θέση παραβολής).
- (β) για κάθε μεμονωμένη γερανογέφυρα από 53 dBA έως 60 dBA ανάλογα με την απόσταση από τον παρατηρητή.
- (γ) για κάθε μεμονωμένο όχημα πλαίσια από 37 dBA έως και 39 dBA ανάλογα με την περιοχή κίνησής του στο λιμένα.
- (δ) για κάθε αυτόψυκτο Ε/Κ 38 dBA.

Η κατάταξη των διαφόρων πηγών θορύβου κατά σειρά φθίνουσας όχλησης στην ανωτέρω ορισθείσα θέση του παρατηρητή από το σύνολο των πηγών της κάθε κατηγορίας, έχει ως εξής: πλοία (80 dBA), γερανογέφυρες (68 dBA), αυτόψυκτα Ε/Κ (150 στον αριθμό - στοίβα με 1 Ε/Κ κατά ύψος) (60 dBA), οχήματα πλαίσια (56 dBA), οδική κυκλοφορία στο εσωτερικό οδικό δίκτυο του λιμένα (51 dBA).

Σύμφωνα με την ανάλυση που έγινε με το μοντέλο, η προβλεπόμενη συνολική στάθμη θορύβου που παράγεται από τη λειτουργία του λιμένα του Νέου Ικονίου μπορεί να κυμανθεί στα επίπεδα των 50 dBA έως και 80 dBA.

8.2 ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Ως εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα πάνω στα θέματα που εξετάζει η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τα ακόλουθα:

(α) Μέτρηση της στάθμης των μεμονωμένων πηγών θορύβου που έχουν επισημανθεί εντός του σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου. Είναι αναγκαίο κατά τις επί τόπου μετρήσεις να αναφερθούν, πέρα από τις ηχητικές στάθμες των πηγών, οι αποστάσεις από τις πηγές για τις οποίες ελήφθησαν οι μετρήσεις, καθώς και η χρονική διάρκεια των μετρήσεων αυτών. Με τον τρόπο αυτό οι τιμές των παραμέτρων (στάθμες θορύβου πηγών, αποστάσεις από πηγές) που θα εισαχθούν στο μοντέλο πρόβλεψης, θα ανταποκρίνονται κατά το δυνατόν στην πραγματικότητα, χωρίς να χρειάζονται υποθέσεις και απλοποιητικές παραδοχές. Συνεπώς, οι προβλέψεις στάθμης θορύβου του μοντέλου θα είναι και πιο αξιόπιστες. Βέβαια, για να υλοποιηθεί μια τέτοια ενέργεια, είναι απαραίτητη η παραχώρηση σχετικής άδειας από τη διοίκηση του Οργανισμού Λιμένα Πειραιώς (ΟΛΠ), κάτι που είναι δύσκολο να γίνει.

(β) Έλεγχος εγκυρότητας του μοντέλου: ο έλεγχος αυτός δεν έγινε στις εγκαταστάσεις του Ικονίου, γιατί ο συνεχής θόρυβος από την κυκλοφορία της πόλης αποτελεί εμπόδιο για την εξαγωγή ασφαλών μετρήσεων στάθμης θορύβου από το λιμένα. Ο έλεγχος εγκυρότητας θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε λιμενικές εγκαταστάσεις, οι οποίες να είναι κατά το δυνατό μακριά από αστικά κέντρα, έτσι ώστε οι μετρούμενες στάθμες θορύβου να είναι απαλλαγμένες από σημαντικό θόρυβο βάθους. Η λιμενική εγκατάσταση διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Νέου Ικονίου δύσκολα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο εγκυρότητας του μοντέλου, διότι περιβάλλεται από περιοχές κατοικίας με έντονη δραστηριότητα και από δρόμους με σημαντικούς φόρτους κυκλοφορίας (πχ λεωφόρος Δημοκρατίας).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Γ. Κανελλαϊδης - Α. Μπαλλής, «Σημειώσεις Ειδικών Κεφαλαίων Οδοποιίας - Γ. Στοιχεία Κυκλοφοριακού Θορύβου», Σεπτέμβριος 2005.
- [2] Κυριάκος Ψύχας, «Η καταπολέμηση του περιβαλλοντικού θορύβου στην Ελλάδα », Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος – ΥΠΕΧΩΔΕ, Σεμινάριο θορύβου, Λευκωσία, 26 – 05 – 2005.
- [3] Εταιρεία Μελετών Ακουστικής - EMA O.E, “Ακουστική Μελέτη Εφαρμογής Ηχοπετασμάτων”, Φεβρουάριος 2007.
- [4] Ιστοσελίδα: www.2tee-zograf.att.sch.gr
- [5] Ε. Τζεκάκης: «Η πολιτική του θορύβου στην Ευρωπαϊκή Ένωση », Ενημερωτικό Δελτίο TEE - Τεύχος 2025, Νοέμβριος 1998.
- [6] Οδηγία 2002/49/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 25ης Ιουνίου 2002 σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου.
- [7] Μανατάκης Μανώλης & Μανατάκη Ιωάννα: «Ένα στατιστικό μοντέλο για την παρακολούθηση και πρόβλεψη του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου», Διεθνής Έκθεση και Συνέδριο (HELECO' 05) για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος, Αθήνα, 3 - 6 Φεβρουαρίου 2005.
- [8] Dragan Cvetkovic, Momir Prascevic, Violeta Stojanovic, " Naiss - Model for traffic noise prediction", Working and Living Environmental Protection, 1997, vol.1(No 2), p.p 73 - 81.
- [9] T.F.Fwa, "The Handbook of Highway Engineering", 2006.
- [10] I.S.Tsochatzopoulos & G.Ch.Tsohos, "Modelling the urban road traffic noise of Thessaloniki", Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes Island, Greece, 1 - 3 September 2005.
- [11] Andrew Marsh, UWA, 1999, The School of Architecture and Fine Arts of University of Western Australia.
- [12] Saad Abo-Qudais, Arwa Alhiary, "Statistical models for traffic noise at signalized intersections", 2004.
- [13] Εγκυλοπαίδεια Wikipedia (Ιστοσελίδα: www.wikipedia.org)
- [14] Ιστοσελίδα www.noisemeters.com
- [15] Ιστοσελίδα www.casellacel.com
- [16] Ιστοσελίδα www.bkhome.com

- [17] Ιστοσελίδα www.pulsarinstruments.com
- [18] I. M. Φραντζεσκάκης - Γ. A. Γιαννόπουλος, «Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική», Τόμος 1, Γ' Έκδοση, 1986.
- [19] The Vehicle Detector Clearinghouse, "A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies used in Intelligent Transportation Systems", July 31 2007.
- [20] Ιστοσελίδα www.renoae.com
- [21] C. Papacostas – A. Prevedouros, «Transportation Engineering and Planning».
- [22] Ιστοσελίδα www.asim-technologies.com
- [23] Ιστοσελίδα www.mssedco.com
- [24] Ιστοσελίδα www.wavetronix.com
- [25] Ιστοσελίδα www.mountain-plains.org
- [26] Τσανακτσίδης Δημήτριος, Τσίτσουλας Δημήτριος, «Σύγχρονα συστήματα εξοπλισμού των οδών», Διπλωματική εργασία Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Ιούνιος 2003.
- [27] Ιστοσελίδα www.jamartech.com
- [28] Ξένια Λοϊζίδου, "Κάθε λιμάνι και....περιβαλλοντικές επιπτώσεις", ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ SOS.
- [29] "Marshall Day Associates, Ferguson Container Terminal - Noise Management Plan, για λογαριασμό του λιμένα του Όκλαντ - POAL (Port of Auckland Limited)".
(Ιστοσελίδα: www.poal.co.nz)
- [30] "Heggies Australia Pty Ltd, White Bay Berth 4 Bulk Liquids Handling - Botany Tradewind - Ship Noise Monitoring Report, για λογαριασμό του Οργανισμού Αιμένος του Σίδνεϋ (Sydney Ports Corporation-SPC), 2006 "
(Ιστοσελίδα: www.sydneyports.com.au)
- [31] "F le R Malherbe Pr Eng, Noise Aspects of the Proposed Extension of the Container Terminal in Cape Town Harbour, για λογαριασμό του λιμένα του Cape Town (Port of Cape Town) 2003" (Ιστοσελίδα: www.capetown.com.za)
- [32] "Jasco Research Ltd, Airborne Noise Measurement Study for DRven Corporation's Proposed Ladd Marine Coal Terminal, για λογαριασμό της DRven Corporation, 2007" (Ιστοσελίδα: www.docushare.sf.adfg.state.ak.us)
- [33] "Ove Arup & Partners Hong Kong Ltd, Survey on Monitoring of Non - Transport Related Noise Pollution, 2003" (Ιστοσελίδα: www.arup.com)
- [34] "Wilkinson Murray Pty Ltd, Port Botany Container Terminal Expansion Noise

Assessment (2003), για λογαριασμό του λιμένος του Σίδνεϋ (Sydney Ports), 2003”
(Ιστοσελίδα: www.sydneyports.com.au)

- [35] “Bassett Acoustics, Channel Deepening Project Environment Effects Statement, για λογαριασμό του Οργανισμού Λιμένα της Μελβούρνης (Port of Melbourne Corporation), 2004”. (Ιστοσελίδα: www.channelproject.com)
- [36] “HFP Acoustical Consultants INC, Bayport Facility - Environmental Sound Levels / February - March 2007, για λογαριασμό της Αρχής Λιμένος του Χιούστον, Τέξας / ΗΠΑ (Port of Houston Authority), 2007”. (Ιστοσελίδα: www.portofhouston.com)
- [37] Ιστοσελίδα www.marshallday.com
- [38] Ιστοσελίδα www.noisemapping.org
- [39] Ιστοσελίδα Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς Α.Ε, www.olp.gr
- [40] Ιστοσελίδα www.castlegroup.co.uk
- [41] Ιστοσελίδα www.pcrguam.com
- [42] Ιστοσελίδα www.nelsoncitycouncil.com

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ

ΦΟΡΤΩΝ

1.1: ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΦΟΡΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ

1.1.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΦΟΡΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΕΝΤΥΠΩΝ

Η μέθοδος αυτή είναι μία από τις παλαιότερες, αλλά παρόλα αυτά βρίσκει εφαρμογές ακόμα και σήμερα [1]. Αρχικά, στην πιο απλή μορφή της μεθόδου, χρησιμοποιούνταν από τους παρατηρητές, που είχαν επιφορτιστεί με τις μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου, ειδικά έντυπα, πάνω στα οποία καταγράφονταν, με τη χρήση κατάλληλων συμβολισμών, τα μετρούμενα μεγέθη, ανά κατηγορία οχήματος και ανά αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Η διάκριση των οχημάτων γινόταν ανά κατηγορίες. Μια τυπική και ευρέως εφαρμοζόμενη κατάταξη των οχημάτων σε κατηγορίες, είναι η ακόλουθη [1]:

- (1) ποδήλατα
- (2) μοτοποδήλατα και μοτοσυκλέτες
- (3) ΙΧ και ταξί
- (4) λεωφορεία, πούλμαν, τρόλλεϋ
- (5) ελαφρά φορτηγά (κάτω από 1,5 τόνων ωφέλιμου φορτίου)
- (6) μεγάλα φορτηγά είτε 2 είτε 3 αξόνων
- (7) φορτηγά με ρυμουλκούμενο.

Στο έντυπο αυτό ο παρατηρητής σημειώνει στοιχεία και λεπτομέρειες, που σχετίζονται με την ακριβή τοποθεσία των μετρήσεων, την ημερομηνία, την περίοδο διεξαγωγής τους, τις καιρικές συνθήκες κλπ. Ένα αντίστοιχο έντυπο καταγραφής κυκλοφοριακού φόρτου από παρατηρητές παρατίθεται στο Σχ.1.1. Ο παρατηρητής σημειώνει με μια κατακόρυφη γραμμή τη διέλευση ενός οχήματος στο αντίστοιχο τετράγωνο, ανάλογα με την κατηγορία του οχήματος και τη χρονική στιγμή της καταγραφής [1].

Γενικά, ο συγκεκριμένος τρόπος καταγραφής με παρατηρητές έχει τα πλεονεκτήματα ότι είναι απλοϊκός στην εφαρμογή του και δεν απαιτεί εξειδικευμένο σε τεχνικά θέματα προσωπικό παρατηρητών. Επιπλέον, δεν απαιτούνται ποσά για την απόκτηση και τη συντήρηση εξοπλισμού, όπως συμβαίνει με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο μέτρησης κυκλοφοριακού φόρτου.

Ανάμεσα στα μειονεκτήματα του συγκεκριμένου τρόπου καταγραφής της εν λόγω

μεθόδου και μάλιστα το κυριότερο μειονέκτημα, είναι η περιορισμένη ικανότητα συλλογής στοιχείων. Ένας παρατηρητής μπορεί να μετρήσει με αυτόν τον τρόπο κυκλοφοριακούς φόρτους από 600 - 800 οχήματα/ώρα [1]. Συνεπώς, καθίσταται προβληματικός για μέτρηση φόρτων σε οδούς που παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή κυκλοφορία, ιδίως κατά τις ώρες αιχμής. Επίσης, για τη διεξαγωγή σύνθετων μετρήσεων απαιτείται μεγάλος αριθμός παρατηρητών, γεγονός που συνεπάγεται σημαντική οικονομική επιβάρυνση στον προϋπολογισμό της μελέτης για την αμοιβή των παρατηρητών. Επιπλέον, όσον αφορά στην ακρίβεια και τα σφάλματα της μεθόδου, καθοριστικός παράγοντας είναι ο ίδιος ο παρατηρητής. Σε μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους είναι αναμενόμενο τα σφάλματα να είναι λιγοστά. Αντιθέτως, όμως, σε μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους είναι αναμενόμενο να εμφανίζονται περισσότερα σφάλματα.

1.1.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΦΟΡΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ

Στην πορεία, προκειμένου να αντιμετωπιστεί το προαναφερθέν μειονέκτημα της περιορισμένης ικανότητας μέτρησης κυκλοφοριακών φόρτων με χρήση εντύπου μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν ειδικά εργαλεία, οι **μηχανικοί μετρητές** (tally counters). Οι μετρητές αυτοί είναι χειροκίνητοι και αποτελούνται, συνήθως, από τέσσερα κουμπιά. Σε κάθε κουμπί αντιστοιχεί και μια κατηγορία οχημάτων. Κατά τη διέλευση του οχήματος μιας κατηγορίας πιέζεται το πλήκτρο της αντίστοιχης κατηγορίας και με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται η αντίστοιχη καταγραφή στον ειδικό μετρητή. Όταν ολοκληρωθεί η προβλεπόμενη περίοδος της μέτρησης καταγράφονται οι συνολικές ενδείξεις του κάθε μετρητή [1]. Χαρακτηριστική φωτογραφία ενός τέτοιου μετρητή παρουσιάζεται στο Σχ.1.2.

Το ουσιαστικό **πλεονέκτημα** της συλλογής κυκλοφοριακών στοιχείων με τη χρήση μηχανικών μετρητών σε σχέση με τη χρήση ειδικών εντύπων εντοπίζεται στην αυξημένη ικανότητα μέτρησης κυκλοφοριακών φόρτων των μηχανικών μετρητών έναντι των ειδικών εντύπων [1]. Το κόστος αγοράς των χειροκίνητων μετρητών είναι μικρό, οι δαπάνες για τη συντήρησή τους είναι μηδαμινές και η απόσβεση του κόστους της αγοράς τους πραγματοποιείται άμεσα. Επιπλέον, οι μηχανικοί μετρητές είναι πιο εύχρηστοι και απλοποιούν τη δουλειά των παρατηρητών. Το πλεονέκτημά τους αυτό γίνεται ιδιαίτερα φανερό κατά τη διάρκεια μετρήσεων υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων.

Όσον αφορά τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των μηχανικών μετρητών, είναι τα ίδια με αυτά της χρήσης των ειδικών εντύπων, τα οποία έχουν προαναφερθεί.

1.1.3 ΜΕΤΡΗΣΗ «ΣΤΡΕΦΟΥΣΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ»

Στην περίπτωση, όμως, μετρήσεων κυκλοφοριακού φόρτου σε ισόπεδους κόμβους απαιτείται η συλλογή επιπλέον στοιχείων. Στους ισόπεδους κόμβους οι μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου πραγματοποιούνται για κάθε κατεύθυνση κίνησης. Οι μετρήσεις αυτές αποτελούν τις μετρήσεις «στρεφουσών κινήσεων» [1]. Στις μετρήσεις αυτές, πέραν του αριθμού και του τύπου των οχημάτων, ενδιαφέρει άμεσα και ο αριθμός των οχημάτων που κινούνται προς κάθε δυνατή κατεύθυνση του ισόπεδου κόμβου (είτε συνεχίζουν ευθεία πορεία είτε στρίβουν αριστερά ή δεξιά).

Για τη μέτρηση των στρεφουσών κινήσεων χρησιμοποιούνται τόσο ειδικά έντυπα όσο και χειροκίνητοι μετρητές, κατάλληλα διαμορφωμένοι. Χαρακτηριστικές εικόνες εντύπων και χειροκίνητων μετρητών παρουσιάζονται στα Σχ.1.3 και Σχ.1.4. Ένα τέτοιο έντυπο χρειάζεται για κάθε περίοδο μέτρησης και κάθε σκέλος του κόμβου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων συγκεντρώνονται σε κατάλληλα έντυπα, από όπου μπορεί να γίνει και η μετατροπή τους σε ΜΕΑ [1].

Ένας άλλος, απλούστερος τρόπος μέτρησης κυκλοφοριακού φόρτου στρεφουσών κινήσεων σε ισόπεδους κόμβους είναι αυτός που χρησιμοποιείται συνήθως από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ). Κατά τον τρόπο αυτό ο κάθε κόμβος μετράται από έναν ή δύο παρατηρητές ανάλογα με το μέγεθος των φόρτων ή το πλήθος των κινήσεων. Ο κάθε παρατηρητής αναλαμβάνει ορισμένες στρέφουσες κινήσεις, ανεξάρτητα εάν αυτές αναφέρονται σε ένα μόνο σκέλος ή όχι, αρκεί να προλαβαίνει τα οχήματα. Οι μετρήσεις γίνονται με τη βοήθεια χειροκίνητων μετρητών (tally counters). Κατά τη μέτρηση ο παρατηρητής κάνει απευθείας τη μετατροπή σε ΜΕΑ πιέζοντας το μετρητή δύο φορές για τη διέλευση ενός φορτηγού, τρεις για ένα λεωφορείο και μία φορά για ένα επιβατικό αυτοκίνητο ή δύο μοτοσυκλέτες. Έτσι αναγράφονται τα αποτελέσματα για πολλές χρονικές περιόδους σε ένα μόνο έντυπο. Σε περιπτώσεις, όμως, που είναι επιθυμητή η διάκριση κατά κατηγορία οχήματος, μετρούνται ξεχωριστά τα διάφορα οχήματα, χωρίς να γίνει μετατροπή σε ΜΕΑ, όπως προηγουμένως [1].

Ημερομηνία/Ημέρα

Τοποθεσία:

Περίοδος Από - Έως

Αριθ. σημείου στάσης:

Διεύθυνση Κίνησης :

Καιρός:

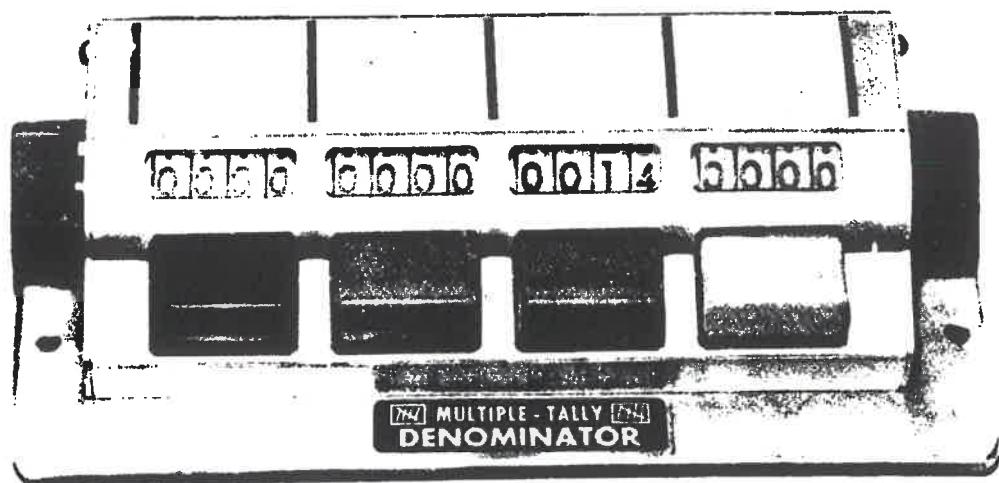
Όνομα Παρατηρητή

Αριθ. Φύλλου:

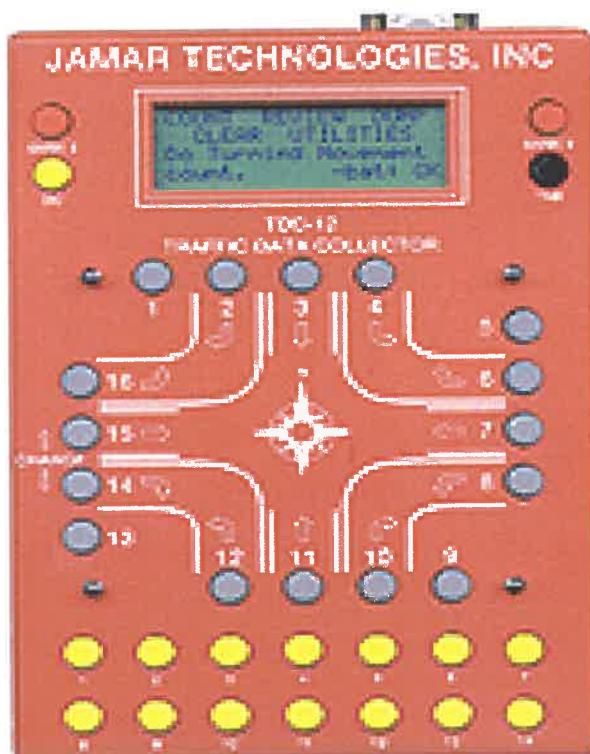
Ώρας	Ποδήλατα	Μοτοποδ. Μοτοσικλ.	ΙΧ Ταξί	Λεωφορείο Πούλμαν Τεσλλευ	Ελαφρά Φορτηγά	Μεγάλα Φορτηγά		Με Ρυμουλκού- μενα
						2 Αξόνων	3 Αξόνων	
7.00 - 8.00	Γ	Θ	☒☒	☒ Γ	☒ Γ	1	Γ	
8.00 - 9.00								
9.00 - 10.00								
10.00 - 11.00								
11.00 - 12.00								
12.00 - 13.00								
13.00 - 14.00								
14.00 - 15.00								
15.00 - 16.00								
16.00 - 17.00								
17.00 - 18.00								
18.00 - 19.00								
19.00 - 20.00								
Σύνολο								

* Κάτω από 1.5 τόννο ωφέλιμου φορτίου (κυρίως για διανομή αγαθών):

Σχ.1.1: Παράδειγμα εντύπου για μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου από παρατηρητή (ΠΗΓΗ: [1])



Σχ.1.2: Φωτογραφία χειροκίνητου μετρητή (tally counter) (ΠΗΓΗ: [1])



Σχ.1.4: Φωτογραφία χειροκίνητου μετρητή κυκλοφοριακού φόρτου στρεφουσών κινήσεων σε διασταυρώσεις. (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)

Процес скаріфікації комбсиров

Όνομα Διασταύρωσης

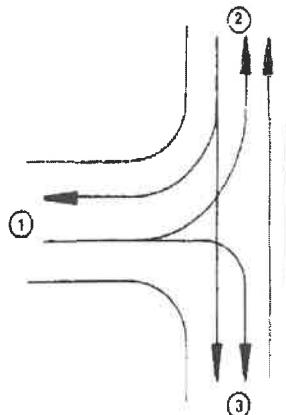
ΣΚΕΛΟΣ:

Ημερομηνία:

Ωρα από έως π.μ.

Καιρός:

Όνομα Παρατηρητή:



Σχ.1.3: Φωτογραφία εντύπου για μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου στρεφουσών κινήσεων σε διασταυρώσεις. (ΠΗΓΗ: [1])

1.2: ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΣΩ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΚΑΤΩ ή ΚΑΙ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνολογίες πάνω στην ανίχνευση των οχημάτων και την καταγραφή των κυκλοφοριακών τους φόρτων. Το χαρακτηριστικό των περισσότερων τεχνολογιών είναι, ότι δεν περιορίζονται στη μέτρηση των κυκλοφοριακών φόρτων μόνο, αλλά διαθέτουν ευρύ φάσμα εφαρμογών πάνω στη συλλογή κυκλοφοριακών στοιχείων. Πέραν της μέτρησης των κυκλοφοριακών φόρτων, μπορούν να συλλέγονται επιπλέον πληροφορίες, οι οποίες σχετίζονται με την **ταχύτητα** κίνησης των οχημάτων, την **κατάταξή** τους σε κατηγορίες, τις καθυστερήσεις, τις ουρές των οχημάτων, το **επίπεδο απασχόλησης** και **εξυπηρέτησης** της οδού (Level Of Service(L.O.S)), την ανίχνευση ατυχημάτων και εκτάκτων καταστάσεων επί της οδού.

1.2.1 ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ (ΜΕΤΡΗΤΗΣ) ΜΕ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ

Η μέθοδος αυτή αποτελεί μία τις πρώτες μεθόδους που εφαρμόστηκαν για τη μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων με τη χρήση αυτόματων μηχανημάτων. Είναι αρκετά παλαιά μέθοδος, αλλά ιδιαίτερα διαδεδομένη σε πολλές χώρες του κόσμου και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα [1]. Οι μετρητές αυτοί ανήκουν στην κατηγορία των μηχανημάτων αυτόματης καταγραφής, που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και καταμέτρηση των οχημάτων, με τοποθέτησή τους πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

1.2.1.1 ΤΥΠΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ο μετρητής με πεπιεσμένο αέρα (*road tube counter*) αποτελείται από ένα λεπτό ελαστικό σωλήνα μικρής διατομής, ο οποίος τοποθετείται και στερεώνεται στο οδόστρωμα είτε μόνιμα είτε προσωρινά και από μια ειδική συσκευή, στην οποία συνδέεται ο ελαστικός σωλήνας [1]. Ο ελαστικός σωλήνας μπορεί να είναι κατασκευασμένος είτε από φυσικό είτε από συνθετικό καουντσούκ. Στην περίπτωση που ο μετρητής τοποθετείται μόνιμα, τότε σκάβεται επιφανειακά το οδόστρωμα και ο σωλήνας θάβεται στο οδόστρωμα κατά το ήμισυ, περίπου, της διατομής του. Στην περίπτωση που τοποθετείται προσωρινά, το οδόστρωμα δε χρειάζεται να σκαφθεί και

ο σωλήνας τοποθετείται στην επιφάνειά του, στηριζόμενος με καρφιά και ειδικές υποδοχές, τα οποία εξασφαλίζουν, ουσιαστικά, τη σταθερότητα του σωλήνα έναντι της διάβασης των οχημάτων. Στην εν λόγω περίπτωση, ο σωλήνας απλώς «ακουμπάει» πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Ο σωλήνας στερεώνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι, κατά το δυνατόν, παράλληλος προς τη διατομή της οδού. Από τα δύο άκρα του σωλήνα το ένα είναι εντελώς κλειστό, ενώ το άλλο άκρο του συνδέεται με το ειδικό τύμπανο του μετρητή, το οποίο λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα. Συνεπώς, όταν ένα όχημα διέρχεται πάνω από το σωλήνα, τότε, πατώντας με τους τροχούς των αξόνων του το σωλήνα, ωθεί ποσότητα του αέρα, που βρίσκεται εντός του σωλήνα προς το άκρο, όπου βρίσκεται το ειδικό τύμπανο του μετρητή, ενεργοποιεί το μετρητή και καταγράφεται, με αυτόν τον τρόπο, μια ώθηση [1]. Η ώθηση αυτή ισοδυναμεί όχι με τη διέλευση ενός οχήματος, αλλά με τη διέλευση ενός άξονα τροχών, καθώς, ο μετρητής με πεπιεσμένο αέρα μετράει άξονες οχημάτων και όχι οχήματα και είναι, συνήθως, ρυθμισμένος ώστε να καταγράφει μια μονάδα, δηλαδή ένα όχημα, για κάθε δύο ωθήσεις [1]. Χαρακτηριστική φωτογραφία μετρητή με πεπιεσμένο αέρα και χαρακτηριστικό σκαρίφημα ελαστικού σωλήνα παρατίθενται στα Σχ.1.5 και Σχ.1.6 αντίστοιχα.

1.2.1.2 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΩΣΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η σωστή εγκατάσταση του μετρητή επί του δρόμου διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ακρίβεια των μετρήσεων. Υπάρχουν ορισμένοι **βασικοί κανόνες** που επιβάλλεται να τηρούνται για την πραγματοποίηση κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστων μετρήσεων [1]. Ειδικότερα:

(α) Ο ελαστικός σωλήνας πρέπει να τοποθετείται ακριβώς κάθετα προς την κατεύθυνση κίνησης των οχημάτων [1]. Όταν ο ελαστικός σωλήνας δεν τοποθετείται κάθετα ως προς τον άξονα της οδού, τότε παρατηρείται το φαινόμενο, κατά το οποίο η διέλευση ενός οχήματος μπορεί να μετρηθεί σα διέλευση περισσότερων του ενός οχημάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε μια τυχαία διέλευση οχήματος κάθε τροχός πατά ξεχωριστά και ανεξάρτητα από τον άλλο τροχό του ίδιου άξονα τον ελαστικό σωλήνα. Συνεπώς, το μηχάνημα καταγράφει ξεχωριστά τη διέλευση του κάθε τροχού, ταυτίζοντας εσφαλμένα κάθε τροχό με έναν άξονα. Το εν λόγω φαινόμενο οδηγεί σε σημαντικά σφάλματα υπερεκτίμησης των μετρούμενων κυκλοφοριακών φόρτων. Για το λόγο αυτόν, δεν ενδείκνυται να τοποθετείται ο ελαστικός σωλήνας επάνω σε στροφές των δρόμων και κοντά σε διασταυρώσεις, όπου, κατά κανόνα, τα οχήματα

αλλάζουν λωρίδα ή κατεύθυνση πορείας. Η τοποθέτηση του ελαστικού σωλήνα θα πρέπει να γίνεται σε απόσταση τουλάχιστον 30 μέτρων από οποιαδήποτε διασταύρωση [1]. Στα Σχ.1.8 και Σχ.1.9 παρουσιάζονται σε σκαριφήματα απεικονίσεις μιας σωστής και μιας λανθασμένης τοποθέτησης του ελαστικού σωλήνα, επάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος

(β) Η επιφάνεια του οδοστρώματος στο σημείο τοποθέτησης θα πρέπει να είναι κατά το δυνατό ομαλή, χωρίς λακκούβες ή άλλες ανωμαλίες του οδοστρώματος, έτσι ώστε τα διερχόμενα οχήματα να μην προκαλούν κακώσεις στο σωλήνα [1].

(γ) Πρέπει να αποφεύγονται θέσεις στις οποίες σταθμεύουν συχνά οχήματα, γιατί είναι πιθανόν κάποιο όχημα να σταματήσει με τους τροχούς επάνω στο σωλήνα και να έχει σαν αποτέλεσμα την προβληματική λειτουργία της όλης διάταξης [1].

(δ) Ο μετρητής πρέπει πάντοτε να προστατεύεται μέσα σε κλειδωμένο σιδερένιο κουτί, το οποίο, κατόπιν, θα πρέπει να δένεται πάνω σε κάποιο σταθερό σημείο όπως κολώνα, δέντρο κλπ [1].

(ε) Καλό είναι ο μετρητής να κρύβεται κατά το δυνατό και να προστατεύεται από τη διέλευση των πεζών [1].

1.2.1.3 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Τα μεγαλύτερα και σημαντικότερα σφάλματα παρατηρούνται, κατά κύριο λόγο, όταν διέρχονται οχήματα με περισσότερους από δύο άξονες, τα οποία είναι, συνήθως, μικρά ή μεγάλα φορτηγά [1]. Τότε, στην περίπτωση αυτή, η διέλευση ενός τέτοιου οχήματος προσμετράται ως διέλευση περισσότερων του ενός οχημάτων και έχει ως συνέπεια την αλλοίωση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των οχημάτων με περισσότερους των δύο αξόνων, που διέρχονται από το μετρητή.

Επιπλέον παράγοντες που συμβάλλουν στην προβληματική λειτουργία του μετρητή και την εμφάνιση σφαλμάτων κατά τις μετρήσεις, είναι η **κακή κατάσταση του σωλήνα** και η **ύπαρξη κακώσεων** στην επιφάνειά του, με ενδεχόμενη απόλεια αέρα από το εσωτερικό του σωλήνα, εξαιτίας αυτών, τα οποία θα έχουν ως συνέπεια την προβληματική λειτουργία του ειδικού τυμπάνου του μετρητή και τη λανθασμένη καταμέτρηση του αριθμού των διερχόμενων οχημάτων [1].

Επιπλέον, μια **κακή λειτουργία του μετρητή** από μόνου του θα είχε τις ίδιες αρνητικές συνέπειες, καθώς επίσης και μια εσφαλμένη εγκατάστασή του επί της οδού. Το ποσοστό σφάλματος των μετρητών αυτού του τύπου κυμαίνεται από 5% έως 10%

και θεωρείται ιδιαίτερα ικανοποιητικό [1].

1.2.1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ο μετρητής με πεπιεσμένο αέρα, όπως και οποιοδήποτε μηχάνημα ή συσκευή, χαρακτηρίζεται από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του, τα οποία, στη συνέχεια, παραθέτουμε.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- (α) Το **χαμηλό κόστος αγοράς** αποτελεί, πράγματι, έναν ιδιαίτερα ελκυστικό παράγοντα για την απόκτηση του εν λόγω μετρητή [1].
- (β) Η **ευκολία εγκατάστασης και απεκατάστασης** του μετρητή αποτελεί σημαντικό προτερήματά του [1]. Η σταθεροποίηση του ελαστικού σωλήνα, είτε πάνω στο οδόστρωμα με τη βοήθεια καρφιών και ειδικών υποδοχών είτε κατά το ήμισύ του μέσα στο οδόστρωμα, αποτελούν διαδικασίες ιδιαίτερα απλές στην υλοποίησή τους, χωρίς να απαιτούν χρήση ιδιαίτερου εξοπλισμού.
- (γ) Η **ευκολία συντήρησης** του μετρητή [1]. Ουσιαστικά, το κομμάτι του μετρητή που υφίσταται σημαντική και διαρκή καταπόνηση από τη διέλευση των οχημάτων, δεν είναι άλλο από τον ελαστικό σωλήνα του. Η ανάγκη για αντικατάσταση του ελαστικού σωλήνα ανά τακτά χρονικά διαστήματα είναι δεδομένη, σύμφωνα με τις προβλεπόμενες οδηγίες του κατασκευαστή και για λόγους αξιοπιστίας των μετρήσεων.

