



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

**Χαρτογράφηση και Εντοπισμός Πηγών Θορύβου σε Βιομηχανικό
Περιβάλλον**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Έκτορας Χ. Ρουμελιώτης

Επιβλέπων: Δημήτριος Ναθαναήλ

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

Ευχαριστίες

Θα ήθελα κατ' αρχάς να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κο Δημήτρη Ναθαναήλ για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για τη βοήθεια και την καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της.

Επίσης, οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες στους επιβλέποντες μηχανικούς της εταιρείας, στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, για την συνδρομή, την βοήθεια και τον χρόνο που αφιέρωσαν κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη χαρτογράφηση και στον εντοπισμό των πηγών θορύβου σε μια βιομηχανική μονάδα. Η χαρτογράφηση πραγματοποιήθηκε σε τρία κτήρια όπου η ηχητική ένταση ξεπερνούσε το ανώτατο επιτρεπτό όριο θορύβου που ορίζει η νομοθεσία. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε διάφορα σημεία του χώρου που ορίστηκαν με τη μέθοδο του καμβά, χωρίζοντας τον χώρο σε ισομεγέθεις περιοχές. Στα σημεία που όριζε ο καμβάς οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση ενός ειδικού οργάνου, του ηχόμετρου.

Από την συλλογή των μετρήσεων αυτών διαμορφώθηκε ο χάρτης θορύβου με την χρήση ενός ειδικού προγράμματος. Ο χάρτης θορύβου είναι μια εικονική αναπαράσταση του ηχητικού περιβάλλοντος όπου τα αποτελέσματα απεικονίζονται με διαφορετικά χρώματα, που δηλώνουν παραστατικά την διαβάθμιση της έντασης ή το διαφορετικό επίπεδο θορύβου. Με την βοήθεια του χάρτη εντοπίστηκαν οι ηχογόνοι πηγές στα διάφορα κτήρια και αξιολογήθηκε η επίδραση τους στη διαμόρφωση του ηχητικού περιβάλλοντος στον συγκεκριμένο χώρο.

Στην συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα από τον χάρτη μελετήθηκε στις πιο ηχητικά επιβεβαρυσμένες περιοχές η δόση θορύβου που δέχονται οι εργαζόμενοι κατά την διάρκεια της οκτάωρης βάρδιάς τους και υπολογίστηκε ο ανώτερος επιτρεπτός χρόνος έκθεσης στην ισοδύναμη ηχητική ένταση της περιοχής αυτής. Επίσης, σε ορισμένα σημεία πραγματοποιήθηκε ανάλυση συχνότητας για να εντοπισθούν οι επικρατέστερες συχνότητες στο συγκεκριμένο ηχητικό περιβάλλον.

Τέλος, προτάθηκαν κάποιες λύσεις για την εφαρμογή ορισμένων μέτρων μείωσης του θορύβου. Στόχος των μέτρων αυτών είναι η μείωση της έντασης του θορύβου στο χώρο του εργοστασίου και η ελάττωση της συνολικής δόσης θορύβου που δέχονται οι εργαζόμενοι.

Λέξεις – κλειδιά: Ήχος, θόρυβος, συχνότητα, ηχητική ένταση, δόση θορύβου, ισοδύναμη ένταση θορύβου, ηχομέτρηση, ηχόμετρο, χάρτες θορύβου, χαρτογράφηση, πηγές θορύβου, αιτίες θορύβου, μέτρα μείωσης θορύβου.

Abstract

Noise Mapping and Identifying Noise Sources in Industrial Environment

The present diploma thesis focuses on noise mapping and identification of noise sources in an industrial environment. The mapping was carried out in three buildings where the sound level exceeded the maximum allowable noise threshold set by the legislation. Measurements were carried out at different points of the space defined by the grid method. In this method the space is divided into equally sized regions. These measurements were made using a special instrument, the noise-level meter.

These measurements were then used to design the noise maps, using a specific design tool. The noise map is a visual representation of the sound environment where the results are displayed in different colors, indicating graphically the gradient of noise level. With the help of the noise maps all the noise sources in the various buildings were identified, and their influence in shaping the acoustic environment was evaluated.

Based on the results from the map, in the most noise polluted areas, noise dose received by workers during their eight-hour shift and upper allowable exposure time for the equivalent noise pressure level were measured. Furthermore, in some places, a frequency analysis was conducted to identify the dominant frequencies in the specific noise environment.

Finally, some solutions have been proposed in order to implement some noise reduction measures. The aim of these measures is to reduce the noise pressure level at the factory site and the total noise dose received by the workers.

Keywords: sound, noise, frequency, sound pressure level, noise dose, equivalent sound level, sound measurements, sound level meter, noise maps, mapping, noise sources, noise causes, noise reduction measures.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	1
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	1
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	1
Κεφάλαιο 1 Ήχος – Θόρυβος - Νομοθεσία	8
1.1 Εισαγωγικά	8
1.2 Μηχανισμός ακοής	10
1.3 Μέτρηση Θορύβου.....	12
1.4 Μελέτη του ηχητικού περιβάλλοντος	19
1.5 Επιπτώσεις του ηχητικού περιβάλλοντος	22
1.6 Νομοθεσία.....	28
Κεφάλαιο 2 Μετρήσεις Θορύβου	31
2.1 Χώρος μελέτης.....	31
2.2 Ηχόμετρα	33
2.2.1 Λειτουργία του ηχομέτρου.....	34
2.2.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηχομέτρου	36
2.3 Χαρτογράφηση του θορύβου	37
2.3.1 Διαδικασία Χαρτογράφησης.....	38
2.3.2 Πρόγραμμα NoiseAtWork	39
Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα Μετρήσεων.....	41
3.1 Ηχογόνοι πηγές	41
3.2 Χάρτες θορύβου.....	50
3.3 Δόση θορύβου.....	73
Κεφάλαιο 4 Προτάσεις Μέτρων Αντιμετώπισης.....	77
4.1 Αντιμετώπιση του θορύβου	77
4.2 Εργονομικότητα Μέτρων Μείωσης Θορύβου	79
4.3 Επιλογή Μέτρων Μείωσης Θορύβου	80
4.4 Μέτρα μείωσης θορύβου για την εγκατάσταση.....	82
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα & Προτάσεις	92
5.1 Ανακεφαλαίωση και Συμπεράσματα	92
5.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	93
Βιβλιογραφία	95

Πρόλογος

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η χαρτογράφηση και ο εντοπισμός πηγών θορύβου σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον. Πραγματοποιήθηκε ηχομέτρηση σε τρία κτήρια του εργοστασίου σε καθορισμένες θέσεις. Οι μετρήσεις αυτές επεξεργάστηκαν και μέσω ενός ειδικού προγράμματος διαμορφώθηκαν οι χάρτες θορύβου. Από τους χάρτες αντλήθηκαν πληροφορίες για την θέση των ηχογόνων πηγών και ερευνήθηκαν οι αιτίες του θορύβου. Έπειτα παρουσιάστηκαν ορισμένες προτάσεις για μέτρα μείωσης του θορύβου για να μειωθεί το επίπεδο της ηχητικής έντασης κάτω από το ανώτατο επιτρεπτό όριο των 85 dB(A).

Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται μια η εισαγωγή στις έννοιες του ήχου, του θορύβου και σε ορισμένες παραμέτρους γύρω από το φαινόμενο αυτό.

Στο 2^ο Κεφάλαιο ακολουθεί η παρουσίαση της μεθόδου με την οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις και διαμορφώθηκαν οι χάρτες θορύβου.

Στο 3^ο Κεφάλαιο ακολουθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων και παρουσιάζονται οι χάρτες θορύβου.

Στο 4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται προτάσεις για την λήψη μέτρων μείωσης του θορύβου.

Στο 5^ο Κεφάλαιο συζητώνται συνοπτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν και γίνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 1

Ήχος – Θόρυβος - Νομοθεσία

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά σε γενικές πληροφορίες γύρω από το φαινόμενο του βιομηχανικού θορύβου. Θα αναλυθεί ο μηχανισμός της ακοής προκειμένου να καταλάβουμε πως το ανθρώπινο αφτί αντιλαμβάνεται τον ήχο. Θα δώσουμε κάποιους βασικούς ορισμούς για τον ήχο, τον θόρυβο και ορισμένων συσχετιζόμενων μεγεθών και θα αναφερθούμε στην μελέτη του ηχητικού περιβάλλοντος. Επίσης θα γίνει μια περιγραφή των επιπτώσεων του ηχητικού περιβάλλοντος και μια αναφορά στην σύγχρονη νομοθεσία που αφορά το θέμα αυτό.

1.1 Εισαγωγικά

Η ηχορρύπανση είναι στενά συνδεδεμένη με την ανθρώπινη δραστηριότητα και γενικά αυτή είναι έντονη όταν η δραστηριότητα είναι συγκεντρωμένη σε αστικές περιοχές. Ο επαγγελματικός θόρυβος είναι επίσης ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που επηρεάζουν εκατομμύρια εργαζόμενους σε όλο τον κόσμο, καθώς και κατοικημένες περιοχές κοντά σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η νέα στρατηγική για την καταπολέμηση του θορύβου κατά τον 21ο αιώνα, με βασικό στόχο ότι «κανένα πρόσωπο δεν πρέπει να εκτίθεται σε επίπεδα θορύβου που θέτουν σε κίνδυνο την υγεία και την ποιότητα ζωής» βασίζεται στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/49 / ΕΚ [1]. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, ο σχεδιασμός των στρατηγικών χαρτών θορύβου είναι το πρώτο βήμα για την εκτέλεση των ακόλουθων δραστηριοτήτων: ανάπτυξη και εφαρμογή σχεδίων δράσης για τη μείωση του θορύβου και την ενημέρωση του κοινού σχετικά με την έκθεση στον θόρυβο. Οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου δίνουν έμφαση στις οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές, αεροδρόμια και χώρους βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Βιομηχανικές δραστηριότητες κοντά σε κατοικημένες περιοχές έχουν μια αναπόφευκτη επίδραση στο περιβάλλον και το επίπεδο θορύβου στο οποίο εκτίθενται οι κάτοικοι. Βιομηχανικοί χάρτες θορύβου που δείχνουν τις κυρίαρχες πηγές θορύβου και τα περιβαλλοντικά επίπεδα θορύβου είναι απαραίτητοι για την αξιολόγηση της επιρροής της βιομηχανικής δραστηριότητας στο περιβάλλον. Η χαρτογράφηση του θορύβου είναι το αρχικό βήμα για την ενημέρωση του κοινού σχετικά με την έκθεση στον θόρυβο και την ανάπτυξη σχεδίων φράσης για την μείωση αυτού.

Ο ήχος είναι μια από τις παραμέτρους που διαμορφώνουν το περιβάλλον μέσα στο οποίο εκτελείται μια εργασία. Το ηχητικό περιβάλλον της εργασίας δημιουργείται συνήθως από διάφορες ηχογόνες πηγές όπως μηχανήματα, εργαλεία, αλλά και τους ίδιους τους ανθρώπους μέσω της ομιλίας τους. Οι περισσότεροι από αυτούς τους ήχους είτε υπερβαίνουν τα αποδεκτά επίπεδα είτε δεν παρέχουν κανένα όφελος για τα άτομα τα οποία εκτίθενται σε αυτόν, και, ως εκ τούτου είναι ανεπιθύμητοι, ενοχλητικοί ή ακόμη και επιβλαβείς για την υγεία. Σε αυτήν την

περίπτωση ο ήχος γίνεται αντιληπτός ως **θόρυβος** και είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα για την μείωση του [2].

Στο σύγχρονο περιβάλλον εργασίας είναι πολύ σπάνια η περίπτωση απουσίας θορύβου. Συνήθως, το ηχητικό περιβάλλον διαμορφώνεται από πλήθος ηχογόνων πηγών, ενώ οι ήχοι που αυτές εκπέμπουν μπορεί να ενισχύονται, να μειώνονται ή να απορροφούνται, ανάλογα με τη σύσταση και τη διαμόρφωση των δομικών στοιχείων του περιβάλλοντος της εργασίας (π.χ. τοίχοι επικαλυμμένοι με ανακλώντα ή απορροφητικά υλικά).

Οι ήχοι που εκπέμπονται σε ένα εργασιακό περιβάλλον, εκτός από όχληση μπορεί να αποτελούν και σημαντική πηγή πληροφόρησης. Για παράδειγμα, η επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων πραγματοποιούνται κυρίως με τη βοήθεια των διαρθρωμένων ήχων (ομιλία) που αυτοί εκπέμπουν, ενώ οι μεταβολές των χαρακτηριστικών του ήχου που εκπέμπει μια μηχανή πληροφορούν το χειριστή της για την καλή ή όχι λειτουργία της, την ανάγκη τροφοδοσίας της ή συντήρησης. Ταυτόχρονα, όμως, το ηχητικό περιβάλλον μπορεί να έχει και πολλαπλές επιπτώσεις στον άνθρωπο, όπως ενόχληση και αδυναμία συγκέντρωσης, ή προσβολή του ακουστικού συστήματος που μπορεί να είναι αναστρέψιμη (ακουστική κόπωση) ή μη αναστρέψιμη (κώφωση) [3].