Πέραν, όμως, των πλεονεκτημάτων ο μετρητής παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα. Σε αυτά συγκαταλέγονται:

- (α) Η **μη δυνατότητα κατάταξης** κατά τύπους των διερχόμενων οχημάτων [1].
- (β) Ο **αυξημένος κίνδυνος καταστροφής** του ελαστικού σωλήνα του μετρητή από κακώσεις λόγω του βάρους των διερχόμενων οχημάτων και της διαρκώς επαναλαμβανόμενης συμπίεσης και αποσυμπίεσής του υπό την επίδραση της κυκλοφορίας [1].
- (γ) Τα **σφάλματα** κατά τη διάρκεια των μετρήσεων που προέρχονται ειδικά από τη διέλευση οχημάτων με περισσότερους των δύο αξόνων και τα οποία καταμετρούνται σαν περισσότερα από ένα οχήματα. Σφάλματα μπορούν, επίσης, να προκύψουν από υπερβολική ευαισθησία του μετρητή, εάν, ιδίως, ο μετρητής τοποθετηθεί σε σημείο στροφής των οχημάτων [1].
- (δ) Το γεγονός ότι δεν είναι ακριβής η μέτρηση για πολλές λωρίδες κυκλοφορίας ταυτοχρόνως [1]. Όταν η κυκλοφορία διεξάγεται σε πολλές λωρίδες κυκλοφορίας, τυγχάνει, σε αρκετές περιπτώσεις, δύο ή και περισσότερα οχήματα να διέρχονται την

ίδια χρονική στιγμή από την ίδια ακριβώς θέση και να πατούν ταυτόχρονα τον ελαστικό σωλήνα του μετρητή. Τότε ο μετρητής ενδέχεται, αντί να μετρήσει δύο ή περισσότερους άξονες οχημάτων, να μετρήσει μόνο έναν άξονα. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την εμφάνιση σφαλμάτων στις μετρήσεις με σαφή υποεκτίμηση των πραγματικών κυκλοφοριακών μεγεθών. Η πιθανότητα να συμβεί ταυτόχρονο πάτημα του ελαστικού σωλήνα από δύο ή και περισσότερα οχήματα αυξάνεται, όσο αυξάνεται ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας και ο κυκλοφοριακός φόρτος επί αυτών.

(ε) Το γεγονός ότι ο ελαστικός σωλήνας τοποθετείται πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος έχει ως συνέπεια να γίνεται άμεσα αντιληπτή η παρουσία του από τους οδηγούς των διερχόμενων οχημάτων, ενώ είναι αισθητοί, οι έστω και μικροί κραδασμοί που προκαλούνται στα διερχόμενα οχήματα κατά τη διέλευσή τους.

1.2.1.5 ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΗΤΩΝ

Ακολούθως, γίνεται παρουσίαση με τις αντίστοιχες εικόνες και συνοπτική αναφορά στα κυριότερα παρελκόμενα, που συνοδεύουν τους μετρητές με πεπιεσμένο αέρα [2].

- Στο Σχ.1.6 παρουσιάζονται δύο διαφορετικοί τύποι διατομών ελαστικών σωλήνων. Ο ένας τύπος ελαστικού σωλήνα είναι κυκλικής διατομής, ενώ ο άλλος τύπος είναι διατομής ημικυκλικής. Το υλικό κατασκευής των ελαστικών σωλήνων μπορεί να είναι είτε φυσικό είτε συνθετικό καουτσούκ. Για κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες υλικών υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές που επιβάλλεται να ικανοποιούνται. Οι εν λόγω προδιαγραφές σχετίζονται με τις αντοχές του υλικού του ελαστικών σωλήνων σε εφελκυστικές τάσεις και σε πιέσεις προερχόμενες από τον αέρα που εγκλείεται εντός αυτών. Το ποιο υλικό είναι καλύτερο έναντι του άλλου, δεν είναι εύκολο να απαντηθεί και σχετίζεται άμεσα με τη χρήση που προβλέπεται να έχει ο μετρητής και τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες πρόκειται να εκτεθεί ο μετρητής για την πραγματοποίηση των κυκλοφοριακών μετρήσεων [2].

Γενικά, έχει διαπιστωθεί ότι οι ελαστικοί σωλήνες, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από φυσικό καουτσούκ, είναι περισσότερο εύκαμπτοι, φαινόμενο που γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτό σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω από τους 0°C [2].

Αντίθετα, οι ελαστικοί σωλήνες από συνθετικό καουτσούκ ανταποκρίνονται καλύτερα σε συνθήκες βαριάς κυκλοφορίας. Επιπλέον, είναι περισσότερο ικανοί

στο να αντέχουνε στη φθορά και τις εκδορές που προκαλούνται από την τοποθέτηση των συσφιγκτήρων των ελαστικών σωλήνων. Γενικά, προτιμούνται σε ζεστά κλίματα [2].

- Στο Σχ.1.10 παρουσιάζονται σε διάφορα μεγέθη καρφιά σκυροδέματος. Τα καρφιά αυτά χαρακτηρίζονται από την ιδιαίτερη σκληρότητά τους και χρησιμοποιούνται για τη σταθεροποίηση του ελαστικού σωλήνα του μετρητή στην επιφάνεια του οδοιπρόματος. Λόγω της ιδιαίτερης σκληρότητάς τους μπορούν να διεισδύσουν ακόμη και στη σκληρότερη ασφαλτική επιφάνεια χωρίς να λυγίσουν. Η διάμετρος του κορμού τους είναι 0.25 ίντσες και τα μήκη με τα οποία συναντιούνται στην αγορά είναι των 1.5, 2.0, 2.5 και 3.5 ίντσών, ενώ το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο μήκος τους είναι των 2.5 ίντσών. Η διάμετρος της κεφαλής τους είναι 9/16 ίντσες [2].
- Στο Σχ.1.11 παρουσιάζεται μια ιδιαίτερη περίπτωση καρφιού το οποίο, επίσης, χρησιμοποιείται για τη σταθεροποίηση του ελαστικού σωλήνα του μετρητή. Η ουσιαστική διαφορά του από τους προαναφερθέντες τύπους καρφιών συνίσταται στο μέγεθός του και την ιδιαίτερη χρήση του. Η διάμετρός του είναι 3/8 ίντσες, ενώ το μήκος του μπορεί να φτάσει έως 1 πόδι (ft). Ο συγκεκριμένος τύπος καρφιού χρησιμοποιείται για σταθεροποίηση και αγκύρωση ελαστικών σωλήνων σε μαλακά εδάφη [2].
- Στο Σχ.1.12 παρουσιάζεται ένας τύπος συσφιγκτήρα για τον ελαστικό σωλήνα. Έχει τη μορφή υφαντού ανοξείδωτου χαλύβδινου καλωδίου με μια χαλύβδινη θηλιά στην άκρη του για να στερεώνεται σε σταθερά σημεία. Ο συσφιγκτήρας προσαρμόζεται γύρω από τον ελαστικό σωλήνα και δεν του επιτρέπει να γλιστρήσει και να κοπεί, ενώ δεν προκαλεί φθορές και κοψίματα στα ελαστικά των διερχόμενων οχημάτων [2].
- Στο Σχ.1.13 παρουσιάζεται ένας εναλλακτικός τύπος συσφιγκτήρα για ελαστικούς σωλήνες. Είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χαλύβδινο καλώδιο διαμέτρου 1/16 ίντσών. Ο ελαστικός σωλήνας διέρχεται διαμέσω των δύο βρόχων που σχηματίζει αναδιπλούμενο το εν λόγω χαλύβδινο καλώδιο, το οποίο έχει τη μορφή του αριθμού 8, όπως εύκολα φαίνεται στην αντίστοιχη εικόνα. Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη, η οποία τραβάει τον ελαστικό σωλήνα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η δύναμη περίσφιξης, που ασκείται πάνω σε αυτόν και προέρχεται από το συγκεκριμένο συσφιγκτήρα. Στην άκρη του συσφιγκτήρα υπάρχει μια μικρή οπή, η οποία χρησιμεύει για τη σταθεροποίησή του στο έδαφος, με τη βοήθεια ειδικών

καρφιών, αναφορά στα οποία έγινε προηγουμένως. Δεν επιτρέπει το γλίστρημα του ελαστικού σωλήνα, δεν προκαλεί φθορές και κοψίματα σε αυτόν καθώς και στα ελαστικά των οχημάτων [2].

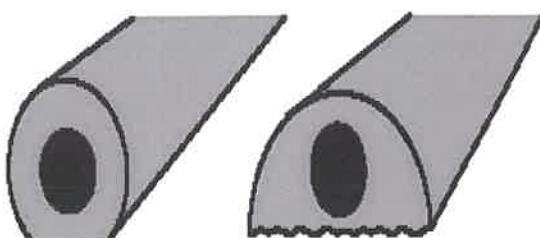
- Στο Σχ.1.14 παρουσιάζεται μια υψηλής ποιότητας κολλητική ταινία, η οποία χρησιμοποιείται για να εξασφαλίζει και να σταθεροποιεί τον ελαστικό σωλήνα του μετρητή πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Όσα περισσότερα είναι τα αυτοκίνητα που διέρχονται πάνω από την ταινία, τόσο περισσότερο η ταινία αυτή προσκολλάται στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Αξίζει να αναφερθεί ότι η εν λόγω ταινία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εξασφάλιση επί της οδού των συρμάτων του επαγγελματικού βρόχου [2].
- Στο Σχ.1.15 παρουσιάζεται ένας μεταλλικός συσφιγκτήρας, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από γαλβανισμένο μεταλλικό έλασμα. Ο ελαστικός σωλήνας προσαρμόζεται στο στόμιο του συσφιγκτήρα. Ο συσφιγκτήρας, στη συνέχεια, εξασφαλίζεται πάνω στο οδόστρωμα με τη χρήση ειδικών καρφιών, τα οποία τοποθετούνται μέσα στις οπές της μεταλλικής κατασκευής. Κάθε μία από τις τρεις οπές είναι διαμέτρου 5/16 ίντσών [2].
- Στο Σχ.1.16 παρουσιάζεται ένα μεταλλικό στήριγμα για τη σταθεροποίηση του ελαστικού σωλήνα πάνω στο οδόστρωμα. Είναι σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου με διαστάσεις 2,25 X 2,50 ίντσών. Είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένο χαλύβδινο έλασμα. Φέρει στην επιφάνειά του τρεις οπές και ένα σφιγκτήρα μορφής U και εύρους 1 ίντσας, μέσα στον οποίον σταθεροποιείται ο ελαστικός σωλήνας. Η εγκοπή της κλειδαρότρυπας που φέρει στην επιφάνειά του, επιτρέπει την ταχεία αγκύρωσή του πάνω σε ειδικά καρφιά επί της οδού [2].
- Στα Σχ.1.17 και Σχ.1.18 παρουσιάζονται αλυσίδες και κλειδωνιές αντίστοιχα, σύνεργα αναγκαία για την προστασία κάθε είδους εξοπλισμού μετρήσεων, ιδίως, όταν πρόκειται για μετρήσεις στην ύπαιθρο [2].
- Στο Σχ.1.19 παρουσιάζονται ορισμένοι τύποι πωμάτων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται, προκειμένου να φράξουν το ανοιχτό άκρο των ελαστικών σωλήνων, έτσι ώστε να κρατήσουν τη σκόνη και τα διάφορα φερτά υλικά έξω από τους ελαστικούς σωλήνες. Έτσι επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή προστασία της συσκευής από διάφορους εξωγενείς παράγοντες, η ομαλότερη και αποτελεσματικότερη λειτουργία της, η καλύτερη συντήρησή της και η επιμήκυνση του χρόνου ζωής της [2].
- Στο Σχ.1.20 παρουσιάζονται ειδικές κάρτες οι οποίες αποτελούν δείκτες της

υφιστάμενης υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Οι διαστάσεις τους είναι 2×3 ίντσες. Οι κάρτες αυτές τοποθετούνται μέσα στα κιβώτια των οργάνων των μετρητών. Κάθε κάρτα έχει τρεις ζώνες ένδειξης της υγρασίας: 30%, 40%, 50% υγρασία για τις ζώνες 1,2 και 3 αντίστοιχα. Η ένδειξη ζώνης αλλάζει χρώμα, όταν το επίπεδο της υγρασίας ανεβαίνει στο αντίστοιχο επίπεδο της κάθε ζώνης. Η κάρτα λειτουργεί σαν μια προειδοποίηση προς το χειριστή του μετρητή, στις περιπτώσεις κατά τις οποίες, οι συνθήκες της υγρασίας μέσα στο όργανο είναι υψηλές [2].

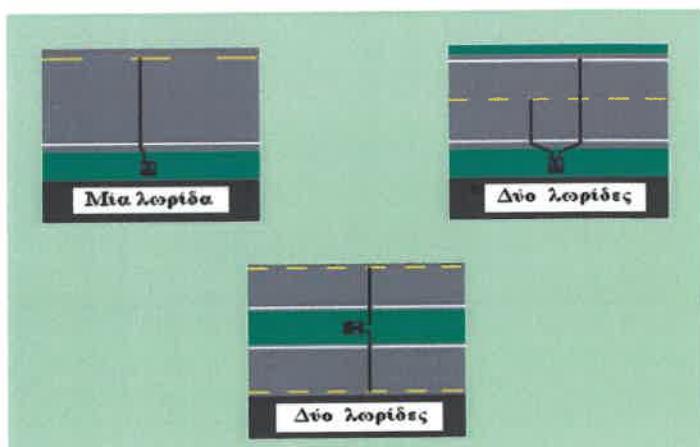
- Στο Σχ.1.21 παρουσιάζεται ένα μικρό πακέτο με διαστάσεις $2,5 \times 6,0$ ίντσες, το οποίο χρησιμοποιείται για να απορροφά την υγρασία μέσα σε μικρούς και κλειστούς χώρους. Εξασφαλίζει με την παρουσία του ότι ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός θα διατηρηθεί στεγνός και θα αποφευχθούν, συνεπώς, ζημιές σε αυτόν λόγω της αυξημένης υγρασίας. Οι κάρτες ένδειξης υγρασίας υποδεικνύουν στο χειριστή των οργάνων με τις ενδείξεις τους πότε πρέπει τα πακέτα αυτά να αντικατασταθούν με καινούρια [2].
- Στο Σχ.1.22 παρουσιάζεται ένας διακόπτης αέρα για τον ελαστικό σωλήνα, ο οποίος έχει δοκιμαστεί στην ύπαιθρο και έχει αποδειχτεί αξιόπιστος σε αρκετά χρόνια εφαρμογών. Είναι ικανός να διακρίνει ξεχωριστά άξονες οχημάτων με χρονική διαφορά διαδοχικών διελεύσεων της τάξης των 2,7 εκατοστών του δευτερολέπτου για ταχύτητες κίνησης διερχόμενων οχημάτων 60 μιλίων ανά ώρα. Δηλαδή έχει την ικανότητα να πραγματοποιήσει μέχρι και τριάντα μετρήσεις το δευτερόλεπτο [2].



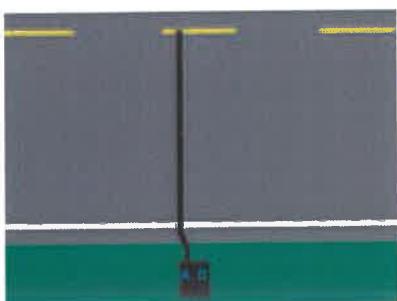
Σχ.1.5: Μετρητής με πεπιεσμένο αέρα
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.6: Σκαριφήματα διατομών ελαστικών σωλήνων για μετρητές με πεπιεσμένο αέρα.
Αριστερά κυκλική και δεξιά ημικυκλική διατομή. (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)

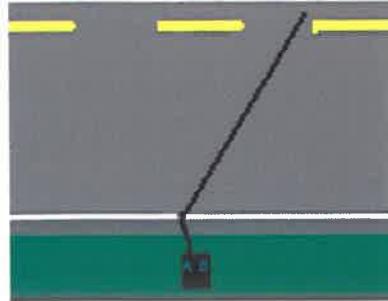


Σχ.1.7: Διατάξεις μετρητών με πεπιεσμένο αέρα για μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων σε 1 ή 2 λωρίδες κυκλοφορίας. (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)

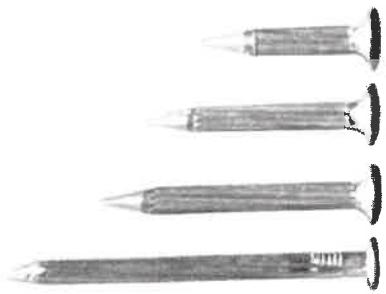


Σχ.1.8: Σωστή τοποθέτηση (ΚΑΘΕΤΑ Σχ.1.9: Λανθασμένη τοποθέτηση(ΛΟΞΑ ως προς τον άξονα της οδού) του ως προς τον άξονα της οδού) του ελαστικού σωλήνα του μετρητή με ελαστικού σωλήνα του μετρητή με πεπιεσμένο αέρα.

(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



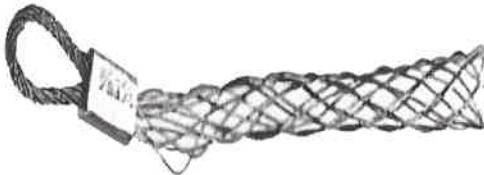
Σχ.1.9: Λανθασμένη τοποθέτηση(ΛΟΞΑ ως προς τον άξονα της οδού) του ως προς τον άξονα της οδού) του ελαστικού σωλήνα του μετρητή με ελαστικού σωλήνα του μετρητή με πεπιεσμένο αέρα.



Σχ.1.10: Καρφιά σκυροδέματος διαφόρων μηκών και διαμέτρων
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.11: Τύπος καρφιού που χρησιμοποιείται για τη σταθεροποίηση του ελαστικού σωλήνα
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.12: Συσφιγκτήρας ελαστικού σωλήνα
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



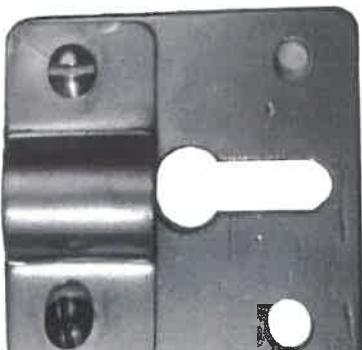
Σχ.1.13: Καλώδιο συσφιγκτήρας σε μορφή αριθμού 8
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.14: Κολλητική ταινία για τη σταθεροποίηση του ελαστικού σωλήνα στο οδόστρωμα.
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.15: Μεταλλικός συσφιγκτήρας και σταθεροποιητής.
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.16: Μεταλλικό στήριγμα (αγκύριο ελαστικού σωλήνα
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.17: Αλυσίδα προστασίας εξοπλισμού
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.18: Κλειδωνιές προστασίας εξοπλισμού
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



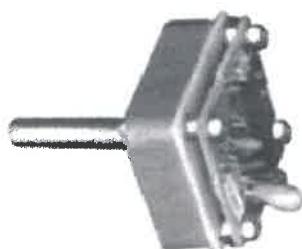
Σχ.1.19: Πώματα, βύσματα
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.20: Κάρτες δείκτες της υγρασίας
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.21: Συσκευασία - πακέτο για την απορρόφησης της υγρασίας
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.22: Διακόπτης αέρα του ελαστικού σωλήνα
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.23: Πραγματοποίηση κυκλοφοριακών μετρήσεων, σε απογευματινές ώρες με χρήση μετρητή με πεπιεσμένο αέρα επί της λεωφόρου Βασιλίσσης Σοφίας. Βασιλίσσης Σοφίας στο ύψος της Προεδρικής Φρουράς, στο ρεύμα προς Σύνταγμα.



Σχ.1.24 Εικόνα του ελαστικού σωλήνα του μετρητή με πεπιεσμένο αέρα εγκατεστημένου επί του οδοστρώματος της λεωφόρου Βασιλίσσης Σοφίας.



Σχ.1.25 Διαφορετική λήψη του ελαστικού σωλήνα του μετρητή κατά μήκος της λεωφόρου Βασιλίσσης Σοφίας στο ρεύμα καθόδου προς πλατεία Συντάγματος.



Σχ.1.26 Ειδικό κιβώτιο εντός του οποίου είναι τοποθετημένος ο μετρητής για λόγους προστασίας από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, από τη διέλευση πεζών και από ενδεχόμενη κλοπή. Το κιβώτιο είναι δεμένο με αλυσίδα πάνω στην κολώνα.

1.2.2 ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΜΕ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΒΡΟΧΟ

Η ανίχνευση και καταμέτρηση των κυκλοφορούντων οχημάτων, με τη χρήση επαγωγικού βρόχου (inductive loop), αποτελεί μια δοκιμασμένη και ιδιαίτερα επιτυχημένη λύση για τις κυκλοφοριακές μετρήσεις για περισσότερα από 30 χρόνια, στις περισσότερες χώρες του κόσμου [3]. Οι ανιχνευτές με επαγωγικό βρόχο αποτελούν σήμερα και θα εξακολουθήσουν να αποτελούν έναν από τους πιο κοινούς και ευρύτερα διαδεδομένους τρόπους για ανίχνευση και καταμέτρηση οχημάτων. Οι ανιχνευτές με επαγωγικό βρόχο άρχισαν να χρησιμοποιούνται στις αρχές περίπου του 1960 [3].

1.2.2.1 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Οι ανιχνευτές με επαγωγικό βρόχο ανήκουν στην κατηγορία των ανιχνευτών που εγκαθίστανται κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Η παρουσία τους δε γίνεται καθόλου αντιληπτή ούτε από τα διερχόμενα οχήματα ούτε ακόμη και από τους πεζούς. Οι εν λόγω ανιχνευτές αποτελούν, ουσιαστικά, μετρητές μαγνητικού πεδίου και μεταβολών, που προκαλούνται σε αυτό. Αποτελούνται, κατά πρώτο λόγο, από ένα σύρμα με μόνωση, το οποίο περιστρεφόμενο μία ή περισσότερες φορές, σχηματίζει το βρόχο και, κατά δεύτερο λόγο, από ένα καλώδιο, το οποίο συνδέει το σύρμα του βρόχου, μέσα από το οδόστρωμα, με ένα κιβώτιο, μέσα στο οποίο τοποθετείται και προστατεύεται η συσκευή καταμέτρησης. Ο συρμάτινος αυτός βρόχος διαρρέεται από ασθενές ηλεκτρικό ρεύμα. Τοποθετείται κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος, ουσιαστικά θάβεται εντός του οδοστρώματος, μέσω μιας λεπτής και ρηχής εγκοπής βάθους περίπου 3-8 εκατοστών, η οποία γίνεται στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Στο Σχ.1.27 παρουσιάζεται ένα σχέδιο δύο τέτοιων επαγωγικών βρόχων, στο οποίο κάθε βρόχος είναι τοποθετημένος σε κάθε μία, από τις δύο συνολικά, λωρίδες κυκλοφορίας.

Η λειτουργία των ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο στηρίζεται στο φυσικό φαινόμενο της επαγωγής. Η επαγωγή ορίζεται σαν την αντίσταση σε μία μεταβολή στη ροή του ρεύματος. Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διοχετεύεται σε έναν αγωγό, όπως πχ σε ένα σύρμα, τότε σχηματίζεται ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από το σύρμα. Εάν η πηγή του ρεύματος απομακρυνθεί, τότε το μαγνητικό πεδίο μειώνεται απότομα μέσα στο σύρμα, προσπαθώντας να διατηρήσει τη ροή του ρεύματος [3].

Ένα όχημα, το οποίο κατά τη διάρκεια της κίνησής του διέρχεται μέσα από την περιοχή ανίχνευσης του επαγωγικού βρόχου, επηρεάζει με την παρουσία του το μαγνητικό πεδίο του βρόχου, προκαλώντας σε αυτό μια μείωση στην επαγωγή του. Μια

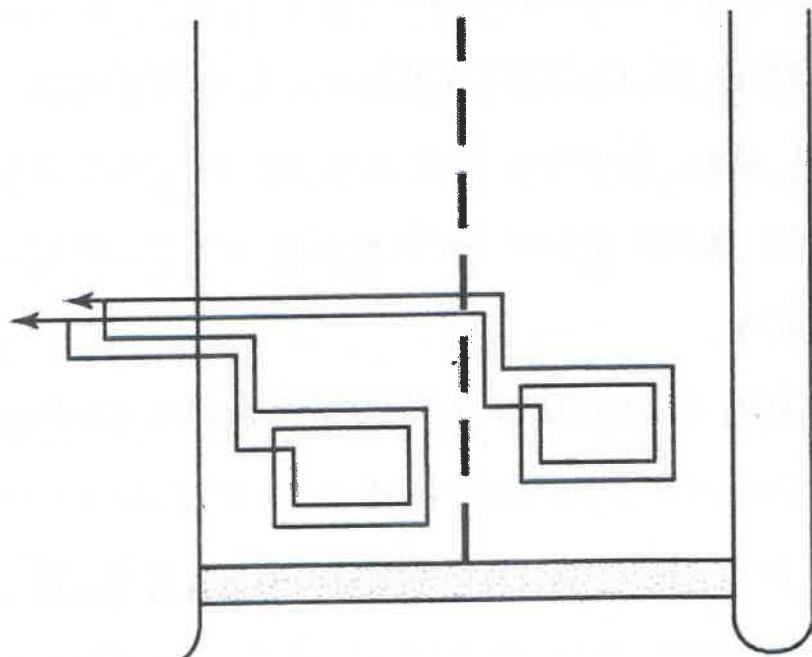
συσκευή, με την οποία συνδέεται ο βρόχος και η οποία ενεργοποιεί το βρόχο και καταγράφει τη λειτουργία του, ανταποκρίνεται σε οποιαδήποτε μείωση, που παρουσιάζεται στην αρχική τιμή της επαγωγής του βρόχου. Η εν λόγω μείωση της επαγωγής υποδεικνύει την παρουσία οχήματος και εξαιτίας αυτής της μείωσης, στέλνεται ένα ειδικό σήμα προς τη μονάδα ελέγχου. Το ειδικό αυτό σήμα ισοδυναμεί με την παρουσία και τη διέλευση ενός οχήματος. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιείται η ανίχνευση και η καταμέτρηση των διερχόμενων οχημάτων. Για την ανίχνευση και την καταμέτρηση των διερχόμενων οχημάτων σε μία οδό τοποθετούνται τόσοι βρόχοι, όσες είναι και οι λωρίδες κυκλοφορίας της οδού. Κάθε βρόχος, δηλαδή, αναλαμβάνει τη συλλογή στοιχείων για τη λωρίδα κυκλοφορίας στην οποία είναι τοποθετημένος και μόνο. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του Σχ.1.27.

1.2.2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΗ

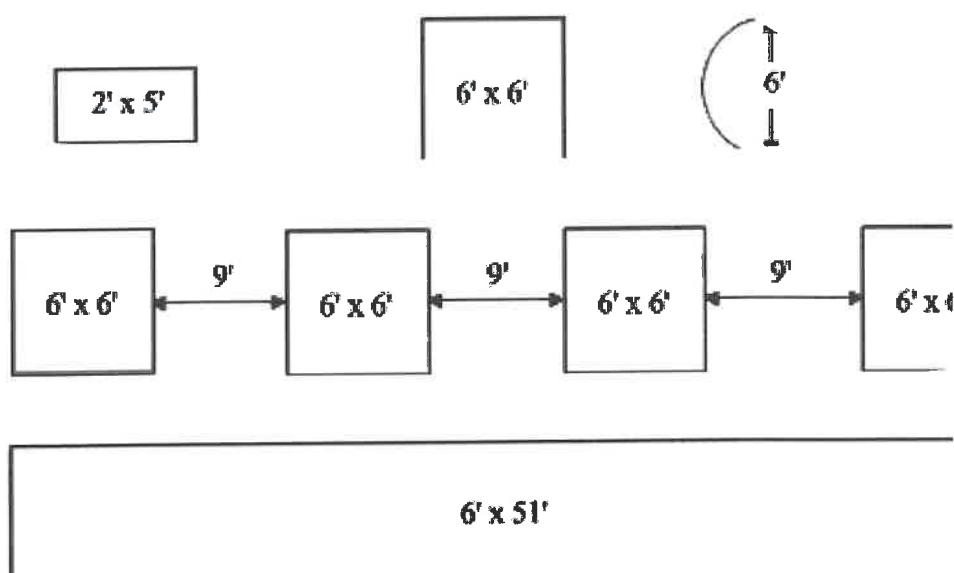
Η τεχνολογία των επαγωγικών βρόχων, με την εξέλιξη που έχει παρουσιάσει, έχει να προσφέρει σήμερα βρόχους με μια ευρεία ποικιλία γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των βρόχων σχετίζονται άμεσα με τη χρήση, που σχεδιάζονται να έχουν οι συγκεκριμένοι βρόχοι στην κάθε περιοχή ανίχνευσης.

Πολλοί διαφορετικοί τύποι βρόχων χρησιμοποιούνται σήμερα σε ειδικές περιπτώσεις και εφαρμογές. Οι κυριότεροι τύποι βρόχων είναι οι **τετράγωνοι**, οι **ορθογώνιοι** και οι **κυκλικοί**. Τα επιμέρους μεγέθη αυτών των τύπων βρόχου παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Για τους **μικρούς** βρόχους οι διαστάσεις κυμαίνονται από 1,5 πόδια X 5 πόδια έως 6 πόδια X 6 πόδια, ενώ οι διαστάσεις των **μεγάλων** βρόχων μπορούν να φτάσουν έως και 6 πόδια X 100 πόδια, καθώς επίσης και 25 πόδια X 75 πόδια. Κάθε γεωμετρικός τύπος βρόχου έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τα οποία είναι ιδιάζοντα για την κάθε εφαρμογή [3]. Χαρακτηριστικοί τύποι και ενδεικτικά μεγέθη επαγωγικών βρόχων παρουσιάζονται στο Σχ.1.28.

Προκειμένου να καθοριστεί το μέγεθος του βρόχου που θα χρησιμοποιηθεί, είναι αναγκαίο να εξεταστούν τρία ζήτηματα. Το πρώτο ζήτημα έχει να κάνει σχετικά με τον τύπο των οχημάτων που είναι επιθυμητό να ανιχνεύονται. Δηλαδή, εάν πρόκειται για την ανίχνευση μοτοσυκλετών, αυτοκινήτων, φορτηγών ή και ακόμη, σε σπανιότερες περιπτώσεις, τρένων και αεροσκαφών. Το δεύτερο ζήτημα σχετίζεται με το απαιτούμενο μέγεθος της ζώνης ανίχνευσης του κάθε επαγωγικού βρόχου, ενώ το τρίτο ζήτημα έχει να κάνει, με το κατά πόσο είναι εντός ενδιαφέροντος η ανίχνευση οχημάτων και σε γειτονικές λωρίδες κυκλοφορίας [3].



Σχ.1.27: Παράδειγμα δύο ανιχνευτών οχημάτων με χρήση επαγωγικού βρόχου τοποθετημένων σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας. (ΠΗΓΗ:[5])



Σχ.1.28: Απεικονίσεις σχηματικά διαφόρων τύπων και μεγεθών επαγωγικών βρόχων. Διακρίνονται βρόχοι τετράγωνοι, ορθογώνιοι και κυκλικοί. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)

1.2.2.3 ΜΙΚΡΟΙ ΒΡΟΧΟΙ

Οι μικροί βρόχοι (*small loops*) γενικά και θα μπορούσαμε να λάβουμε σαν παράδειγμα ένα μικρό βρόχο διαστάσεων 2 ποδών X 5 ποδών, χρησιμοποιούνται, συνηθέστερα, για εφαρμογές που σχετίζονται με την ανίχνευση μονάχα μοτοσυκλετών, αυτοκινήτων και μικρών φορτηγών για τον έλεγχο πρόσβασης [3].

Τα πλεονεκτήματα των μικρών βρόχων είναι ότι έχουν μια πολύ καθορισμένη και μικρή περιοχή ανίχνευσης, ενώ, για τους συγκεκριμένους τύπους οχημάτων που προαναφέρθηκαν, δίνουν πολύ αξιόπιστα αποτελέσματα [3].

Το μεγάλο μειονέκτημα που παρουσιάζουν, έγκειται στο γεγονός, ότι δεν είναι αξιόπιστοι για την ανίχνευση φορτηγών με υψηλό «πάτωμα», διότι το ύψος του μαγνητικού πεδίου του βρόχου είναι πολύ χαμηλό σε σχέση με το «πάτωμα» του ψηλού φορτηγού. Συνεπώς, λόγω αυτής της αναντιστοιχίας και ανεπάρκειας η ανίχνευση υψηλών φορτηγών καθίσταται προβληματική. Γενικά, οι μικροί βρόχοι χρησιμοποιούνται, κυριότερα, για την καταμέτρηση των οχημάτων σε εφαρμογές στάθμευσης (parking) [3].

Από τους μικρούς βρόχους ο πιο συνηθισμένος τύπος που χρησιμοποιείται ευρέως, στην πλειοψηφία των εφαρμογών, είναι ο τετραγωνικός βρόχος με διαστάσεις 6 πόδια X 6 πόδια. Αυτό το μέγεθος βρόχου έχει εξαιρετικά αποτελέσματα όσον αφορά την ανίχνευση μικρών οχημάτων, όπως μια μοτοσυκλέτα, ενώ, επιπλέον, διαθέτει αρκετά υψηλό μαγνητικό πεδίο, ώστε να μπορεί να ανιχνεύει ικανοποιητικά ακόμα και υψηλά φορτηγά. Όταν απαιτούνται μεγαλύτερες ζώνες ανίχνευσης, τότε τυπικά τέσσερις τέτοιοι βρόχοι συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά και εγκαθίστανται με κενό 9 ποδών ο ένας από τον άλλο. Έτσι, επιτυγχάνεται η δημιουργία μιας ζώνης ανίχνευσης με εύρος 51 πόδια, όπως παρουσιάζεται και στο Σχ.1.28.

Το μόνο μειονέκτημα αυτής της διάταξης είναι, ότι μια μοτοσυκλέτα μπορεί να καταμετρηθεί πάνω από μια φορά, στην περίπτωση κατά την οποία, η μοτοσυκλέτα δε θα διέλθει πάνω από τον αντίστοιχο βρόχο της λωρίδας κυκλοφορίας της, αλλά θα περάσει ανάμεσα από δύο γειτονικούς βρόχους. Τότε, η διέλευσή της θα καταγραφεί, ταυτόχρονα, και από τους δύο γειτονικούς βρόχους, οδηγώντας σε εσφαλμένη καταμέτρηση [3].

1.2.2.4 ΜΑΚΡΙΟΙ ΒΡΟΧΟΙ

Οι μακριοί βρόχοι (*long loops*), ένας άλλος τύπος επαγωγικών βρόχων, χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση ζώνης ανίχνευσης μεγάλου μήκους. Αυτού του

τύπου οι βρόχοι συναντιούνται, συνήθως, με διαστάσεις 6 πόδια X 50 πόδια, αλλά ακόμα και 6 πόδια X 100 πόδια. Για να ανιχνεύονται όλοι οι τύποι των οχημάτων από αυτό τον τύπο των βρόχων, πρέπει η ευαισθησία τους να ρυθμιστεί υψηλά, ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν ακόμα και τις μικρές αλλαγές που σχετίζονται με τη διέλευση μικρών οχημάτων, όπως μιας μοτοσυκλέτας. Με τους εξεζητημένους ανιχνευτές που υφίστανται στην αγορά σήμερα, η ευαισθησία τους μπορεί να ρυθμιστεί αρκετά υψηλά, για να είναι σε θέση να ανιχνεύσουν και μια μικρή αλλαγή που οφείλεται στη διέλευση μιας μοτοσυκλέτας μέσα από τους εν λόγω μακριούς βρόχους [3].

Πάντως, το μεγάλο **μειονέκτημα** της εφαρμογής των μακριών βρόχων έγκειται στο γεγονός, ότι η καταγραφή τέτοιων μικρών αλλαγών στην αυτεπαγωγή των βρόχων, αν και είναι εφικτή, παρόλα αυτά, είναι πολύ πιθανόν να προέρχεται από την επίδραση ενός οχήματος, το οποίο κινείται σε μια παρακείμενη λωρίδα κυκλοφορίας, εκτός της ζώνης ανίχνευσης του συγκεκριμένου βρόχου. Δηλαδή, δεν είναι δύσκολο ο μακρύς βρόχος να ανιχνεύσει και να καταμετρήσει σα διέλευση μιας μοτοσυκλέτας μέσα από τη ζώνη του, τη διέλευση ενός άσχετου οχήματος ως προς τη ζώνη ανίχνευσης του βρόχου, το οποίο διέρχεται αρκετά κοντά, αλλά όχι μέσα από τη ζώνη αυτήν, οδηγώντας σε πιθανές αθέλητες ανιχνεύσεις, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν την αξιοπιστία των μετρήσεων. Αν και στο παρελθόν ο συγκεκριμένος τύπος βρόχου χρησιμοποιούταν σε εφαρμογές, σήμερα δε συνιστάται, πλέον, η χρήση του, καθώς οι επιδράσεις των συνθηκών των παρακείμενων λωρίδων μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το βρόχο και να καταστήσουν ακόμα και αδύνατη την ανίχνευση και καταμέτρηση των μοτοσυκλετών κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες [3].

1.2.2.5 ΜΕΓΑΛΟΙ ΒΡΟΧΟΙ

Ένας, ακόμα, τύπος βρόχων ο οποίος χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις, αλλά όχι στις οδούς και, γενικότερα, στην κυκλοφοριακή τεχνική, είναι οι **μεγάλοι βρόχοι (large loops)** [3]. Οι διαστάσεις τους, συνήθως, είναι 25 πόδια X 75 πόδια. Χρησιμοποιούνται για να ανιχνεύουν πολύ μεγάλα και ψηλά αντικείμενα, με κύρια εφαρμογή τους στα αεροδρόμια για την ανίχνευση των αεροσκαφών. Με πεδίο, το οποίο εκτείνεται σε ύψος ίσο με τα δύο τρίτα του μήκους του κοντότερου σκέλους του βρόχου, αυτού του μεγέθους οι βρόχοι χαρακτηρίζονται από ύψος μαγνητικού πεδίου, το οποίο ξεπερνά τα 16 πόδια (5 μέτρα περίπου) [3].

1.2.2.6 ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΒΡΟΧΟΙ

Οι κυκλικοί βρόχοι (round loops) αποτελούν τον τελευταίο και σπανιότερα χρησιμοποιούμενο τύπο επαγωγικών βρόχων. Είναι προϊόν της εξέλιξης των τελευταίων ετών. Αποτελούν μια πρόσφατη προσθήκη στους υφιστάμενους τύπους των επαγωγικών βρόχων [3].

Οι κυκλικοί βρόχοι παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των τετραγωνικών βρόχων με παρόμιο μέγεθος. Από τη σπιγμή κατά την οποία θα αποκτηθεί ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την εγκατάσταση των βρόχων επί της οδού, το κόστος και η ευχέρεια της εγκατάστασης αποτελούν τα κύρια πλεονεκτήματα των κυκλικών βρόχων έναντι των υπολοίπων τύπων. Επιπρόσθετα, υποστηρίζεται ότι όσο λιγότερες είναι οι γωνίες και όσο λιγότερα τα ίσια και κάθετα ως προς τον άξονα της οδού κοψίματα πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος, τόσο υποβοηθάται η επιμήκυνση της ζωής της ασφαλτικής στρώσης στην περιοχή εγκατάστασης του βρόχου [3].

Το κύριο μειονέκτημα των κυκλικών βρόχων εντοπίζεται στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις σε παρακείμενες, γειτονικές λωρίδες κυκλοφορίας. Κατόπιν δοκιμαστικών, πειραματικών μετρήσεων που διεξήχθησαν, διαπιστώθηκε, ότι οι κυκλικοί βρόχοι είναι περισσότερο ευαίσθητοι σε συνεχείς, γρήγορες διελεύσεις σε σύγκριση με τους αντίστοιχους, ισοδύναμου μεγέθους, τετραγωνικούς βρόχους [3].

1.2.2.7 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΞΙΟΠΣΤΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΠΑΓΩΓΙΚΩΝ ΒΡΟΧΩΝ

Προκειμένου να σχεδιαστεί και να εγκατασταθεί ένα καλό και υψηλής αξιοπιστίας δίκτυο βρόχων είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη και να εξεταστούν πέντε παράγοντες [3].

Ο πρώτος παράγοντας έχει να κάνει με τον τύπο ή τους τύπους των οχημάτων που είναι επιθυμητό να ανιχνεύονται. Το ακριβές ύψος ανίχνευσης για κάθε βρόχο είναι άμεσα εξαρτώμενο από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του. Γενικά, το ύψος ανίχνευσης για κάθε βρόχο είναι ίσο με τα δύο τρίτα του μήκους του κοντότερου σκέλους του βρόχου. Εάν, για παράδειγμα, απαιτείται η ανίχνευση φορτηγών και οχημάτων με ψηλό «πάτωμα», τότε το κοντότερο από τα σκέλη του βρόχου θα πρέπει να έχει μήκος τουλάχιστον 6 πόδια (περίπου 1,83 μέτρα). Βρόχοι με κοντά σκέλη, μήκους μικρότερου των 6 ποδιών είναι αποδεκτοί για ανίχνευση μικρότερων οχημάτων, όπως μοτοσυκλετών, αυτοκινήτων και μικρών φορτηγών [3].

Ο δεύτερος παράγοντας σχετίζεται με την περιοχή ή τη ζώνη ανίχνευσης.

Συνήθως, δεν είναι απαραίτητο για τους βρόχους να εκτείνονται σε όλο το μήκος της ζώνης ανίχνευσης. Εάν, για παράδειγμα, επιθυμείται να καλυφθεί μια λωρίδα δρόμου πλάτους 12 ποδιών (περίπου 3,65 μέτρων), τότε ένας βρόχος με διαστάσεις 6 πόδια X 6 πόδια τοποθετούμενος στο κέντρο της λωρίδας, θα λειτουργούσε ικανοποιητικά. Ορισμένες εγκαταστάσεις καλύπτονται καλύτερα από ένα και μόνο βρόχο. Σε άλλες περιπτώσεις, πολλαπλοί βρόχοι είναι επιθυμητοί ή και απαιτούνται [3].

Οι συνθήκες στην περιοχή, με την οποία γειτονεύει η ζώνη ανίχνευσης του βρόχου, αποτελούν τον τρίτο παράγοντα, που πρέπει να εξεταστεί. Σε εφαρμογές ελέγχου πρόσβασης, η πιο κοινή πηγή για μια ενδεχόμενη εξωτερική παρεμβολή μπορεί να είναι μια κινούμενη μεταλλική πύλη ή μια κυλιόμενη πόρτα. Εάν ο βρόχος τοποθετηθεί πολύ κοντά σε μια κινούμενη μεταλλική πύλη ή σε μια κυλιόμενη πόρτα, τότε είναι πολύ πιθανό ο ανιχνευτής να ανιχνεύσει την κίνηση της πύλης ή της πόρτας αντίστοιχα [3].

Η απόσταση από το βρόχο μέχρι τον ανιχνευτή αποτελεί τον τέταρτο προς εξέταση παράγοντα. Προκειμένου να λειτουργεί ένα δίκτυο βρόχου αποτελεσματικά, θα πρέπει η αυτεπαγωγή του βρόχου να είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη τιμή της επαγωγής του σύρματος lead-in. Σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες απαιτούνται εξαιρετικά μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στον ανιχνευτή και στον επαγωγικό βρόχο, μπορεί να είναι απαραίτητο να αυξηθεί η αυτεπαγωγή του βρόχου μέσω της αύξησης του αριθμού των περιστροφών του σύρματος μέσα στο βρόχο [3].

Ο πέμπτος παράγοντας σχετίζεται με τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του δικτύου του επαγωγικού βρόχου [3]. Είναι γεγονός, ότι το κομμάτι κάθε εγκατάστασης είναι πολύ πιο δαπανηρό, από το κόστος των υλικών που χρησιμοποιούνται. Ο καλύτερος τρόπος για να εξασφαλιστεί η υψηλή αξιοπιστία ενός συστήματος βρόχου, είναι η χρησιμοποίηση υλικών υψηλής ποιότητας. Το σύρμα που θα επιλεγεί, πρέπει να είναι κατάλληλης ποιότητας, ώστε να αντέχει τις καταπονήσεις από τις δυνάμεις που μεταβιβάζονται στα σύρματα από το οδόστρωμα. Συνίσταται να χρησιμοποιείται σύρμα βρόχου και καλώδιο lead-in με μόνωση πολυαιθυλενίου (XLPE). Η χρήση του XLPE σα μονωτικό υλικό εξασφαλίζει εξαιρετικές θερμικές, ηλεκτρικές και φυσικές ιδιότητες, ενώ χαρακτηρίζεται και για την αξιοσημείωτη ανθεκτικότητά του απέναντι στην υγρασία και τα χημικά. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η ανθεκτικότητά του στη θερμότητα μπορεί να φθάσει ακόμη και τους 426°F (περίπου 220°C). Το αρχικό κόστος αυτού του τύπου σύρματος ή καλωδίου είναι μεγαλύτερο από κάθε άλλο εναλλακτικό, αλλά θα είναι λιγότερο πιθανό να

παρουσιάσει ξαφνικά προβλήματα στο μέλλον, καθώς θεωρείται ο καλύτερος τύπος σύρματος ή καλωδίου για εφαρμογές αυτού του τύπου [3].

Ένα υλικό που μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί σα μονωτικό για τα σύρματα των βρόχων, είναι το PVC. Το εν λόγω υλικό χρησιμοποιούταν για πολλά χρόνια και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ακόμη και στη σημερινή εποχή, σα μονωτικό υλικό, σε αρκετές εγκαταστάσεις βρόχων καθημερινά. Το μεγάλο μειονέκτημα που παρουσιάζει, είναι ότι από τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο σύρμα του βρόχου, το συγκεκριμένο μονωτικό υλικό αναλαμβάνει μόνο ένα μικρό ποσοστό αυτών, αφήνοντας όλο το υπόλοιπο βάρος να αναληφθεί σχεδόν ολοκληρωτικά από το χάλκινο αγωγό που αποτελεί το σύρμα του βρόχου.

Ιδιαίτερα στις ζεστές ημέρες, κατά τις οποίες η μόνωση PVC υποβάλλεται σε υψηλές θερμοκρασίες μέσα στο οδόστρωμα, η μόνωση γίνεται λόγω της θερμοκρασίας μαλακότερη και μπορεί εύκολα να υποστεί ζημιές, οι οποίες θα έχουν ως συνέπεια ηλεκτρική διαρροή από το σύρμα του βρόχου προς το έδαφος. Το μονωτικό PVC περιβάλλεται, συνήθως, εξωτερικά από νάιλον, προκειμένου να αποκτήσει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα απέναντι στο πετρέλαιο και στη βενζίνη.

Τα σύρματα και τα καλώδια, τα οποία εγκαθίσταται εντός μιας εγκοπής του οδοστρώματος, είναι πολύ πιθανόν να εκτεθούν σε εξαιρετικά τραχείς συνθήκες, προερχόμενες, κυρίως, από την επίδραση της θερμοκρασίας και του νερού.

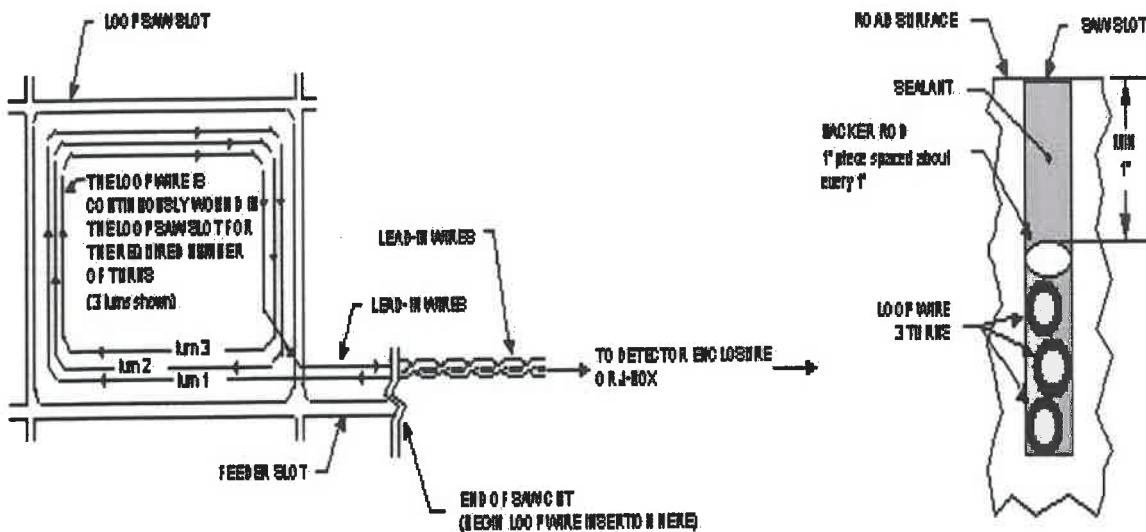
Οι σημαντικές θερμοκρασιακές μεταβολές κατά τη διάρκεια της ημέρας προκαλούν τη διαστολή και τη συστολή του οδοστρώματος. Η θερμοκρασία του οδοστρώματος μπορεί να υπερβεί, σε πολλές περιπτώσεις, ακόμα και τους 180° Fahrenheit(περίπου 83°C). Το νερό μπορεί να εισέλθει μέσα στην εγκοπή του βρόχου τόσο από την επιφάνεια του οδοστρώματος όσο και κάτω από το έδαφος. Εάν το νερό παγώνει και τήκεται διαρκώς, το οδόστρωμα ενδέχεται να παρουσιάσει ρωγμές. Καθώς ο κύκλος πήξης και τήξης του νερού εντός του οδοστρώματος επαναλαμβάνεται για σημαντικό χρονικό διάστημα, οι ρωγμές στην επιφάνεια του οδοστρώματος διαρκώς διευρύνονται. Επιπρόσθετα, η επίδραση της διερχόμενης κυκλοφορίας μπορεί να είναι ιδιαίτερα αρνητική στην περαιτέρω εξέλιξη του παραπάνω φαινομένου και να οδηγήσει, τελικά, μέχρι και στον κατακερματισμό του οδοστρώματος. Όλοι οι παράγοντες αυτοί έχουν μια καταφανή επίδραση στη λειτουργική ζωή του σύρματος των βρόχων και των καλωδίων εντός της εγκοπής του οδοστρώματος.

1.2.2.8 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

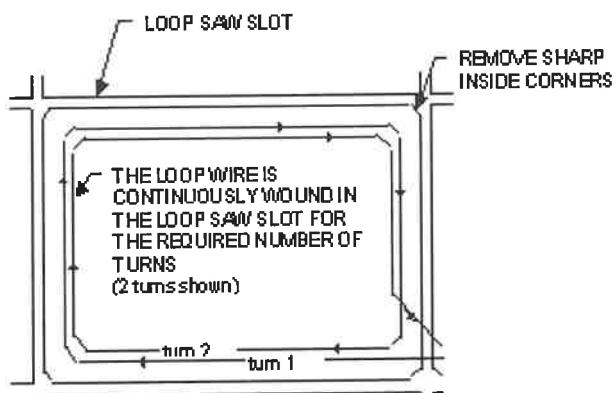
Ο επαγωγικός βρόχος αποτελείται, όπως έχει προαναφερθεί, από ένα μονό σύρμα, συγκεκριμένου μήκους, το οποίο τοποθετείται περιστρεφόμενο μέσα σε μια εγκοπή στην επιφάνεια του οδοιστρώματος. Ο αριθμός των περιστροφών του σύρματος μέσα στην τετραγωνικού ή ορθογωνικού, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, σχήματος εγκοπή εξαρτάται από την περίμετρο του βρόχου. Το σύρμα ενός μεγάλου βρόχου απαιτεί λιγότερες περιστροφές σε σχέση με το σύρμα ενός μικρού βρόχου [3].

Όταν πρόκειται να εγκατασταθεί εντός του οδοιστρώματος, το σύρμα που σχηματίζει το βρόχο, σημειώνεται, αρχικά, πάνω στο οδόστρωμα το περίγραμμα του βρόχου είτε με τη χρήση σπάγγου, κορδονιού ή κορδέλας είτε με τη χρήση άκαμπτου πλαισίου και ψεκασμού του πλαισίου με μπογιά. Από τη στιγμή που θα σημειωθεί το περίγραμμα του βρόχου, πρέπει οι σχηματιζόμενες γωνίες του περιγράμματος να σπαστούν, ενώ οι εγκοπές στο οδόστρωμα πρέπει να εκτείνονται πέραν των παρακείμενων σκελών του κάθε βρόχου, έτσι ώστε να αποτρέψουν πρόκληση ζημιών στη μόνωση των συρμάτων, όταν τα σύρματα τοποθετηθούν μέσα στην εγκοπή. Τα παραπάνω παρουσιάζονται σχηματικά με λεπτομέρεια στο Σχ.1.29. Προσθέτοντας κάποια διαμόρφωση για την ανακούφιση των πιέσεων και εντάσεων που αναπτύσσονται στις γωνίες, όπως παρουσιάζεται και στο Σχ.1.36, θα βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό, να εξασφαλίσουμε, ότι η μόνωση του σύρματος δε θα υποστεί ζημιά, όταν το σύρμα του βρόχου τοποθετηθεί περιστρεφόμενο μέσα στην εγκοπή του οδοιστρώματος. Επίσης, θα επιτρέψει στο σύρμα να καμφθεί γύρω από τις γωνίες της εγκοπής, χωρίς να καταπονηθεί [3].

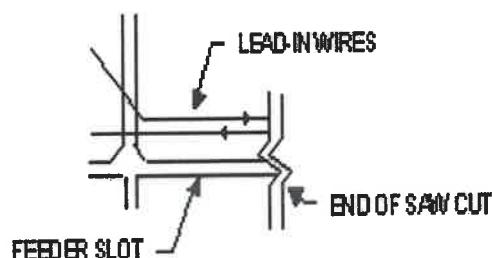
Εφόσον έχουν σημειωθεί επί του οδοιστρώματος οι θέσεις τοποθέτησης των βρόχων, το επόμενο βήμα είναι να διανοιχτούν οι αντίστοιχες εγκοπές στο οδόστρωμα. Οι εγκοπές αυτές πραγματοποιούνται με τη χρήση ειδικού μηχανήματος που διαθέτει πριόνι, όπως παρουσιάζεται και στο Σχ.1.32. Το πριόνι του μηχανήματος πρέπει να ρυθμιστεί κατάλληλα, ώστε να επιτραπεί στη λεπίδα του να πριονίσει το οδόστρωμα μέχρι το προβλεπόμενο βάθος. Οι εγκοπές που πραγματοποιούνται, πρέπει να έχουν βάθος από 1,5 ίντσες έως 3 ίντσες (περίπου 3 έως 7 εκατοστά), να είναι καθαρές και να μην έχουν αιχμηρές γωνίες. Το βάθος της εγκοπής πρέπει να είναι επαρκές, ώστε να εξασφαλίζει την ύπαρξη ενός περιθωρίου ασφαλείας, βάθους τουλάχιστον 1 ίντσας, ανάμεσα στο σύρμα του βρόχου και στην επιφάνεια του οδοιστρώματος. Προκειμένου, βέβαια, να προστατευτεί το σύρμα του βρόχου καλύτερα από μια ενδεχόμενη ζημιά, προερχόμενη από τη φθορά και τη διάβρωση του οδοιστρώματος, πρέπει να επιλεγεί



Σχ.1.29: Κάτοψη, αριστερά, που παρουσιάζει τις τρεις κύριες συνιστώσες λειτουργίας του συστήματος ενός επαγγελματικού βρόχου. Το μή, δεξιά, μιας τυπικής εγκοπής εντός του οδοστρώματος με τα σύρματα του βρόχου και τα λοιπά υλικά πλήρωσης. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)



Σχ.1.30: Λεπτομερής κάτοψη του περιγράμματος των εγκοπών ενός βρόχου στο οδόστρωμα και των συρμάτων του. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)



Σχ.1.31: Εγκοπή τροφοδοσίας (feeder slot) και Lead-in wires (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)

μεγαλύτερο βάθος τοποθέτησης του σύρματος. Το παραπάνω ενδείκνυται, ιδιαίτερα, στην περίπτωση που έχουμε να κάνουμε με οδοστρώματα αποτελούμενα από μαλακότερα και χαλαρότερα υλικά. Όποτε είναι εφικτό, το βάθος των εγκοπών στο οδόστρωμα δεν πρέπει να υπερβαίνει κατά μιάμιση φορά το πάχος της στρώσης του οδοστρώματος. Το εύρος των εγκοπών πρέπει, αναμφίβολα, να είναι μεγαλύτερο από τη διάμετρο των συρμάτων των βρόχων, προκειμένου το σύρμα να χωράει άνετα εντός αυτών και να αποφευχθεί οποιαδήποτε πρόκληση ζημιών στη μόνωση των συρμάτων, κατά τη διάρκεια της τοποθέτησής τους εντός των εγκοπών [3].

Επιπλέον, εάν έχει αποφασιστεί η χρησιμοποίηση εγκοπών του οδοστρώματος υπό γωνία 45° , προκειμένου αυτές να λειτουργήσουν ως παράγοντες ανακούφισης των πιέσεων που αναπτύσσονται στις γωνίες, θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι, οι υπό γωνία αυτές εγκοπές, θα αλληλεπικαλύπτουν τις κάθετα τεμνόμενες εγκοπές, όπως παρουσιάζεται χαρακτηριστικά στο Σχ.1.36. Εκτός των άλλων, όπως παρουσιάζεται στο ίδιο σχήμα, θα πρέπει, οι κατά μήκος και κατά πλάτος της οδού εγκοπές, οι οποίες ορίζουν το περίγραμμα του βρόχου και οι οποίες τέμνονται κάθετα μεταξύ τους, να αλληλεπικαλύπτονται και να επεκτείνονται, πέραν του σημείου τομής τους, σε μήκος, τουλάχιστον, ίσο με μιάμιση φορά τη διάμετρο της λεπίδας του πριονιού του μηχανήματος. Με αυτόν τον τρόπο θα εξασφαλιστεί, ότι ο πυθμένας των εγκοπών, στα σημεία τομής τους, θα είναι επίπεδος, λείος και ομαλός [3].

Όταν πραγματοποιείται η διάνοιξη εγκοπών στο οδόστρωμα με τη χρήση μηχανημάτων που φέρουν πριόνι, παράγεται ένα λεπτό, σαν ιλύς, υπόλειμμα, κατά τη διάρκεια που το πριόνι κόβει το οδόστρωμα. Το υπόλειμμα αυτό επικάθεται και συσσωρεύεται εντός των εγκοπών. Για το λόγο αυτό, αφού έχουν πραγματοποιηθεί οι απαιτούμενες εγκοπές στο οδόστρωμα, πρέπει αυτές να καθαριστούν, ώστε να απομακρυνθεί κάθε υπόλειμμα και κάθε φερτό υλικό, το οποίο παραμένει μέσα στις εγκοπές. Η διαδικασία του καθαρισμού είναι απολύτως ανογκαία, προτού τα σύρματα των βρόχων τοποθετηθούν και εγκατασταθούν μέσα στις εγκοπές του οδοστρώματος. Ο καθαρισμός εξελίσσεται σε δύο, επιμέρους, φάσεις. Οι εγκοπές επιβάλλεται, σε πρώτη φάση, να ξεπλυνθούν, εξολοκλήρου, με ένα ρεύμα από νερό υψηλής πίεσης, το οποίο εκτοξεύεται μέσα από ειδικό λάστιχο, όπως χαρακτηριστικά παρουσιάζεται στο Σχ.1.33. Όταν το ξέπλυμα των εγκοπών ολοκληρωθεί, χρησιμοποιείται, σε δεύτερη φάση, πεπιεσμένος αέρας, ώστε να απομακρυνθούν μέσα από τις εγκοπές οποιασδήποτε μορφής φερτά υλικά και χαλάσματα, καθώς και υπολείμματα του νερού, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για το ξέπλυμα των εγκοπών. Κάθε εγκοπή θα πρέπει να

είναι στεγνή, προτού το σύρμα των βρόχων εγκατασταθεί. Εάν, παρόλα αυτά, υφίσταται ακόμα υγρασία στις εγκοπές, τότε είναι αναγκαίο να επαναληφθεί η προαναφερθείσα διαδικασία του πεπιεσμένου αέρα, μέχρι να απομακρυνθεί εξολοκλήρου η υγρασία από κάθε εγκοπή [3]. Η διαδικασία καθαρισμού των εγκοπών στο οδόστρωμα με χρήση πεπιεσμένου αέρα παρουσιάζεται στο Σχ.1.34.

Από τη στιγμή που θα κοπεί και θα καθαριστεί η εγκοπή στο οδόστρωμα, απομένει η εισαγωγή του σύρματος του βρόχου σε αυτήν. Η τοποθέτηση του σύρματος ξεκινάει από το άκρο της εγκοπής τροφοδοσίας, το οποίο βρίσκεται στη μέγιστη απόσταση από το βρόχο. Αφού τοποθετηθεί το σύρμα στην εγκοπή τροφοδοσίας, στη συνέχεια, εισάγεται στην εγκοπή του βρόχου. Εκεί πραγματοποιούνται οι απαιτούμενες περιστροφές του σύρματος γύρω από το περίγραμμα του βρόχου. Έπειτα, το σύρμα επιστρέφει πάλι στην εγκοπή τροφοδοσίας, για να καταλήξει, τελικά, στο άκρο της εν λόγω εγκοπής, το οποίο αποτελεί το σημείο, στο οποίο το σύρμα τοποθετήθηκε αρχικά. Η διαδικασία τοποθέτησης του σύρματος παρουσιάζεται λεπτομερώς στα Σχ.1.37. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα το σύρμα έχει τοποθετηθεί και έχει περιστραφεί τρεις φορές γύρω από το περίγραμμα του βρόχου. Το σύρμα πρέπει να κρατείται εξασφαλισμένο στον πυθμένα σε όλο το μήκος της εγκοπής. Για το σκοπό αυτό συνιστάται η χρήση ενός πλαστικού, αφρώδους υλικού, το οποίο αποκαλείται “baker rod”. Για να επιτευχθεί η εξασφάλιση του σύρματος στον πυθμένα των εγκοπών, χρησιμοποιείται μια σειρά από κομμάτια του συγκεκριμένου υλικού με μήκος 1 ίντσας (περίπου 2,5 εκατοστά) για το καθένα κομμάτι. Τα κομμάτια αυτά του υλικού τοποθετούνται κατά διαστήματα σε ολόκληρο το μήκος τόσο των εγκοπών των βρόχων όσο και των εγκοπών τροφοδοσίας, σε απόσταση 1 ποδιού (περίπου 30 εκατοστών) μεταξύ τους, όπως φαίνεται και στην αντίστοιχη τομή του Σχ.1.29. Τα συγκεκριμένα κομμάτια του πλαστικού αφρώδους υλικού τοποθετούνται μετά την τοποθέτηση του σύρματος των βρόχων. Πρέπει τα εν λόγω κομμάτια να πιέζονται σφιχτά μέσα στις εγκοπές, με τη χρήση ξύλινων ραβδιών, συνήθως, προκειμένου να μην προκληθεί καμία ζημιά στη μόνωση των συρμάτων και να διατηρούνται αυτά σταθερά εξασφαλισμένα στον πυθμένα των εγκοπών. Εάν οι ράβδοι του αφρώδους υλικού δεν πιεστούν σφιχτά εντός των εγκοπών, τότε το σύρμα των βρόχων θα τείνει να αποσταθεροποιηθεί και να μετακινηθεί, όταν η εγκοπή καλυφθεί με ασφαλτικό υλικό, με αποτέλεσμα τη χαλάρωση των συρμάτων εντός των εγκοπών. Μια τέτοια εξέλιξη θα μπορούσε να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην αξιοπιστία του συστήματος των βρόχων, καθώς η ύπαρξη χαλαρών και μη σταθερά εξασφαλισμένων συρμάτων θα μπορούσε να προκαλέσει

εσφαλμένες καταγραφές, προερχόμενες από δονήσεις ή από ξαφνική κίνηση [3].

Εφόσον το σύρμα έχει τοποθετηθεί μέσα στις εγκοπές του οδοστρώματος και έχει εξασφαλιστεί με το προαναφερθέν πλαστικό αφρώδες υλικό, απομένει να σφραγιστούν οι εγκοπές αυτές. Προτού γίνει το σφράγισμά τους, είναι καλό να επιβεβαιωθεί ότι η μόνωση των συρμάτων δεν έχει υποστεί καμία απολύτως ζημιά κατά τη διάρκεια της τοποθέτησής τους στις εγκοπές. Η εξακρίβωση αυτή επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κατάλληλης μεθόδου και κατάλληλων οργάνων [3].

Το υλικό που θα επιλεγεί για την κάλυψη των εγκοπών στο οδόστρωμα, πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά. Πρέπει, καταρχάς, να ταιριάζει με τον τύπο του υφιστάμενου οδοστρώματος. Το επιλεγόμενο υλικό θα πρέπει να έχει καλές ιδιότητες προσκόλλησης και τα χαρακτηριστικά του θα πρέπει να ταιριάζουν με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του υλικού του οδοστρώματος και κυρίως, με τη συστολή και τη διαστολή. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται, όταν τα χρησιμοποιούμενα υλικά για την πλήρωση των εγκοπών είναι σε υψηλή θερμοκρασία, καθώς οι υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν ζημιά ή και να καταστρέψουν το μονωτικό υλικό των συρμάτων [3].

Οι χρησιμοποιούμενοι τύποι των εν λόγω υλικών ποικίλουν και εξαρτώνται και από τη γεωγραφική τοποθεσία, στην οποία διεξάγονται τα έργα. Επομένως, δεν μπορούν να γίνουν συγκεκριμένες συστάσεις και υποδείξεις, σχετικά με το ποιος είναι ο καλύτερης ποιότητας τύπος υλικού. Το υλικό πλήρωσης των εγκοπών, όταν απλώνεται και εφαρμόζεται με το σωστό τρόπο, πρέπει να καλύπτει πλήρως τα σύρματα των βρόχων καθώς και τις ράβδους του πλαστικού, αφρώδους υλικού (baker rod). Από τη στιγμή που το υλικό πλήρωσης αποτελεί ένα φράγμα ανάμεσα στο σύρμα και το περιβάλλον, είναι απολύτως αναγκαίο το σύρμα να καλύπτεται ερμητικά, ώστε να μην υπάρχουν καθόλου κενά, τα οποία, ενδεχομένως, να επιτρέψουν στο νερό να διεισδύσει εντός των εγκοπών. Στην περίπτωση που συμβεί το παραπάνω ενδεχόμενο, μια διείσδυση νερού εντός των εγκοπών θα μπορούσε να έχει πολύ αρνητικές επιπτώσεις. Το πάγωμα του νερού συνοδεύεται πάντοτε με διαστολή του όγκου του. Η διαρκής εναλλαγή μεταξύ της πήξης και της τήξης του νερού με τις συνεπακόλουθες διαστολές και συστολές, που συνοδεύουν το κάθε φαινόμενο, αντίστοιχα, θα μπορούσε να προκαλέσει, αρχικά, ένα σπρώξιμο των συρμάτων των εγκοπών προς τα πάνω και τελικά, την έξοδό τους από τις εγκοπές, οι οποίες, ως γνωστό είναι μικρού βάθους. Μια τέτοια, ανεπιθύμητη εξέλιξη θα οδηγούσε σε μια αποτυχία και αστοχία του συγκεκριμένου συστήματος επαγωγικών βρόχων.