Παρά τις εντυπωσιακές αλλαγές στις παραγωγικές διαδικασίες της σύγχρονης οικονομίας, ο θόρυβος αποτελεί παγκοσμίως το υπ' αριθμόν ένα πρόβλημα στους χώρους εργασίας. Η επαγγελματική βαρηκοΐα (απώλεια ακοής λόγω του θορύβου), εξακολουθεί να αποτελεί μια από τις πιο συχνές επαγγελματικές ασθένειες στην Ευρώπη και αντιπροσωπεύει το ένα τρίτο περίπου όλων των επαγγελματικών ασθενειών. Οι επιπτώσεις του θορύβου στον εργαζόμενο πρέπει να εξετάζονται μέσα από διαδικασίες αναλυτικής προσέγγισης. Αυτό σημαίνει ότι δεν πρέπει να εκτιμώνται μόνο οι ακουστικές επιδράσεις του θορύβου στους εκτιθέμενους, αλλά όλα τα στοιχεία που συνθέτουν το εργασιακό περιβάλλον.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Έρευνα για τις Εργασιακές Συνθήκες¹ περίπου το 20% των Ευρωπαίων εργαζόμενων είναι εκτεθειμένοι σε θόρυβο τόσο δυνατό που αναγκάζονται να υψώσουν τον τόνο της φωνής τους για να μιλήσουν με συναδέλφους. Έκθεση σε θόρυβο είναι αρκετά συχνή στον βιομηχανικό και στον κατασκευαστικό κλάδο, όπου περίπου το 40% των εργαζόμενων εκτίθεται σε αυτόν. Περίπου 7% των Ευρωπαίων εργαζομένων θεωρούν ότι η δουλειά τους επηρεάζει την υγεία τους με την μορφή κώφωσης [4].

Ένας χάρτης θορύβου θα πρέπει να είναι η αρχική βάση για τη διαχείριση του θορύβου και τη δημιουργία ενός σχεδίου δράσης για τη μείωση του επιπέδου του θορύβου στο εργοστάσιο και την ενημέρωση των εργαζομένων για την κατάσταση του θορύβου και της επιπτώσεις που αυτός επιφέρει στην υγεία τους [2].

¹European Survey on Working Conditions – ESWC 2000

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται κανονικά υπό μορφή έγχρωμων χαρτών θορύβου, όπου κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα δεδομένο διάστημα των επιπέδων θορύβου.

Πάνω απ' όλα, ένα τέτοιο μοντέλο, αν αναπτυχθεί σωστά, επιτρέπει να πάρει κανείς ένα σωστό σύστημα παρακολούθησης και διαχείρισης θορύβου, από το οποίο είναι δυνατόν να ταξινομηθούν οι πηγές θορύβου, να εντοπισθούν οι επιμέρους συνεισφορές κάθε πηγής θορύβου στον δέκτη, να ανανεώνεται η πληροφορία όταν γίνονται αλλαγές στο εργοστάσιο, και να εδραιωθεί ένα λεπτομερές πλάνο ελέγχου του θορύβου και πρόβλεψης των αποτελεσμάτων.

Οποιαδήποτε και αν είναι η αιτία, πρωταρχικός στόχος ενός χάρτη θορύβου είναι είναι η αξιολόγηση μιας θορυβώδους κατάστασης και η μελέτη των καλύτερων λύσεων για να συμμορφωθεί η εταιρεία με δεδομένα όρια θορύβου [5].

1.2 Μηχανισμός ακοής

Το όργανο που εξασφαλίζει το αίσθημα της ακοής είναι το αυτί (ούς). Το ίδιο όργανο εξασφαλίζει και την αίσθηση του χώρου (ισορροπία, προσανατολισμός, κλπ). Τα ηχητικά σήματα συλλέγονται από τα αισθητήρια που βρίσκονται στο αυτί, και στη συνέχεια, μέσω του νευρικού συστήματος, κατευθύνονται στον εγκέφαλο για επεξεργασία. Το ανθρώπινο αυτί χωρίζεται σε τρία μέρη: το έξω ους, το μέσο ους και το έσω ους.



Σχήμα 1.1 Το αυτί (ούς) και τα επιμέρους τμήματά του

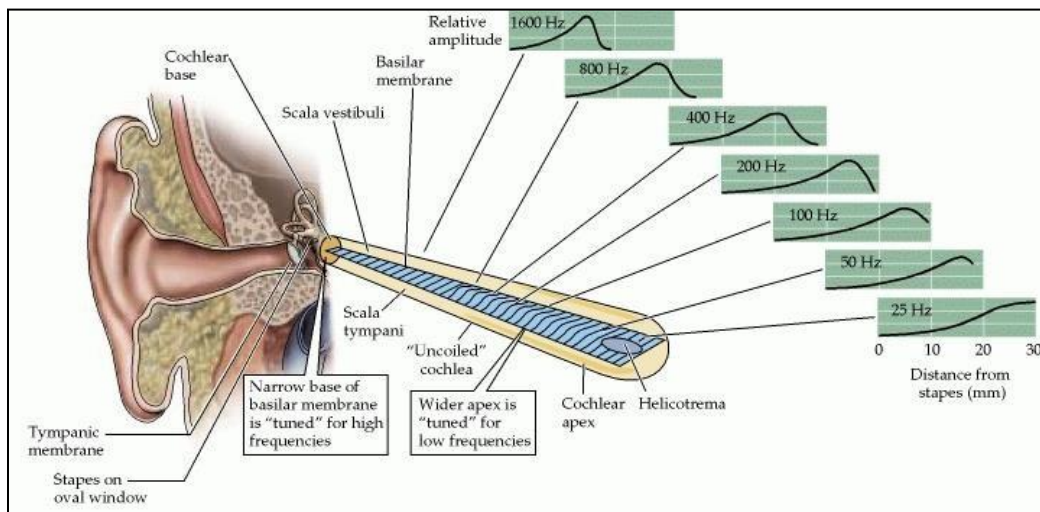
Το έξω ους αποτελείται από το πτερύγιο, τον έξω ακουστικό πόρο και τον τυμπανικό υμένα. Το πτερύγιο χρησιμεύει στο να δέχεται και να κατευθύνει τους ήχους στον έξω ακουστικό πόρο. Ο

έξω ακουστικός πόρος είναι ο αγωγός που οδηγεί στον τυμπανικό υμένα. Ο έξω ακουστικός πόρος παίζει ρόλο αφενός μεν προστατευτικό του τυμπάνου, αφετέρου δε ενισχυτικό του ηχητικού σήματος (ενίσχυση κατά 10dB περίπου ενός ήχου 3.000Hz). Ο τυμπανικός υμένας αποτελεί διάφραγμα που χωρίζει το έξω από το μέσο ούς.

Το μέσο ους είναι μια περίπλοκη κοιλότητα, η οποία επικοινωνεί με το φάρυγγα μέσω της ευσταχιανούς σάλπιγγος. Ο αγωγός αυτός εξασφαλίζει την εξισορρόπηση των πιέσεων που ασκούνται στον τυμπανικό υμένα. Στο μέσο ους υπάρχουν τρία μικρά οστά: η σφύρα, ο άκμων και ο αναβολεύς. Τα οστάρια αυτά μεταδίδουν τις ώσεις των ηχητικών κυμάτων στο έσω ους. Η κοιλότητα του μέσου ωτός επικοινωνεί με το έσω ους με δυο μικρές οπές: την ωοειδή θυρίδα και τη στρογγυλή θυρίδα.

Το έσω ους, το οποίο αποκαλείται και λαβύρινθος, αποτελείται και αυτό από τρία μέρη: την αίθουσα, τον κοχλία (2,5 στροφές σπείρας) και τρεις ημικυκλικούς σωλήνες. Μέσα στο λαβύρινθο υπάρχει ένα παχύρρευστο υγρό, το λεμφικό υγρό, στο οποίο μεταδίδονται οι ώσεις των ηχητικών κυμάτων, μέσω των ταλαντώσεων των τριών οσταρίων του μέσου ωτός. Η αντίληψη των ήχων γίνεται κατά μήκος της βασικής μεμβράνης που επενδύει τον κοχλία, και στην οποία απολήγουν τα ακουστικά νεύρα.

Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται ένα είδος ανάλυσης συχνοτήτων, όπου οι απολήξεις των ακουστικών νεύρων, ανάλογα με την απόστασή τους και την ωοειδή θυρίδα, έχουν διαφορετικές ιδιοσυχνότητες και έτσι διεγείρονται από ταλαντώσεις του λεμφικού υγρού διαφορετικών συχνοτήτων.



Σχήμα 1.2: Ταλαντώσεις βασικής μεμβράνης, προκαλούμενες από ήχους διαφορετικών συχνοτήτων [6] (Bekesy,1972).

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, οι απολήξεις των ακουστικών νεύρων, ανάλογα με την απόστασή τους από την ωοειδή θυρίδα, έχουν διαφορετικές ιδιοσυχνότητες κι, έτσι διεγείρονται από ταλαντώσεις του λεμφικού υγρού διαφορετικών συχνοτήτων.

Επομένως, ανάλογα με τη συχνότητα του ήχου, διεγείρονται και διαφορετικά ακουστικά νεύρα. Η δομή και λειτουργία της βασικής μεμβράνης που μόλις περιγράφηκε, εξηγεί και το γιατί οι υψηλών συχνοτήτων ήχοι μπορούν να γίνουν ακουστοί σε χαμηλότερες εντάσεις από αυτούς των χαμηλότερων συχνοτήτων. Πράγματι, δεδομένου ότι οι απολήξεις των ακουστικών νεύρων που έχουν χαμηλές ιδιοσυχνότητες βρίσκονται απομακρυσμένες από την ωοειδή θυρίδα, δηλαδή στο τέλος του κοχλία, χρειάζονται περισσότερη ηχητική ενέργεια, προκειμένου οι σχετικές ταλαντώσεις των μορίων του λεμφικού υγρού να φθάσουν σε αυτές [3].

1.3 Μέτρηση Θορύβου

Ήχος είναι η αίσθηση που προκαλείται λόγω της διέγερσης των αισθητηρίων οργάνων της ακοής από μεταβολές πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα, του νερού ή οποιουδήποτε άλλου ελαστικού μέσου. Αυτές οι μεταβολές διαδίδονται με τη μορφή ηχητικών κυμάτων και τις αντιλαμβάνεται το αυτί του ανθρώπου [23].

Συχνότητα του ήχου είναι ο αριθμός των μεταβολών της πίεσης στη μονάδα του χρόνου (δευτερόλεπτο), που καθορίζει την οξύτητα (δηλαδή το ύψος) του ήχου και μετριέται σε Hertz (Hz), όπου $1 \text{ Hz} = 1 \text{ μεταβολή /sec}$. Το αυτί ενός νέου υγιούς ατόμου αντιλαμβάνεται συχνοότητες από 20 έως 20.000 Hz.

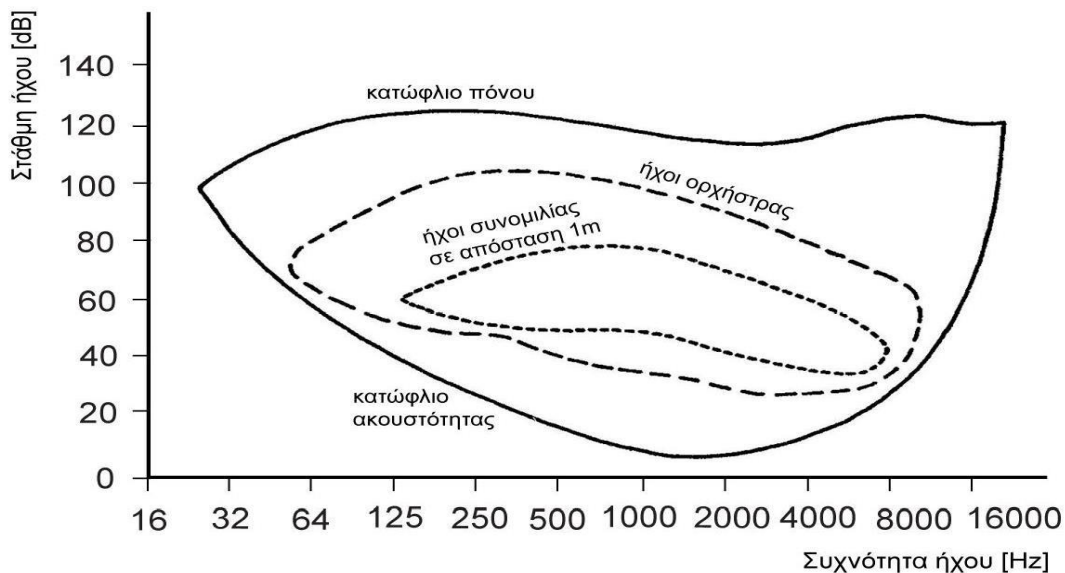
Θόρυβος είναι ο ήχος που προκαλείται από μη περιοδικές, ακανόνιστες μεταβολές της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα που προκαλούν δυσάρεστο ή ενοχλητικό αίσθημα. Με άλλα λόγια, ο θόρυβος είναι ένα σύμπλεγμα ηχητικών κυμάτων με ελάχιστη ή καμία περιοδικότητα, δηλαδή ο ανεπιθύμητος, ενοχλητικός ή και απλά δυσάρεστος για τον άνθρωπο ήχος [7].