Σχ.1.32: Διάνοιξη εγκοπών για την τοποθέτηση του σύρματος του βρόχου στο οδόστρωμα με ειδικό πριονωτό μηχάνημα. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)



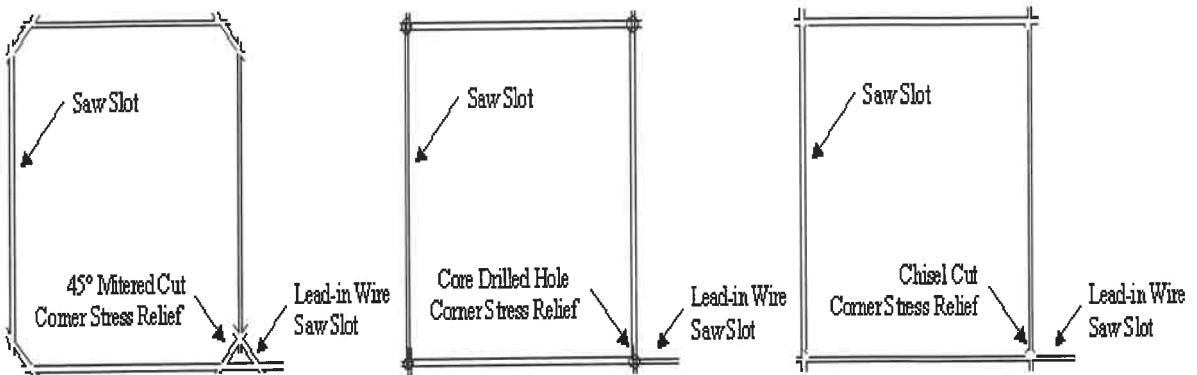
Σχ.1.33: Καθαρισμός, σε πρώτη φάση, με νερό υψηλής πίεσης της εγκοπής στο οδόστρωμα για απομάκρυνση των ανεπιθύμητων φερτών υλικών. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)



Σχ.1.34: Καθαρισμός, σε δεύτερη φάση, της εγκοπής με πεπιεσμένο αέρα για την απομάκρυνση φερτών υλικών και του νερού που χρησιμοποιήθηκε πριν. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)



Σχ.1.35: Εισαγωγή με συγκεκριμένο τρόπο και μέθοδο, εντός της εγκοπής, του σύρματος του επαγωγικού βρόχου. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)



Σχ.1.36: Εικονίζονται τρεις επιμέρους μέθοδοι για τον «πριονισμό» του οδοστρώματος και τη διάνοιξη εγκοπών εντός του, προκειμένου να τοποθετηθεί το σύρμα του βρόχου. Στις γωνίες των περιγραμμάτων διακρίνονται οι ειδικές διαμορφώσεις που χρησιμοποιούνται για την ανακούφιση των εντάσεων και των εντάσεων που αναπτύσσονται στις γωνίες. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)

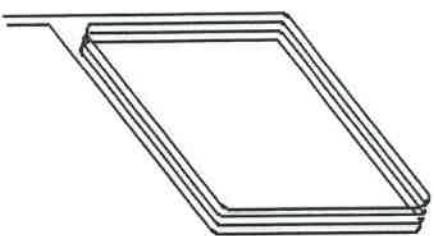


Figure 1 – Correctly Wound Loop
(4 turns shown for clarity)

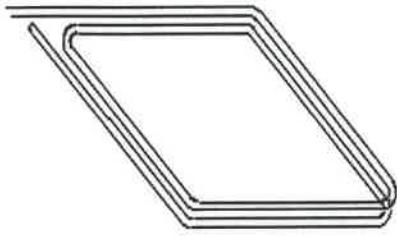


Figure 2 – Incorrectly Wound Loop
(4 turns shown for clarity)

Σχ.1.37: Στο αριστερό σκαρίφημα παρουσιάζεται ο σωστός και ενδεικνυόμενος τρόπος για την τοποθέτηση και περιστροφή του σύρματος εντός της εγκοπής του οδοστρώματος. Στο δεξιό σκαρίφημα εικονίζεται ο εσφαλμένος τρόπος. (ΠΗΓΗ: www.renoae.com)

1.2.2.9 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ακολούθως, θα αναφερθούμε στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματα των ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο.

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** των ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο είναι τα ακόλουθα:

- (α) Ευέλικτος σχεδιασμός που επιτρέπει τη χρησιμοποίησή τους σε μεγάλο εύρος εφαρμογών [4].
- (β) Τεχνολογία ώριμη, με πλήρη επίγνωση των δυνατοτήτων της, ύστερα από εφαρμογή της στην πράξη για περισσότερα από 30 χρόνια [4].
- (γ) Η **ύπαρξη** των επαγωγικών βρόχων δε γίνεται **καθόλου αντιληπτή** ούτε από τα οχήματα αλλά ούτε και τους πεζούς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι βρόχοι τοποθετούνται κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος και όχι πάνω σε αυτήν. Τις περισσότερες φορές είναι αδύνατη ακόμα και η οπτική τους αναγνώριση από τους κοινούς οδηγούς. Αν και τα ίχνη των πραγματοποιούμενων τομών είναι εμφανή στην επιφάνεια του οδοστρώματος, ελάχιστα άτομα μπορούν να καταλάβουν τι βρίσκεται «θαμμένο» κάτω από αυτά.
- (δ) Η **μη ύπαρξη οποιασδήποτε όχλησης** στα διερχόμενα οχήματα λόγω της τοποθέτησης των βρόχων κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Η διέλευση των οχημάτων πραγματοποιείται πάνω από τους βρόχους εντελώς ανεπαίσθητα και χωρίς την πρόκληση κανενός είδους κραδασμών, κάτι που δεν ισχύει πχ στην περίπτωση των διελεύσεων οχημάτων πάνω από τον ελαστικό σωλήνα μετρητών με πεπιεσμένο αέρα.
- (ε) Η **υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία στις μετρήσεις** που παρέχουν. Οι σωστά εγκατεστημένοι επί της οδού επαγωγικοί βρόχοι μπορούν να προσεγγίσουν ακρίβεια στις μετρήσεις σε ποσοστό 99% [5]. Επιπλέον, οι μετρήσεις τους παραμένουν εντελώς ανεπηρέαστες από την παρουσία πεζών, ζώων καθώς και κάθε είδους φερτών υλικών επί του οδοστρώματος, όπως σκόνη, χώμα, μπάζα. Αποτελούν την ακριβέστερη μέθοδο για την ανίχνευση και την καταμέτρηση των οχημάτων [4],[5]. Η τεχνολογία των επαγωγικών βρόχων αποτελεί πάντοτε βάση για σύγκριση με τις υπόλοιπες υπάρχουσες ανταγωνιστικές τεχνολογίες στον τομέα της ανίχνευσης και καταμέτρησης των οχημάτων.
- (στ) Το σχετικά με άλλες μεθόδους (ανιχνευτές που τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος) **μικρό κόστος αγοράς** του εξοπλισμού των επαγωγικών βρόχων [4].
- (ζ) Δεν επηρεάζεται η λειτουργία τους από δυσμενείς καιρικές συνθήκες όπως βροχή,

ομίχλη, χιόνι [4].

Τα κυριότερα μειονεκτήματα, στα οποία θα μπορούσαμε να αναφερθούμε, είναι τα κάτωθι:

- (α) **Η δυσκολία εγκατάστασης και απεγκατάστασης** των επαγωγικών βρόχων από τα οδοστρώματα [4],[5]. Προκειμένου να εγκατασταθεί, αλλά και να αφαιρεθεί από το εσωτερικό του οδοστρώματος το λεπτό σύρμα που αποτελεί το βρόχο, είναι αναγκαία και αναπόφευκτη η κοπή του οδοστρώματος, μέσω των κατάλληλων λεπτών τομών, με τη χρήση ειδικών μηχανημάτων. Αφότου η εγκατάσταση ή η απεγκατάσταση του βρόχου έχει ολοκληρωθεί, είναι αναγκαία η αποκατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος με ασφαλτικό υλικό, για την κάλυψη των κενών που προέκυψαν στην επιφάνειά του, από τις αναγκαίες τομές που πραγματοποιήθηκαν για την εγκατάσταση ή απεγκατάσταση του βρόχου. Η αποκατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος από τις πραγματοποιούμενες τομές είναι απολύτως αναγκαία για την προστασία του οδοστρώματος από διάβρωση, προερχόμενη από εξωγενείς παράγοντες, όπως είναι η κυκλοφορία των οχημάτων και οι καιρικές συνθήκες [4]. Για τους παραπάνω λόγους οι επαγωγικοί βρόχοι δεν προορίζονται να πραγματοποιούν μεμονωμένες μετρήσεις και μετά τη λήψη αυτών να αφαιρούνται από την οδό. Τοποθετούνται εντός του οδοστρώματος, προοριζόμενοι να πραγματοποιήσουν μεγάλο αριθμό κυκλοφοριακών μετρήσεων, μέσα σε βάθος χρόνου αρκετών ετών. Συνεπώς, η τοποθέτησή των επαγωγικών βρόχων γίνεται σε θέσεις του οδικού δικτύου, οι οποίες έχουν επιλεγεί, ώστε να λειτουργούν ως μόνιμοι σταθμοί μέτρησης κυκλοφοριακών μεγεθών.
- (β) **Η φθορά** που προκαλείται στο οδόστρωμα κατά την τοποθέτηση των επαγωγικών βρόχων [4],[5]. Βέβαια, η φθορά αυτή είναι αρκετά περιορισμένη και η αποκατάστασή της δεν είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί.
- (γ) **Η μείωση της διάρκειας ζωής του οδοστρώματος** εξαιτίας της φθοράς που προκαλείται στο οδόστρωμα κατά την τοποθέτηση των επαγωγικών βρόχων [4].

- (δ) **Η απαραίτητη διακοπή της κυκλοφορίας** για την εγκατάσταση ή την απεγκατάσταση και τη συντήρηση των βρόχων. Προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι αναγκαίες τομές στο οδόστρωμα, είναι απαραίτητη η διακοπή της κυκλοφορίας για το χρονικό διάστημα που διεξάγονται οι προβλεπόμενες εργασίες επί της οδού για την τοποθέτηση των βρόχων [4],[5]. Η στέρηση μιας οδού από την κυκλοφορία θα μπορούσε να έχει ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις για τις κυκλοφοριακές συνθήκες μιας ευρύτερης περιοχής. Αν και το απαιτούμενο χρονικό διάστημα για την τοποθέτηση των βρόχων δεν είναι μεγάλο, είναι, παρόλα αυτά, ικανό να προκαλέσει όχληση και

καθυστερήσεις στο οδικό δίκτυο μιας περιοχής.

(ε) Το σύρμα των βρόχων υπόκειται σε πιέσεις από την κυκλοφορία και τη θερμοκρασία [4].

(στ) Για την καταγραφή της κυκλοφορίας σε μια τοποθεσία απαιτούνται πολλαπλοί ανιχνευτές με επαγωγικό βρόχο [4]. (Ενας επαγωγικός βρόχος προορίζεται για τη συλλογή δεδομένων από μία μόνον λωρίδα κυκλοφορίας).

(ζ) Η ακρίβεια της ανίχνευσης ενδέχεται να μειωθεί, όταν απαιτείται ανίχνευση μιας μεγάλης ποικιλίας από κατηγορίες οχημάτων [4].

(η) Αστοχίες στη λειτουργία των βρόχων από την εγκατάστασή τους σε κακής ποιότητας επιφάνειες δρόμων [4].

1.2.2.10 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΒΡΟΧΟΙ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

Η Αθήνα αποτελεί μια από τις πόλεις, όπου γίνεται εκτεταμένη χρήση των ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο για τη συγκέντρωση κυκλοφοριακών στοιχείων. Μια προσεκτική παρατήρηση των κυριότερων οδικών αξόνων της πρωτεύουσας αρκεί, για να διαπιστώσει κανείς την ύπαρξη σημαντικού αριθμού ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο για τη διεξαγωγή κυκλοφοριακών μετρήσεων. Υπεύθυνο για την πραγματοποίηση των κυκλοφοριακών αυτών μετρήσεων είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ).

Το ΥΠΕΧΩΔΕ προβαίνει στην καταγραφή των μετρήσεων, στην αρχειοθέτησή τους και στη συνέχεια, στις σχετικές συγκρίσεις, παρακολουθώντας τις εξελικτικές τάσεις της κυκλοφορίας στο πέρασμα του χρόνου. Σχετικές φωτογραφίες παρατίθενται, ακολούθως, από ορισμένες από τις κεντρικότερες οδούς και λεωφόρους της Αθήνας, όπως από τη λεωφόρο Αλεξάνδρας, την οδό Πανεπιστημίου, την οδό Πατησίων (28^{ης} Οκτωβρίου), τη λεωφόρο Κηφισίας, τη λεωφόρο Βασιλίσσης Σοφίας κλπ.

Οι φωτογραφίες αυτές είναι ενδεικτικές του πλήθους των ανιχνευτών με επαγωγικό βρόχο, που συναντιούνται σε πολλούς κεντρικούς δρόμους της Αθήνας. Οι συγκεκριμένες φωτογραφίες αποτελούν ένα πολύ μικρό δείγμα του πλήθους των υφιστάμενων εγκατεστημένων βρόχων στους δρόμους της Αθήνας.



Σχ.1.38: Επαγωγικοί βρόχοι καθένας τοποθετημένος σε κάθε μια από τις 4 λωρίδες κυκλοφορίας της οδού Πανεπιστημίου.



Σχ.1.39: Επαγωγικοί βρόχοι στο ρεύμα καθόδου της λεωφόρου Βασιλίσσης Σοφίας προς Σύνταγμα στο ύψος της Προεδρικής Φρουράς.



Σχ.1.40: Επαγωγικοί βρόχοι επί της οδού Πατησίων έξω από το ιστορικό κτίριο του Πολυτεχνείου στο ρεύμα με κατεύθυνση το Πεδίον του Αρεως.



Σχ.1.41: Επαγωγικοί βρόχοι στο ρεύμα ανόδου της λεωφόρου Αλεξάνδρας στο ύψος του Πεδίου του Αρεως.

1.2.3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

Οι εν λόγω ανιχνευτές υπάγονται στην κατηγορία των ανιχνευτών που τοποθετούνται πάνω ή και μέσα στο οδόστρωμα. Η λειτουργία της ανίχνευσης των συγκεκριμένων ανιχνευτών είναι παρεμφερής με την αντίστοιχη λειτουργία των ανιχνευτών με επαγγελματικό βρόχο.

1.2.3.1 ΤΥΠΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ

Οι ανιχνευτές μαγνητικού πεδίου μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο υποκατηγορίες. Στην πρώτη υποκατηγορία μπορούν να καταταχθούν οι ανιχνευτές, οι οποίοι εγκαθίστανται **εντός του οδοστρώματος**. Οι ανιχνευτές αυτοί προορίζονται για μόνιμη εγκατάσταση εντός του οδοστρώματος, σε θέσεις μόνιμων σταθμών κυκλοφοριακών μετρήσεων του οδικού δικτύου. Αντίθετα, στη δεύτερη υποκατηγορία κατατάσσονται οι ανιχνευτές, οι οποίοι τοποθετούνται **πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος**. Οι ανιχνευτές αυτοί είναι φορητές συσκευές, οι οποίες προσφέρονται για πραγματοποίηση κυκλοφοριακών μετρήσεων περιορισμένης χρονικής διάρκειας και όχι μόνιμης. Μετά την ολοκλήρωση των προβλεπόμενων μετρήσεων, οι φορητοί ανιχνευτές αφαιρούνται από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Χαρακτηριστικές φωτογραφίες ανιχνευτών και των δύο υποκατηγοριών παρατίθενται στα Σχ.1.42, Σχ.1.43, Σχ.1.44. Ο ανιχνευτής του Σχ.1.42 ανήκει στους ανιχνευτές, που εγκαθίστανται μόνιμα εντός του οδοστρώματος. Στα Σχ.1.43 και Σχ.1.44 παρουσιάζονται διάφορες παραλλαγές φορητών ανιχνευτών.

1.2.3.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ

Πέραν της βασικής διαφοράς τους, η οποία εντοπίζεται ως προς τη θέση εγκατάστασης των ανιχνευτών στο οδόστρωμα, οι δύο υποκατηγορίες των εν λόγω ανιχνευτών παρουσιάζουν πολλά κοινά σημεία ως προς την αρχή λειτουργίας τους και τη δομή τους.

Η βασική αρχή της λειτουργίας τους είναι ταυτόσημη και στις δύο περιπτώσεις. Η ανίχνευση των διερχόμενων οχημάτων στηρίζεται στην ανίχνευση της διαταραχής του μαγνητικού πεδίου της γης, εντός της περιοχής ανίχνευσης του ανιχνευτή, που προκαλείται εξαιτίας της παρουσίας μεταλλικών αντικειμένων, όπως τα διερχόμενα οχήματα [4]. Μάλιστα, η προκαλούμενη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου των ανιχνευτών, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερο είναι το όχημα, το οποίο διέρχεται

πάνω από τους ανιχνευτές. Στο φαινόμενο αυτό, βασίζεται η δυνατότητα κατάταξης των διερχόμενων οχημάτων σε κατηγορίες, ανάλογα με το μέγεθός τους, όπως μοτοσυκλέτες, IX, φορτηγά.

Όσον αφορά τη δομή τους, είναι κοινό χαρακτηριστικό και των δύο υποκατηγοριών, ότι στην ίδια τη συσκευή βρίσκονται ταυτόχρονα και ο ανιχνευτής αλλά και ο μετρητής της κυκλοφορίας [7]. Αποτελούν αυτόνομες μονάδες, οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα. Σε αυτό συντελεί και η ενσωματωμένη μπαταρία μακράς διάρκειας που διαθέτουν και η οποία μπορεί να τους προσφέρει την απαιτούμενη αυτάρκεια για τη διεξαγωγή μεγάλου αριθμού κυκλοφοριακών μετρήσεων [7]. Ειδικά οι φορητοί ανιχνευτές, η ανάμειξη των οποίων με τη διερχόμενη κυκλοφορία είναι άμεση, προστατεύονται με ένα ανθεκτικό μεταλλικό περίβλημα. Επίσης, οι διαστάσεις τους είναι αρκετά μικρές και σχεδόν ίδιες και για τους μόνιμους αλλά και για τους φορητούς ανιχνευτές. Ενδεικτικά, θα αναφέρουμε τις διαστάσεις των τρειών εικονιζόμενων ανιχνευτών. Ο μόνιμος ανιχνευτής του Σχ.1.42 είναι σχήματος κυκλικού, έχει διάμετρο 6 ίντσες (περίπου 15 εκατοστά) και ύψος 3,25 ίντσες (περίπου 8 εκατοστά). Ο φορητός ανιχνευτής του Σχ.1.43 είναι σχήματος ορθογωνίου με μήκος 6,5 ίντσες (περίπου 16 εκατοστά), πλάτος 5,5 ίντσες (περίπου 14 εκατοστά) και ύψος 0,75 ίντσες (περίπου 2 εκατοστά). Ο φορητός ανιχνευτής του Σχ.1.44 είναι σχήματος ορθογωνίου με μήκος 7,125 ίντσες (περίπου 18 εκατοστά), πλάτος 4,625 ίντσες (περίπου 12 εκατοστά) και ύψος 0,5 ίντσες (περίπου 1,3 εκατοστά) [7].

1.2.3.3 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Εκτός, βέβαια, από την ανίχνευση, την καταμέτρηση και την ταξινόμηση των οχημάτων σε κατηγορίες, οι συγκεκριμένοι ανιχνευτές παρέχουν και μια πληθώρα από χρήσιμα στοιχεία και πληροφορίες. Είναι σε θέση να προβαίνουν σε ταξινόμηση των διερχόμενων οχημάτων ανάλογα με το μήκος τους. Μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το ποσοστό κατάληψης του καταστρώματος της οδού για διάφορες χρονικές στιγμές σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη θερμοκρασία και σχετικά με τις υγρές ή τις ξηρές επικρατούσες συνθήκες στην επιφάνεια του καταστρώματος της οδού. Όλες τις παραπάνω πληροφορίες είναι σε θέση να τις καταγράφουν και να τις παρουσιάζουν οργανωμένα και παραστατικά με τη μορφή διαγραμμάτων, γραφικών παραστάσεων και έγγραφων αναφορών [7]. Οι μόνιμοι, μάλιστα, ανιχνευτές παρέχουν τη δυνατότητα να μεταβιβάζουν ασυρμάτως τα κυκλοφοριακά στοιχεία, τα οποία έχουν



Σχ.1.42: Μόνιμος μετρητής κυκλοφοριακών φόρτων ο οποίος εγκαθίσταται μέσα στο οδόστρωμα (ΠΗΓΗ: www.quixotecorp.com)



Σχ.1.43: Φορητός κυκλοφοριακών φόρτων ο οποίος εγκαθίσταται πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος (ΠΗΓΗ: www.quixotecorp.com)



Σχ.1.44: Φορητός μετρητής κυκλοφοριακών φόρτων ο οποίος εγκαθίσταται πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος (ΠΗΓΗ: www.quixotecorp.com)

συλλέξει, σε μία τοπική μονάδα δεδομένων, από την οποία γίνεται, κατόπιν, η μεταβίβαση των πληροφοριών σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση. Αντίθετα, στους φορητούς ανιχνευτές η μεταφορά των δεδομένων σε υπολογιστές γίνεται κατόπιν της απεγκατάστασής τους από την επιφάνεια του οδοστρώματος και όχι ασύρματα.

Οι εφαρμογές, στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εν λόγω μαγνητικοί ανιχνευτές, είτε μόνιμοι είναι είτε φορητοί, είναι ποικίλες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη κυκλοφοριακών μετρήσεων τόσο σε οδούς εντός των μεγάλων αστικών κέντρων όσο και σε λεωφόρους πολλαπλών λωρίδων κυκλοφορίας, τοποθετώντας σε κάθε μία λωρίδα κυκλοφορίας και μία ξεχωριστή συσκευή ανίχνευσης-μέτρησης. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη στοιχείων σε κόμβους και σε λωρίδες κυκλοφορίας στρεφουσών κινήσεων. Βρίσκουν εφαρμογή, ακόμη, σε δημόσιους χώρους, σε αθλητικές εγκαταστάσεις, σε στρατιωτικές βάσεις και σε χώρους αναψυχής, όπως πάρκα. Τέλος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χώρους στάθμευσης, σε γέφυρες και σε σταθμούς διοδίων για την παρακολούθηση και την καταμέτρηση των διερχόμενων οχημάτων από τις συγκεκριμένες αυτές προσβάσεις [7].

1.2.3.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η αναφορά μας στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματα θα γίνει με διαχωρισμό των ανιχνευτών στις δύο υποκατηγορίες τους, δηλαδή σε μόνιμους και σε φορητούς, με ξεχωριστή αναφορά για την κάθε υποκατηγορία.

Σαν κυριότερα πλεονεκτήματα των μόνιμων μετρητών (τοποθέτηση εντός του οδοστρώματος) μπορούν να αναφερθούν τα κάτωθι:

- (α) Η **μη αντιληπτή παρουσία** των συσκευών αυτών από τους διερχόμενους οδηγούς λόγω της τοποθέτησής τους μέσα στο οδόστρωμα.
- (β) Η **ακρίβεια** και η **αξιοπιστία** στις μετρήσεις είναι εξακριβωμένες και πειραματικά [4].
- (γ) Η **πληθώρα** των παρεχόμενων κυκλοφοριακών δεδομένων καθώς, όπως έχει προαναφερθεί, παρέχουν πληροφορίες φόρτου κυκλοφορίας, ταχυτήτων κίνησης, μηκών διερχόμενων οχημάτων, θερμοκρασίας οδοστρώματος, συνθηκών ξηρών/υγρών επιφάνειας οδοστρώματος [4].
- (δ) **Δυνατότητα ασύρματης μεταβίβασης** των καταγεγραμμένων πληροφοριών από το μετρητή προς κάθε πηγή χωρίς να απαιτείται αφαίρεση/απεγκατάσταση του μετρητή

από το οδόστρωμα [4].

(ε) **Περιορισμένες ανάγκες συντήρησης** των συσκευών που διαθέτουν και ενσωματωμένη πηγή ενέργειας (μπαταρία) μακράς διάρκειας, έως και 5 έτη [4].

(στ) **Αυτοτέλεια** των συσκευών των ανιχνευτών καθώς είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν μετρήσεις και να συλλέξουν δεδομένα κυκλοφορίας χωρίς οποιαδήποτε παρουσία εξωτερικών αισθητήρων (πχ επαγγελματικών βρόχων) [4].

Σχετικά με τα **μειονεκτήματα των μόνιμων μετρητών** μπορούν να αναφερθούν τα εξής:

(α) Η αναπόφευκτα προκαλούμενη φθορά του οδοστρώματος προκειμένου να εγκατασταθεί, αρχικά, και να απεγκατασταθεί, τελικά, ο μετρητής από το εσωτερικό του οδοστρώματος [4],[6]. Βέβαια, η φθορά αυτή είναι τοπικού χαρακτήρα, αρκετά περιορισμένη και μικρού βάθους (το πολύ 10 εκατοστών όσο περίπου είναι και το ύψος της συσκευής). Παρόλα αυτά είναι αναπόφευκτο να γίνει και αποτελεί, σίγουρα, ένα μειονέκτημα της εν λόγω υποκατηγορίας μετρητών.

(β) Η απαιτούμενη διακοπή της κυκλοφορίας σε κάθε λωρίδα τοποθέτησης του μετρητή, έστω και μικρής χρονικής διάρκειας, μέχρι την αποπεράτωση των εργασιών εγκατάστασης της συσκευής και την αποκατάσταση του οδοστρώματος στη θέση εγκατάστασης [4],[6].

(γ) **Μικρές ζώνες ανίχνευσης** (σε ορισμένα μοντέλα) [4].

(δ) Στην πλειοψηφία τους αδυνατούν να ανιχνεύσουν σταματημένα οχήματα [4].

Αναφορικά με τους **φορητούς μετρητές** τα κυριότερα **πλεονεκτήματά** τους, τα οποία θα μπορούσαμε να αναφέρουμε, είναι τα ακόλουθα:

(α) **Πολύ απλή και εύκολη εγκατάσταση/απεγκατάσταση** η οποία πραγματοποιείται πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος, χωρίς να είναι αναγκαία οποιασδήποτε μορφής εκτέλεση διεργασιών επί του οδοστρώματος. Η σταθεροποίηση των συσκευών πάνω στο οδόστρωμα επιτυγχάνεται με τη χρήση μικρού τρυπανιού και μόνο [4].

(β) **Μηδαμινό κόστος εγκατάστασης και απεγκατάστασης** [4].

(γ) **Ακρίβεια και αξιοπιστία** στις μετρήσεις, εξακριβωμένη και πειραματικά [4].

(δ) **Πληθώρα παρεχόμενων κυκλοφοριακών δεδομένων** (όμοια με μόνιμους μετρητές) [4].

(ε) **Αυτοτέλεια και αυτονομία** χωρίς την ανάγκη ύπαρξης εξωτερικών αισθητήρων για την επιτέλεση της λειτουργίας τους [4].

Πέρα, όμως, από τα πλεονεκτήματα οι φορητοί μετρητές παρουσιάζουν και

ορισμένα μειονεκτήματα, στα οποία συγκαταλέγονται τα κάτωθι:

- (α) **Αισθητή και εύκολα αντιληπτή παρουσία** των μετρητών πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος.
- (β) **Πρόκληση πιθανής σύγχυσης και όχλησης** στους οδηγούς των διερχόμενων οχημάτων, στη θέα και μόνο των μετρητών, στο μέσο της λωρίδας κίνησής τους. Η διέλευση των τροχών των οχημάτων πάνω από τους μετρητές είναι γεγονός ότι προκαλεί δονήσεις στο αμάξωμα και είναι πολύ πιθανή η πρόκληση μιας ενδεχόμενης δυσφορίας στους επιβάτες του.
- (γ) **Κίνδυνος πρόκλησης σημαντικών φθορών** στο προστατευτικό κάλυμμα του μετρητή και στον ίδιο το μετρητή κατά επέκταση, από τη διερχόμενη κυκλοφορία και, ιδιαίτερα, από τα διερχόμενα βαρέα οχήματα. [4].
- (δ) **Μικρές ζώνες ανίχνευσης** (σε ορισμένα μοντέλα) [4].
- (ε) **Στην πλειοψηφία τους αδυνατούν να ανιχνεύσουν σταματημένα οχήματα** [4].

1.3: ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΣΩ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ ΠΟΥ ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Στην εν λόγω παράγραφο θα αναφερθούμε σε μια άλλη κατηγορία ανιχνευτών, οι οποίοι πραγματοποιούν τις μετρήσεις τους τοποθετούμενοι πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Οι μετρητές αυτοί χαρακτηρίζονται από το γεγονός, ότι, τόσο κατά τη διάρκεια της εγκατάστασής τους, όσο και κατά τη λειτουργία τους, δεν έρχονται σε καμιά επαφή με τη διερχόμενη κυκλοφορία και δεν παρεμβάλλονται σε αυτήν με κανένα τρόπο. Στην αγγλική ορολογία η συγκεκριμένη κατηγορία μετρητών-ανιχνευτών αποδίδεται, συνηθέστερα, με τους όρους “**above ground detectors**” και “**non-intrusive traffic detectors**”.

Οι τεχνολογίες, οι οποίες θα εξεταστούν στο παρόν κεφάλαιο και οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή στους ανιχνευτές με εγκατάσταση πάνω από το οδόστρωμα (above ground detection), είναι οι ακόλουθες [4]:

- (α) Τεχνολογία υπερύθρων (infrared – IR).
 - (i) Παθητικές (Passive IR-PIR), (ii) Ενεργητικές (Active IR)
- (β) Τεχνολογία ραντάρ μικροκυμάτων (microwave radar).
- (γ) Τεχνολογία υπερήχων (ultrasonic).
- (δ) Τεχνολογία βιντεοσκόπησης (video).
- (ε) Τεχνολογία παθητικής ακουστικής (passive acoustic).

1.3.1 ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ

1.3.1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η τεχνολογία των υπέρυθρων ακτινών αποτελεί μία από τις ευρέως εφαρμοζόμενες τεχνολογίες στην κατηγορία των ανιχνευτών, που τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (above ground detectors). Οι ανιχνευτές με τεχνολογία μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο, επιμέρους, κατηγορίες [4]. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι παθητικοί ανιχνευτές υπερύθρων (passive infrared - PIR). Στη δεύτερη κατηγορία υπάγονται οι ενεργητικοί ανιχνευτές υπερύθρων (active infrared).

Η λειτουργία των παθητικών ανιχνευτών υπερύθρων βασίζεται στην ανίχνευση της ενέργειας, που εκπέμπεται από τα οχήματα, την επιφάνεια του οδοστρώματος και

των άλλων αντικειμένων, που βρίσκονται εντός του πεδίου ανίχνευσής τους. Οι ίδιοι οι ανιχνευτές δεν εκπέμπουν καμία ενέργεια από μόνοι τους. Οι παθητικοί ανιχνευτές υπερύθρων ανιχνεύουν ακόμα και τις πιο ανεπαίσθητες μεταβολές των εκπομπών θερμότητας, που προέρχονται από κάθε αντικείμενο ή σώμα, που έχει θερμοκρασία στην επιφάνειά του πάνω από το απόλυτο μηδέν (-273°C). Μέσω της ανίχνευσης της μεταβολής της θερμότητας, που εκπέμπεται από το οδόστρωμα και ένα διερχόμενο όχημα, καθίσταται δυνατή η ανίχνευση της διέλευσης ενός οχήματος [4],[8].

Η ένταση της εκπεμπόμενης θερμότητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειας, το μέγεθος και την κατασκευή του προς ανίχνευση σώματος. Δεν εξαρτάται, όμως, σε καμία περίπτωση, από το χρώμα του προς ανίχνευση στόχου, καθώς και από τις επικρατούσες συνθήκες φωτισμού στην ευρύτερη περιοχή ανίχνευσης. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί, ότι ορισμένοι αισθητήρες, με τους οποίους είναι εφοδιασμένοι οι εν λόγω μετρητές, είναι σε θέση να αναγνωρίζουν και να μην λαμβάνουν υπόψη τους, τις μικρές θερμοκρασιακές μεταβολές, που συμβαίνουν στην επιφάνεια της οδού και που οφείλονται στις μεταβολές του καιρού και μόνο [8].

Η λειτουργία των ενεργητικών ανιχνευτών υπερύθρων στηρίζεται στην εκπομπή ενός ή περισσότερων χαμηλής ενέργειας ακτίνων λέιζερ στο οδόστρωμα και στη μέτρηση του χρόνου που παρέρχεται, ανάμεσα στη στιγμή της εκπομπής της ακτίνας λέιζερ από τον ανιχνευτή και στη στιγμή της επιστροφής της στον ανιχνευτή. Όταν ο συγκεκριμένος χρόνος που παρέρχεται, είναι μικρότερος από το συνήθη, τότε αυτό αποτελεί σημάδι της ύπαρξης κάποιου οχήματος, εντός της ζώνης ανίχνευσης [5]. Οι ενεργητικοί ανιχνευτές υπερύθρων αποτελούν, ουσιαστικά, λέιζερ ραντάρ (lazer radar).

1.3.1.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

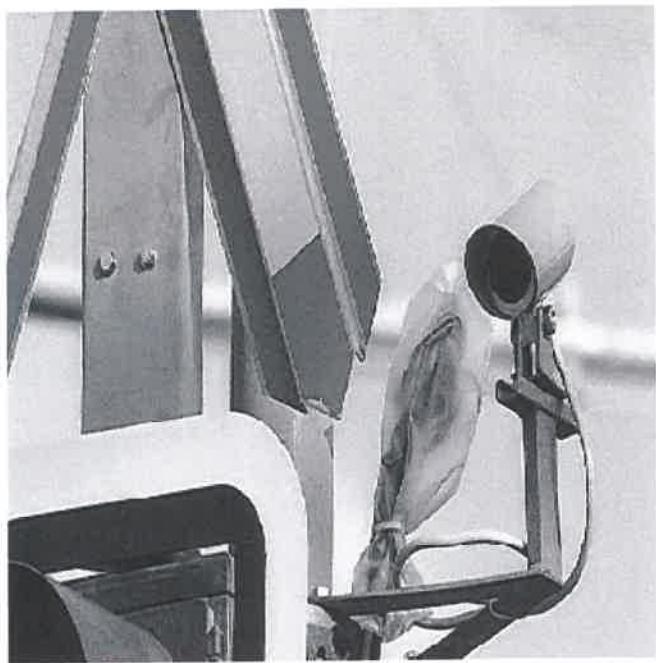
Η εγκατάσταση των εν λόγω ανιχνευτών πραγματοποιείται, πάντοτε, πάνω σε σταθερά σημεία, τα οποία υπέρκεινται του καταστρώματος των οδών. Τέτοια σημεία ενδέχεται να είναι η κορυφή ενός στύλου σηματοδότησης (όπως παρουσιάζεται και στο Σχ.1.45), μια γέφυρα, ένα υπερυψωμένο τμήμα μιας ανισόπεδης διάβασης, ένας οποιοισδήποτε στύλος στο κράσπεδο της οδού (όπως στύλος ηλεκτροφωτισμού) ή και μία γέφυρα ενός κινητού γερανού (σπανιότερα) [8]. Οι ακριβείς διαστάσεις του οπτικού πεδίου των μετρητών επιτρέπουν διακριτικότητα για κάθε μετρητή, η οποία περιορίζεται σε μία μόνο λωρίδα κυκλοφορίας. Συνεπώς, κάθε μετρητής προορίζεται για την πραγματοποίηση μετρήσεων σε μία και μόνο λωρίδα κυκλοφορίας. Επομένως, πάνω από το κατάστρωμα μίας οδού τοποθετούνται τόσοι μετρητές, όσες είναι και οι λωρίδες κυκλοφορίας της συγκεκριμένης οδού. Κάθε μετρητής τοποθετείται ακριβώς

πάνω και, κατά το δυνατόν, στο κέντρο της λωρίδας κυκλοφορίας, στην οποία προορίζεται να προβεί σε μετρήσεις.