Στην εργονομία, ο όρος θόρυβος χρησιμοποιείται για να περιγράψει «τη δυνάμενη να ακουστεί ηχητική ενέργεια η οποία έχει επιπτώσεις στο φυσιολογικό ή ψυχολογικό 'καλώς έχειν' του ανθρώπου» (Kryter, 1985) [3].

Τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά του θορύβου είναι η συχνότητα και η ένταση.

Η **συχνότητα** ορίζει τον αριθμό των ολοκληρωμένων δονήσεων στη μονάδα του χρόνου. Ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφτεί ένα ορισμένο **φάσμα ήχων** που βρίσκονται μέσα στην περιοχή συχνοτήτων από **16 έως 10.000 Hz**. Οι ήχοι, των οποίων η συχνότητα υπερβαίνει αυτά τα όρια ονομάζονται **υπέρηχοι**, ενώ αντίθετα οι ήχοι, που η συχνότητά τους είναι μικρότερη αυτών των ορίων, ονομάζονται **υπόηχοι**. Οι υπόηχοι και οι υπέρηχοι, αν και δεν γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο, μπορεί να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία του [7].

Ως ένταση ήχου ορίζεται το ποσό της ηχητικής ενέργειας που διέρχεται από την μονάδα επιφάνειας, στην μονάδα του χρόνου (σε Watt/m^2). Η ελάχιστη τιμή έντασης που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο όργανο της ακοής, λέγεται **στάθμη ακουστότητας** ή **κατώφλι ακοής** και αντιστοιχεί σε 10^{-14}Watt/m^2 ή 0dB [7].

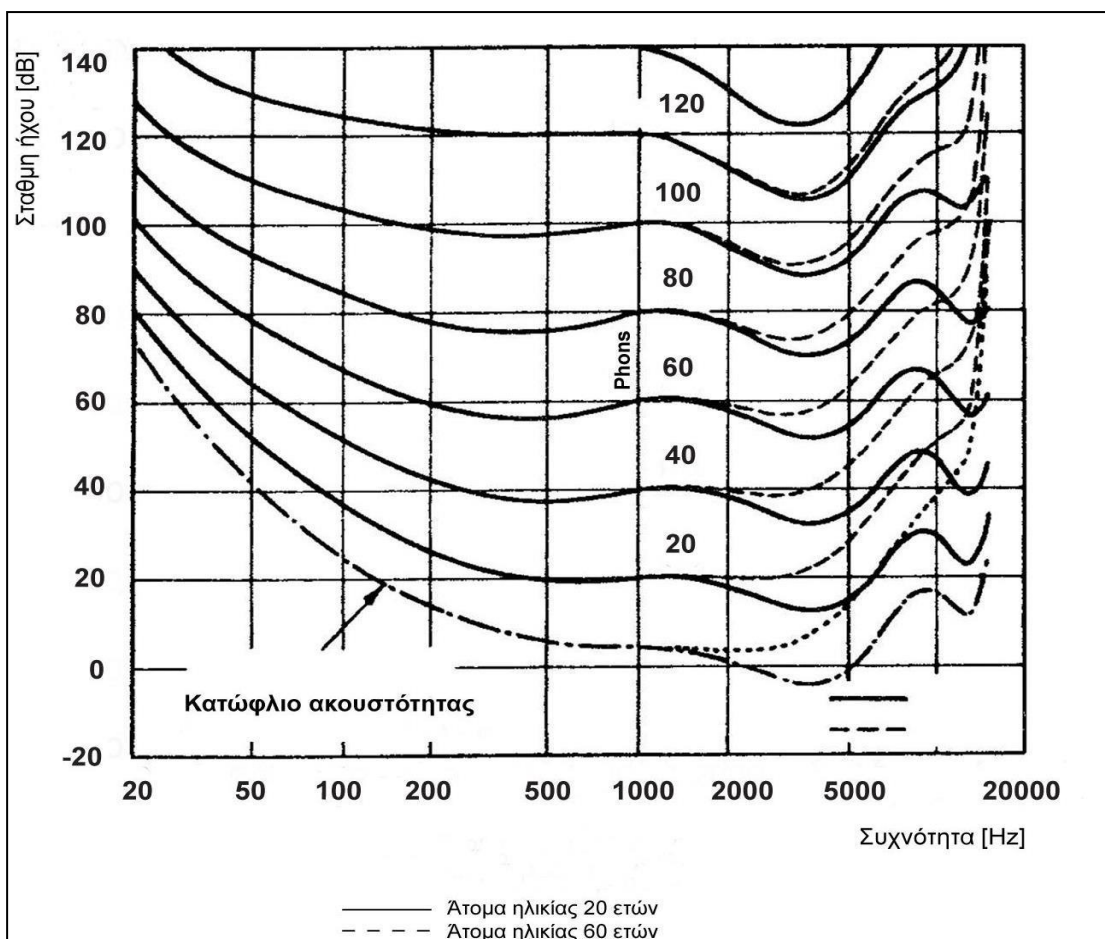


Σχήμα 1.3: Το ακουστικό πεδίο του ανθρώπου (Wisner, 1982) [8].

Στο Σχήμα 1.3 φαίνεται η περιοχή των ακουστών από τον άνθρωπο ήχων, καθορισμένων από την ένταση και τη συχνότητά τους. Η περιοχή αυτή ονομάζεται **ακουστικό πεδίο**. Στο κάτω μέρος του, το ακουστικό πεδίο ορίζεται από το κατώφλι ακουστότητας. Οι ήχοι κάτω από αυτό το όριο είναι οι υπόηχοι. Στο πάνω μέρος του, το ακουστικό πεδίο ορίζεται από το κατώφλι πόνου. Οι ήχοι που βρίσκονται πάνω από το κατώφλι πόνου προξενούν έντονο αίσθημα πόνου και μπορούν να προξενήσουν βλάβες στο σύστημα ακοής.

Σχετικά με τα αντιλαμβανόμενα από τον άνθρωπο χαρακτηριστικά του ήχου, αυτά δεν ταυτίζονται απόλυτα με τις μετρούμενες φυσικές παραμέτρους του ήχου. Έτσι, για παράδειγμα, η συχνότητα του ήχου επηρεάζει την ηχητική ένταση που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος. Για παράδειγμα, ένας ήχος συχνότητας 20Hz και έντασης 20dB, θα ακουστεί πολύ πιο σιγανός από ένα ήχο 10kHz της ίδιας έντασης.

Για την ένταση του ήχου που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος (υποκειμενική ένταση) χρησιμοποιείται μια ειδική μονάδα, τα **φονς (phons)**, η οποία επηρεάζεται, εκτός από την ηχητική ένταση, και από το φάσμα συχνοτήτων του ήχου που ακούγεται. Η μονάδα αυτή ακολουθεί επίσης λογαριθμική κλίμακα και ταυτίζεται με τα dB για τους ήχους συχνότητας 1.000Hz. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η αντιστοιχία phons και dB σε διάφορες συχνότητες. Οι καμπύλες του σχήματος λέγονται **ισοηχείς**, αφού οι ήχοι που βρίσκονται επάνω στην ίδια καμπύλη γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο ως έχοντες την ίδια ένταση.



Σχήμα 1.4: Το σύστημα ισοηχών καμπυλών [9].

Οι ισοηχείς καμπύλες αναφέρονται συχνά και ως καμπύλες ‘fletcher - Munson’ προς τιμήν των πρώτων ερευνητών, αλλά οι εν λόγω μελέτες έχουν αντικατασταθεί και έχουν ενσωματωθεί σε νεότερα πρότυπα [24].

Τέλος, το τονικό ύψος (pitch) είναι η συχνότητα ενός ήχου την οποία αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος (π.χ. οξύς ή βαρύς ήχος). Το τονικό ύψος ταυτίζεται με τη συχνότητα που μετράται σε Hz όταν ο αντιλαμβανόμενος ήχος είναι καθαρός, δηλαδή συνίσταται σε μια συχνότητα, ή με

άλλα λόγια, όλα τα μόρια του αέρα που μεταφέρουν τον ήχο αυτόν πάλλονται με την ίδια συχνότητα. Για τις περιπτώσεις σύνθετων ήχων το τονικό ύψος ταυτίζεται με μια συχνότητα που αποκαλείται **θεμελιώδης συχνότητα**. Υπάρχουν περιπτώσεις ήχων όπου ο άνθρωπος δεν μπορεί να διακρίνει τονικό ύψος. Τους ήχους αυτούς του αποκαλούμε **λευκούς ήχους (whitenoise)** και χαρακτηρίζονται από πεπλατυσμένο φάσμα συχνοτήτων, δηλαδή όλες οι επιμέρους συχνότητες τους έχουν περίπου ίδια ένταση [3].

Το δεύτερο κύριο μέγεθος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον ήχο είναι το **εύρος των μεταβολών της πίεσης**. Έτσι, ο ασθενέστερος (ελάχιστα ακουστός) ήχος που μπορεί να αντιληφθεί ένα υγιές ανθρώπινο αυτί έχει εύρος **20μΡα**.

Τα μεγέθη αυτά συνδέονται μεταξύ τους με τον τύπο:

$$\frac{I}{A} = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad (1.1)$$

Όπου:

- I η Ηχητική Ενέργεια
- A η μονάδα επιφάνειας
- p η πίεση
- ρ η πυκνότητα του αέρα
- c η ταχύτητα

Κατά συνέπεια, το επίπεδο της ηχητικής έντασης είναι ευθέως ανάλογο με το τετράγωνο της ηχητικής πίεσης.

Στην ακοολογία, ως μονάδα μέτρησης της **Ηχητικής Έντασης** (SoundPressureLevel - SPL) χρησιμοποιείται το **decibel (dB)**, το οποίο είναι λογαριθμική μονάδα και εκφράζεται το επίπεδο της ηχητικής έντασης ή πίεσης ως προς μια τιμή αναφοράς. Η ηχητική ένταση εκφράζεται με τις σχέσεις:

$$L_I = 10 \log(I/I_0) \text{ [dB]} \quad \text{ή} \quad L_P = 10 \log(P/P_0) \text{ [dB]} \quad (1.2)$$

Όπου:

- I : η μετρούμενη ένταση ήχου
- I_0 : $10^{-14} \text{ Watt/m}^2$ το κατώφλι ακοής
- P : η μετρούμενη ηχητική πίεση
- P_0 : 20μΡα η ηχητική ένταση του ελάχιστα ακουστού ήχου (ηχητική πίεση αναφοράς)

Όσο αφορά στην εκτίμηση των ηχητικών επιπέδων στους εργασιακούς χώρους, για κάθε διπλασιασμό της ηχητικής έντασης παρατηρείται αύξηση 3 dB του ηχητικού επιπέδου. Εάν

θεωρήσουμε ότι ένας ήχος είναι ενοχλητικός, αυτό δεν οφείλεται μόνο στην έντασή του. Σε αυτό μπορεί να συμβάλλει και η συχνότητα του. Οι υψηλοί τόνοι ενοχλούν περισσότερο απ' ό τι οι χαμηλοί. Οι απλοί ήχοι μπορεί να είναι περισσότερο ενοχλητικοί και να προκαλέσουν μεγαλύτερη βλάβη απ' ό τι οι σύνθετοι ήχοι.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται ενδεικτικές τιμές εντάσεων διαφόρων ήχων, εκφρασμένες αφενός μεν σε dB, και αφετέρου ως ο λόγος της ηχητικής έντασης της πηγής μετρούμενης σε $Watt/m^2$ ως προς την ηχητική ένταση αναφοράς I_0 . Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, το εύρος των ηχητικών εντάσεων που είναι ακουστές από τον άνθρωπο είναι πολύ μεγάλο ($1:10^{12}$). Αυτός είναι και ένας από τους λόγους χρησιμοποίησης της κλίμακας των dB, η οποία επιτρέπει τη μείωση του μεγέθους των αριθμών που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των ηχητικών εντάσεων.

Λόγος ηχητικής έντασης I/I_0 όπου $I_0=10^{-12}Watt/m^2$	Ηχητική ένταση [dB]	Παράδειγμα ήχων
10^{14}	140	Πεδίοβολής, Σειρήνα
10^{13}	130	Απογείωση αεροπλάνου
10^{12}	120	
10^{11}	110	Αερόσφουρα, Ηλεκτρικό πριόνι(1m)
10^{10}	100	Ηλεκτρική κάμινος
10^9	90	Τυπογραφείο, Κλωστοϋφαντουργεία
10^8	80	Εσωτερικό αυτοκινήτου αγώνων
10^7	70	Ηλεκτρική σκούπα (1m), Συνομιλία(0,3m)
10^6	60	Αυτοκινητόδρομος, Πολυσύχναστα καταστήματα

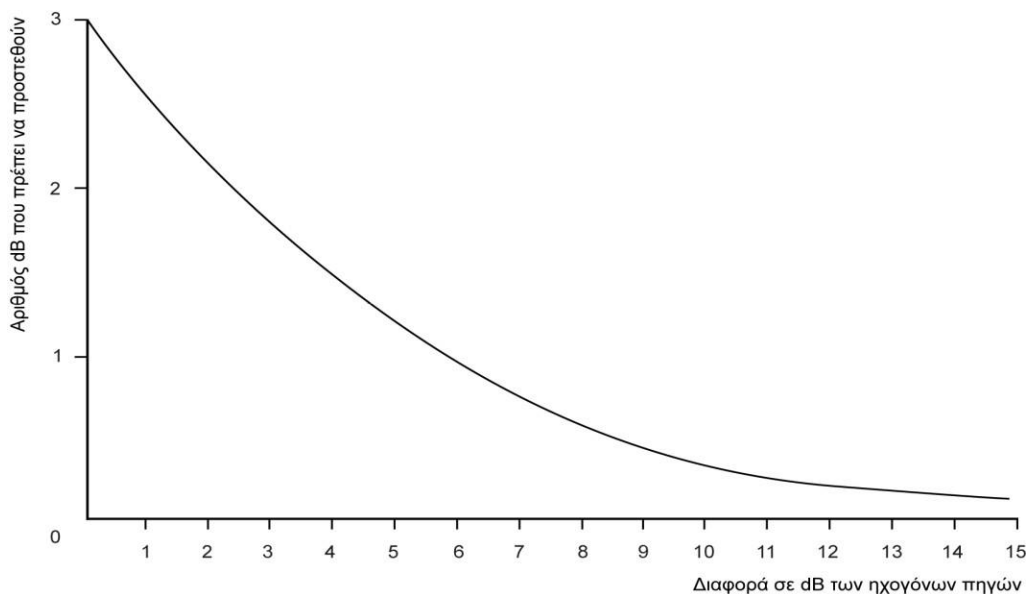
10^5	50	Γραφεία, Δρόμος μικρής κυκλοφορίας
10^4	40	Περιοχή κατοικιών τη νύχτα
10^3	30	Στούντιο ηχογραφήσεων, Ψίθυρος(1,5m)
10^2	20	
10	10	
1	0	

Πίνακας 1.1: Διάφορες τιμές εντάσεων ήχου [10].

Δεδομένου ότι η κλίμακα των dB είναι λογαριθμική, προκειμένου να υπολογίσουμε τη συνολική στάθμη ήχου που προκύπτει από τη συνήχιση ηχητικών πηγών, δεν μπορούμε απλώς να προσθέτουμε τα dB των ηχητικών πηγών. Η στάθμη θορύβου που προκύπτει από τη συνήχιση δύο πηγών των οποίων οι εντάσεις είναι $I_1 \text{ Watt/m}^2$ και $I_2 \text{ Watt/m}^2$, θα είναι:

$$I_{\text{σ}} = (I_1 + I_2) \text{ Watt/m}^2 \quad (1.3)$$

$$L_{\text{σ}} = 10 \lg (I_{\text{σ}}/I_0) \text{ dB} \quad (1.4)$$



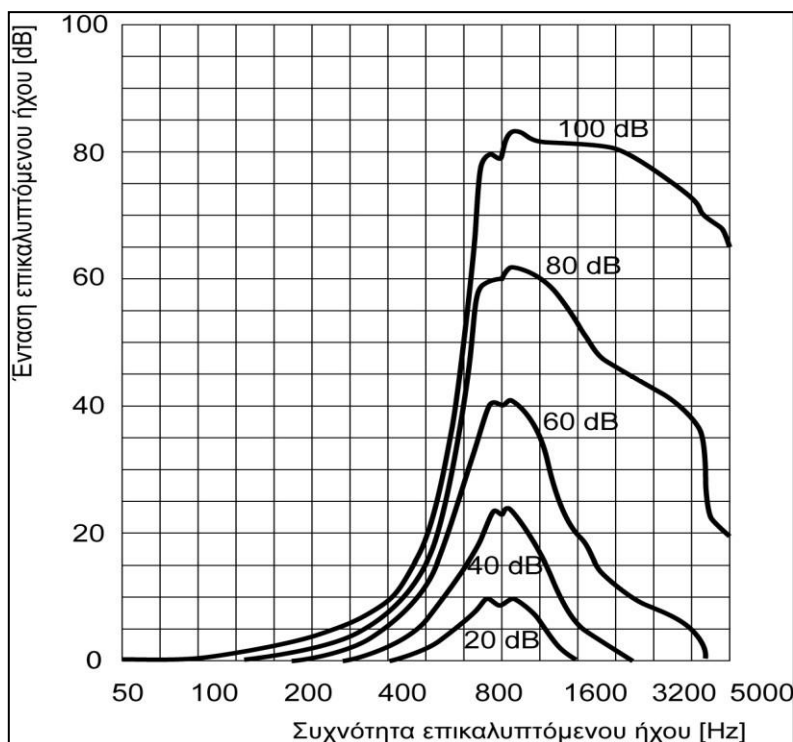
Σχήμα 1.5: Διάγραμμα εύρεσης συνολικής στάθμης θορύβου [11].

Στο Σχήμα 1.5 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της συνολικής στάθμης θορύβου που προκύπτει από τη συνήχιση δυο ηχητικών πηγών οι οποίες

έχουν ίδιο φάσμα συχνοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζοντας τη διαφορά των dB των δύο ηχητικών πηγών, με τη βοήθεια του διαγράμματος βρίσκεται ο αριθμός των dB που πρέπει να προστεθούν στη μεγαλύτερη ένταση, προκειμένου να βρεθούν τα dB που θα προκύψουν από τη συνήχιση των δυο πηγών.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι εάν υπάρχει οποιαδήποτε διαφορά στις τιμές των δυο ηχητικών πηγών, το συνδυασμένο επίπεδο, θα υπερβαίνει το υψηλότερο επίπεδο αλλά η αύξηση αυτή δεν θα ξεπερνά τα 3 dB. Όταν η διαφορά μεταξύ των δύο αρχικών επιπέδων υπερβαίνει τα 10 dB, η συμβολή της πιο ήσυχης πηγής στη συνδυασμένη στάθμη θορύβου είναι σχεδόν αμελητέα [12].

Όταν σε έναν χώρο εκπέμπονται περισσότεροι του ενός ήχοι, κάποιιοι από αυτούς δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτοί από τον άνθρωπο. Το φαινόμενο αυτό καλείται **επικάλυψη** και οφείλεται στη μεταβολή του κατωφλίου ακουστότητας, που προκαλείται από τους δυνατώτερους ήχους.



Σχήμα 1.6: Επικάλυψη (Wisner, 1982) [13]

Στο Σχήμα 1.6, παρουσιάζεται η επικάλυψη που δημιουργεί ένας ήχος συχνότητας 800Hz όταν εκπέμπεται σε διαφορετικές εντάσεις. Οι ήχοι που βρίσκονται κάτω από τις καμπύλες του επικαλύπτοντος ήχου, όταν αυτός εκπέμπει σε διαφορετικές εντάσεις, δεν γίνονται αντιληπτοί. Όπως φαίνεται στο σχήμα, το φαινόμενο της επικάλυξης είναι ιδιαίτερα έντονο στις περιοχές υψηλών συχνοτήτων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, όπως φαίνεται στο σχήμα, η επικάλυψη που δημιουργεί ένας ήχος αφορά μια περιοχή γύρω από τη συχνότητα ή το φάσμα συχνοτήτων εκπομπής του. Έτσι, αν στο χώρο εκπέμπονται και άλλοι ήχοι με διαφορετικές συχνότητες ή διαφορετικό φάσμα συχνοτήτων, αυτοί μπορεί να γίνουν αντιληπτοί ακόμη και εάν η ένταση τους είναι μικρότερη. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να εξηγήσουμε το γεγονός ότι σε ένα χώρο όπου είναι συγκεντρωμένα πολλά άτομα και όπου η γενική στάθμη θορύβου είναι αρκετά υψηλή, μπορούμε να διακρίνουμε και να αντιληφθούμε ορισμένες συνομιλίες.

Με βάση τα παραπάνω, είναι αναγκαίο να λαμβάνουμε υπόψη το φαινόμενο της επικάλυψης όταν σε έναν χώρο εργασίας σχεδιάζεται η χρησιμοποίηση ηχητικών σημάτων για την πληροφόρηση των εργαζομένων, ή όταν για την εκτέλεση της εργασίας είναι αναγκαία η ανταλλαγή πληροφοριών προφορικά. Η επικάλυψη χρήσιμων ή αναγκαίων για μια εργασία ήχων από τους υπόλοιπους ήχους του περιβάλλοντος μπορεί να δυσχεράνει την εκτέλεση της εργασίας, να οδηγήσει τους εργαζομένους σε λάθη ή ακόμη και να αποτελέσει αιτία ατυχήματος.

1.4 Μελέτη του ηχητικού περιβάλλοντος

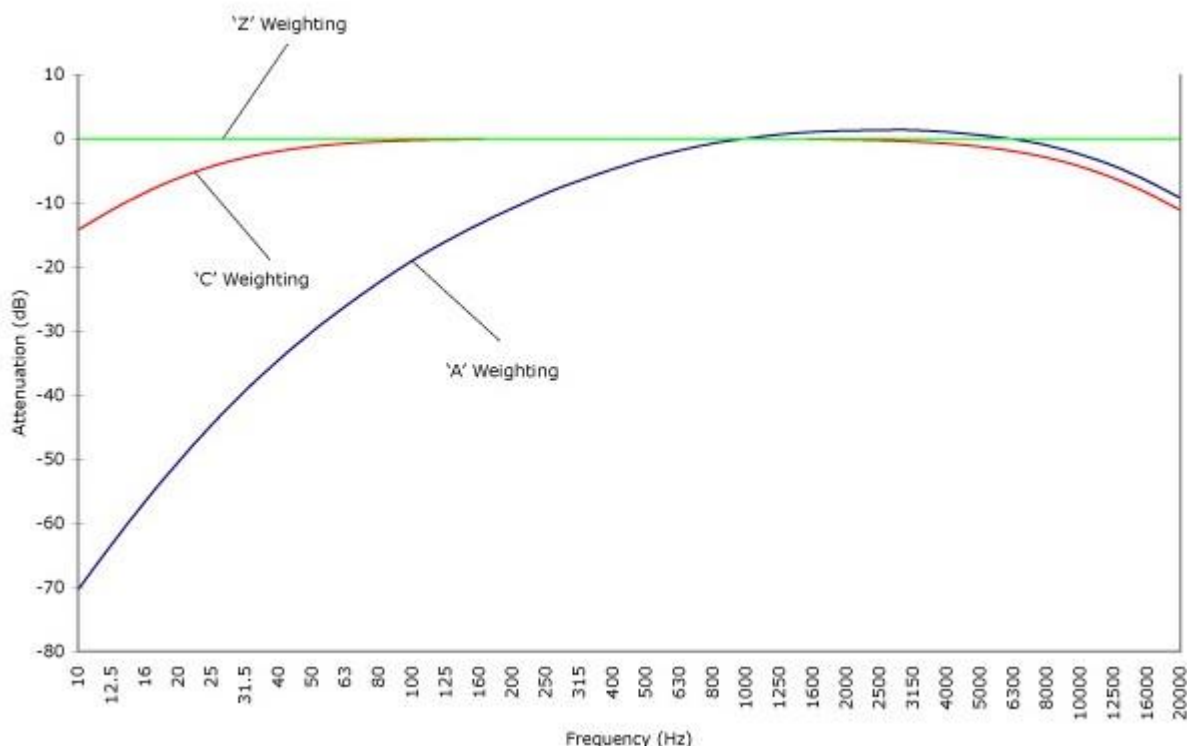
Η μελέτη του ηχητικού περιβάλλοντος εργασίας αποσκοπεί στα εξής:

- I Την αξιολόγηση της επικινδυνότητας που πιθανόν παρουσιάζει το ηχητικό περιβάλλον για τους εργαζόμενους,
- II Τον εντοπισμό των ηχογόνων πηγών,
- III Την ανάπτυξη μέτρων για τη μείωση της επικινδυνότητας που πιθανόν παρουσιάζει το ηχητικό περιβάλλον.

Προκειμένου να μελετηθεί ένα ηχητικό περιβάλλον πρέπει να γίνουν κατάλληλες μετρήσεις, ώστε να προσδιοριστούν:

- Οι στάθμες θορύβου στις οποίες εκτίθενται οι εργαζόμενοι,
- Οι χρόνοι έκθεσης στις αντίστοιχες στάθμες θορύβου,
- Η σύσταση του φάσματος συχνοτήτων των ήχων στους οποίους εκτίθενται οι εργαζόμενοι.

Δεδομένης της μη γραμμικότητας της απόκρισης της ακοής στους ήχους για τη μέτρηση της στάθμης θορύβου εκτός από την κλίμακα των dB, χρησιμοποιούνται και ορισμένες άλλες κλίμακες. Οι κλίμακες αυτές έχουν ως σκοπό να προσεγγίσουν τον τρόπο απόκρισης του αυτιού στους ήχους διαφορετικής έντασης σε κάποιες περιοχές συχνοτήτων. Οι πιο γνωστές κλίμακες είναι οι A , B , C στάθμιση ή –weighting που φαίνονται στο Σχήμα 1.7.



Σχήμα 1.7: Καμπύλες για τις κλίμακες A, B, C [14].