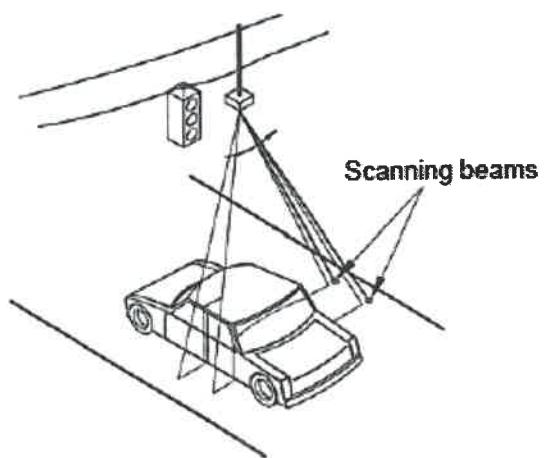
Η ονομαστική εμβέλεια δράσης κάθε ανιχνευτή, εντός της λωρίδας που εποπτεύει, διαφέρει ανάμεσα στα ποικύλα μοντέλα του εμπορίου και μπορεί να κυμαίνεται από μερικά έως και 100 μέτρα. Για οριζόντιες αποστάσεις από το μετρητή, ίσες με την ονομαστική εμβέλεια του κάθε μοντέλου, το εύρος της ζώνης ανίχνευσης, επί μίας λωρίδας κυκλοφορίας, είναι μικρότερο ή, το πολύ, ίσο με το πλάτος της συγκεκριμένης λωρίδας. Για οριζόντιες αποστάσεις από το μετρητή, οι οποίες υπερβαίνουν την ονομαστική εμβέλεια δράσης του, το εύρος της ζώνης ανίχνευσης γίνεται μεγαλύτερο από το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα να διεισδύει και εντός των γειτονικών λωρίδων. Το εύρος του πεδίου ανίχνευσης του μετρητή πάνω στη λωρίδα εποπτείας του εξαρτάται, κυρίως, από τις κατασκευαστικές ρυθμίσεις του μετρητή. Το ύψος τοποθέτησης του μετρητή πάνω από το κατάστρωμα της οδού επηρεάζει, σε μικρό μόνο βαθμό, το εύρος του πεδίου ανίχνευσης. Γενικά, κάθε κατασκευαστής παρέχει για τον κάθε μετρητή του συγκεκριμένες προδιαγραφές σχετικά με τη λειτουργία και την εγκατάστασή του. Για κάθε μοντέλο μετρητή είναι πολύ συγκεκριμένες οι οδηγίες και οι πληροφορίες, οι οποίες παρέχονται από τον κατασκευαστή του, αναφορικά με το συνιστώμενο ύψος εγκατάστασής του, την ονομαστική εμβέλεια δράσης του, το εύρος του πεδίου ανίχνευσης του μετρητή σε συνάρτηση με την οριζόντια απόσταση από αυτόν, τις ακραίες καιρικές συνθήκες (θερμοκρασιακό εύρος, σχετική υγρασία), στις οποίες ο μετρητής δύναται, αν και οριακά, να ανταπεξέλθει αποτελεσματικά.

Στον πίνακα Π.1.1 δίνονται από τον κατασκευαστή οι τιμές του εύρους της ζώνης ανίχνευσης για δεδομένες οριζόντιες αποστάσεις από τον κάθε μετρητή. Ο πίνακας είναι καθαρά ενδεικτικός της συσχέτισης ανάμεσα στο εύρος της ζώνης και στην οριζόντια απόσταση για τέσσερα διαφορετικά μοντέλα μίας συγκεκριμένης σειράς μετρητών (σειρά IR-200), που προωθούνται από γνωστή εταιρεία στο χώρο των ανιχνευτών-μετρητών κυκλοφορίας.

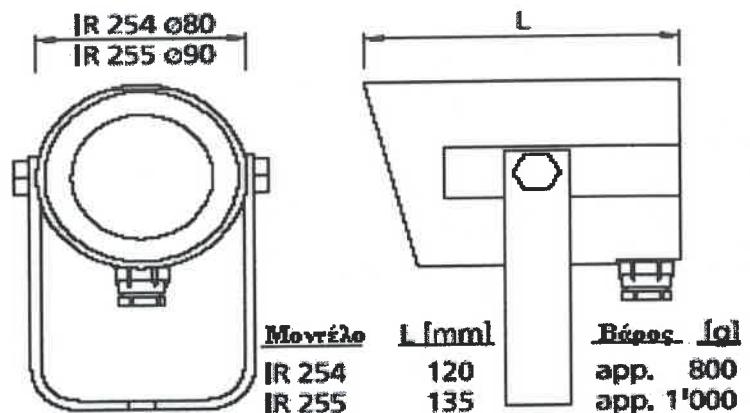
Το συνιστώμενο ύψος για την τοποθέτηση της συγκεκριμένης σειράς μετρητών προσδιορίζεται από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή στα 5,50 μέτρα. Στον πίνακα Π.1.1, με τα έντονα μαύρα γράμματα, ορίζεται από τον κατασκευαστή η ονομαστική εμβέλεια δράσης για το κάθε μοντέλο της συγκεκριμένης σειράς. Είναι γεγονός, ότι παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις από μοντέλο σε μοντέλο, όσον αφορά την ονομαστική εμβέλεια δράσης του καθενός και το αντίστοιχο εύρος της ζώνης



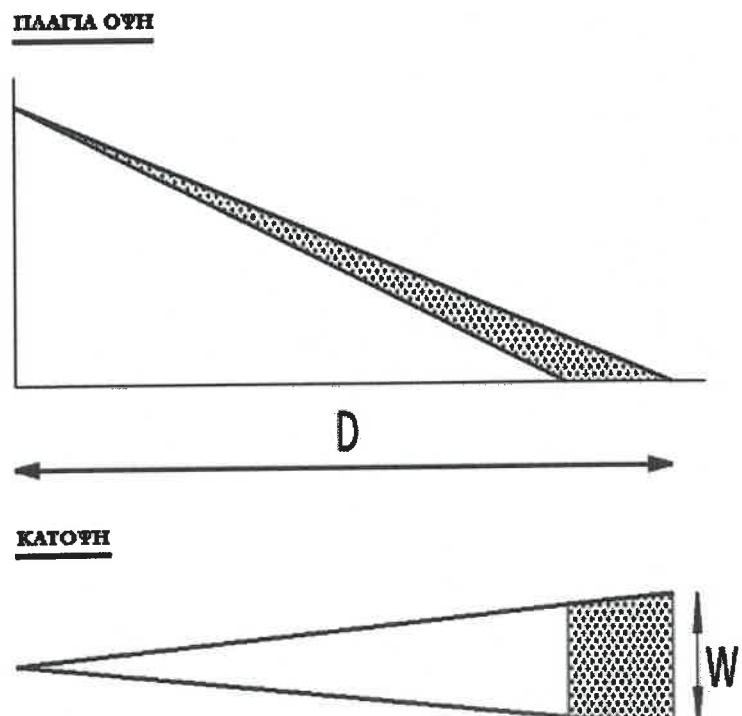
Σχ.1.45: Χαρακτηριστική εικόνα παθητικού ανιχνευτή με εφαρμογή της τεχνολογίας των υπερύθρων. Ο συγκεκριμένος μετρητής είναι τοποθετημένος πάνω σε ένα στύλο σηματοδότησης. (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



Σχ.1.46: Εικόνα ενεργητικού ανιχνευτή υπερύθρων (λέιζερ ραντάρ). (ΠΗΓΗ:[4])



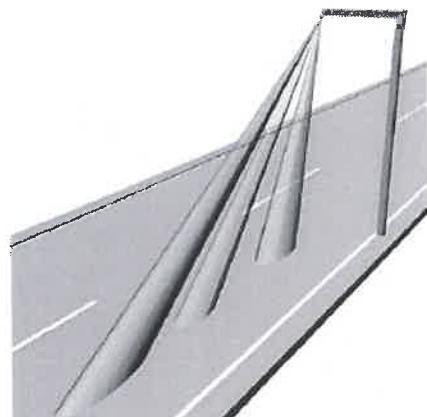
Σχ.1.47: Ενδεικτικό διάγραμμα που παρουσιάζει τις κύριες διαστάσεις και το βάρος, δύο διαφορετικών μοντέλων, μίας συγκεκριμένης σειράς (250) μετρητών, με εφαρμογή της τεχνολογίας των υπερύθρων. (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



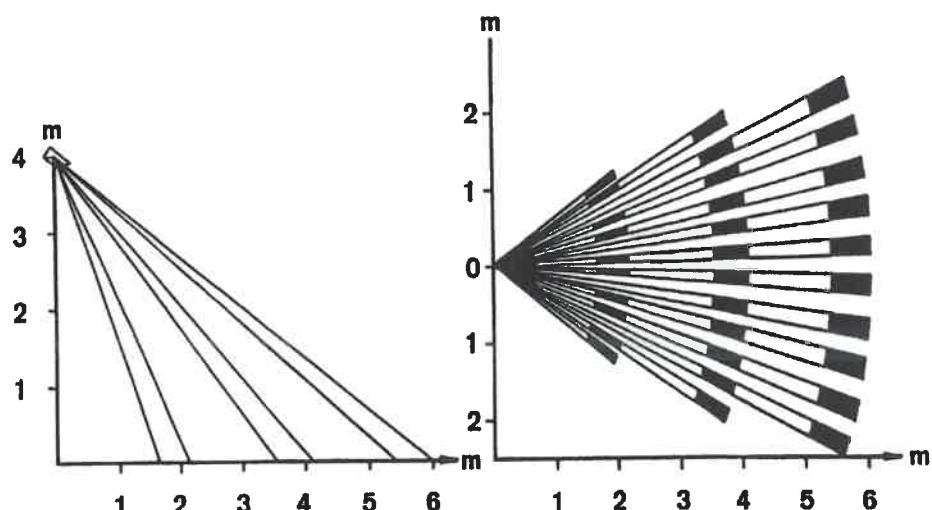
Σχ.1.48: Σχηματική απεικόνιση του πεδίου ανίχνευσης ενός παθητικού ανιχνευτή υπερύθρων. (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)

Πλάτος (w) οξ απόσταση (d)	IR 201	IR 203	IR 204	IR 206
5 m	0.8 m			1.3 m
10 m	1.2 m	0.8 m		1.9 m
15 m	1.6 m	1.1 m		2.7 m
20 m	2.0 m	1.4 m		3.5 m
30 m	3.0 m	2.1 m	0.9 m	5.0 m
50 m	5.0 m	3.4 m	1.5 m	
100 m			3.0 m	

Π.1.1: Οι τιμές του εύρους της ζώνης ανίχνευσης (w) για δεδομένες οριζόντιες αποστάσεις (D) (Σχ.5.4) από το κάθε μοντέλο ανιχνευτή(σειρά 200). (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



Σχ.1.49: Παθητικός ανιχνευτής υπερύθρων με πολλαπλές ζώνες (τρεις ζώνες) ανίχνευσης σε μία λωρίδα κυκλοφορίας.(ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



Σχ.1.50: Σε πλάγια όψη και κάτοψη, το πεδίο ανίχνευσης παθητικού ανιχνευτή υπερύθρων με τρεις ζώνες ανίχνευσης. (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)

ανίχνευσης, για ίσες οριζόντιες αποστάσεις από τον κάθε μετρητή. Η εν λόγω κατηγορία ανιχνευτών χρησιμοποιεί για την ανίχνευση και την καταμέτρηση μία δέσμη υπερύθρων, όπως παρουσιάζεται και στο αντίστοιχο σχήμα Σχ.1.48.

Στο Σχ.1.49 παρουσιάζεται μία διαφορετική σειρά ανιχνευτών γνωστής εταιρείας (σειρά IR-240), οι οποίοι λειτουργούν με τρεις δέσμες υπερύθρων. Στο Σχ.1.50 παρουσιάζεται, σχηματικά, σε πλάγια όψη και σε κάτοψη, το εύρος της ζώνης, καθεμίας εκ των τριών δεσμών υπερύθρων, σε συνάρτηση με την οριζόντια απόσταση από το μετρητή. Το συνιστώμενο ύψος τοποθέτησης των συγκεκριμένων ανιχνευτών καθορίζεται, επίσης, από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και ποικίλει από μοντέλο σε μοντέλο της κάθε σειράς. Το συνιστώμενο ύψος για τον ανιχνευτή του Σχ.1.50 είναι στα 4 μέτρα, όπως χαρακτηριστικά εικονίζεται και στο αντίστοιχο σχήμα.

1.3.1.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Όσον αφορά τα μηχανικά χαρακτηριστικά των μετρητών με χρήση υπερύθρων, αυτά παρέχονται από τους κατασκευαστές με τα αντίστοιχα διαγράμματα. Χαρακτηριστικό τέτοιο διάγραμμα παρουσιάζεται στο Σχ.1.47, όπου παρατίθενται οι κύριες διαστάσεις (mm) και το βάρος (g) ενός ανιχνευτή. Γενικά, οι διαφορές που παρατηρούνται σε αυτά τα χαρακτηριστικά ανάμεσα στα διάφορα μοντέλα, είναι μικρές και όχι αξιόλογες. Οι διαστάσεις των μετρητών είναι σχετικά μικρές, όπως και το βάρος τους. Από σχετική έρευνα που κάναμε, διαπιστώσαμε ότι η διάμετρός τους κυμαίνεται, χονδρικά, μεταξύ 70 και 90 χιλιοστών (7 και 9 εκατοστά αντίστοιχα). Το μήκος τους κυμαίνεται μεταξύ 110 και 160 χιλιοστών (11 και 16 εκατοστά αντίστοιχα). Το βάρος τους παρουσιάζει μεγαλύτερες διακυμάνσεις και λαμβάνει τιμές από 600 έως και 1700 γραμμάρια (0,6-1,7 κιλά). Η μεγάλη πλειοψηφία των ανιχνευτών έχει βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 600 και 1000 γραμμαρίων. Το κυριότερο κοινό χαρακτηριστικό τους είναι το υλικό κατασκευής τους και το υλικό κατασκευής του εξωτερικού περιβλήματός τους, το οποίο είναι αλουμίνιο οξειδωμένο με ανοδική επεξεργασία.

Σχετικά με τα οπτικά χαρακτηριστικά των μετρητών οι κατασκευαστές παρέχουν τις πληροφορίες αναφορικά με τους αισθητήρες, τους φακούς και/ή τα κάτοπτρα, με τα οποία είναι εφοδιασμένοι οι μετρητές. Επίσης, δίνονται πληροφορίες σχετικά με τη φασματική απόκριση (μμ) των αισθητήρων. Έτσι, στην απλούστερη μορφή, συναντούμε μετρητές με μία ζώνη φακών ή κατόπτρων και μετρητές με φακούς παραταγμένους σε πολλαπλές ζώνες, σε ορισμένες πιο εξελιγμένες περιπτώσεις μετρητών. Οι αισθητήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται, είναι στατικοί, ή δυναμικοί,

κυριότερα, ή και συνδυασμός στατικών και δυναμικών, ταυτόχρονα, σε πιο εξελιγμένους μετρητές. Η φασματική απόκριση των αισθητήρων παρουσιάζεται ίδια σε όλα τα μοντέλα και λαμβάνει τιμές από 8 έως 14 μμ.

Αναφορικά με τις παρεχόμενες προδιαγραφές των κατασκευαστών για τις περιβαλλοντικές συνθήκες, κάτω από τις οποίες οι ανιχνευτές είναι ικανοί να λειτουργήσουν αποτελεσματικά, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι μεγάλο εύρος ως προς τις τιμές αυτών. Δύο είναι οι κύριοι παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργία των ανιχνευτών. Αυτοί είναι η θερμοκρασία και η υγρασία της ατμόσφαιρας. Πιο συγκεκριμένα, οι θερμοκρασίες λειτουργίας για την πλειοψηφία των ανιχνευτών κυμαίνονται από -40°C έως +70°C. Παρατηρούμε, δηλαδή, την ύπαρξη ενός πολύ μεγάλου εύρους θερμοκρασιών, που αγγίζει τους 100°C. Πρακτικά, οι ακραίες θερμοκρασίες, οι οποίες ορίζονται ως όρια λειτουργίας των μετρητών, είναι σχεδόν αδύνατον να συναντηθούν, ακόμη και για τα πιο ακραία καιρικά φαινόμενα. Συνεπώς, οι εξεταζόμενοι σε αυτήν την ενότητα ανιχνευτές δεν έχουν, ουσιαστικά, θερμοκρασιακούς περιορισμούς στη λειτουργία τους και μπορούν να ανταπεξέλθουν ακόμη και στις πιο δυσμενείς θερμοκρασιακές συνθήκες. Πέραν, όμως, της θερμοκρασίας, ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας του περιβάλλοντος είναι η υγρασία της ατμόσφαιρας. Οι προδιαγραφές των ανιχνευτών καθορίζουν, ως μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό της σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα, για τη λειτουργία τους, την τιμή 95%. Η οριακή αυτή τιμή της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας είναι, σε αντίθεση με τις αντίστοιχες οριακές τιμές της θερμοκρασίας, αρκετά πιθανό να επιτευχθεί στην πράξη σε αρκετές περιοχές, ιδιαίτερα κατά τη χειμερινή περίοδο. Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε, ότι ανάμεσα στη θερμοκρασία και την υγρασία, η υγρασία αποτελεί τον κρίσιμο παράγοντα για την αποτελεσματική και αξιόπιστη λειτουργία του ανιχνευτή.

1.3.1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι κύριες εφαρμογές, για τις οποίες κατασκευάστηκαν οι ανιχνευτές με χρήση υπερύθρων, έχουν να κάνουν με την ανίχνευση της παρουσίας και την καταμέτρηση των διερχόμενων οχημάτων, τον υπολογισμό της ταχύτητας κίνησής τους και την κατάταξή τους σε κατηγορίες, με βάση το μήκος τους [8].

Εκτός από τα παραπάνω, οι εν λόγω ανιχνευτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε εφαρμογές ελέγχου της κυκλοφορίας σε ισόπεδους κόμβους. Μία βασική απαίτηση, σε έναν επενεργούμενο από την κυκλοφορία έλεγχο ενός κόμβου, είναι η ανίχνευση

των οχημάτων που προσεγγίζουν τον κόμβο, προκειμένου να «αιτηθούν» και να επιτευχθεί παράταση της πράσινης φάσης στη σηματοδότηση [8].

Μία επιπλέον εφαρμογή, η οποία σχετίζεται άμεσα με τον έλεγχο της κυκλοφορίας στους κόμβους, είναι η επιμήκυνση της πράσινης φάσης της σηματοδότησης για τους πεζούς. Το να χρησιμοποιούνται μεταβλητές και ευπροσάρμοστες χρονικές περίοδοι για την πράσινη φάση των πεζών, είναι ιδιαίτερα ελκυστικό, σε περιπτώσεις όπου οι φόρτοι των πεζών διαφοροποιούνται και μεταβάλλονται σημαντικά, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να συναντηθούν κοντά σε σχολεία, όπου παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις, στη διάρκεια της ημέρας, ως προς τον όγκο των πεζών, κυρίως μαθητών, που κινούνται προς και από τις σχολικές εγκαταστάσεις, τόσο κατά τις ώρες της πρωινής προσέλευσης των μαθητών στα σχολεία τους όσο και κατά τις μεσημβρινές ώρες αποχώρησής τους από αυτά.

Οι ανιχνευτές με εφαρμογή της τεχνολογίας των υπερύθρων παρέχουν και τη δυνατότητα της ανίχνευσης και καταμέτρησης ακόμη και των διερχόμενων πεζών, μέσα από μία συγκεκριμένη ζώνη ανίχνευσης [8]. Βέβαια, η ανίχνευση και καταμέτρηση των πεζών δεν αποτελεί αντικείμενο πρώτιστης σημασίας, όπως η ανίχνευση και καταμέτρηση οχημάτων. Στο εμπόριο υπάρχουν αρκετά μοντέλα ανιχνευτών, τα οποία είναι σε θέση να επιτελέσουν, ταυτόχρονα, τις λειτουργίες της ανίχνευσης και της καταμέτρησης πεζών και οχημάτων.

1.3.1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ

Όπως έχει προαναφερθεί, οι δύο κύριες κατηγορίες, στις οποίες υποδιαιρούνται οι ανιχνευτές με τεχνολογία υπερύθρων, είναι οι παθητικοί και οι ενεργητικοί ανιχνευτές. Καθεμία, εκ των δύο αυτών κατηγοριών, έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Μία σύγκριση μεταξύ των δύο κατηγοριών, από καθαρά τεχνολογική άποψη, μπορεί να δώσει ορισμένες, μόνον, γενικές πληροφορίες. Για εξειδικευμένες πληροφορίες απαιτούνται λεπτομερείς αξιολογήσεις και δοκιμές, υπό ποικίλες συνθήκες. Σε γενικές γραμμές, θα προβούμε σε μία σύγκριση ως προς την **απόδοση** μεταξύ των δύο παραπάνω κατηγοριών, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις ποικίλες **περιβαλλοντικές παραμέτρους** [8].

Καταρχάς, όσον αφορά την απόδοση των ανιχνευτών σε συνάρτηση με τη **στάθμη του φωτός στο περιβάλλον**, η απόδοση των παθητικών ανιχνευτών χαρακτηρίζεται **καλή**. Αντίθετα, η απόδοση των ενεργητικών ανιχνευτών χαρακτηρίζεται **μέτρια**. Παρατηρούμε, δηλαδή, μία υπεροχή των παθητικών ανιχνευτών έναντι των

αντίστοιχων ενεργητικών [8].

Σε περιπτώσεις πυκνής ομίχλης, η απόδοση των παθητικών ανιχνευτών χαρακτηρίζεται ως **μέτρια**. Η απόδοση των αντίστοιχων ενεργητικών ανιχνευτών κρίνεται **κακή**. Παρατηρούμε, πάλι, μία υπεροχή των παθητικών έναντι των ενεργητικών ανιχνευτών [8].

Σε περίπτωση **βροχής ή χιονόπτωσης**, οι παθητικοί ανιχνευτές έχουν **καλή** απόδοση. Οι ενεργητικοί ανιχνευτές παρουσιάζουν **μέτρια** απόδοση. Άρα, έχουμε υπεροχή, πάλι, των πρώτων έναντι των δεύτερων [8].

Σχετικά με την απόδοση των ανιχνευτών, ως προς τη **θερμοκρασία** του περιβάλλοντος, η απόδοση των παθητικών ανιχνευτών κρίνεται ως **μέτρια**, σε αντίθεση με αυτήν των ενεργητικών ανιχνευτών που θεωρείται **καλή** [8].

Από τη σκοπιά του **οπτικού πεδίου**, οι παθητικοί ανιχνευτές κρίνονται ως **καλοί**, ενώ οι ενεργητικοί ανιχνευτές κρίνονται ως **μέτριοι** [8]. Διαπιστώνουμε, για άλλη μία φορά, την υπεροχή των πρώτων έναντι των δεύτερων.

Συμπερασματικά, ύστερα από την παραπάνω σύγκριση, σε πέντε διαφορετικές, επιμέρους παραμέτρους (ή επιδράσεις) του περιβάλλοντος, μπορούμε να διαπιστώσουμε, σε γενικές γραμμές, μία υπεροχή των παθητικών ανιχνευτών σε σχέση με τους ενεργητικούς ανιχνευτές υπερύθρων. Η προαναφερθείσα συγκριτική αναφορά, μεταξύ των δύο κατηγοριών, παρουσιάζεται συνοπτικά στον πίνακα Π.1.2.

1.3.1.6 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, που παρουσιάζουν, σε γενικές γραμμές, οι παθητικοί ανιχνευτές υπερύθρων. Βέβαια, είναι πιθανόν να υπάρχουν ορισμένες διαφοροποιήσεις, ως προς την απόδοση και τη λειτουργία, ανάμεσα σε διάφορα μοντέλα ανιχνευτών, ακόμη και της ίδιας εταιρείας.

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** των παθητικών ανιχνευτών υπερύθρων είναι τα ακόλουθα:

(α) **Η ευκολία εγκατάστασης (και απεγκατάστασης)** των ανιχνευτών, η οποία γίνεται, όπως έχει αναφερθεί, με την τοποθέτηση των ανιχνευτών πάνω σε σταθερά σημεία, τα οποία υπέρκεινται της επιφάνειας του οδοστρώματος. Το ύψος της τοποθέτησης από την επιφάνεια του δρόμου είναι δεδομένο για τον κάθε ανιχνευτή και παρέχεται στις προδιαγραφές εγκατάστασης και λειτουργίας από τον κατασκευαστή. Το μικρό τους μέγεθος διευκολύνει, αναμφίβολα, την εγκατάστασή τους.

(β) Η εγκατάσταση και απεγκατάσταση των ανιχνευτών γίνονται, χωρίς να είναι αναγκαία η πραγματοποίηση οποιασδήποτε εργασίας πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Συνεπώς, σε καμία περίπτωση, δεν είναι αναγκαία η διακοπή της κυκλοφορίας και αποφεύγεται η πρόκληση οποιασδήποτε όχλησης στη διερχόμενη κυκλοφορία.

(γ) Η ευκολία συντήρησης, η οποία έχει να κάνει, κατά κύριο λόγο, με τον καθαρισμό των οπτικών μερών των ανιχνευτών, όπως των φακών ή/και των κατόπτρων, από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (βροχή, κονιορτός, τέφρα, κλπ) [8]. Η παρουσία καθαρών φακών ή/και κατόπτρων είναι επιβεβλημένη, προκειμένου οι μετρητές να επιτελούν, κατά το δυνατόν αποτελεσματικότερα, τις λειτουργίες της ανίχνευσης και της καταμέτρησης, έχοντας διαυγές οπτικό πεδίο.

(δ) Η πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας αποτελεί ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά τους και το μεγάλο τους πλεονέκτημα, ταυτόχρονα, έναντι των ανταγωνιστικών τεχνολογιών [8].

(ε) Ιδιαίτερα ανταγωνιστικοί στην τιμή και στην αναλογία απόδοσης προς κόστος [8].

(στ) Καμία εμπλοκή και πρόκληση όχλησης, λόγω της παρουσίας των ανιχνευτών, στη διερχόμενη κυκλοφορία. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η παρουσία τους δε γίνεται καθόλου αντιληπτή.

(ζ) Η δυνατότητα ανίχνευσης της ανθρώπινης παρουσίας αποτελεί μία από τις ξεχωριστές δυνατότητες, που παρέχει η τεχνολογία των υπερύθρων. Οι συγκεκριμένοι ανιχνευτές είναι από τους ελάχιστους που διαθέτουν τέτοια δυνατότητα [8].

(η) Η παθητική ανίχνευση, λόγω της αρχής λειτουργίας της, εξαλείφει τους ενδεχόμενους κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων, που προέρχονται από την πληθώρα των εκπεμπόμενων ακτινοβολιών από κάθε είδος ανιχνευτή [8].

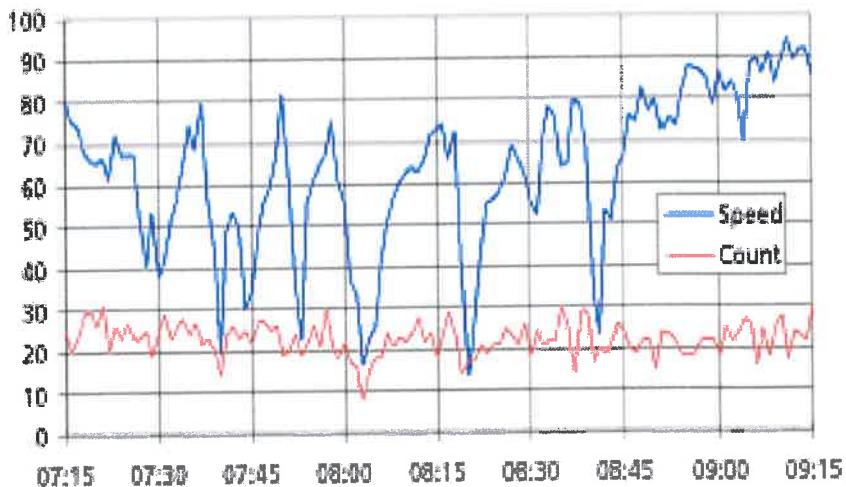
Τα κυριότερα μειονεκτήματα των παθητικών ανιχνευτών υπερύθρων είναι τα ακόλουθα:

(α) Η επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην απόδοση των ανιχνευτών είναι εμφανής. Χαρακτηριστικός είναι ο πίνακας Π.1.2, όπου παρουσιάζονται οι αποδόσεις των δύο επιμέρους κατηγοριών της τεχνολογίας των υπερύθρων σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Παρατηρούμε μια σημαντική διακύμανση στην απόδοση των μετρητών για κάθε διαφορετικό σενάριο.

(β) Οι μετρήσεις των ταχυτήτων, που παρέχουν, δεν είναι πολύ ακριβείς και υστερούν έναντι άλλων, ανταγωνιστικών τεχνολογιών [8].

Τεχνολογία ανίχνευσης		
Περιβαλλοντικές παράμετροι	Παθητικοί Αισθητήρες	Ενεργητικοί Αισθητήρες
	ΑΠΟΔΟΣΗ	
Στάθμη φωτός περιβάλλοντος	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ
Πυκνή ομίχλη	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ
Βροχή ή χιονόπτωση	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ
Οπτικό πεδίο	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ

Π.1.2: Συνοπτική σύγκριση παθητικών και ενεργητικών ανιχνευτών υπερύθρων, ως προς τις επιδράσεις του περιβάλλοντος στη λειτουργία τους. (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



Σχ.1.51: Γραφική παράσταση της συλλογής κυκλοφοριακών στοιχείων (φόρτος, ταχύτητα) από ανιχνευτή υπερύθρων. (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)

(γ) Οι παθητικοί ανιχνευτές χαρακτηρίζονται σχετικά αργοί, όσον αφορά την ταχύτητα αντίδρασής τους, συγκρινόμενοι με άλλες, ανταγωνιστικές τεχνολογίες [8].

1.3.1.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ενεργητικών ανιχνευτών υπερύθρων είναι τα ακόλουθα:

(α) Η ευκολία εγκατάστασης (και απεγκατάστασης) των μετρητών, η οποία γίνεται, με την τοποθέτηση των μετρητών πάνω σε σταθερά σημεία, τα οποία υπέρκεινται της επιφάνειας του οδοστρώματος. Το ύψος της τοποθέτησης από την επιφάνεια του δρόμου είναι δεδομένο για τον κάθε μετρητή και παρέχεται στις προδιαγραφές εγκατάστασης και λειτουργίας από τον κατασκευαστή. Το μικρό τους μέγεθος διευκολύνει την εγκατάστασή τους.

(β) Η εγκατάσταση και απεγκατάσταση των μετρητών γίνονται, χωρίς να είναι αναγκαία η πραγματοποίηση οποιασδήποτε εργασίας πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Συνεπώς, σε καμία περίπτωση, δεν είναι αναγκαία η διακοπή της κυκλοφορίας και αποφεύγεται η πρόκληση οποιασδήποτε όχλησης στη διερχόμενη κυκλοφορία.

(γ) Καμία εμπλοκή και πρόκληση όχλησης, λόγω της παρουσίας των μετρητών, στη διερχόμενη κυκλοφορία. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η παρουσία τους δε γίνεται αντιληπτή

(δ) Εκπομπή πολλαπλών ακτίνων (λέιζερ) για την ακριβή μέτρηση της ταχύτητας και τον υπολογισμό της ακριβούς θέσης και της κατηγορίας του οχήματος [4],[6].

(ε) Η δυνατότητα λειτουργίας για πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας [4].

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των ενεργητικών ανιχνευτών υπερύθρων είναι τα ακόλουθα:

(α) Η επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην απόδοση των ανιχνευτών είναι εμφανής (πίνακας Π.1.2), όπου παρουσιάζονται οι αποδόσεις των ανιχνευτών υπερύθρων σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Παρατηρούμε μια διακύμανση στην απόδοση των μετρητών για τις διάφορες συνθήκες [8].

(β) Η αναγκαία συντήρηση η οποία απαιτεί περιοδικό καθαρισμό των φακών του ανιχνευτή [4].

1.3.2 ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

Η τεχνολογία των μικροκυμάτων βρίσκει ευρεία εφαρμογή στην ανίχνευση και στην καταμέτρηση (και όχι μόνο) των διερχόμενων οχημάτων. Εφαρμόζεται σε ανιχνευτές, όπως όλοι οι εξεταζόμενοι του τρέχοντος κεφαλαίου, οι οποίοι τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

1.3.2.1 ΤΥΠΟΙ ΡΑΝΤΑΡ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η λειτουργία των ανιχνευτών με χρήση ραντάρ μικροκυμάτων βασίζεται στην ίδια αρχή, με την οποία λειτουργούν και τα ραντάρ της αστυνομίας για τον έλεγχο της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων. Η συσκευή του ραντάρ εκπέμπει προς το στόχο, στον οποίο έχει ρυθμιστεί να εστιάζει, χαμηλής ενέργειας και υψηλής συχνότητας μικροκύματα. Τα εν λόγω μικροκύματα έχουν λεπτομερώς καθορισμένο εύρος συχνοτήτων στην περιοχή των **Ghz** [8].

Υπάρχουν δύο κατηγορίες ραντάρ μικροκυμάτων, που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές διαχείρισης της κυκλοφορίας. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα συνεχούς κύματος ντόπλερ ραντάρ (*continuous wave (CV) Doppler radar*). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα μεταβλητής συχνότητας συνεχούς κύματος ραντάρ (*frequency modulated continuous wave (FMCW) microwave radar*). Για την κάθε κατηγορία ραντάρ η λειτουργία της ανίχνευσης ενός οχήματος και του υπολογισμού της ταχύτητάς του πραγματοποιείται με διαφορετικό τρόπο [4].

Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο (ντόπλερ ραντάρ), ένα όχημα το οποίο κινείται, κατά οποιονδήποτε τρόπο, εντός της περιοχής ανίχνευσης, δέχεται τα εκπεμπόμενα μικροκύματα από το ραντάρ, τα οποία και αντανακλά προς την πηγή εκπομπής τους (ραντάρ). Τα εκπεμπόμενα μικροκύματα από το ραντάρ χαρακτηρίζονται από τη σταθερή συχνότητά τους. Τα ανακλώμενα, όμως, από το όχημα προς το ραντάρ, μικροκύματα είναι διαφορετικής συχνότητας σε σχέση με τα αρχικά μικροκύματα, που εκπέμπονται από το ραντάρ προς τη ζώνη ανίχνευσης, λόγω του φαινομένου Ντόπλερ. Από την παρατηρούμενη αυτή μεταβολή στη συχνότητα του εκπεμπόμενου από το ραντάρ μικροκύματος και του ανακλώμενου από τα οχήματα μικροκύματος, επιτυγχάνεται η ανίχνευση ενός οχήματος εντός της περιοχής ανίχνευσης του ραντάρ και μπορούν, επιπλέον, να υπολογιστούν με μεγάλη ακρίβεια η κατεύθυνση και η ταχύτητα κίνησης ενός οχήματος. Η μεταβολή αυτή της συχνότητας είναι ανάλογη με

την ταχύτητα των οχημάτων και μπορεί να υπολογιστεί με μεγάλη ακρίβεια. Όταν ένα όχημα πλησιάζει προς το ραντάρ, τότε παρατηρείται αύξηση στη συχνότητα του ανακλώμενου κύματος, σε σχέση με το εκπεμπόμενο, ενώ όταν ένα όχημα απομακρύνεται, παρατηρείται μείωση στη συχνότητα του ανακλώμενου κύματος. Τα ραντάρ, τα οποία επιτελούν τη λειτουργία της ανίχνευσης με τον παραπάνω τρόπο, είναι γνωστά και ως ντόπλερ ραντάρ (Doppler Radars)[8].

Το φαινόμενο Ντόπλερ είναι η παρατηρούμενη αλλαγή στη συχνότητα και το μήκος κύματος ενός κύματος από παρατηρητή, που βρίσκεται σε σχετική κίνηση με την πηγή των κυμάτων [9].

Τα μεταβλητής συχνότητας συνεχούς κύματος ραντάρ εκπέμπουν μικροκύματα, η συχνότητα των οποίων είναι διαρκώς μεταβαλλόμενη ως προς το χρόνο (βλ Σχ.1.55). Το πεδίο ανίχνευσης των ανιχνευτών διαιρείται σε επιμέρους ζώνες, όπως παρουσιάζεται στο Σχ.1.55. Η ταχύτητα κίνησης ενός οχήματος υπολογίζεται μέσω τη χρονικής διαφοράς ΔT , που αντιστοιχεί στην άφιξη ενός οχήματος στις άκρες δύο διαδοχικών επιμέρους ζωνών, γνωστής απόστασης d μεταξύ τους. Η ταχύτητα υπολογίζεται από τον τύπο: $U = d / \Delta T$ [4].

Η λειτουργία της ανίχνευσης των οχημάτων προϋποθέτει, κατεξοχήν στην περίπτωση των ντόπλερ ραντάρ, συνεχή κίνηση των διερχόμενων οχημάτων. Τα ντόπλερ ραντάρ είναι δυναμικοί ανιχνευτές και αντιδρούν, επομένως, μόνο σε κίνηση οχημάτων. Για όλη τη χρονική διάρκεια που υφίσταται κίνηση των οχημάτων στο οπτικό του πεδίο, το ντόπλερ ραντάρ είναι, διαρκώς, ενεργοποιημένο. Από τη στιγμή, όμως, που θα ακινητοποιηθούν τα οχήματα στο οπτικό του πεδίο, το ντόπλερ ραντάρ αδρανοποιείται, μην έχοντας την ικανότητα να ανιχνεύσει την παρουσία των ακινητοποιημένων οχημάτων. Υπάρχει μία ελάχιστη ταχύτητα κίνησης των οχημάτων, για την οποία τα ντόπλερ ραντάρ δύνανται να ανιχνεύσουν την παρουσία των οχημάτων στο οπτικό τους πεδίο. Αυτή η ελάχιστη ταχύτητα, για την πλειοψηφία των ντόπλερ ραντάρ, κυμαίνεται ανάμεσα στα 4 και 8 χλμ/ώρα, ανάλογα με τις ρυθμίσεις του κάθε κατασκευαστή (2,5 και 5 μίλια/ώρα αντίστοιχα). Για ταχύτητες κίνησης πιο μικρές από τις ελάχιστες προαναφερθείσες, το ντόπλερ ραντάρ αδυνατεί να διαπιστώσει την κίνηση των οχημάτων και συνεπώς, δεν είναι σε θέση να ανιχνεύσει την παρουσίας τους. Για τόσο μικρές ταχύτητες κίνησης τα οχήματα που κινούνται με αυτές, θεωρούνται, ουσιαστικά, ακίνητα για το ντόπλερ ραντάρ [8].

Όσον αφορά τα μεταβλητής συχνότητας συνεχούς κύματος ραντάρ, η παραπάνω ιδιαιτερότητα των ντόπλερ ραντάρ δεν τα χαρακτηρίζει, καθώς αυτά είναι σε θέση να

ανιχνεύσουν ακόμη και τα στάσιμα οχήματα, εντός του οπτικού τους πεδίου [4].

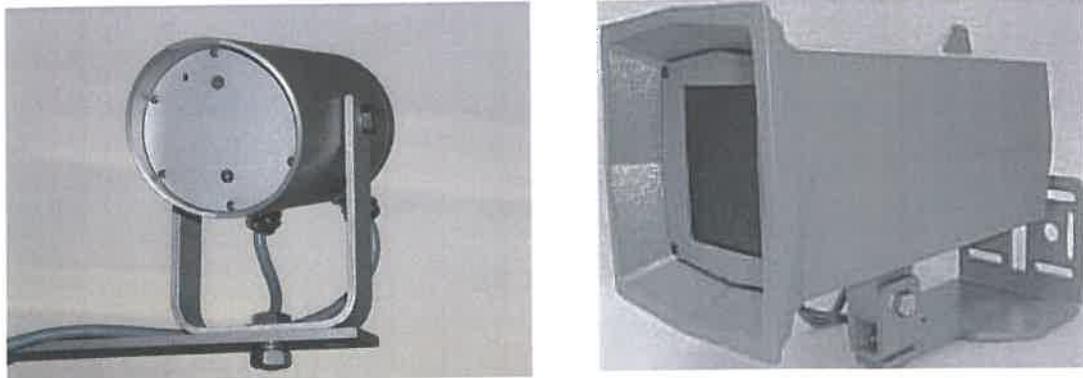
1.3.2.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ PANTAR ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

Η εγκατάσταση των ανιχνευτών κυκλοφορίας με χρήση ραντάρ μικροκυμάτων πραγματοποιείται σε θέσεις, που βρίσκονται υπερυψωμένες πάνω ή/και έξω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Μπορούν να τοποθετηθούν πάνω σε **στύλους σηματοδότησης**, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο Σχ.1.54, ώστε να βρίσκονται ακριβώς επάνω από τις λωρίδες κυκλοφορίας της οδού και η διεύθυνση του οπτικού τους πεδίου να είναι, κατά το δυνατόν, παράλληλη με τις λωρίδες κυκλοφορίας. Ο ίδιος στόχος μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση των συγκεκριμένων ανιχνευτών πάνω σε γέφυρες ανισόπεδων κόμβων, για την ανίχνευση και την καταμέτρηση της διερχόμενης κυκλοφορίας κατά μήκος των οδών, που βρίσκονται κάτω από τις γέφυρες αυτές. Ένα τέτοιο ενδεχόμενο παρουσιάζεται στην τρίτη περίπτωση του Σχ.1.60.

Επίσης, οι ανιχνευτές κυκλοφορίας με χρήση ραντάρ μικροκυμάτων μπορούν να τοποθετηθούν και σε πλευρικές θέσεις ως προς την οδό, αναρτώμενοι πάνω σε **στύλους σηματοδότησης, πινακίδες σήμανσης ή στύλους ηλεκτροδότησης**. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται τα Σχ.1.53 και Σχ.1.54.

Συνεπώς, οι ανιχνευτές με χρήση ραντάρ προορίζονται για εγκατάσταση τόσο σε θέσεις **ακριβώς επάνω από την οδό όσο και σε πλευρικές θέσεις ως προς την οδό**, με εξίσου αποτελεσματική απόδοση και στις δύο επιμέρους τοποθεσίες. Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις ανιχνευτών, οι οποίοι από τον κατασκευαστή τους είναι σχεδιασμένοι και προορίζονται για εγκατάσταση σε μία, εκ των δύο πιο πάνω, δυνατών θέσεων, όπου και αναμένεται να έχουν τη μέγιστη δυνατή απόδοση. Βέβαια, η τοποθέτησή τους και στην άλλη θέση είναι, επίσης, αποδεκτή στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων. Ενδέχεται, όμως, η απόδοσή τους, σε τέτοιες καταστάσεις, να μην είναι εξίσου αποτελεσματική, όσο στις περιπτώσεις εγκατάστασης των ανιχνευτών στις θέσεις που συνιστώνται από τον κατασκευαστή τους. Πάντως, είναι γεγονός ότι και στις δύο περιπτώσεις, η εγκατάσταση των ανιχνεύσουν γίνεται, χωρίς να είναι αναγκαία η πραγματοποίηση κανενός είδους εργασιών επί του οδοστρώματος της οδού, όπως η διάνοιξη εγκοπών στο οδόστρωμα. Για το λόγο αυτό, η εγκατάστασή τους πραγματοποιείται με την ελάχιστη δυνατή πρόκληση αναστάτωσης στην κυκλοφορία.

Πέραν, όμως, από τη θέση εγκατάστασης, σημαντικό παράγοντα για την απόδοση των ανιχνευτών αποτελεί και το ύψος εγκατάστασης. Το εν λόγω ύψος δεν είναι το ίδιο για όλους τους ανιχνευτές με χρήση ραντάρ, αλλά ποικίλει ανάλογα με τον



Σχ.1.52: Ανιχνευτές ντόπλερ ραντάρ MW233 και TC26-B διαφορετικών κατασκευαστών. (ΠΗΓΕΣ: www.asim-technologies.com και www.mssedco.com, αντίστοιχα)

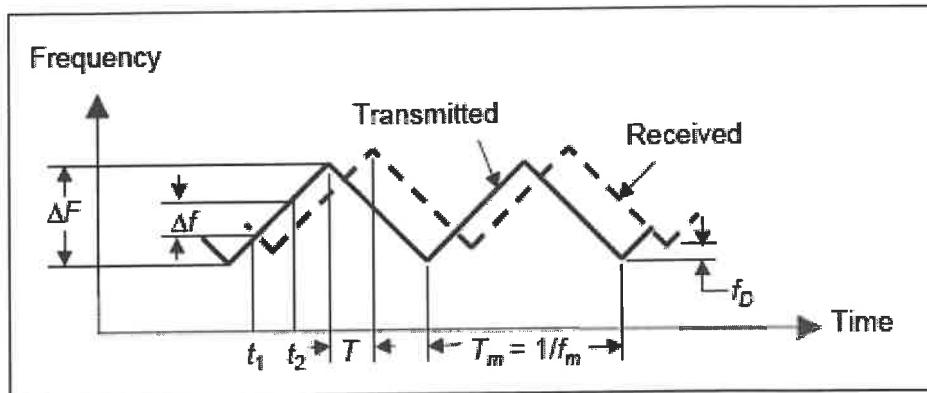


RTMS (Remote Traffic Microwave Sensor) radar

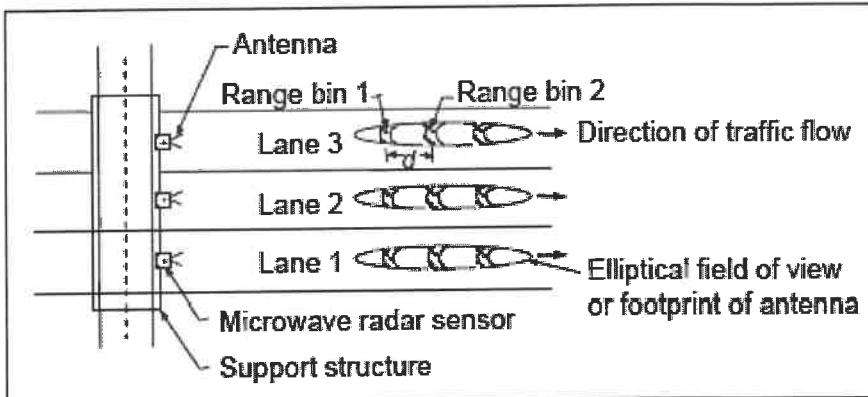
Σχ.1.53: Μεταβλητής συχνότητας συνεχούνς κύματος ραντάρ μικροκυμάτων (FMCW microwave radar) εγκατεστημένο σε πλευρική θέση ως προς την οδό. (ΠΗΓΗ: www.rtms-by-eis.com)



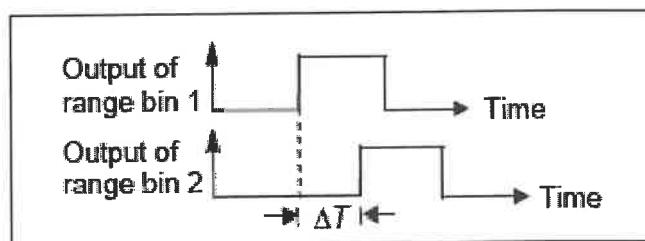
Σχ.1.54: Ραντάρ μικροκυμάτων εγκατεστημένο σε στύλο σηματοδότησης πάνω από την οδό.(ΠΗΓΗ: www.wavtronix.com)



(a) Frequency modulated continuous waveform



(b) Range binned footprints of radar sensors in traffic lanes



(c) Time-phased outputs of range bins

Σχ.1.55: Διαδικασία ανίχνευσης οχήματος και υπολογισμού της ταχύτητας κίνησής του για τα μεταβλητής συχνότητας συνεχούς κύματος ραντάρ μικροκυμάτων (frequency modulated continuous wave (FMCW) microwave radar). (ΠΗΓΗ: [4])

κατασκευαστή και τα επιμέρους μοντέλα του. Κάθε κατασκευαστής παρέχει οδηγίες, σχετικά με το προτεινόμενο ύψος τοποθέτησης κάθε ανιχνευτή του.

Κατόπιν σχετικής αναζήτησης στις προδιαγραφές εγκατάστασης διαφόρων κατασκευαστών, διαπιστώσαμε την ύπαρξη μίας απόκλισης, ανάμεσα στα συνιστώμενα ύψη τοποθέτησης των μετρητών των διαφόρων κατασκευαστών.

Ενδεικτικά θα αναφέρουμε δύο συγκεκριμένα παραδείγματα. Ο κατασκευαστής του ντόπλερ ραντάρ του Σχ.1.52(α) στις προδιαγραφές του συνιστά το ύψος της τοποθέτησής του να κυμαίνεται από 1 έως 5 μέτρα (3 έως 16 πόδια αντίστοιχα). Από την άλλη μεριά, ο κατασκευαστής του ντόπλερ ραντάρ του Σχ.1.52(β) συνιστά το ύψος της τοποθέτησής να κυμαίνεται μεταξύ 4 και 7,5 μέτρων (14 και 24 ποδιών αντίστοιχα). Από τα παραπάνω παραδείγματα παρατηρούμε μια σημαντική διαφοροποίηση, ως προς το συνιστώμενο από τους κατασκευαστές ύψος εγκατάστασης, μεταξύ ανιχνευτών διαφορετικών κατασκευαστών.

1.3.2.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Όσον αφορά τα μηχανικά χαρακτηριστικά των ανιχνευτών με χρήση ραντάρ, αυτά χαρακτηρίζονται, γενικά, από μία μικρή διακύμανση ως προς τις τιμές τους. Τα κυριότερα από τα μηχανικά χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν άμεσα είναι οι διαστάσεις, το βάρος και το υλικό κατασκευής του περιβλήματος του κάθε μετρητή. Είναι γεγονός ότι όλα τα μοντέλα των μετρητών αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται από τις μικρές διαστάσεις τους και από τα μικρά τους βάρη, χωρίς να παρουσιάζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους ως προς αυτά. Ενδεικτικά, θα αναφερθούμε, συνοπτικά, στα κύρια μηχανικά χαρακτηριστικά των ανιχνευτών με ραντάρ, που παρουσιάζονται στα Σχ.1.52(α) και Σχ.1.52(β).

Ο ανιχνευτής ντόπλερ ραντάρ του Σχ.1.52(α) είναι κυκλικής διατομής με διάμετρο 80 χιλιοστά και μήκος 120 χιλιοστά (8 και 12 εκατοστά αντίστοιχα). Οι εν λόγω διαστάσεις εικονίζονται στο Σχ.1.56. Ο ανιχνευτής ντόπλερ ραντάρ ραντάρ του Σχ.1.52(β) είναι τετραγωνικής διατομής με πλευρά όψης 146 χιλιοστά και μήκος 235 χιλιοστά (14,6 και 23,5 εκατοστά αντίστοιχα). Οι διαστάσεις αυτές εικονίζονται στο Σχ.1.57 (μονάδα μέτρησης η ίντσα). Οι παραπάνω διαστάσεις σε χιλιοστά (εκατοστά) προέκυψαν κατόπιν κατάλληλων μετατροπών μονάδων.

Ο ανιχνευτής του Σχ.1.52(α) έχει βάρος περίπου 850 γραμμάρια, ενώ ο ανιχνευτής του Σχ.1.52(β) ζυγίζει περίπου 1500 γραμμάρια. Γενικά, το βάρος της πλειοψηφίας των ανιχνευτών με ραντάρ κυμαίνεται μεταξύ των δύο παραπάνω τιμών.

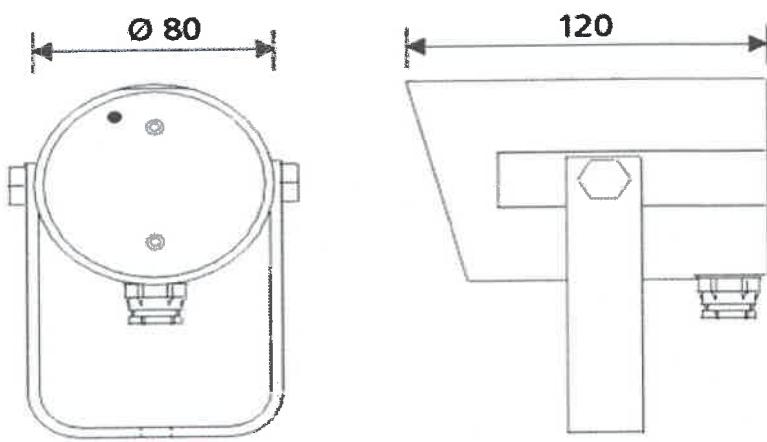
Όσον αφορά το υλικό κατασκευής του περιβλήματος των μετρητών, στη συντριπτική πλειοψηφία των μετρητών χρησιμοποιείται ως υλικό το αλουμίνιο, το οποίο μπορεί να έχει, προηγουμένως, υποστεί διάφορες επεξεργασίες.

Οι συχνότητες λειτουργίας των ραντάρ (ντόπλερ ή μη), ως προς τα μικροκύματα που εκπέμπουν, είναι ιδιαίτερα υψηλές και ανήκουν στην περιοχή των GHz. Διάφορα μοντέλα ραντάρ λειτουργούν σε διάφορες ζώνες συχνοτήτων, ανάλογα με τις ρυθμίσεις λειτουργίας των κατασκευαστών τους. Οι χρησιμοποιούμενες από τα ραντάρ ζώνες συχνοτήτων, παρουσιάζονται στον πίνακα Π.1.3. Ενδεικτικά, μπορούμε να αναφερθούμε στις συχνότητες λειτουργίας των ραντάρ των Σχ.1.52(α) και Σχ.1.52(β). Το ντόπλερ ραντάρ του Σχ.1.52(α) εκπέμπει μικροκύματα, η συχνότητα των οποίων είναι 24 GHz και ανήκει στην “περιοχή K” των συχνοτήτων (K-Band). Το ραντάρ του Σχ.1.52(β) εκπέμπει μικροκύματα συχνότητας 10,525 GHz, η οποία υπάγεται στην “περιοχή X” των συχνοτήτων (X-Band).

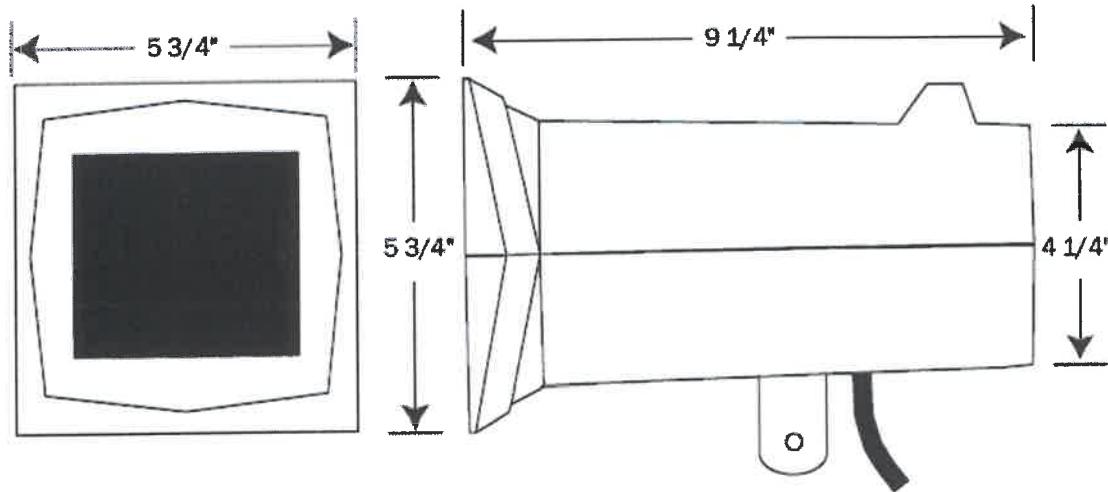
Αναφορικά με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, για την κατά το δυνατόν πιο αποτελεσματική λειτουργία και απόδοση των μετρητών, δύο είναι οι παράγοντες, στους οποίους δίνουν βάση, οι κατασκευαστές. Οι περιβαλλοντικοί αυτοί παράγοντες είναι η θερμοκρασία και η υγρασία. Οι παρεχόμενες από τις προδιαγραφές θερμοκρασίες λειτουργίας, κατώτατες και ανώτατες, παρουσιάζουν πολύ μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους από μοντέλο σε μοντέλο, αντίστοιχα. Σε γενικές γραμμές, το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας της μεγάλης πλειοψηφίας των μετρητών, εκτείνεται από τους **-40°C** έως τους **+70°C** ή και τους **+75°C**, το πολύ. Οι θερμοκρασίες αυτές είναι ιδιαίτερα ακραίες και πολύ σπάνιο να συναντηθούν στην πραγματικότητα. Σχετικά με την υγρασία της ατμόσφαιρας, η μέγιστη αποδεκτή τιμή της σχετικής υγρασίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές λειτουργίας, λαμβάνει τιμή **95%**.

Οι ανιχνευτές κυκλοφορίας με χρήση ραντάρ χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητά τους, να ανιχνεύουν και να καταμετρούν τα διερχόμενα οχήματα ανάλογα με την κατεύθυνση κίνησής τους. Συνεπώς, κατόπιν των κατάλληλων ρυθμίσεων του ραντάρ του μετρητή, είναι δυνατό να πραγματοποιείται ανίχνευση και καταμέτρηση είτε:

- (α) μόνο των οχημάτων που προσεγγίζουν το ραντάρ (στη μία κατεύθυνση),
- (β) μόνο των οχημάτων που απομακρύνονται από το ραντάρ (στην αντίθετη κατεύθυνση),
- (γ) των οχημάτων που, ταυτόχρονα, προσεγγίζουν και απομακρύνονται από το ραντάρ (και στις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας).



Σχ.1.56: Διαστάσεις του ντόπλερ ραντάρτου Σχ.5.2.1 (ΠΗΓΗ: www.asim-technologies.com)



Σχ.1.57: Διαστάσεις του ντόπλερ ραντάρτου Σχ.5.2.2 (ΠΗΓΗ: www.mssedco.com)

	Συχνότητα	Απόκλιση	Περιοχή συχνοτήτων	Σχόλια
S Band Radar	2,455 GHz			Εγκαταλήφθηκε
X Band Radar	10,525 GHz	+/- 25 MHz	10,500-10,550 GHz	Χρησιμοποιείται
Ku Band Radar	13,45 GHz			Χρησιμοποιείται
K Band Radar(1)	24,150 GHZ	+/- 100 MHz	24,050-24,250 GHz	Χρησιμοποιείται
K Band Radar(2)	24,125 GHz	+/- 100 MHz	24,025-24,225 GHz	Χρησιμοποιείται
Ka Band Radar			33,4 - 36 GHz	Χρησιμοποιείται

Πίνακας Π.1.3: Πίνακας χρησιμοποιούμενων περιοχών συχνοτήτων από τα ραντάρ μικροκυμάτων. (ΠΗΓΗ: www.copradar.com)

Από το σημαντικό, υφιστάμενο αριθμό μετρητών με χρήση ραντάρ υπάρχουν μετρητές, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα, να επιτελέσουν και τις τρεις παραπάνω λειτουργίες ανίχνευσης και καταμέτρησης. Επίσης, συναντούμε και μετρητές, οι οποίοι μπορούν να επιτελέσουν μόνο τις δύο πρώτες λειτουργίες ή μόνο μία εξ αυτών, ή μετρητές που μπορούν να επιτελέσουν την τρίτη και μία λειτουργία, εκ των δύο πρώτων. Οι επιθυμητές λειτουργίες από τις παραπάνω είναι επιλέξιμες και είναι εύκολο να ενεργοποιηθούν με το άνοιγμα των κατάλληλων διακοπών των μετρητών, από τον υπεύθυνο διεξαγωγής των μετρήσεων [8].

Η **απόσταση** από το ραντάρ, στην οποία είναι εφικτό να γίνει η ανίχνευση και η καταμέτρηση των οχημάτων ποικίλει, ανάλογα με τις **προδιαγραφές** του κάθε ραντάρ και το **μέγεθος** των οχημάτων. Όσο μεγαλύτερο είναι ένα όχημα, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση, από την οποία μπορεί το όχημα να ανιχνευθεί. Τα μεγαλύτερα οχήματα, όπως τα φορτηγά, λόγω της μεγάλης επιφάνειας που διαθέτουν, αντανακλούν περισσότερη ενέργεια από τα αυτοκίνητα και μπορούν, επομένως, να ανιχνεύονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις [10].

Το **πεδίο ανίχνευσης** του κάθε ραντάρ είναι, τις περισσότερες φορές, **ρυθμιζόμενο** και **προσαρμοζόμενο** στις απαιτήσεις των μετρήσεων. Κάθε ραντάρ διαθέτει τις δικές του δυνατότητες ανίχνευσης. Υπάρχουν ραντάρ με μικρότερες δυνατότητες και με μέγιστο πεδίο ανίχνευσης έως 45 μέτρα (ή 150 πόδια), αλλά και ραντάρ με μεγαλύτερες δυνατότητες, των οποίων το πεδίο ανίχνευσης μπορεί να εκτείνεται έως και τα 150 μέτρα (ή 500 πόδια). Το **μέγεθος του πεδίου ανίχνευσης** εξαρτάται από το **ύψος τοποθέτησης** του ραντάρ και από τη γωνία **κλίσης** του (ως προς τον ορίζοντα ή την κατακόρυφο). Όσο αυξάνει το μήκος του πεδίου ανίχνευσης, τόσο αυξάνει και το εύρος του. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτυπώνεται, λεπτομερώς, στα Σχ.1.58 και Σχ.1.60.

Ειδικά στο Σχ.1.58 παρουσιάζεται, με λεπτομέρεια, η μεταβολή του εύρους του πεδίου ανίχνευσης σε συνάρτηση με την απόσταση από το συγκεκριμένο μοντέλο ραντάρ (TC-26B). Στο συγκεκριμένο σχήμα παρουσιάζεται, σε κάτοψη, το σχηματιζόμενο πεδίο ανίχνευσης του ραντάρ. Στο Σχ.1.59 παρουσιάζεται, σε πλάγια όψη, το ίδιο πεδίο ανίχνευσης (δεν είναι υπό κλίμακα). Το συγκεκριμένων διαστάσεων πεδίο ανίχνευσης, όπως παρουσιάζεται και στα εν λόγω σχήματα, έχει επιτευχθεί για τοποθέτηση του ραντάρ σε ύψος 5,50 μέτρα (18 πόδια) και για γωνία κλίσης 5°, ως προς τον ορίζοντα.

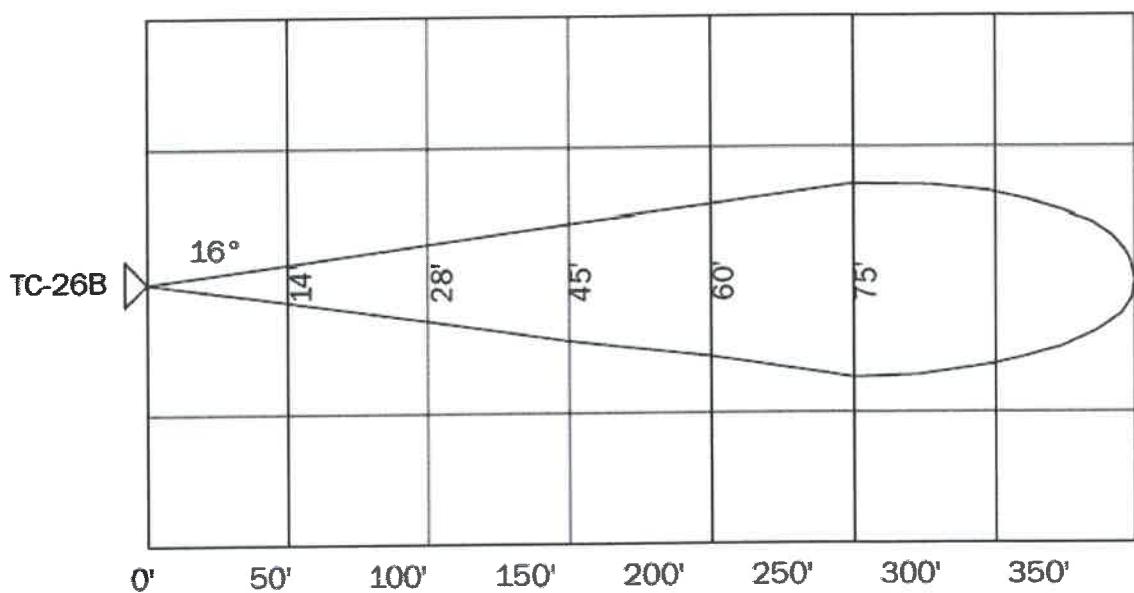
Ακολούθως, θα αναφέρουμε, ενδεικτικά, τα χαρακτηριστικά των πεδίων ανίχνευσης για τα ραντάρ των Σχ.1.52(α), Σχ.1.52(β), Σχ.1.53 και Σχ.1.54. Για το

(ντόπλερ) ραντάρ του Σχ.1.52(α) το πεδίο ανίχνευσης εκτείνεται έως τα 45 μέτρα, για το ραντάρ του Σχ.1.52(β) το πεδίο ανίχνευσης εκτείνεται έως τα 105 μέτρα (350 πόδια), για το ραντάρ του Σχ.1.53 το πεδίο ανίχνευσης εκτείνεται έως τα 60 μέτρα, ενώ για το ραντάρ του Σχ.1.54 το πεδίο ανίχνευσης εκτείνεται έως και τα 150 μέτρα (500 πόδια).

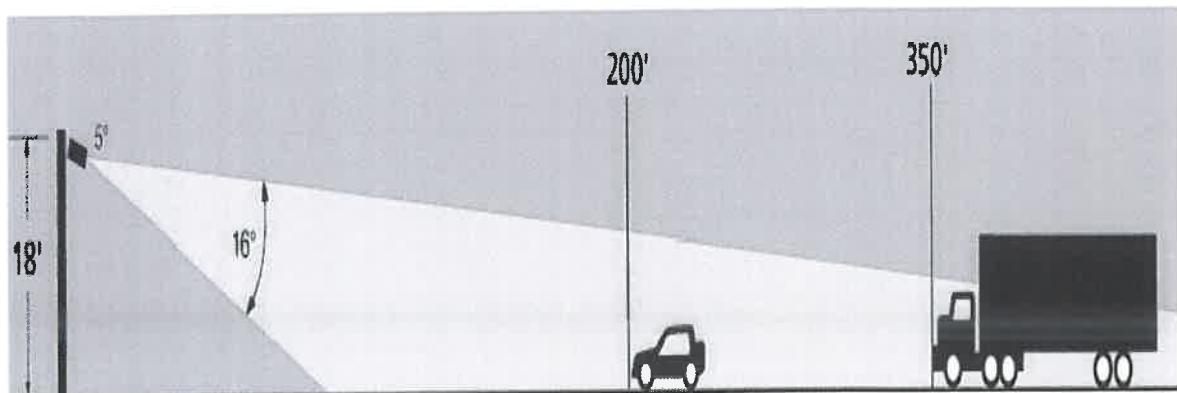
Οι ανιχνευτές με ραντάρ διαθέτουν μεγάλου εύρους πεδίο ανίχνευσης. Το γεγονός αυτό τους δίνει τη δυνατότητα, να επιτελούν τη λειτουργία της ανίχνευσης και της καταμέτρησης σε πολλές, ταυτόχρονα, λωρίδες κυκλοφορίας και προς τις δύο αντίθετες κατευθύνσεις, με **μία και μόνο συσκευή**, ανάλογα με τις δυνατότητες του κάθε ραντάρ και τις ρυθμίσεις που έχει υποστεί. Είναι γεγονός η ύπαρξη μετρητών με ραντάρ, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα ανίχνευσης και καταμέτρησης των διερχόμενων οχημάτων μέχρι και σε 10 λωρίδες κυκλοφορίας ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις συνολικά, σε μεγάλες, μάλιστα, αποστάσεις από τα ραντάρ, που μπορεί να προσεγγίζουν τα 75 μέτρα (250 πόδια) [11]. Επιπλέον, στην περίπτωση εγκατάστασης των μετρητών σε πλευρικές θέσεις, ως προς την οδό, δίνεται και η δυνατότητα ανίχνευσης οχημάτων, συνήθως μικρών αυτοκινήτων, τα οποία καλύπτονται, μερικώς ή πλήρως, από άλλα, μεγαλύτερα οχήματα, όπως φορτηγά. Η περίπτωση αυτή παρουσιάζεται στο Σχ.1.61 και χαρακτηρίζει, κυρίως, τους ανιχνευτές με ραντάρ, που προορίζονται από τον κατασκευαστή τους για εγκατάσταση σε θέσεις πλευρικές ως προς την οδό.