Η στάθμιση A-weighting είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη από μια οικογένεια καμπυλών που ορίζεται στο Διεθνές Πρότυπο IEC²61672:2003³ και σε διάφορα άλλα εθνικά πρότυπα σχετικά με την μέτρηση της Ηχητικής Έντασης (SPL). Η στάθμιση A-weighting εφαρμόζεται σε όργανα μέτρησης της έντασης του ήχου λόγω του ότι συσχετίζεται καλύτερα με την υποκειμενική αντίληψη της έντασης των ήχων και με την ενόχληση που αισθάνονται οι άνθρωποι, καθώς το ανθρώπινο αυτί είναι λιγότερο ευαίσθητο σε χαμηλές συχνότητες. Χρησιμοποιείται προσθέτοντας αριθμητικά έναν πίνακα τιμών αποτελούμενες από οκτάβες⁴ ή 1/3 οκτάβας στην μετρούμενη ένταση ήχου σε dB. Οι προκύπτουσες μετρήσεις αθροίζονται (λογαριθμικά) για να δώσουν μια ενιαία στάθμιση-A που περιγράφει τον ήχο. Τα μεγέθη γράφονται ως dB(A) [25].

²IEC: International Electrotechnical Commission

³Είναι ένα πρότυπο για τα ηχοδοσίμετρα – τις συσκευές μέτρησης του ήχου [26].

⁴Οκτάβα: Μια οκτάβα είναι ένα σύνολο συχνοτήτων, το ανώτερο όριο της οποίας είναι διπλάσιο από το κατώτερο [12]

Ισοδύναμη στάθμη θορύβου

Στα πραγματικά εργασιακά περιβάλλοντα συνήθως η στάθμη του θορύβου δεν είναι σταθερή και οι διαφορετικές στάθμες θορύβου στις οποίες εκτίθεται ο άνθρωπος δρουν συσσωρευτικά. Προκειμένου, λοιπόν, να εξαχθούν συμπεράσματα για την επικινδυνότητα ενός ηχητικού περιβάλλοντος, υπολογίζεται η **ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου (L_{eq})**[3]. Το μέγεθος αυτό αποτελεί το ολοκλήρωμα των επιμέρους ηχητικών σταθμών, στις οποίες εκτίθεται ένας εργαζόμενος, και έχει στην ακοή τις ίδιες επιπτώσεις με αυτές που θα είχε η έκθεση σε ένα περιβάλλον, όπου η στάθμη θορύβου θα ήταν σταθερά ίση με την τιμή της L_{eq} . Ο τύπος υπολογισμού της ισοδύναμης στάθμης συνεχούς ήχου είναι:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_a(t)}{p_{ref}} \right)^2 dt \right] \quad (1.5)$$

Όπου:

- T είναι ο συνολικός χρόνος έκθεσης.
- $p_a(t)$ είναι η μετρούμενη στιγμιαία ηχητική πίεση (σε N/m^2)
- p_{ref} ηχητική πίεση αναφοράς των dB που ισούται με $2 \cdot 10^{-5} N/m^2$

Σε μια βιομηχανική εγκατάσταση ορισμένοι εργαζόμενοι μπορεί να μην έχουν σταθερό πόστο και να εκτελούν εργασίες σε διαφορετικά σημεία του χώρου. Συνεπώς, είναι δέκτης διαφορετικών εντάσεων για ορισμένη χρονική στιγμή. Επομένως, ο τύπος υπολογισμού της ισοδύναμης στάθμης συνεχούς ήχου με δεδομένα τις επιμέρους στάθμες ήχου, στις οποίες εκτίθεται ο άνθρωπος, εκφρασμένες σε dB είναι ο εξής:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum t_i 10^{0.1 L_{pi}} \right] \quad (1.6)$$

Όπου:

- T ο συνολικός χρόνος έκθεσης,
- t_i οι χρόνοι έκθεσης στις επιμέρους στάθμες ήχου
- L_{pi} οι επιμέρους στάθμες ήχου μετρούμενες σε dB

Η σχετική με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια έκθεσης στο θόρυβο ευρωπαϊκή νομοθεσία (Π.Δ. 149/2006 για την Ελλάδα [15]) χρησιμοποιεί το μέγεθος $L_{ex,8h}$, το οποίο αναφέρεται ως ημερήσια έκθεση στο θόρυβο. Το μέγεθος αυτό ισούται με την ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου για οκτάωρη εργασία. Δηλαδή, αν οι εργαζόμενοι εργάζονται σε δωρη βάση τότε, ισχύει:

$$L_{ex,8h} = L_{eq} \quad (1.7)$$

Για περιπτώσεις όπου η βάρδια εργασίας διαρκεί λιγότερο ή περισσότερο από 8 ώρες, προκειμένου να εκτιμήσουμε το κατά πόσο η στάθμη θορύβου στην οποία εκτίθενται οι εργαζόμενοι βρίσκεται εντός των ορίων που ορίζει η νομοθεσία, χρησιμοποιούμε την εξίσωση:

$$L_{ex,8h} = L + 10\log\left(\frac{T}{8}\right) \quad (1.8)$$

Όπου T είναι η διάρκεια της βάρδιας σε ώρες.

1.5 Επιπτώσεις του ηχητικού περιβάλλοντος

Το ηχητικό περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται ένας εργαζόμενος μπορεί να έχει μια σειρά από επιπτώσεις σε αυτόν.

Εκτός από την ένταση στις αρνητικές συνέπειες συμβάλλουν και τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η σύσταση του φάσματος συχνοτήτων,
- Η διάρκεια έκθεσης στον ήχο,
- Το προβλέψιμο ή μη του ήχου,
- Η κατανομή της ηχητικής ενέργειας στο χρόνο κατά την εκπομπή ενός ηχητικού γεγονότος.

Οι επιπτώσεις του θορύβου στον οργανισμό μπορούν να ταξινομηθούν σε :

- μη ακουστικές επιδράσεις
- επιδράσεις στην ακοή

Οι μη ακουστικές επιδράσεις αφορούν κυρίως στο νευρικό σύστημα, στις ψυχικές λειτουργίες, στο κυκλοφορικό, στο γαστρεντερικό, στο ενδοκρινικό και σε άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Είναι γνωστό ότι οι εκτεθειμένοι στο θόρυβο εργαζόμενοι παρουσιάζουν συχνά υπέρταση, ταχυκαρδία, διαταραχές στην πέψη και στον ύπνο, δυσκολία στην συγκέντρωση, πονοκεφάλους, σωματική κόπωση, εκνευρισμό, υπέρταση, άγχος καθώς και διαταραχές στη συμπεριφορά. Ο θόρυβος δρα στο κεντρικό νευρικό σύστημα προκαλώντας αλλοιώσεις στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, επιβράδυνση του χρόνου της αντίδρασης και αύξηση των λαθών.

Οι επιπτώσεις στο σύστημα ακοής είναι δύο τύπων:

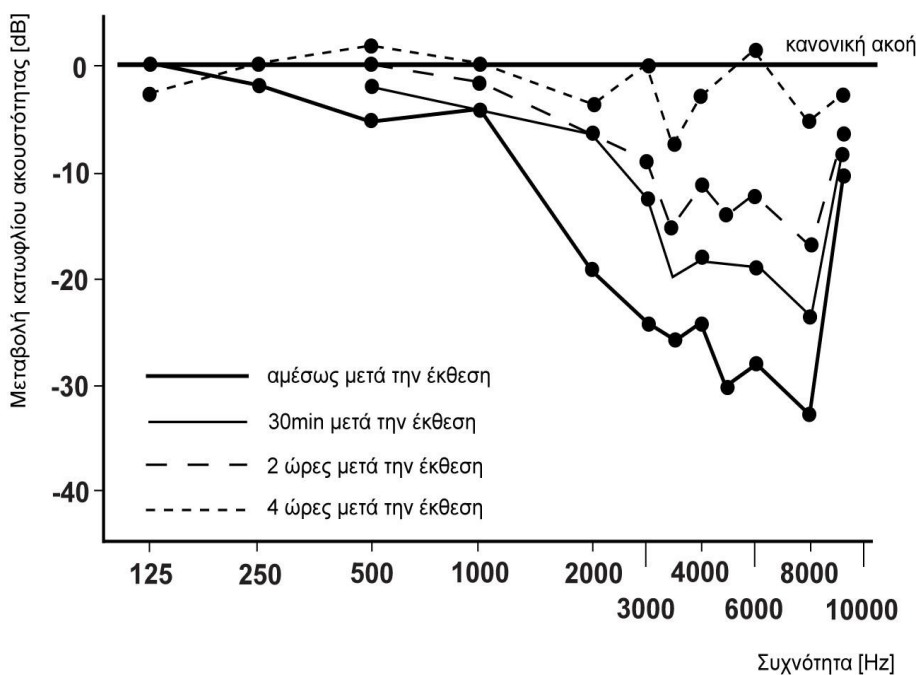
- a) Η ακουστική κόπωση και η
- b) Κώφωση.

Η ακουστική κόπωση είναι αναστρέψιμο φαινόμενο, δηλαδή μετά από ορισμένο χρόνο παραμονής σε ήρεμο περιβάλλον επανέρχεται στα προηγούμενα επίπεδα.

Η κώφωση είναι οριστική απώλεια της ακοής. Μπορεί να είναι μερική, δηλαδή για ήχους ορισμένων συχνοτήτων, ή ολική, δηλαδή για ήχους ολόκληρου του φάσματος των ακουστικών συχνοτήτων.

Τόσο η ακουστική κόπωση όσο και η κώφωση συνεπάγονται τη μετατόπιση προς τα πάνω του κατωφλίου ακουστικότητας.

Στο Σχήμα 1.8 φαίνεται η πρόσκαιρη μεταβολή του κατωφλίου ακουστικότητας (ακουστική κόπωση), που προκαλεί ένας δυνατός ήχος, και η σταδιακή αποκατάσταση της ακοής με την πάροδο του χρόνου. Από το σχήμα παρατηρούμε ότι το φαινόμενο της κόπωσης είναι περισσότερο έντονο στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων.



Σχήμα 1.8: Πρόσκαιρη μεταβολή του κατωφλίου ακουστικότητας [16].

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι καθαροί ήχοι, δηλαδή οι ήχοι μιας συχνότητας ή πολύ στενού φάσματος συχνοτήτων, ευθύνονται για πιο έντονα φαινόμενα κόπωσης σε αντίθεση με τους ήχους με ευρύ φάσμα συχνοτήτων.

Οι επιδράσεις στην ακοή, χαρακτηρίζονται από την **βαρηκοΐα**, μια από τις συχνότερες επαγγελματικές ασθένειες της εποχής μας, η οποία αναπτύσσεται αργά και βαθμιαία. Αυτό οφείλεται στην ιδιάζουσα μορφή της μείωσης της ακουστικής οξύτητας⁵ που αρχικά αφορά το φάσμα των υψηλών συχνοτήτων (3000 – 6000 Hz) με μια χαρακτηριστική εκλεκτική ακοομετρική πτώση στα 4000 Hz. Η βαρηκοΐα συμπεριλαμβάνεται στον κατάλογο των επαγγελματικών ασθενειών που καθορίζονται στο άρθρο 40 του κανονισμού Ασθενείας του ΙΚΑ (ΦΕΚ 132/12.2.1979).

⁵Ακουστική οξύτητα είναι η ικανότητα του ανθρώπου να ακούει τους ήχους χαμηλότερης εντάσεως.

Αναφορικά με την επαγγελματική κώφωση διακρίνουμε τρία στάδια:

I. Ακουομετρικό στάδιο.

Παρατηρείται μείωση της ακουστικής οξύτητας γύρω από το φάσμα υψηλών συχνοτήτων 3000 έως 6000Hz με μέγιστη πτώση στα 4000Hz. Στο στάδιο αυτό δεν παρουσιάζονται μεγάλα προβλήματα ακοής και ο πάσχων δεν αντιλαμβάνεται την απώλεια ακοής παρά μόνο εάν κάνει κάποια ειδική εξέταση (ακουόγραμμα).

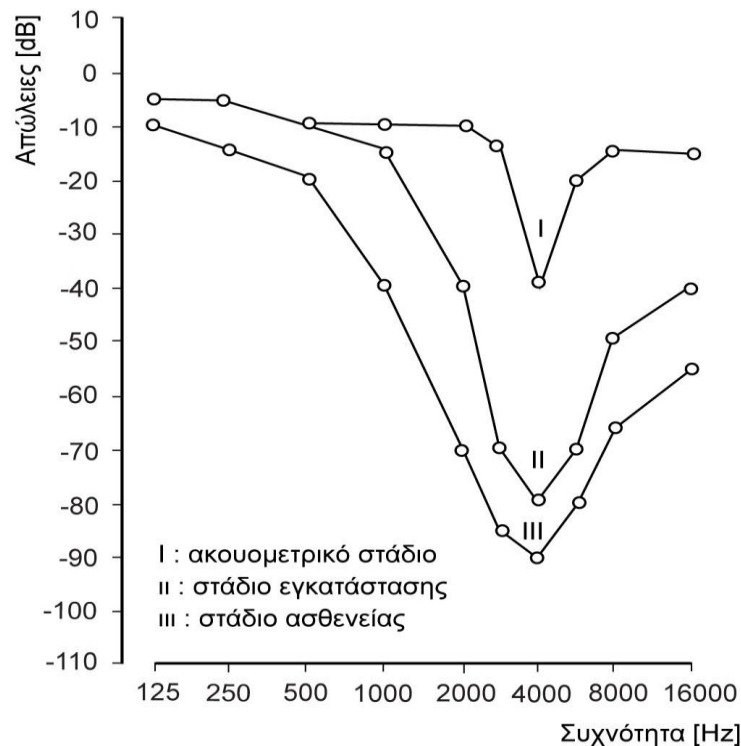
II. Στάδιο εγκατάστασης.