1.3.2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

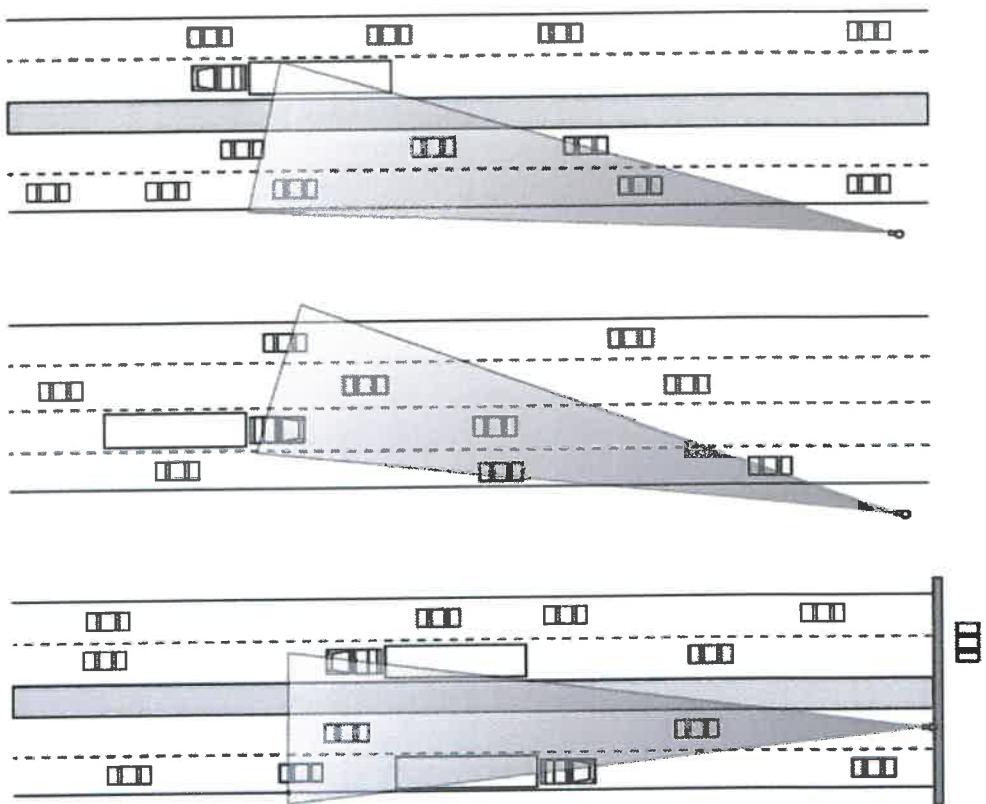
Εκτός από την ανίχνευση της παρουσίας και την καταμέτρηση του φόρτου των οχημάτων, οι μετρητές με ραντάρ έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν και να παρέχουν και άλλα, εξίσου σημαντικά, κυκλοφοριακά στοιχεία. Τα σημαντικότερα εξ αυτών είναι ο υπολογισμός της **ταχύτητας κίνησης** των διερχόμενων οχημάτων, η **κατάταξή τους σε κατηγορίες** με βάση το μέγεθός τους και το **ποσοστό κατάληψης** για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας από τη διερχόμενη κυκλοφορία σε αυτήν. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε **εφαρμογές επενεργούμενης από την κυκλοφορία σηματοδότησης**, για επέκταση της φάσης της πράσινης ένδειξης, ανάλογα με τις υφιστάμενες κυκλοφοριακές συνθήκες. Ειδικά στην περίπτωση των ντόπλερ ραντάρ, υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης των οχημάτων, ανάλογα με την κατεύθυνση κίνησής τους.



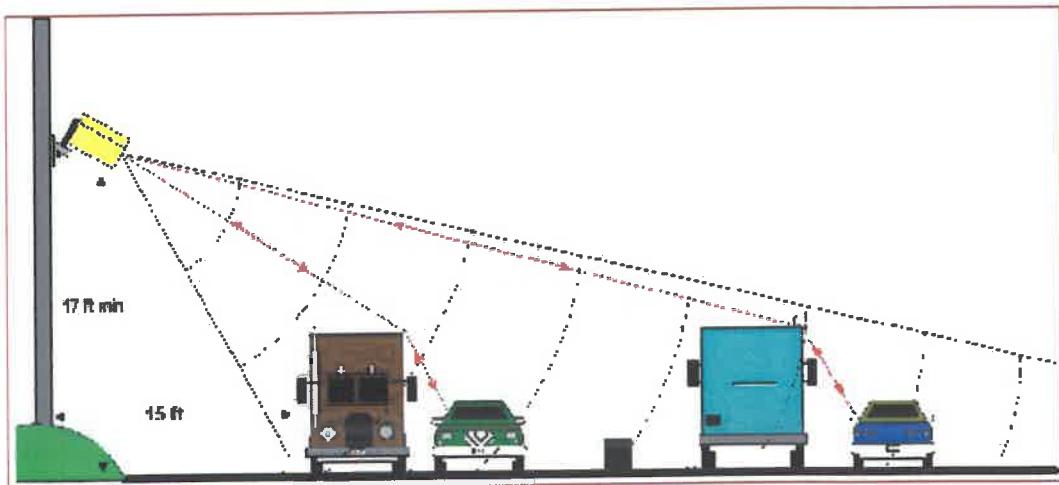
Σχ.1.58: Κάτοψη του εύρους του πεδίου ανίχνευσης του ντόπλερ ραντάρ (TC-26B) σε συνάρτηση με την οριζόντια απόσταση από το ραντάρ. (ΠΗΓΗ: www.mssedco.com)



Σχ.1.59: Πλάγια όψη του πεδίου ανίχνευσης του ντόπλερ ραντάρ (TC-26B) (Σχ.5.2.2).
(ΠΗΓΗ: www.mssedco.com)



Σχ.1.60: Εγκατάσταση του ντόπλερ ραντάρ (TC-26B) (Σχ.5.2.2) τόσο σε πλευρική θέση (στύλος) ως προς την οδό, όσο και σε θέση επάνω από την οδό (γέφυρα). (ΠΗΓΗ: www.mssedco.com)



Σχ.1.61: Το μεταβλητής συχνότητας ραντάρ μικροκυμάτων (FMCW microwave radar) εγκατεστημένο σε πλευρική θέση ως προς την οδό, για την ανίχνευση των οχημάτων σε πολλές λωρίδες (4) κυκλοφορίας ταυτόχρονα. (ΠΗΓΗ: www.rtms-by-eis.com)

1.3.2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** των ανιχνευτών με ραντάρ μικροκυμάτων είναι τα ακόλουθα:

- (α) Η **ευκολία εγκατάστασης (και απεγκατάστασης)** των μετρητών, η οποία γίνεται με την τοποθέτηση των μετρητών πάνω σε σταθερά σημεία, τα οποία υπέρκεινται της επιφάνειας του οδοστρώματος.
- (β) Η εγκατάσταση και απεγκατάσταση των μετρητών γίνονται, χωρίς να είναι αναγκαία η πραγματοποίηση οποιασδήποτε εργασίας πάνω στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Συνεπώς, σε καμία περίπτωση, δεν είναι αναγκαία η διακοπή της κυκλοφορίας και αποφεύγεται η **πρόκληση οποιασδήποτε όχλησης** στη διερχόμενη κυκλοφορία.
- (γ) Καμία **εμπλοκή και πρόκληση όχλησης**, λόγω της παρουσίας των μετρητών, στη διερχόμενη κυκλοφορία.
- (δ) Δεν επηρεάζεται η λειτουργία και η απόδοσή τους από τις άσχημες καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος, βροχή κλπ) [4],[10].
- (ε) Ακριβής υπολογισμός της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων [4],[10].
- (στ) Δυνατότητα λειτουργίας ανίχνευσης και συλλογής κυκλοφοριακών στοιχείων από πολλές λωρίδες κυκλοφορίας ταυτόχρονα [4],[8],[10],[11].

Τα κυριότερα **μειονεκτήματα** των ανιχνευτών με ραντάρ μικροκυμάτων είναι τα ακόλουθα:

- (α) Αδυναμία των ντόπλερ ραντάρ να ανιχνεύσουν τα σταματημένα οχήματα σε μία λωρίδα κυκλοφορίας, καθώς και τα οχήματα που κινούνται με πολύ χαμηλές ταχύτητες (κάτω από 8 χλμ/ώρα) [4],[8],[10],[11]. Προβληματική έως αδύνατη, επομένως, η χρήση τους σε περιπτώσεις μετρήσεων υψηλών φόρτων με χαμηλές ταχύτητες κίνησης των οχημάτων. Η προαναφερθείσα αδυναμιά αποτελεί γνώρισμα μόνο της κατηγορίας των ντόπλερ ραντάρ και όχι των μεταβλητής συχνότητας συνεχούς κύματος ραντάρ, τα οποία είναι σε θέση να ανιχνεύουν τα σταματημένα οχήματα [4].
- (β) Μειωμένη απόδοση της λειτουργίας των ντόπλερ ραντάρ στην καταμέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων σε κόμβους [4].

1.3.3 ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

1.3.3.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

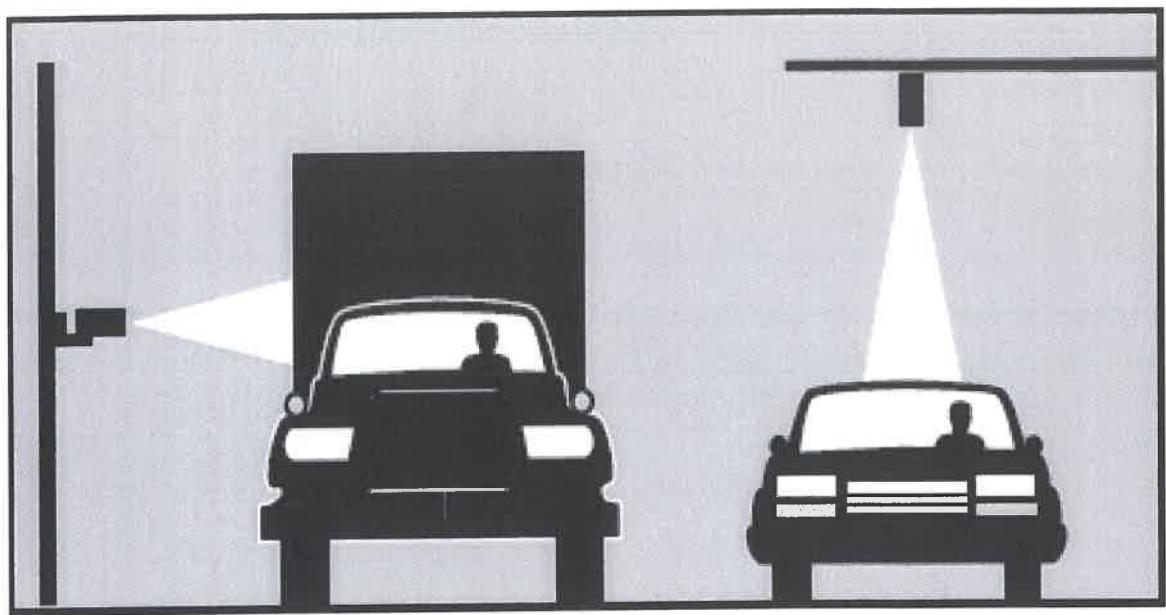
Η λειτουργία των εν λόγω ανιχνευτών στηρίζεται στην εκπομπή ηχητικών κυμάτων με συχνότητες από 20 KHz έως και 65 KHz. Τα ηχητικά αυτά κύματα, λόγω της υψηλής συχνότητάς τους, βρίσκονται πάνω από το ακουστικό πεδίο του ανθρώπου και επομένως, δε γίνονται αντιληπτά. Επιπλέον, τα ηχητικά κύματα των ανιχνευτών μπορεί να είναι είτε (α) **συνεχή** είτε (β) **παλμικά**. Η πλειοψηφία των συγκεκριμένων ανιχνευτών λειτουργεί με παλμικά κύματα υπερήχων [4].

Μέσω των υπέρηχων μετριούνται οι αποστάσεις τόσο ανάμεσα στον ανιχνευτή και στην επιφάνεια του οδοστρώματος όσο και ανάμεσα στον ανιχνευτή και στην επιφάνεια του κάθε διερχόμενου οχήματος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ανίχνευσης του ποσοστού της εκπεμπόμενης ηχητικής ενέργειας, που αντακλάται προς τον ανιχνευτή, από την καθορισμένου εύρους περιοχή ανίχνευσής του. Όταν ο ανιχνευτής μετράει μία απόσταση διαφορετική από τη δεδομένη απόσταση, ανάμεσα σε αυτόν και την επιφάνεια του οδοστρώματος, τότε η μεταβολή αυτή της μετρούμενης απόστασης ερμηνεύεται από τον ανιχνευτή, ως η παρουσία ενός οχήματος, εντός του πεδίου ανίχνευσής του[4]. Παραστατική απεικόνιση της λειτουργίας ανίχνευσης ενός οχήματος από ανιχνευτή με υπέρηχους παρουσιάζεται στο σχήμα Σχ.1.69.

1.3.3.2 ΤΡΟΠΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

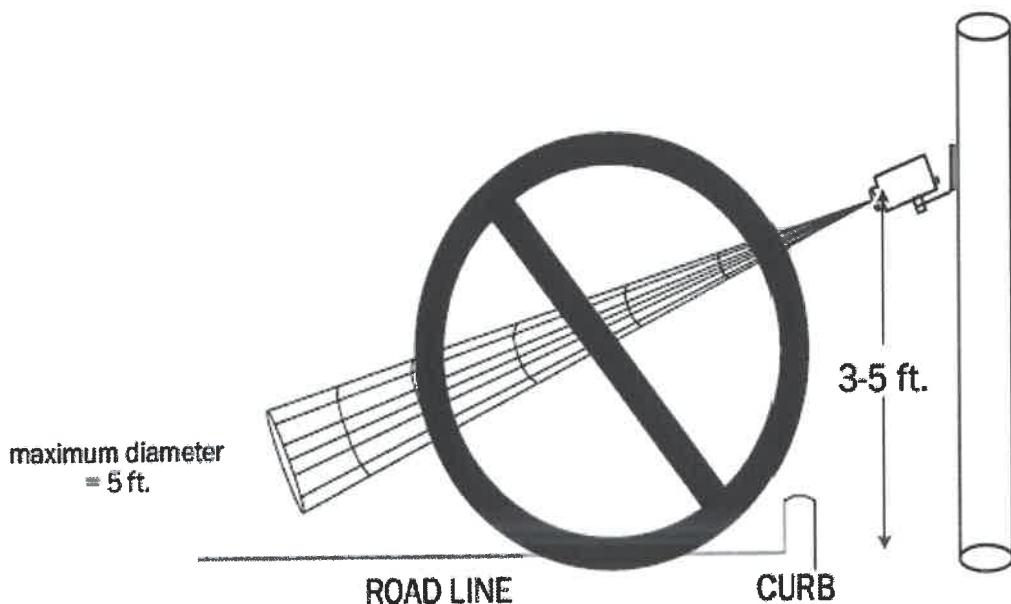
Η εγκατάσταση των ανιχνευτών πρέπει να πραγματοποιείται με δύο μόνο τρόπους. Πρέπει να γίνεται είτε με **οριζόντια** είτε με **κατακόρυφη** τοποθέτηση του ανιχνευτή, όπως παρουσιάζεται, χαρακτηριστικά, στο σχήμα Σχ.1.62. Εξαιτίας της φύσης της τεχνολογίας των υπερήχων απαιτείται άμεση αντανάκλαση των υπερήχων από τα οχήματα-στόχους προς τον ανιχνευτή. Διαφορετικά, για οποιονδήποτε άλλο τρόπο εγκατάστασης του ανιχνευτή (υπό οποιαδήποτε άλλη γωνία) υφίσταται ο κίνδυνος το ανακλώμενο, από την επιφάνεια των οχημάτων, κύμα υπερήχων να μην επιστρέψει στον ανιχνευτή και επομένως, ο ανιχνευτής να απωλέσει τις διελεύσεις των οχημάτων. Η συνήθης διάταξη είναι, να χρησιμοποιείται ένας ανιχνευτής ανά μια λωρίδα κυκλοφορίας.

Ακολούθως, θα αναφερθούμε, επιγραμματικά, στις παρεχόμενες από έναν κατασκευαστή οδηγίες, σχετικά με την εγκατάσταση ενός ανιχνευτή με υπερήχους [10].



Σχ.1.62: Οι δύο ενδεικνυόμενοι τρόποι εγκατάστασης των ανιχνευτών με υπέρηχους.

(ΠΗΓΗ : www.mssedco.com)



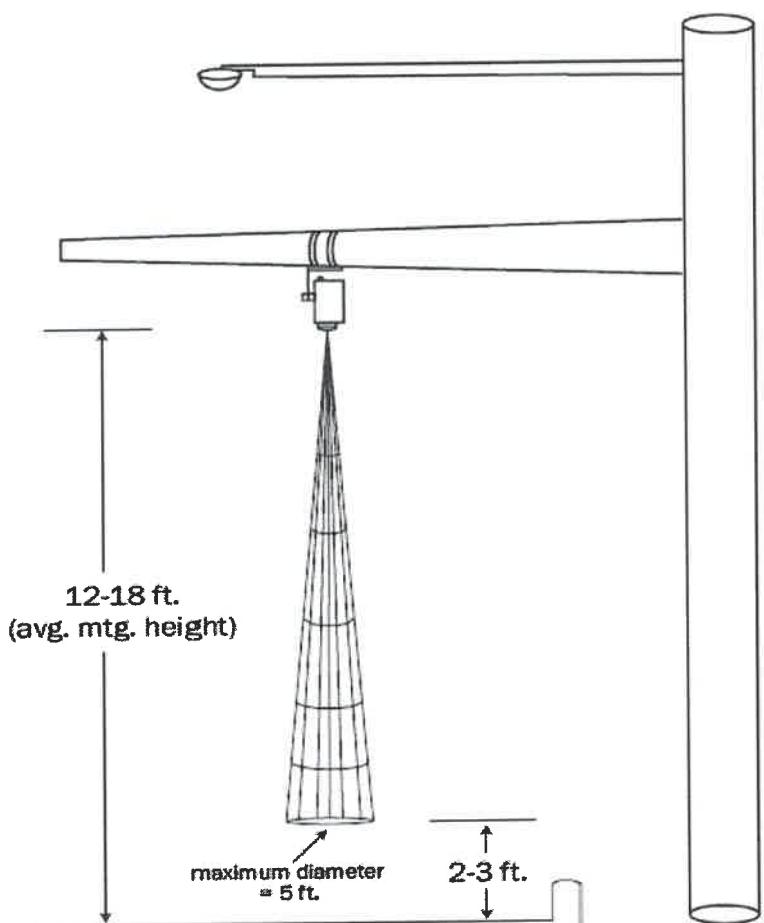
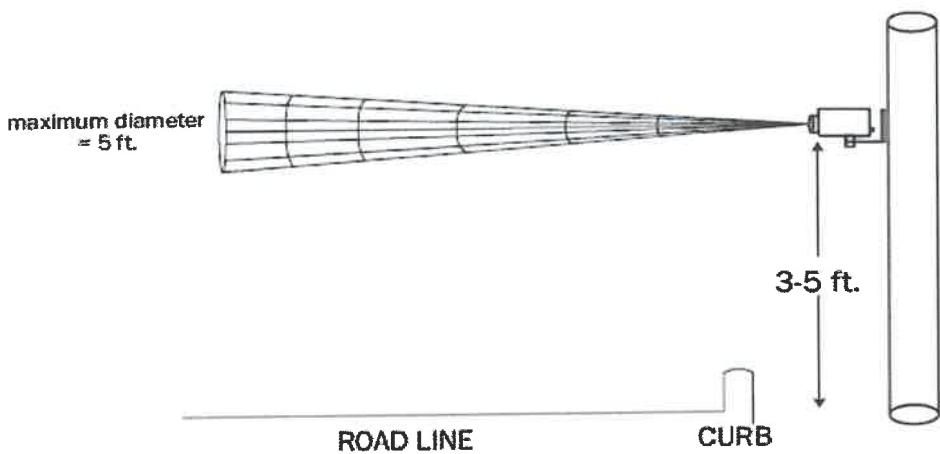
Σχ.1.63: Εσφαλμένος τρόπος εγκατάστασης ανιχνευτή με υπέρηχους. (ΠΗΓΗ : www.mssedco.com)

Αναφορικά με την **κατακόρυφη** τοποθέτηση του ανιχνευτή, η οποία είναι και η συνιστώμενη, σύμφωνα με τους κατασκευαστές, προτείνεται να γίνεται σε κατακόρυφο στύλο κοντά στο δρόμο και σε ύψος, το οποίο κυμαίνεται από 12 έως και 18 πόδια (4 έως 6 μέτρα περίπου), πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Ο ανιχνευτής τοποθετείται πάνω σε έναν οριζόντιο βραχίονα, ο οποίος, ακολουθώς, αναρτάται πάνω σε έναν κατακόρυφο στύλο, στην άκρη της οδού. Επιπλέον, ο ανιχνευτής πρέπει να ρυθμιστεί κατάλληλα, ώστε να είναι στραμμένος ακριβώς στο κέντρο της λωρίδας κυκλοφορίας, την οποία προορίζεται, να παρακολουθεί. Όσον αφορά το μήκος του πεδίου ανίχνευσης της συσκευής, προτείνεται το πεδίο να μην εκτείνεται έως την επιφάνεια του οδοστρώματος, αλλά να φτάνει σε ύψος 2 έως 3 ποδιών (0,70 έως 1 μέτρο περίπου) πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Οι παραπάνω οδηγίες παρουσιάζονται, χαρακτηριστικά, στο σχήμα Σχ.1.64.

Αναφορικά με την **οριζόντια** τοποθέτηση του ανιχνευτή ο κατασκευαστής προτείνει την τοποθέτησή του σε ένα στύλο κοντά στην υπό μελέτη λωρίδα. Το ύψος τοποθέτησης του ανιχνευτή προτείνεται να κυμαίνεται από 3 έως 5 πόδια (περίπου 1 έως 1,50 μέτρο), πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Η τοποθέτηση της συσκευής πρέπει να γίνει, ώστε να είναι στραμμένη, κατά το δυνατόν απολύτως οριζόντια, ως προς τη διερχόμενη κυκλοφορία της εποπτεύουσας λωρίδας κυκλοφορίας. Το μήκος του πεδίου ανίχνευσης της συσκευής πρέπει να εκτείνεται μέχρι το μέσο, περίπου, της λωρίδας κυκλοφορίας, που εποπτεύει. Τα παραπάνω παρουσιάζονται, ενδεικτικά, στο Σχ.1.64.

1.3.3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

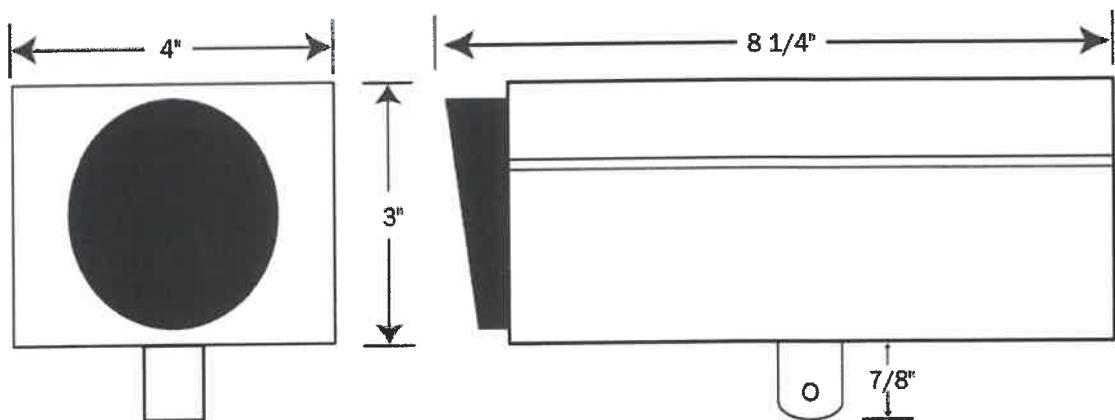
Όπως προαναφέρθηκε, οι ανιχνευτές με υπέρηχους τοποθετούνται, συνηθέστερα, κατακόρυφα και χρησιμοποιείται ένας ανιχνευτής για μια λωρίδα κυκλοφορίας. Με τη χρήση ενός ανιχνευτή ανά λωρίδα κυκλοφορίας τα κυκλοφοριακά στοιχεία, που μπορούν να συλλεχθούν, είναι οι κυκλοφοριακοί φόρτοι, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων και η κατάληψη της οδού. Με την εφαρμογή μιας πιο εξελιγμένης διάταξης, που περιλαμβάνει δύο ανιχνευτές για μια λωρίδα κυκλοφορίας, μπορούν, επιπλέον, να συλλεχθούν στοιχεία κυκλοφορίας, που αφορούν το κάθε διερχόμενο όχημα, ξεχωριστά. Τα στοιχεία αυτά, πέρα των προαναφερθέντων, είναι η ταχύτητα κίνησης του κάθε οχήματος, το μήκος του και η κατηγορία του [4]. Χαρακτηριστική εικόνα μιας τέτοιας διάταξης παρουσιάζεται στο σχήμα Σχ.1.68.



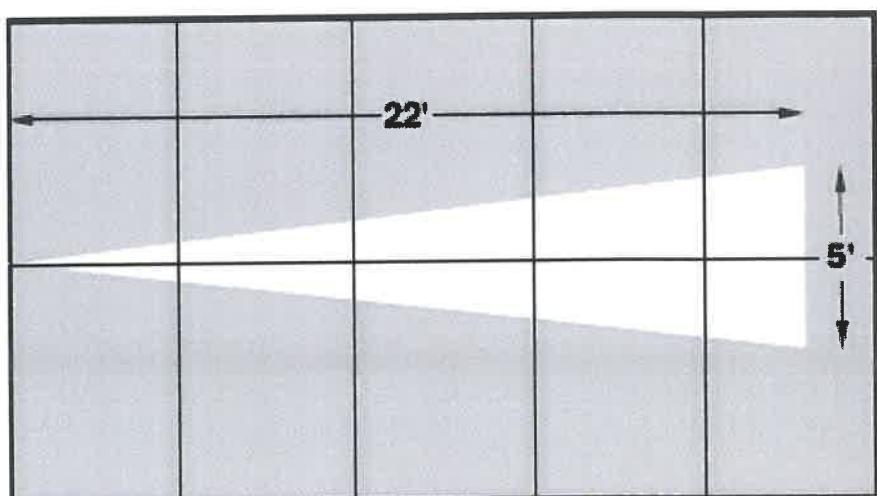
Σχ.1.64: Οδηγίες του κατασκευαστή για κατακόρυφη και οριζόντια εγκατάσταση ανιχνευτή (μοντέλο TC-30), αντίστοιχα. (ΠΗΓΗ : www.mssedco.com)



Σχ.1.65: Ανιχνευτής με υπέρηχους, μοντέλο TC-30, της MS-SEDCO. (ΠΗΓΗ : www.mssedco.com)



Σχ.1.66: Οι διαστάσεις του μοντέλου TC-30 σε κύρια και πλάγια όψη. (ΠΗΓΗ : www.mssedco.com)



Σχ.1.67: Γραφική απεικόνιση των διαστάσεων του σχηματιζόμενου πεδίου του ανιχνευτή TC-30. (ΠΗΓΗ : www.mssedco.com)

Τόσο μοντέλα ανιχνευτών, που εκπέμπουν παλμικό κύμα, όσο και μοντέλα, που εκπέμπουν συνεχές κύμα υπερήχων, χρησιμοποιούνται σήμερα. Από τα δυο προαναφερθέντα μοντέλα ανιχνευτών, ακριβότερα είναι εκείνα, τα οποία εκπέμπουν συνεχές κύμα. Η ανίχνευση της παρουσίας και η μέτρηση της ταχύτητας των κινούμενων οχημάτων, από τα μοντέλα αυτά (συνεχούς εκπεμπόμενου κύματος), στηρίζεται στην αρχή Ντόπλερ [4].

1.3.3.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

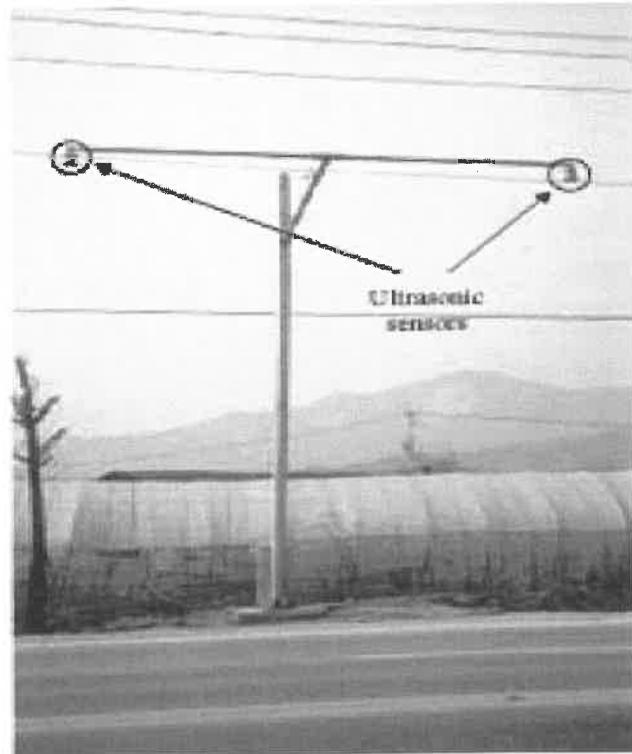
Στην ακόλουθη παράγραφο θα αναφερθούμε στα τεχνικά χαρακτηριστικά ανιχνευτών με υπέρηχους. Οι διαφορές στα τεχνικά χαρακτηριστικά (διαστάσεις, βάρος κλπ), που παρουσιάζονται ανάμεσα σε ανιχνευτές διαφορετικών κατασκευαστών, είναι μικρές. Εμείς θα περιοριστούμε στην ενδεικτική παρουσίαση βασικών τεχνικών χαρακτηριστικών ενός ανιχνευτή συγκεκριμένου κατασκευαστή.

Ο εν λόγω ανιχνευτής είναι ο TC-30 της MS-SEDCO και εικονίζεται στο σχήμα Σχ.1.65. Οι διαστάσεις του είναι 23 cm X 12 cm X 10 cm (εικονίζονται στο Σχ.1.66 σε ίντσες), ενώ το βάρος του είναι 1,6 κιλά, περίπου. Οι υπέρηχοι, που εκπέμπει, είναι συγχύτητας 49,7 KHz. Το εύρος του πεδίου των εκπεμπόμενων υπερήχων είναι 12°, ενώ το μήκος του μπορεί να φτάσει τα 22 πόδια (7 μέτρα περίπου) και το πλάτος του τα 5 πόδια (1,60 μέτρα περίπου) για το παραπάνω μήκος. Οι διαστάσεις του σχηματιζόμενου πεδίου παρουσιάζονται στο σχήμα Σχ.1.67. Το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας του ανιχνευτή, σύμφωνα με τον κατασκευαστή του, κυμαίνεται από -37° C έως και +75° C.

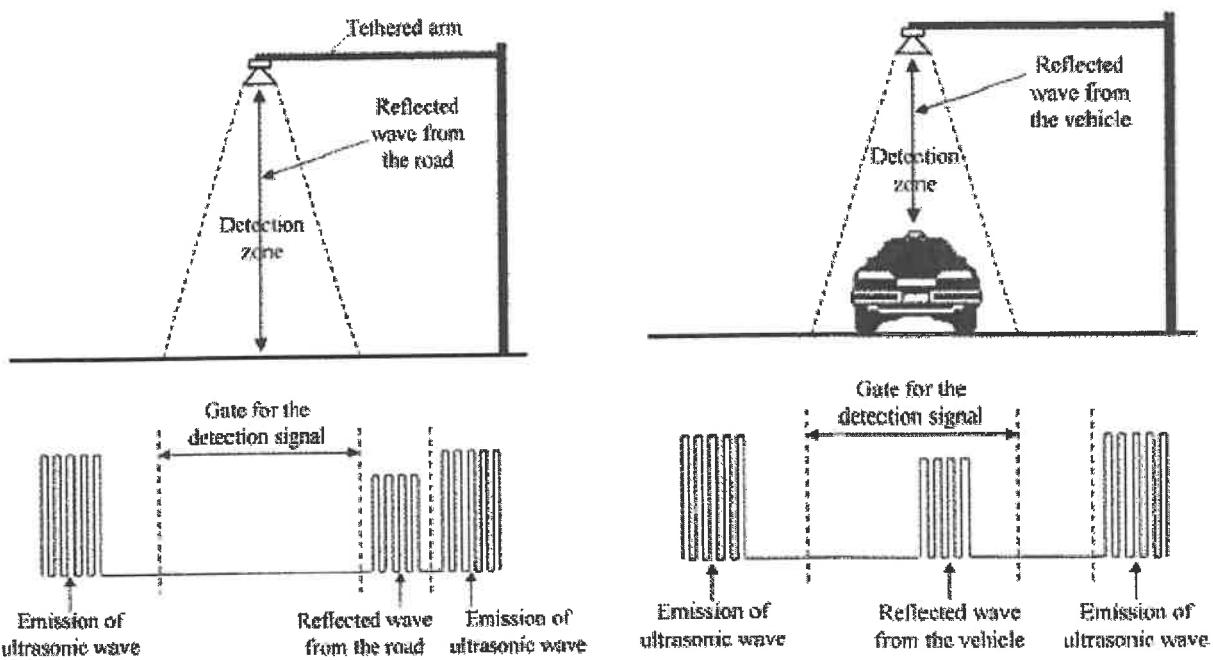
1.3.3.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ανιχνευτών με υπέρηχους είναι τα ακόλουθα:

- (α) Εύκολη εγκατάσταση των ανιχνευτών [6].
- (β) Για την εγκατάσταση των ανιχνευτών δεν απαιτείται καμιά επέμβαση στο οδόστρωμα και επομένως, δεν προκαλείται καμιά ζημιά στην επιφάνειά του [4].
- (γ) Η παρενόχληση της κυκλοφορίας, κατά τη διαδικασία εγκατάστασης των ανιχνευτών, είναι πολύ μικρή [4].
- (δ) Μικρές ανάγκες συντήρησης και επομένως και χαμηλό κόστος συντήρησης. Υπάρχουν αναφορές για λειτουργία ανιχνευτών, χωρίς καμιά συντήρηση, για χρονικό διάστημα 10 ετών [4].
- (ε) Δυνατή η λειτουργία τους για πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας, ταυτόχρονα [4],[6].