Στο στάδιο αυτό η μείωση της ακουστικής οξύτητας είναι σοβαρότερη. Εμφανίζονται προβλήματα ακοής, κυρίως για τους ήχους υψηλών συχνοτήτων.

III. Στάδιο Ασθένειας.

Είναι το χειρότερο στάδιο επαγγελματικής κώφωσης, όπου ο άνθρωπος πια έχει μεγάλα προβλήματα ακοής, αδυνατεί να επικοινωνήσει με το περιβάλλον και έχει ενοχλήσεις, όπως συνεχείς συριγμούς, βουητά, πόνους στα αυτιά, κ.λ.π.

Τα στάδια αυτά φαίνονται στο Σχήμα 1.9.

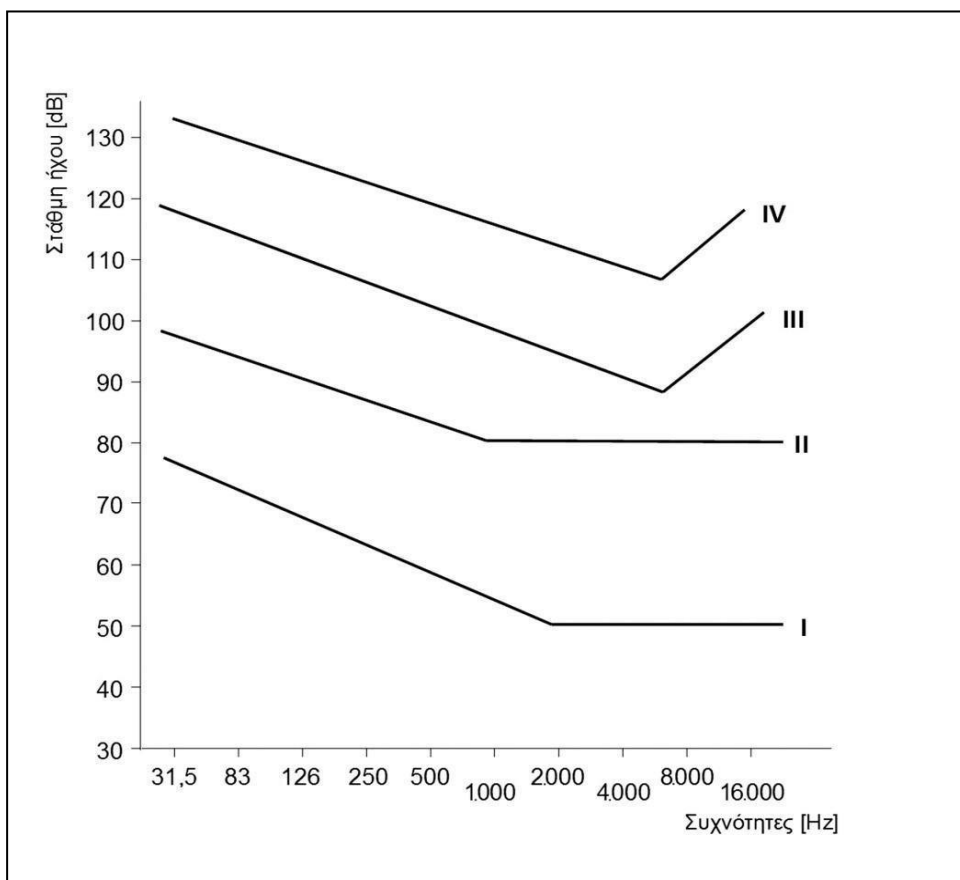


Σχήμα 1.9: Περιοχές που καθορίζουν τα τρία στάδια της επαγγελματικής κώφωσης [17].

Οι επιπτώσεις που προκαλεί το επιβαρυνμένο ηχητικό περιβάλλον στην εργασία φαίνονται παρακάτω:

- Αύξηση του φόρτου από την εργασία με αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης και την δυσκολία στην εκτέλεση της εργασίας,
- Δυσκολία στην συγκέντρωση, προσοχή και απομνημόνευση,
- Παρεμπόδιση της επικοινωνίας, απομόνωση,
- Αδυναμία αντίληψης των ηχητικών σημάτων,
- Αύξηση κινδύνου εμφάνισης ανθρώπινων λαθών,
- Αύξηση κινδύνου ατυχημάτων.

Στο Σχήμα 1.10 παρουσιάζονται συνοπτικά οι κίνδυνοι για την ακοή και οι επιπτώσεις στην εργασία για διάφορες περιοχές ήχων. Το διάγραμμα αυτό ισχύει για συνεχείς και όχι για αυξομειούμενες στάθμες θορύβου.



Σχήμα 1.10: Κίνδυνοι για την ακοή και επιπτώσεις στην εργασία τις οποίες προξενούν διάφοροι ήχοι [18].

Στον Πίνακα 1.2 γίνεται ανάλυση του παραπάνω σχήματος για τα διάφορα επίπεδα έκθεσης θορύβου.

Ήχοι	Κίνδυνος κώφωσης	Επιπτώσεις στην εργασία
Κάτω από καμπύλη I	Κανένας	Καμία
Μεταξύ καμπύλης I και II	Η καμπύλη II είναι ένα όριο που δεν πρέπει να ξεπερνιέται	Η νοητική εργασία καθίσταται δυσχερής έως πολύ δυσχερής
Μεταξύ καμπύλης II και III	Πιθανότητα 0 έως 100% για έκθεση 8 ωρών/ημέρα	Και η χειρονακτική εργασία καθίσταται δυσχερής. Αδυναμία συγκέντρωσης. Αυξημένη πιθανότητα λαθών.
Μεταξύ καμπύλης III και IV	Πιθανότητα 25 έως 100% για συνεχή έκθεση 1 ώρας	Η οποιαδήποτε εργασία καθίσταται πολύ δυσχερής.
Πάνω από καμπύλη IV	Κίνδυνος ακόμη και για στιγμιαία έκθεση	Η οποιαδήποτε εργασία καθίσταται αδύνατη.

Πίνακας 1.2: Κίνδυνοι για την ακοή και επιπτώσεις στην εργασία που προξενούν διάφοροι ήχοι [18].

Το γενικά αποδεκτό πρότυπο για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου της ακοής βασίζεται στην έκθεση σε 85 dB(A) για ένα ανώτατο όριο οκτώ εργάσιμων ωρών την ημέρα, που θα ακολουθείται από τουλάχιστον δέκα ώρες χρόνο αποκατάστασης σε έκθεση 70 dB(A) ή και χαμηλότερα. Στη συνέχεια εφαρμόζεται μια φόρμουλα που ονομάζεται « συναλλαγματική ισοτιμία 3-dB», που σημαίνει ότι για κάθε 3dB πάνω από τα 85 dB(A), ο μέγιστος χρόνος έκθεσης μειώνεται στο μισό. Επίπεδα θορύβου άνω των 140 dB δεν θεωρούνται ασφαλείς για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα. Συγκεκριμένα, για τα παιδιά, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας συνιστά ως ανώτατο όριο τα 120 dB.

Στον Πίνακα 1.3[19] φαίνονται τα αποδεκτά πρότυπα για τον συνιστώμενο επιτρεπτό χρόνο για συνεχή έκθεση σύμφωνα με το NIOSH⁶ και CDC⁷.

Επίπεδα Θορύβου (dBA)	Μέγιστη έκθεση για 24ώρες
85	8 ώρες
88	4
91	2
94	1
97	30 λεπτά
100	15
103	7.5
106	3.7
109	112 δευτερόλεπτα
112	56

⁶ NIOSH: National Institute of Occupational Safety and Health

⁷ CDC: Center of Disease Control

115	28
118	14
121	7
124	3
127	1
130-140	<1
140	Απαγορεύεται η έκθεση

Πίνακας 1.3: Συνιστώμενος επιτρεπτός χρόνος για συνεχή έκθεση στον θόρυβο.

Κάθε τιμή στην δεύτερη στήλη του πίνακα αντιπροσωπεύει το 100% της επιτρεπόμενης δόσης θορύβου ανά 24 ώρες την ημέρα. Για παράδειγμα εάν ο χειριστής έχει ήδη βιώσει 15 λεπτά στα 100 dB(A), τότε σημαίνει ότι έχει φτάσει στο όριο της ημερήσιας έκθεσης και το υπόλοιπο 24-ωρο η έκθεση σε θόρυβο δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 85 dB(A) ενώ ιδανικά θα πρέπει να βρίσκεται κάτω από τα 70 dB(A).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι προθεσμίες αυτές, που καθορίζουν ποια επίπεδα θορύβου μπορεί να προκαλέσει μόνιμη βλάβη ακοής, δεν προέκυψαν έπειτα από ελέγχους και πειράματα πάνω σε ανθρώπους. Αντ' αυτού, τα στοιχεία αυτά έχουν συλλεχθεί από τις περιπτώσεις απώλειας ακοής λόγω τυχαίας έκθεσης στον θόρυβο, ή εκθέσεις που προέκυψαν πριν γίνει ο κίνδυνος πλήρως κατανοητός, και έχουν συμπληρωθεί με τις γνωστές αρχές της φυσικής του ήχου και της φυσιολογίας του ανθρώπινου αυτιού.

Η Δόση Θορύβου σχετίζεται με την ακουστική ενέργεια που δέχεται ο εργαζόμενος κατά την διάρκεια της εργασίας του και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$D = 100 \sum \frac{t_i}{T_n} \quad (1.9)$$

Όπου:

- D είναι η Δόση Θορύβου σε %
- t_i είναι οι χρόνοι έκθεσης στις επιμέρους στάθμες ήχου
- T_n επιτρεπόμενος χρόνος έκθεσης για τις επιμέρους στάθμες ήχου

Η εξίσωση (1.8) μπορεί να γραφτεί με μια άλλη μορφή προκειμένου να εντάξουμε και το μέγεθος της δόσης σε αυτήν. Για την μετατροπή του ποσοστού της δόσης σε ισοδύναμη στάθμη συνεχούς θορύβου χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος:

$$L_{\text{ex,8h}} = 85 + \frac{5}{\log 2} \log \left(\frac{D}{100} \right) \quad (1.10)$$

Για να υπολογίσουμε τον επιτρεπτό χρόνο έκθεσης σε έναν θόρυβο, σε ώρες, για επίπεδα ηχητικής έντασης που δεν αναγράφονται στον Πίνακα 1.3 χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$T = 8 * 2^{\frac{85-L}{5}} \quad (1.11)$$

Όπου L η ηχητική ένταση.

Είναι σαφές ότι οι επιπτώσεις του θορύβου μπορεί να εκτείνεται πέραν της περιόδου της έκθεσης. Αλλά ακριβώς πόσο καιρό οι επιπτώσεις αυτές διαρκούν, και αν εμφανίζονται ως αποτέλεσμα της έκθεσης σε θόρυβο σε ένα επαγγελματικό περιβάλλον, είναι δύο θέματα τα οποία πρέπει να διερευνηθούν. Όλα τα στοιχεία από εργαστηριακές μελέτες δείχνουν ότι, αν οι επιδράσεις αυτές είναι μόνιμες, μπορεί να έχουν επιπτώσεις στη ζωή στυλ του ατόμου και για τη συναλλαγή που έχει με τον κόσμο γενικότερα.

1.6 Νομοθεσία

Γνωρίζουμε ότι η επικινδυνότητα του ηχητικού περιβάλλοντος είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων. Παρ' όλα αυτά, έχουν κατά καιρούς προταθεί και υιοθετηθεί από νομοθετικά κείμενα και διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης, ανώτερα επιτρεπτά επίπεδα θορύβου για τους χώρους εργασίας.

Για πρόληψη των βιοεπιπτώσεων του θορύβου στους διάφορους εργασιακούς χώρους, εκτός από το νόμο 1568/1985 εφαρμοζόταν μέχρι πρόσφατα, το Π.Δ. 85/1991 [20], που αναφέρεται στην «Προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσης τους στο βλαπτικό παράγοντα του θορύβου κατά την εργασία τους, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 86/188/ΕΟΚ». Το Π.Δ. 85/1991 θέτει ως όριο λήψης συγκεκριμένων τεχνικών και οργανωτικών μέτρων από τον εργοδότη τα 85dB(A) και ανώτατο όριο έκθεσης για 8ωρη εργασία τα 90dB(A). Το 2003 εγκρίθηκε η οδηγία 2003/10/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί των 'ελαχίστων προδιαγραφών υγείας και ασφαλείας για την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προστασίας από φυσικούς παράγοντας (θόρυβος)'. Η οδηγία 2003/10/ΕΚ καταργεί την 86/188/ΕΟΚ από 15/02/06, ημερομηνία εναρμόνισής της με την εθνική νομοθεσία των κρατών μελών [21].