Σχ.1.68: Πιο εξελιγμένη διάταξη που περιλαμβάνει δύο ανιχνευτές για μια λωρίδα κυκλοφορίας. (ΠΗΓΗ: [4])



Σχ.1.69: Απεικόνιση της λειτουργίας ανίχνευσης ενός οχήματος από ανιχνευτή με υπέρηχους. (ΠΗΓΗ: [4])

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των ανιχνευτών με υπέρηχους είναι τα ακόλουθα:

- (α) Ορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως οι μεταβολές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και οι ακραίοι στροβιλισμοί του αέρα, μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στη λειτουργία των ανιχνευτών [4],[6].
- (β) Η λειτουργία τους μπορεί να παρεμποδιστεί από παράσιτα πηγών θορύβου [12].
- (γ) Οι μεγάλες περίοδοι επανάληψης (εκπομπής) του παλμικού κύματος μπορεί να οδηγήσουν σε υποεκτίμηση της μετρούμενης κατάληψης στους αυτοκινητόδρομους, για οχήματα που να ταξιδεύουν με μέτριες έως υψηλές ταχύτητες [4],[6].
- (δ) Η τοποθέτηση των αναγκαίων κατασκευών (πχ απαιτούμενου οριζόντιου βραχίονα πάνω σε κατακόρυφους στύλους, στα πλαίνα των δρόμων) προκειμένου να αναρτηθούν πάνω σε αυτές οι ανιχνευτές, ακριβώς επάνω από την επιφάνεια του δρόμου, μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην αισθητική των αυτοκινητοδρόμων [4].

1.3.4 ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ (BINTEO)

Η εφαρμογή συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας αποτελεί την πιο σύγχρονη, αποτελεσματική και, συγχρόνως, ολοκληρωμένη μέθοδο παρακολούθησης της κυκλοφορίας. Κατά τη μέθοδο αυτή, όπως και στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης, λαμβάνεται εικόνα από την οδό, με τη βοήθεια κάμερας, και αναπαράγεται σε οθόνες του κέντρου διαχείρισης. Πλην όμως, η εικόνα αυτή εισάγεται και σε κατάλληλη ηλεκτρονική υπολογιστική μονάδα, όπου και υφίσταται επεξεργασία για τη λήψη όλων των επιθυμητών στοιχείων, παρακάμπτοντας τον ανθρώπινο παράγοντα. Η παρακολούθηση της κυκλοφορίας με ψηφιακή επεξεργασία εικόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για εξαγωγή κυκλοφοριακών δεδομένων, όσο και για επιτήρηση της κυκλοφορίας [12].

Οι κάμερες βιντεοσκόπησης εισήχθησαν αρχικά, προκειμένου να εξασφαλίζεται η επιτήρηση της κυκλοφορίας στους δρόμους. Μέσω αυτών, μεταβιβάζονταν εικόνες κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης σε έναν άνθρωπο χειριστή του συστήματος για τη

συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών. Σήμερα, πιο εξελιγμένες τεχνικές χρησιμοποιούν την επεξεργασία της εικόνας του βίντεο για να αναλύσουν αυτόμata το σκηνικό του ενδιαφέροντος και να εξάγουν πληροφορίες για την επιτήρηση και τον έλεγχο της κυκλοφορίας. Ένα σύστημα ψηφιακής επεξεργασίας της εικόνας αποτελείται, συνήθως, από μία ή περισσότερες κάμερες, ένα μικροϋπολογιστή για την ψηφιοποίηση και την επεξεργασία της εικόνας, καθώς και από λογισμικό πρόγραμμα για να «ερμηνεύει» τις εικόνες και να τις μετατρέπει σε δεδομένα κυκλοφοριακής ροής [4]. Στα σχήματα Σχ.1.70 και Σχ.1.71 παρουσιάζονται τύποι συσκευών λήψης εικόνας για εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας, καθώς και συσκευές επεξεργαστών εικόνας.

1.3.4.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Κατά την εγκατάσταση του συστήματος, αφού οριστικοποιηθεί η θέση της κάμερας και ξεκινήσει η λήψη της εικόνας, ο χειριστής ορίζει στην οθόνη γραμμές και περιοχές ανίχνευσης, ανάλογα με τα στοιχεία που είναι επιθυμητό να λαμβάνονται. Μόλις κάποιο όχημα πατήσει κάποια γραμμή ή εισέλθει εντός συγκεκριμένης περιοχής, ανιχνεύεται. Χαρακτηριστικές εικόνες παρουσιάζονται στα σχήματα Σχ.1.72, Σχ.1.73 και Σχ.1.74. Στη συνέχεια, μία σειρά από αλγορίθμους αναλαμβάνει να επεξεργαστεί περαιτέρω την εικόνα και να εξάγει όλα τα επιθυμητά στοιχεία, απεικονίζοντάς τα στην οθόνη, αλλά και αποθηκεύοντάς τα για δημιουργία διαχρονικών δεδομένων [12].

Τα συστήματα ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας προβαίνουν στην ανίχνευση των οχημάτων, μέσω της ανάλυσης της εικόνας από ένα σκηνικό της κυκλοφορίας και του προσδιορισμού των αλλαγών, ανάμεσα σε διαδοχικά καρέ της εικόνας. Η πλειοψηφία των ψηφιακών συστημάτων επεξεργασίας εικόνας αναλύει την εικόνα, που μεταβιβάζεται σε αυτά, σε μια πλήρη σειρά από καρέ, με ρυθμό ανάλυσης έως και 30 καρέ ανά δευτερόλεπτο. Οι παράμετροι της κυκλοφοριακής ροής υπολογίζονται διαμέσω της ανάλυσης των διαδοχικών καρέ του βίντεο [4].

1.3.4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ένα σύστημα ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας μπορεί να αντικαταστήσει αρκετούς (εγκατεστημένους εντός του οδοιστρώματος) επαγγεικούς βρόχους, παρέχοντας ανίχνευση των οχημάτων σε πολλές λωρίδες κυκλοφορίας, ταυτόχρονα, και ενδεχομένως, με μικρότερο κόστος συντήρησης [4]. Τα συστήματα ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας μπορούν, γενικά, να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή των ακόλουθων κυκλοφοριακών δεδομένων [12]:

- (α) Μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων
- (β) Μέτρηση ταχύτητας οχημάτων και μέσης ταχύτητας κίνησης
- (γ) Κατανομή κυκλοφορίας κατά λωρίδα
- (δ) Χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί
- (ε) Πυκνότητα κυκλοφορίας
- (στ) Εκτίμηση μήκους οχημάτων και αντίστοιχη ταξινόμηση φόρτων
- (ζ) Αναγνώριση παρουσίας οχημάτων σε προσβάσεις κόμβων
- (η) Μέτρηση μήκους ουράς αναμονής σε προσβάσεις κόμβων
- (θ) Αναγνώριση συμφορήσεως
- (ι) Αναγνώριση προβληματικής κίνησης οχημάτων, όπως υψηλή ή χαμηλή ταχύτητα και απότομη μεταβολή της, στάση, αντίθετη κίνηση
- (ια) Ανίχνευση αντικειμένων στο οδόστρωμα
- (ιβ) Ανίχνευση καπνού ή ομίχλης
- (ιγ) Δυνατότητα παρακολούθησης οχήματος βάσει διαστάσεων και χρώματος

Βέβαια, μία εγκατάσταση ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας δεν είναι απαραίτητο να περιλαμβάνει όλες τις προαναφερθείσες δυνατότητες ταυτόχρονα, παρά μόνο όσες χρειάζονται σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Συνήθως, το διαθέσιμο λογισμικό διατίθεται σε τρεις διαφορετικές δυνατότητες, για μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων, για ανίχνευση περιστατικών (επιτήρηση) και για διαχείριση σηματοδοτούμενων κόμβων [12].

Κατά τη μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων μπορούν να μετρηθούν διάφορα στοιχεία όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι ταχύτητες των οχημάτων, η κατανομή κατά λωρίδα, οι χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί, η πυκνότητα κυκλοφορίας. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης του μήκους κάθε οχήματος, με αντίστοιχη κατανομή της κυκλοφορίας κατά κατηγορία. Τα στοιχεία μήκους σε συνδυασμό με το χρώμα, επιτρέπουν και την ταυτοποίηση της διέλευσης ενός οχήματος συγκεκριμένου από τα επόμενα παρακολουθούμενα σημεία, για την εξαγωγή μέσων τιμών ταχυτήτων και χρόνων διαδρομής, όπως και δεδομένων προέλευσης και προορισμού. Το πλεονέκτημα είναι, ότι με τη βοήθεια του λογισμικού, όλα αυτά τα στοιχεία μπορούν να παρουσιαστούν σε διάφορες μορφές, καθώς και να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή διαχρονικών στοιχείων, εντελώς αυτόματα [12].

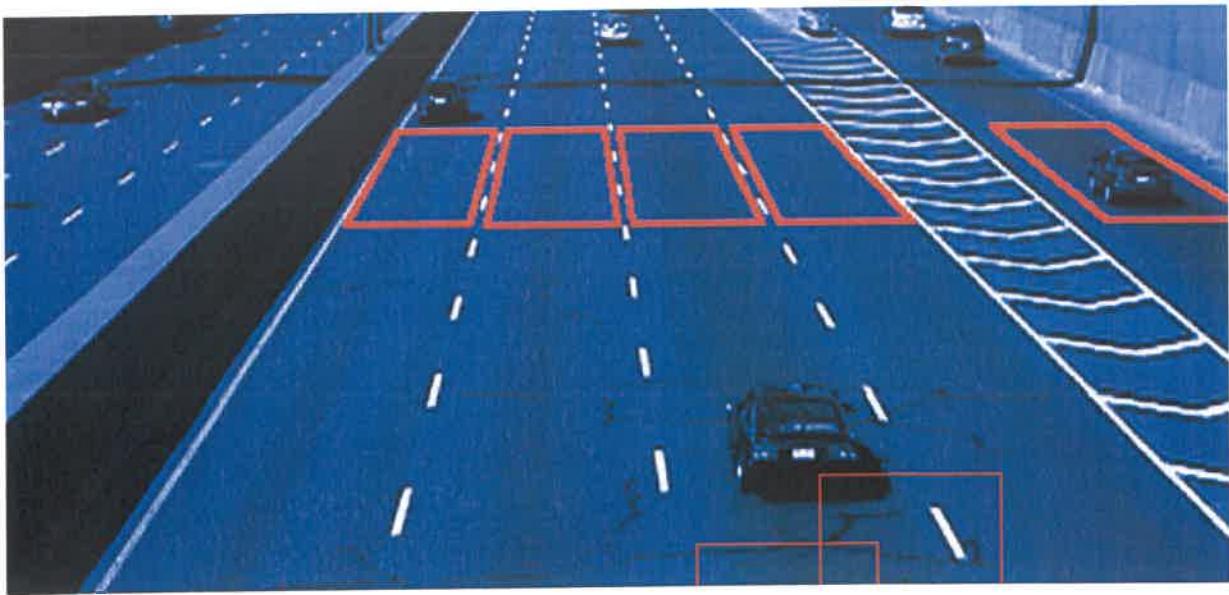
Η ανίχνευση διαφόρων ειδών περιστατικών πραγματοποιείται και αυτή αυτόματα, με τη δυνατότητα διαπίστωσης συμφόρησης, σταματημένων ή κινούμενων αντίθετα οχημάτων, αντικειμένων στο οδόστρωμα.



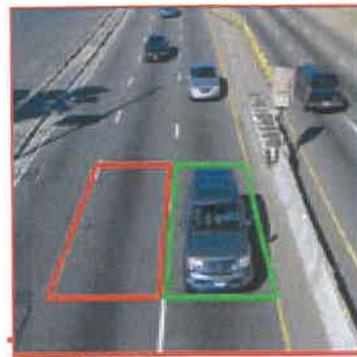
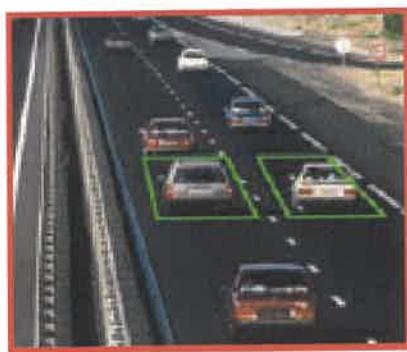
Σχ.1.70: Τύποι συσκευών λήψης εικόνας, καθώς και συσκευές επεξεργαστών εικόνας για εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας (ΠΗΓΗ: www.autoscope.com)



Σχ.1.71: Τύποι συσκευών λήψης εικόνας, καθώς και συσκευές επεξεργαστών εικόνας για εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας (ΠΗΓΗ: www.iteris.com)



Σχ.1.72: Εικονικές ζώνες ανίχνευσης των οχημάτων επί της οδού (ΠΗΓΗ: www.citilog.com)



Σχ.1.73 και Σχ.1.74: Εικονικές ζώνες ανίχνευσης των οχημάτων επί της οδού (ΠΗΓΗ: www.citilog.com)



Σχ.1.75 και Σχ.1.76: Αυτόματη ανίχνευση διαφόρων ειδών περιστατικών (τροχαίου ατυχήματος αριστερά και σταματημένου οχήματος σε σήραγγα δεξιά) (ΠΗΓΗ: [12])

Με την ανίχνευση κάποιου περιστατικού ενημερώνεται το προσωπικό του κέντρου, το οποίο έχει βέβαια τη δυνατότητα να επιβεβαιωθεί και ιδίοις όμμασι από την οθόνη του, διαπιστώνοντας το είδος και την έκτασή του και αποφασίζοντας για τις ενέργειες, στις οποίες θα προβεί. Απλώς, δεν απαιτείται η συνεχής επαγρύπνησή του, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης. Ιδιαίτερη εφαρμογή της δυνατότητας ανίχνευσης περιστατικών μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε επικίνδυνα σημεία, όπως οι σήραγγες, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα Σχ.1.76.

1.3.4.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Αναφορικά με τον τρόπο εγκατάστασης των συσκευών λήψης της εικόνας (κάμερες), η εγκατάστασή τους μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Οι κάμερες μπορούν να τοποθετηθούν, ώστε να «κοιτάζουν» είτε κατά τη φορά, είτε αντίθετα προς τη φορά της ροής της διερχόμενης κυκλοφορίας. Κάθε τρόπος εγκατάστασης έχει τα πλεονεκτήματά του έναντι του άλλου τρόπου.

Το βασικό πλεονέκτημα της εγκατάστασης της κάμερας, αντίθετα προς τη φορά της ροής της κυκλοφορίας, είναι, ότι δεν παρεμποδίζεται η καταγραφή περιστατικών, επί της οδού, εξαιτίας των επακόλουθων ουρών της κυκλοφορίας. Εντούτοις, υψηλά οχήματα όπως φορτηγά, ενδέχεται να μπλοκάρουν το οπτικό πεδίο των καμερών, ενώ και οι προβολείς μπορεί να προκαλέσουν θάμπωμα της εικόνας κατά τη νύχτα. Με την εν λόγω τοποθέτηση των καμερών, οι ακτίνες των προβολέων μπορούν να ανιχνευτούν ως οχήματα, σε γειτονικές λωρίδες, επάνω σε καμπύλα τμήματα του δρόμου.

Η εγκατάστασης της κάμερας, προς τη φορά ροής της κυκλοφορίας, έχει ως συνέπεια, να αποκρύπτονται οι κάμερες, που τοποθετούνται σε υπερυψωμένες διαβάσεις και γέφυρες, έτσι ώστε η συμπεριφορά των οδηγών να μη μεταβάλλεται στη θέα αυτών. Επίσης, ο εν λόγω τρόπος εγκατάστασης έχει το πλεονέκτημα, ότι γίνεται ευκολότερη η αναγνώριση των οχημάτων κατά τη νύχτα, διαμέσω των διαθέσιμων πληροφοριών από τα πίσω φανάρια των οχημάτων, ενώ τα οχήματα πρωτοανιχνεύονται, όταν βρίσκονται κοντά στην κάμερα. Επιπλέον, δεν υφίσταται και ο κίνδυνος, να προκληθεί θάμπωμα της εικόνας από τους προβολείς των οχημάτων, καθώς οι κάμερες βλέπουν μόνο το πίσω μέρος αυτών.

Βασικοί παράγοντες στην αποτελεσματικότητα και στην αξιοπιστία της ηλεκτρονικής παρακολούθησης είναι το είδος και η θέση των συσκευών λήψης εικόνας, που χρησιμοποιούνται. Καθώς η ποιότητα της γραφικής επεξεργασίας εξαρτάται από την αντίστοιχη της εικόνας, οι κάμερες που χρησιμοποιούνται στα

συστήματα ψηφιακής επεξεργασίας, απαιτείται να είναι μεγαλύτερης ευκρίνειας σε σχέση με τις κοινές κάμερες των κλειστών κυκλωμάτων. Έγχρωμες κάμερες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, αλλά είναι, εν γένει, λιγότερο ευαίσθητες σε σχέση με τις ασπρόμαυρες [12].

Επιπλέον παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την εγκατάσταση της κάμερας, είναι οι οπτικές γωνίες για κατακόρυφη και πλευρική λήψη της κυκλοφορίας, ο αριθμός των προς επιτήρηση λωρίδων κυκλοφορίας, η σταθερότητα σε σχέση με τον άνεμο και τις δονήσεις, καθώς και η ποιότητα της εικόνας.

Μερικοί κατασκευαστές καθορίζουν ένα μέγιστο εύρος επιτήρησης για τα συστήματα επεξεργασίας εικόνας, το οποίο είναι ίσο με δέκα φορές το ύψος τοποθέτησης της κάμερας. Κάποιες, βέβαια, πιο συντηρητικές διαδικασίες σχεδιασμού περιορίζουν το παραπάνω εύρος σε μικρότερες αποστάσεις, εξαιτίας ορισμένων παραγόντων όπως η διαμόρφωση της οδού (πχ υψομετρικές μεταβολές, καμπυλότητα, κατασκευές άνω και κάτω διάβασης), το επίπεδο συμφόρησης, η μίξη της κυκλοφορίας, οι ακραίες καιρικές συνθήκες [4].

Η βέλτιστη θέση κάθε κάμερας εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, καθώς και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Γενικά, οι κάμερες θα πρέπει να είναι τοποθετημένες όσο το δυνατό υψηλότερα και στο κέντρο της ζώνης ανίχνευσης. Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, προτιμάται η τοποθέτηση κοντά στην εσωτερική λωρίδα, καθώς με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται το γεγονός, βραδέα και ογκώδη οχήματα να κλείνουν το οπτικό πεδίο στις παρακείμενες λωρίδες. Η απευθείας πρόσπτωση του ηλιακού φωτός επάνω στο φακό θα πρέπει να αποφεύγεται. Το οπτικό πεδίο εξαρτάται από το ύψος τοποθέτησης, όπως και από το εύρος ανοίγματος του φακού. Ενδεικτικά, για την ανίχνευση σταματημένων οχημάτων η ζώνη ανίχνευσης, συνήθως, περιορίζεται σε 350 μέτρα σε ανοιχτές οδούς και σε 15 φορές το ύψος της κάμερας μέσα σε σήραγγες. Επίσης, μία κάμερα με σχεδόν κατακόρυφη τοποθέτηση (κοιτάζοντας προς τα κάτω) παρέχει σαφέστερη διάκριση των διαδοχικών οχημάτων, μειώνοντας τα σφάλματα αναγνώρισης, καθότι φαίνονται τα διάκενα μεταξύ τους, αλλά το εξαιρετικά περιορισμένο πεδίο λήψης την καθιστά ακατάλληλη για επιτήρηση. Τέλος, αναφέρεται ότι, όπως και στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων, έτσι και εδώ βασική αδυναμία της μεθόδου είναι η δυσκολία ανίχνευσης σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού ή περιορισμένης ορατότητας.

Οι κάμερες των ψηφιακών συστημάτων επεξεργασίας εικόνας μπορούν να τοποθετηθούν στις πλευρικές θέσεις ενός δρόμου, εάν το ύψος τοποθέτησής τους είναι

μεγάλο και συγκεκριμένα, κυμαίνεται από 30 έως 50 πόδια (9 έως 15 μέτρα περίπου). Για χαμηλότερα ύψη εγκατάστασης, όπως κοντά στα 20 πόδια (6 μέτρα περίπου), απαιτείται εγκατάσταση της κάμερας σε τοποθεσία στο κέντρο του δρόμου, ακριβώς επάνω από την υπό μελέτη περιοχή του δρόμου. Πάντως, όσο χαμηλότερο είναι το ύψος εγκατάστασης της κάμερας τόσο μεγαλύτερο είναι το σφάλμα στη μέτρηση της ταχύτητας των οχημάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι το σφάλμα στη μέτρηση είναι ανάλογο με το ύψος του οχήματος διαιρούμενο δια του ύψους τοποθέτησης της κάμερας.

Ο αριθμός των, προς ανάλυση εικόνας, λωρίδων κυκλοφορίας μπορεί να γίνει καθοριστικός παράγοντας, όσον αφορά την εγκατάσταση του συστήματος, στην περίπτωση κατά την οποία η απαιτούμενη περιοχή, για παρακολούθηση και ανάλυση, είναι μεγαλύτερη από τις δυνατότητες του συστήματος. Στην περιπτώση αυτή, ένα τέτοιο σύστημα επεξεργασίας εικόνας δεν είναι κατάλληλο και επομένως, πρέπει να απορριφθεί.

Συστήματα, τα οποία είναι ευαίσθητα στις μεγάλες κινήσεις της κάμερας, ενδέχεται να επηρεαστούν δυσμενώς, από τους ισχυρούς ανέμους, καθώς ο επεξεργαστής τους μπορεί να θεωρήσει, ότι οι προκαλούμενες από τον άνεμο μεταβολές στα πίζελ του φόντου της εικόνας, προέρχονται από την κίνηση οχήματος. Η ποιότητα και η «ερμηνεία» της εικόνας μπορούν να επηρεαστούν, από κάμερες που διαθέτουν αυτόματη εστίαση.

1.3.4.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ως κύρια πλεονεκτήματα των συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας μπορούν να παρατεθούν τα ακόλουθα:

(α) Για την εγκατάσταση των καμερών δεν απαιτείται κανενός είδους επέμβαση στο οδόστρωμα και επομένως, δεν προκαλείται καμιά ζημιά στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

(β) Η παρενόχληση της κυκλοφορίας, κατά τη διαδικασία εγκατάστασης των καμερών, είναι μικρή.

(γ) Υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης και καταγραφής της κυκλοφορίας σε πολλαπλές λωρίδες κυκλοφορίας, ταυτόχρονα, καθώς και σε πολλαπλές ζώνες ανά λωρίδα κυκλοφορίας [6].

(δ) Ευκολία ως προς την προσθήκη και την τροποποίηση των ζωνών ανίχνευσης επί της οδού [6].

(ε) Πλούσιες διατειθέμενες δυνατότητες ως προς τη συλλογή κυκλοφοριακών δεδομένων [6].

(στ) Παρέχεται ανίχνευση ευρείας περιοχής, όταν οι (κυκλοφοριακές) πληροφορίες μπορούν να συγκεντρώνονται από μία κάμερα [6].

Ως κύρια **μειονεκτήματα** των συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας μπορούν να θεωρηθούν τα ακόλουθα:

(α) Οι ακραίες καιρικές συνθήκες, οι σκιές, η προβολή των οχημάτων στις γειτονικές λωρίδες κυκλοφορίας, η μετάβαση από την ημέρα στη νύχτα και αντίστροφα, η αντίθεση ανάμεσα στο όχημα και στο δρόμο, καθώς και η παρουσία νερού, στιγμάτων άλατος, κρυστάλλων πάγου και ιστών αράχνης, μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στη λειτουργία του συστήματος [6].

(β) Απαιτείται ένα καθορισμένο ύψος τοποθέτησης της κάμερας για τη βέλτιστη ανίχνευση της παρουσίας και τη μέτρηση της ταχύτητας ενός οχήματος [6].

(γ) Μερικά μοντέλα είναι ευαίσθητα στην κίνηση της κάμερας, η οποία προκαλείται από τους ισχυρούς ανέμους [6].

(δ) Μεγάλο το κόστος αγοράς, εγκατάστασης και λειτουργίας των συστημάτων αυτών. Η μόνη ευμενής περίπτωση (από οικονομικής άποψης) είναι, όταν απαιτείται η επιτήρηση πολλών λωρίδων κυκλοφορίας από μια μόνο κάμερα, οπότε το κόστος ανίχνευσης, ανά λωρίδα κυκλοφορίας, μειώνεται [6].

1.3.5 ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΘΗΤΙΚΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

1.3.5.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η βασική αρχή λειτουργίας των ακουστικών ανιχνευτών στηρίζεται στην ανίχνευση της ηχητικής ενέργειας από τη διέλευση των οχημάτων σε μια οδό. Όταν ένα όχημα διέρχεται από την περιοχή ανίχνευσης ενός από τους εν λόγω ανιχνευτές, ανιχνεύεται μία αύξηση στην ηχητική ενέργεια που λαμβάνει ο ανιχνευτής και αναγνωρίζεται η παρουσία ενός οχήματος. Όταν το όχημα εγκαταλείπει τη ζώνη ανίχνευσης, η στάθμη της ηχητικής ενέργειας πέφτει κάτω από το κατώφλι ανίχνευσης και επομένως, παύει να υφίσταται η παρουσία του οχήματος. Χαρακτηριστική εικόνα ενός τέτοιου ανιχνευτή παρουσιάζεται στο Σχ.1.78.

1.3.5.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι ακουστικοί ανιχνευτές κυκλοφορίας αποτελούν μία από τις απλούστερες και ευκολότερες μεθόδους για τη μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων [2]. Είναι σχεδιασμένοι για εφαρμογή σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, στις οποίες μπορούν να λειτουργήσουν και να δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, η χρήση τους ενδείκνυται για τη μέτρηση φόρτων κυκλοφορίας σε δρόμους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται αραία από τα οχήματα. Συνεπώς, όπως είναι αναμενόμενο, οι δρόμοι αυτοί παρουσιάζουν μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους [2].

Επιπλέον, οι ακουστικοί ανιχνευτές είναι ιδανικοί για χρήση σε μη ασφαλτοστρωμένους δρόμους, στους οποίους η εγκατάσταση είτε επαγωγικών βρόχων είτε ελαστικών σωλήνων με πεπιεσμένο αέρα θα ήταν ιδιαίτερα επίφοβη και αναποτελεσματική [2].

Πιο συγκεκριμένα, για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ακρίβειας στις κυκλοφοριακές μετρήσεις ορισμένοι ακουστικοί ανιχνευτές συνίσταται να χρησιμοποιούνται σε μικρής κυκλοφορίας δρόμους, με μέγιστο ωριαίο φόρτο έως το πολύ 150 οχήματα και μέσο ημερήσιο φόρτο έως το πολύ 2000 οχήματα. Δε συνίσταται η χρήση τους για τοποθεσίες με υψηλότερους φόρτους από τους προαναφερθέντες, καθώς και για θέσεις με συνεχείς εξωτερικούς θορύβους, όπως βιομηχανικές και κατασκευαστικές ζώνες [2]. Η ύπαρξη σημαντικών εξωτερικών θορύβων που θα προέρχονται πέραν της οδού, θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα στον ακουστικό ανιχνευτή ως προς την καταγραφή και την καταμέτρηση των διερχόμενων οχημάτων, οδηγώντας σε μεγάλα σφάλματα και αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές.

1.3.5.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η εγκατάσταση του ακουστικού ανιχνευτή είναι απλή. Χαρακτηριστικά βήματα που ακολουθούνται για την εγκατάσταση ενός τέτοιου ανιχνευτή σε έναν δρόμο, παρουσιάζονται συνοπτικά στο Σχ.1.79.

Το γεγονός ότι οι ακουστικοί μετρητές ανήκουν στην κατηγορία των ανιχνευτών που τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του οδοστρώματος, επιτρέπει ακόμα πιο εύκολα την εγκατάστασή τους, καθώς, προκειμένου αυτή να πραγματοποιηθεί, δεν είναι καθόλου αναγκαία η πραγματοποίηση έργων επί της οδού (π.χ επαγωγικοί βρόχοι) και η συνεπακόλουθη, έστω και περιορισμένη και μικρής χρονικής διάρκειας, διακοπή της κυκλοφορίας. Η τοποθέτηση της συσκευής γίνεται πάντοτε σε σταθερά σημεία εκτός της διατομής της οδού και για το λόγο αυτόν δεν παρατηρείται οποιαδήποτε

πρόκληση οχλήσεων στα διερχόμενα οχήματα.

Σαν σταθερά σημεία για την τοποθέτηση των ακουστικών μετρητών επιλέγονται, συνηθέστερα, στύλοι ηλεκτροφωτισμού ή και στύλοι οδικής σήμανσης με κατάλληλη θέση, οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται κατά το δυνατόν πλησιέστερα προς το δρόμο [2], [4]. Χαρακτηριστικές είναι οι εικόνες του Σχ.1.78. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ακουστικοί μετρητές μπορούν να τοποθετηθούν και πάνω σε κορμούς δέντρων με κατάλληλη στερέωση. Σε κάθε περίπτωση, για την πραγματοποίηση κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστων μετρήσεων, η τοποθέτηση του ανιχνευτή πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το μέτωπό του να «κοιτάζει» κατευθείαν προς το οδικό τμήμα, στο οποίο θέλουμε να πραγματοποιήσουμε τις μετρήσεις [2].

1.3.5.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** στα οποία θα μπορούσαμε να αναφερθούμε είναι τα ακόλουθα:

- (α) Το **μικρό κόστος απόκτησης** των ακουστικών ανιχνευτών αποτελεί ίσως το σημαντικότερο προτέρημά τους έναντι των υπόλοιπων ανταγωνιστικών της αγοράς [2].
- (β) Η **ευκολία εγκατάστασης** και **απεγκατάστασής τους** [2].
- (γ) Η **μη πρόκληση φθορών** στο οδόστρωμα και η **διεξαγωγή της κυκλοφορίας**, χωρίς τη διακοπή και παρενόχλησή της, κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης και απεγκατάστασης των ακουστικών μετρητών [2].
- (δ) Η **πραγματοποίηση** των κυκλοφοριακών μετρήσεων γίνεται χωρίς την παραμικρή οχληση των διερχόμενων οχημάτων, καθώς οι εν λόγω μετρητές τοποθετούνται σε σταθερά σημεία εκτός του δρόμου [2].

Τα βασικότερα **μειονεκτήματά** τους είναι τα ακόλουθα:

- (α) Το **περιορισμένο εύρος εφαρμογών τους**. Όπως έχει αναφερθεί, αρκετά μοντέλα ανιχνευτών αυτής της κατηγορίας ενδείκνυνται για χρήση σε δρόμους με μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους ή/και σε δρόμους μη ασφαλτοστρωμένους [2]. Υπάρχουν και μοντέλα, η χρήση των οποιών δε συνίσταται για δρόμους με χαμηλές ταχύτητες κίνησης των οχημάτων και συνεχή σταματήματα και εκκινήσεις της κυκλοφορίας [4].
- (β) Οι ακουστικοί μετρητές δεν **παρέχουν ιδιαίτερα αξιόπιστες μετρήσεις**, ενώ η αξιοπιστία των παρεχόμενων μετρήσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό, από τις συνθήκες του περιβάλλοντος που επικρατούν στη θέση εγκατάστασης του ανιχνευτή [2]. Επίσης, οι χαμηλές θερμοκρασίες επιδρούν αρνητικά στην ακρίβεια των μετρήσεων [4].



Σχ.1.77: Μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων, στην πράξη, με τη χρήση ακουστικού ανιχνευτή.
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Σχ.1.78: Συσκευή ακουστικού ανιχνευτή κυκλοφορίας.
(ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)



Βήμα 1°



Βήμα 2°



Βήμα 3°



Βήμα 4°



Βήμα 5°



Βήμα 6°



Βήμα 7°

Σχ.1.79: Επτά ενδεικτικά βήματα για την εγκατάσταση ενός ακουστικού ανιχνευτή κυκλοφορίας. (ΠΗΓΗ: www.jamartech.com)

(γ) Η περιορισμένη ικανότητα συλλογής κυκλοφοριακών δεδομένων σε σύγκριση με άλλους ανιχνευτές. Το σημαντικότερο εξ αυτών των στοιχείων είναι η αδυναμία κατάταξης των διερχόμενων οχημάτων σε κατηγορίες (classification) όπως σε μοτοσυκλέτες, IX, φορτηγά, κλπ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

- [1] Ι. Μ. Φραντζεσκάκης - Γ. Α. Γιαννόπουλος, «Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική», Τόμος 1, Γ' Έκδοση, 1986.
- [2] Ιστοσελίδα www.jamartech.com
- [3] Ιστοσελίδα www.renoae.com
- [4] The Vehicle Detector Clearinghouse, "A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies used in Intelligent Transportation Systems", July 31 2007.
- [5] C. Papacostas – A. Prevedouros, «Transportation Engineering and Planning»
- [6] Ιστοσελίδα www.mountain-plains.org
- [7] Ιστοσελίδα www.quixotecorp.com
- [8] Ιστοσελίδα www.asim-technologies.com
- [9] Εγκυκλοπαίδεια Wikipedia (Ιστοσελίδα: www.wikipedia.org)
- [10] Ιστοσελίδα www.mssedco.com
- [11] Ιστοσελίδα www.wavetronix.com
- [12] Τσανακτσίδης Δημήτριος, Τσίτσουλας Δημήτριος, «Σύγχρονα συστήματα εξοπλισμού των οδών», Διπλωματική εργασία Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Ιούνιος 2003.