Ορισμοί:

Για τους σκοπούς της οδηγίας οι φυσικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται ως δείκτες προβλέψιμων κινδύνων ορίζονται ως εξής:

α) αιχμή της ηχητικής πίεσης (P_{peak}): μέγιστη τιμή της στιγμιαίας «C» σταθμισμένης κατά τη συχνότητα θορύβου πίεσης

β) ημερήσιο επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο ($L_{EX,8h}$) [dB(A)]: χρονικά σταθμισμένος μέσος όρος των επιπέδων έκθεσης στο θόρυβο για ονομαστική εργάσιμη ημέρα οκτώ ωρών όπως καθορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 1999:1990. Καλύπτει όλους τους θορύβους που υπάρχουν στην εργασία, περιλαμβανομένων των παλμικών·

γ) εβδομαδιαίο επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο ($L_{EX,8h}$) [dB(A)]: χρονικά σταθμισμένος μέσος όρος των ημερήσιων επιπέδων έκθεσης για ονομαστική εβδομάδα πέντε οκτάωρων εργασιμών ημερών όπως καθορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 1999:1990.

Για να αποφευχθούν αμετάκλητες βλάβες στην ακοή των εργαζομένων η οδηγία καθορίζει:

-οριακές τιμές έκθεσης: $L_{EX,8h} = 87\text{dB(A)}$ και αιχμή ηχητικής πίεσης τα $P_{peak} = 200\text{Pa}$ τιμή πάνω από την οποία κανένας εργαζόμενος δεν πρέπει να εκτίθεται.

-ανώτερες τιμές για ανάληψη δράσης: $L_{EX,8h} = 85\text{dB(A)}$ και $P_{peak} = 140\text{Pa}$ και

-κατώτερες τιμές για ανάληψη δράσης: $L_{EX,8h} = 80\text{dB(A)}$ και $P_{peak} = 112\text{Pa}$.

Στις 28/7/2006 εκδόθηκε το **Π.Δ. 149/2006** (ΦΕΚ 159/28.7.06) «Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κίνδυνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος) σε εναρμόνιση με οδηγία 2003/10/EK», το οποίο καταργεί το Π.Δ. 85/1991.

Για δραστηριότητες στις οποίες η ημερήσια έκθεση στο θόρυβο ποικίλλει αισθητά ανά ημέρα εργασίας, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης που εναρμονίζονται με το άρθρο 2003/10/EK, μπορούν να χρησιμοποιούν το επίπεδο εβδομαδιαίας έκθεσης αντί του επιπέδου ημερήσιας έκθεσης στο θόρυβο για να υπολογίσουν τα επίπεδα θορύβου στα οποία εκτίθενται οι εργαζόμενοι, εφόσον:

α) το επίπεδο εβδομαδιαίας έκθεσης στο θόρυβο, όπως διαπιστώνεται με τη δέουσα παρακολούθηση, δεν υπερβαίνει την οριακή τιμή έκθεσης των 87 dB(A) και

β) λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που συνδέονται με τις δραστηριότητες αυτές.

Με βάση τα όρια που θέτει ο Ευρωπαϊκός και, κατά συνέπεια, ο Ελληνικός κανονισμός απαιτούνται και τα αντίστοιχα μέτρα [22]. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

ΑΝΩΤΕΡΕΣ

Τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης τα 85 dB(A)

1. Εάν η έκθεση σε θόρυβο υπερβαίνει τα 85 dB(A):
 - Καταρτίζεται και εφαρμόζεται πρόγραμμα τεχνικών ή/και οργανωτικών μέτρων για τη μείωση της έκθεσης των εργαζομένων σε θόρυβο, ώστε να αποσοβηθεί ο κίνδυνος βλάβης της ακοής, π.χ. επενδύσεις για τη σταδιακή αλλαγή του εξοπλισμού, ακουστικές επεμβάσεις (τεχνικές λύσεις, κ.λ.π.)
 - Στους εργαζόμενους χορηγούνται ατομικά μέσα προστασίας της ακοής, κατάλληλα για

την προς εκτέλεση εργασία και προσαρμοζόμενα σωστά στον καθένα εξ' αυτών. Τα μέτρα εξασφαλίζουν για την κάθε θέση εργασίας αναγκαία μείωση θορύβου, έτσι ώστε η πραγματική έκθεση ενός έκαστου εργαζόμενου να μην υπερβαίνει την οριακή τιμή έκθεσης των 87 dB(A).

- Η χρήση ατομικών μέσων προστασίας της ακοής είναι ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ.
2. Χώροι εργασίας όπου οι εργαζόμενοι ενδέχεται να εκτεθούν σε θόρυβο που υπερβαίνει τα 85 dB(A) επισημαίνονται μόνιμα με κατάλληλα προειδοποιητικά σήματα. Οι περιοχές αυτές οριοθετούνται και η πρόσβαση εκεί περιορίζεται όπου αυτό είναι εφικτό τεχνικά.
 3. Εργαζόμενοι των οποίων η έκθεση υπερβαίνει τα 85 dB(A) δικαιούνται έλεγχο ακοής από τον γιατρό εργασίας.

ΚΑΤΩΤΕΡΕΣ

Τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης τα 80 dB(A)

Όταν η έκθεση σε θόρυβο ισούται με ή υπερβαίνει τα 80 dB(A):

- Διατίθενται στους εργαζομένους και χορηγούνται ατομικά μέσα προστασίας της ακοής, κατάλληλα για τις συνθήκες εργασίας του καθενός και δεόντως προσαρμόζεται στον καθένα εξ' αυτών.
- Παρέχεται στους εργαζόμενους ενημέρωση και εκπαίδευση σχετικά με τους κινδύνους που απορρέουν από την έκθεση σε θόρυβο.
- Διενεργείται προληπτικός ακοομετρικός έλεγχος ειδικά σε εργαζόμενους για τους οποίους οι μετρήσεις των επιπέδων θορύβου καταδεικνύουν κίνδυνο για την υγεία. Στόχος του ελέγχου αυτού είναι η έγκαιρη ανίχνευση οποιασδήποτε βλάβης της ακοής που οφείλεται σε θόρυβο και η διατήρηση της λειτουργίας της ακοής σε ικανοποιητικά επίπεδα.

ΟΡΙΑΚΕΣ

Τιμή έκθεσης τα 87 dB(A)

- Ο εργαζόμενος δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να εκτίθεται σε τέτοιες τιμές θορύβου
- Στην περίπτωση που ο ήχος υπερβεί το όριο αυτό, ο εργοδότης είναι αναγκασμένος να κάνει τις απαιτούμενες ενέργειες για την μείωση του.

Γενικά, πρέπει να τονιστεί ότι τα προαναφερθέντα ανώτερα επιτρεπτά επίπεδα έκθεσης στο θόρυβο είναι αποτέλεσμα συμβιβασμών και μπορούν ανά πάσα στιγμή να αναθεωρούνται. Η μείωση της στάθμης του θορύβου κάτω από τα επίπεδα αυτά πρέπει να είναι μια συνεχής επιδίωξη προκειμένου να βελτιωθεί το ηχητικό περιβάλλον.

Κεφάλαιο 2

Μετρήσεις Θορύβου

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί αναλυτικά η ακολουθούμενη διαδικασία για να πραγματοποιηθεί η μελέτη θορύβου. Αρχικά, θα γίνει μια μικρή παρουσίαση της εταιρείας και της παραγωγικής διαδικασίας του χώρου που θα μελετήσουμε. Επίσης, παρουσιάζονται τα όργανα για την καταγραφή του ήχου και, τέλος, αναλύεται η μεθοδολογία για την χαρτογράφηση του θορύβου.

2.1 Χώρος μελέτης

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε μια βιομηχανική εγκατάσταση στην Αττική. Το εργοστάσιο παράγει προϊόντα καθαρισμού για οικιακή χρήση με δραστηριότητα τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Το εργοστάσιο έχει 3 ορόφους στους οποίους πραγματοποιούνται εργασίες. Η αναλυτική μελέτη έλαβε χώρα μόνο στο ισόγειο καθώς εκεί διαπιστώθηκε από αρχικές μετρήσεις ότι η ένταση του θορύβου είναι αρκετά υψηλή. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στους υπόλοιπους ορόφους έδειξαν ότι η ένταση του ήχου δεν ξεπερνάει τα 85 dB(A) που σημαίνει ότι δεν έχει υπερβεί το όριο που θέτει ο ευρωπαϊκός και κατ' επέκταση ο ελληνικός κανονισμός, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως.

Ο χώρος του ισογείου χωρίζεται σε τρία κτήρια. Τα κτήρια αυτά φαίνονται στο Σχήμα 2.1. Στο πλαίσιο της μελέτης αυτής τα κτήρια αυτά ορίστηκαν ως Κτήριο 1, Κτήριο 2 και Κτήριο 3.



Σχήμα 2.1 : Χάρτης εργοστασίου – χώροι πραγματοποίησης των μετρήσεων.

Παρακάτω παρατίθεται μια σύντομη περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας στα 3 κτήρια του ισογείου ώστε να καταστεί σαφής η αλληλουχία των ενεργειών και των διαδικασιών που πραγματοποιούνται στον εκάστοτε χώρο. Η εποπτική μελέτη του κάθε χώρου κρίνεται απαραίτητη διότι στη συνέχεια αναλύονται σε βάθος και μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι μηχανές του κάθε χώρου ξεχωριστά. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η κάθε διαδικασία επηρεάζει ξεχωριστά τους εργαζόμενους που σχετίζονται με αυτήν, γι' αυτό και αναφέρεται ο συνολικός αριθμός εργαζομένων σε κάθε κτήριο.

Κτήριο 1

Στο κτήριο 1 υπάρχουν τρεις γραμμές παραγωγής όπου διαμορφώνεται το τελικό προϊόν της εταιρείας. Η παραγωγή του προϊόντος ακολουθεί την εξής σειρά:

- Άδειες φιάλες τροφοδοτούνται στην γραμμή παραγωγής,
- Οι φιάλες εισέρχονται στην γεμιστική μηχανή και τροφοδοτούνται με υγρό προϊόν,
- Μόλις γεμίσει η φιάλη και σφραγιστεί το πώμα περνάει από την ετικετζά για να

- κολληθεί το σήμα του προϊόντος,
- Το έτοιμο πλέον προϊόν τοποθετείται μέσα σε χαρτοκιβώτιο, το οποίο μόλις γεμίσει σφραγίζεται και πάει στην αποθήκη.

Κτήριο 2

Στο κτήριο 2 υπάρχει μια γραμμή παραγωγής και η παραγωγική διαδικασία είναι ακριβώς ίδια με αυτήν που περιγράφηκε προηγουμένως για το κτήριο 1.

Κάθε γραμμή παραγωγής στα Κτήρια 1 και 2 απασχολεί 3 εργαζόμενους κατά την διάρκεια της μιας βάρδιας.

Κτήριο 3

Το κτήριο 3 είναι το παρασκευαστήριο των φιαλών. Το εργοστάσιο παρασκευάζει όλες τις απαιτούμενες φιάλες για τα παραγόμενα προϊόντα. Το κτήριο αυτό βρίθει μηχανών διαμόρφωσης φιαλών και πωμάτων που χρησιμοποιούν μέθοδο χύτευσης για την δημιουργία τους. Η παραγωγή των φιαλών ακολουθεί την εξής σειρά:

- Τοποθετείται η πρώτη ύλη στο σιλό τροφοδοσίας
- Θερμαίνεται το πλαστικό λαμβάνοντας το τελικό του σχήμα μέσα σε ένα μεταλλικό καλούπι.
- Οδηγείται στην αποθήκη φιαλών και πωμάτων για την μετέπειτα τροφοδοσία των γραμμών παραγωγής.

Το κτήριο 3 απασχολεί περίπου 6 εργαζόμενους στην διάρκεια μιας βάρδιας.

2.2 Ηχώμετρα

Οι μετρήσεις του θορύβου στους εργασιακούς χώρους γίνονται με κατάλληλα όργανα τα οποία ονομάζονται **ηχώμετρα**. Τα όργανα αυτά μπορούν με τη βοήθεια ηλεκτρικών κυκλωμάτων, όπως το σταθμικό κύκλωμα «άλφα» (Α), να προσομοιώνουν την ευαισθησία της ανθρώπινης ακοής. Το σταθμικό κύκλωμα είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που παρεμβάλλεται στα όργανα μέτρησης του ήχου και έχει την ιδιότητα να περιορίζει ή και να ενισχύει κατά πλάτος σε διαφορετικό βαθμό τις διάφορες συνιστώσες του ηχητικού φάσματος. Με άλλα λόγια, η «**απόκριση**» ή η **ευαισθησία** του μεταβάλλεται με τη συχνότητα με τρόπο παρόμοιο του ανθρώπινου αυτιού (το οποίο έχει λογαριθμική απόκριση). Όταν οι μετρήσεις του θορύβου πραγματοποιούνται μέσω σταθμικού κυκλώματος «Α», τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράζονται σε dB (Α). Για τη μέτρηση της ισοδύναμης στάθμης συνεχούς ήχου πρέπει να

χρησιμοποιείται κατάλληλο «ηχοδοσίμετρο», το οποίο προσδιορίζει το σύνολο της ηχητικής ενέργειας που δέχεται ο εργαζόμενος στο ωράριο της βάρδιας του (8 ώρες) [1].

Αναλυτής Οκτάβας

Για τον προσδιορισμό του φάσματος συχνοτήτων απαιτείται ανάλυση του ήχου με χρήση ειδικής διάταξης. Με τη χρήση των ηχόμετρων είναι δυνατή η μέτρηση του ήχου ανά καθορισμένες περιοχές συχνοτήτων (συνήθως ανά οκτάβα, δηλαδή 0-16Hz, 16-32Hz, 32-64Hz, κλπ). Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται τόσο το φάσμα συχνοτήτων ενός ήχου όσο και η κατανομή της ηχητικής ενέργειας σε διάφορες περιοχές συχνοτήτων. Η ανάλυση αυτή είναι απαραίτητη διότι οι περισσότεροι ήχοι δεν είναι ένας καθαρός ήχος, αλλά ένας συνδυασμός πολλών συχνοτήτων. Η συχνότητα του ήχου επηρεάζει τον βαθμό στον οποίο διαφορετικά υλικά μπορούν να τον εξασθενήσουν. Γνωρίζοντας τη σύνθεση των συχνοτήτων του ήχου μπορεί να βοηθήσει στον να προσδιοριστούν τα υλικά και τα σχέδια που θα παρέχουν την μεγαλύτερη μείωση θορύβου. Ως εκ τούτου, ο αναλυτής οκτάβας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στον καθορισμό της σκοπιμότητας των ελέγχων για μεμονωμένες πηγές θορύβου και να αξιολογήσει κατά πόσον τα προστατευτικά μέτρα παρέχουν επαρκή προστασία.

2.2.1 Λειτουργία του ηχόμετρου

Τα ηχόμετρα παρέχουν στιγμιαίες μετρήσεις θορύβου για σκοπούς ελέγχου. Κατά την διάρκεια μιας αρχικής περιήγησης στον χώρο, το ηχόμετρο βοηθάει στον εντοπισμό των περιοχών με αυξημένα επίπεδα θορύβου. Καταδεικνύεται με αυτόν τον τρόπο η ανάγκη για μέτρηση της δόσης θορύβου των εργαζομένων στο χώρο αυτό με τη χρήση ηχοδοσίμετρου κατά την διάρκεια μιας βάρδιας. Τα ηχόμετρα είναι χρήσιμα για:

- Δειγματοληπτικό έλεγχο απόδοσης ηχοδοσίμετρου,
- Καθορισμό δόσης θορύβου ενός εργαζομένου όταν ένα ηχοδοσίμετρο δεν είναι διαθέσιμο ή είναι ακατάλληλο,
- Εντοπισμό και αξιολόγηση των επιμέρους πηγών θορύβου για σκοπούς μείωσης των εκπομπών,
- Υποβοήθηση στον μηχανολογικό έλεγχο για την ανάλυση σκοπιμότητας για μεμονωμένες πηγές θορύβου που εξετάζονται για μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου,
- Αξιολόγηση της καταλληλότητας των Μέτρων Μείωσης Θορύβου για την πραγματική στάθμη θορύβου στην περιοχή.

Βαθμονόμηση οργάνων

Όλα τα όργανα του θορύβου μέτρησης απαιτούν δύο τύπους βαθμονόμησης:

- Περιοδική βαθμονόμηση από το εργοστάσιο (π.χ. ετήσια)
- Βαθμονόμηση πριν και μετά την χρήση

Οι κατασκευαστές εξοπλισμού προτείνουν συνήθως περιοδική βαθμονόμηση σε ετήσια βάση. Αυτά τα αυστηρά πρωτόκολλα εξασφαλίζουν ότι τα ηλεκτρονικά στοιχεία είναι σε καλή κατάσταση λειτουργίας και εντοπίζουν αλλαγές στην απόδοση του μηχανήματος. Η βαθμονόμηση πριν και μετά την χρήση επιβεβαιώνει ότι το όργανο λειτουργεί σωστά κατά την ημέρα που χρησιμοποιείται και να δηλώνει ότι εξακολουθεί να πραγματοποιεί σωστή εγγραφή ήχου στο τέλος της ημέρας. Η διαδικασία αυτή επιβεβαιώνει επίσης ότι οι αλλαγές στην θερμοκρασία ή την υγρασία δεν έχουν επηρεάσει την ακρίβεια του οργάνου [2].

Τα ηχόμετρα θα πρέπει να πληρούν το πρότυπο του Αμερικάνικου οργανισμού προτύπων (ANSI⁸) S 1.4-1983, «Προδιαγραφές για ηχόμετρα». Αυτά τα πρότυπα ορίζουν ανοχές στην απόδοση και την ακρίβεια σύμφωνα με τρία επίπεδα ακρίβειας: Τύπου 0, 1, 2.

- Τύπος 0 : χρησιμοποιείται σε εργαστήρια
- Τύπος 1 : χρησιμοποιείται για μετρήσεις ακριβείας στο πεδίο
- Τύπος 2 : χρησιμοποιείται για μετρήσεις γενικού σκοπού

Το πιο διαδεδομένο ηχόμετρο για τις αξιολογήσεις στο χώρο εργασίας, είναι αυτό του Τύπου 2, το οποίο αποδίδει το ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο ακρίβειας που ορίζει ο Οργανισμός Υγιεινής και Ασφάλειας στην Εργασία (OSHA⁹) για μετρήσεις θορύβου.

Σε αντίθεση, το ηχόμετρο Τύπου 1 έχει ακρίβεια ± 1 dB(A). Η ακρίβεια του ηχομέτρου αυτού σε συνδυασμό με τα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά του το καθιστούν το προτιμώμενο μοντέλο για την λήψη μετρήσεων που θα χρησιμοποιηθούν στον σχεδιασμό οικονομικών και αποτελεσματικών μεθόδων για τον έλεγχο του θορύβου.

Τα περισσότερα ηχόμετρα Τύπου 1 και Τύπου 2 μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να ανταποκριθούν είτε με μία ‘αργή απόκριση’ ή με ‘γρήγορη απόκριση’. Η δυναμική του μετρητή είναι τέτοια ώστε ο μετρητής να φτάσει στο 63% της τελικής σταθερής κατάστασης ανάγνωσης σε μια σταθερά χρόνου:

- Γρήγορη απόκριση αντιστοιχεί σε ένα σταθερό διάστημα των 125 χιλιοστών του δευτερολέπτου (ms),
- Αργή απόκριση αντιστοιχεί σε ένα σταθερό διάστημα του 1 δευτερολέπτου.

Η οθόνη του μετρητή δείχνει τη μέση στάθμη ηχητικής έντασης κατά τη διάρκεια της περιόδου που επιλέγεται. Η επιλογή της απόκρισης του ηχομέτρου εξαρτάται από τον τύπο του προς μέτρηση θορύβου, η προβλεπόμενη χρήση των μετρήσεων, καθώς και οι προδιαγραφές των ισχυόντων προτύπων. Στα περισσότερα βιομηχανικά περιβάλλοντα, το ηχόμετρο κυμαίνεται

⁸ ANSI : American National Standards Institute

⁹ OSHA: Occupational Safety and Health Administration

λιγότερο, όταν οι μετρήσεις γίνονται με την «αργή απόκριση» παρά την «γρήγορη» και ως εκ τούτου είναι πιο εύκολο να διαβαστεί. Μια ταχεία διακύμανση του ήχου αποδίδει γενικά υψηλότερα επίπεδα έντασης ήχου όταν μετριέται με την ‘γρήγορη απόκριση’.

2.2.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηχομέτρου

Το ηχόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις στο εργοστάσιο είναι το μοντέλο NOR131 της εταιρείας NORSONIC.



Σχήμα 2.2: Ηχόμετρο Nor131 της εταιρείας Norsonic [4].

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηχομέτρου [3]

Ηχόμετρο IEC61672-1, Τύπου 1, Group X

Το όργανο συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις κατά τα προηγούμενα διεθνή πρότυπα για ηχόμετρα:

- IEC60651, Τύπου 1
- IEC60804, Τύπου 1

Αναλογική είσοδος

- Αριθμός καναλιών: 1

- Σύνδεση εισόδου: TNC
- Προενισχυτής: ICP®, 3mA / 24 V
- Πόλωση: 0V (pre-polarised microphone)
- Μέγιστο σήμα εισόδου: ±11V
- Αντίσταση εισόδου: Περισσότερα από 800kohm, λιγότερα από 250pF

Σταθμίσεις συχνότητας

Ταυτόχρονη μέτρηση της A και C – στάθμης, ή A και Z- στάθμησης.

Φίλτρα- 1/1 οκτάβας: 8, 16, ... 16000 Hz, Τύπου 1, ψηφιακά φίλτρα IIR, σύστημα βάσης 10 σύμφωνα με το IEC61260

Φίλτρα- 1/3 οκτάβας: 6.3, 8, 10, 12.5, 16, ... 20000 Hz, Τύπου 1, ψηφιακά φίλτρα IIR, σύστημα βάσης 10 σύμφωνα με το IEC61260

Βαθμονόμηση

Ο συνιστώμενος βαθμονομητής ήχου για τον έλεγχο της ευαισθησίας του ηχομέτρου είναι ο Norsonic Nor1251 με ονομαστική ένταση ήχου 114.0dB, 20μPa και 1kHz.

Απεικόνιση

Η οθόνη είναι μονόχρωμη, ανακλαστική LCD οθόνη γραφικών, με 160x240 pixels (WxH) με αυτόματη αντιστάθμιση θερμοκρασίας για την αντίθεση και την γωνία θέασης.

Περιβαλλοντικές συνθήκες

- Συνθήκες αναφοράς: οι συνθήκες αναφοράς για το όργανο είναι όπως ορίζονται από το πρότυπο IEC 61672-1
- Θερμοκρασία: 23 °C
- Υγρασία: 50% RH
- Ατμοσφαιρική πίεση: 101325 Pa

2.3 Χαρτογράφηση του θορύβου

Πολύ σημαντική θέση στην αντιμετώπιση του θορύβου κατέχει η λεπτομερής καταγραφή και απεικόνιση ή χαρτογράφησης του. Έτσι, επιλέγονται πάρα πολλά σημεία στα οποία διεξάγονται μετρήσεις. Στην πραγματικότητα σαρώνεται όλος ο χώρος εργασίας και τα αποτελέσματα απεικονίζονται με διαφορετικά χρώματα, που δηλώνουν παραστατικά την διαβάθμιση της έντασης ή το διαφορετικό επίπεδο θορύβου.

Για την χαρτογράφηση του θορύβου χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω χρωματική κλίμακα, η οποία είναι σύμφωνη με τις ανώτερες και κατώτερες τιμές έκθεσης στον θόρυβο, που ορίζει το Π.Δ. 149/2006.

ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ			
ΧΡΩΜΑ	ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ (dB)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΧΡΗΣΗ Μ.Α.Π.
ΠΡΑΣΙΝΟ	<74	Καλή Κατάσταση	Όχι Απαραίτητη Χρήση
ΓΑΛΑΖΙΟ	75-80	Ανεκτική Κατάσταση	Όχι Απαραίτητη Χρήση
ΚΙΤΡΙΝΟ	81-84	Θορυβώδης Κατάσταση	Όχι Απαραίτητη Χρήση
ΒΙΟΛΕΤΙ	85-87	Υπερβολικά Θορυβώδης Κατάσταση	Απαραίτητη Χρήση
ΚΟΚΚΙΝΟ	>88	Απαράδεκτη Κατάσταση	Απαραίτητη Χρήση

Πίνακας 2.1: Κλίμακα χρωμάτων του χάρτη θορύβου.

2.3.1 Διαδικασία Χαρτογράφησης

Στον χώρο εργασίας του εργοστασίου έγινε σάρωση του χώρου και τα διάφορα σημεία στα οποία διεξήχθησαν μετρήσεις φαίνονται πάνω στο σχήμα. Για να καθοριστούν τα σημεία όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις ακολουθήσαμε τον διαχωρισμό του χώρου με την μέθοδο του καμβά (grid pattern). Χωρίστηκε ο χώρος σε ισάριθμες περιοχές όπου οι αποστάσεις από τους τοίχους ήταν 1 m και τα σημεία απείχαν μεταξύ τους 2 με 3 m ανάλογα με τον χώρο μέτρησης. Οι τιμές του μετρούμενου θορύβου αντιστοιχούν σε τιμές στο ύψος του κεφαλιού περίπου (1.6 m). Για την καλύτερη και όσο το δυνατόν ακριβέστερη δημιουργία του καμβά στον χώρο του εργοστασίου χρησιμοποιήθηκε μέτρο για την μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ των σημείων. Τα σημεία σηματοδεύτηκαν πάνω στο πάτωμα και τα αριθμήθηκαν. Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στα σημεία αυτά με το ηχώμετρο το οποίο ήταν στερεωμένα πάνω σε έναν τρίποδα. Η συνολική διάρκεια κάθε μέτρησης διήρκεσε περί τα 20 δευτερόλεπτα. Στο σχήμα 2.3¹⁰ φαίνονται τα σημεία των μετρήσεων πάνω στον χάρτη.

¹⁰ Το σχήμα 2.3 φαίνεται σε μεγέθυνση στο παράρτημα της εργασίας.



Σχήμα 2.3 : Χάρτης εργοστασίου και σημεία μετρήσεων.

Πραγματοποιήθηκαν 550 μετρήσεις στα σημεία που όριζε ο καμβάς και τα οποία ήταν ευκόλως προσβάσιμα. Σε ορισμένα σημεία που όριζε ο καμβάς δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις διότι είτε υπήρχε κάποια μηχανή στον χώρο αυτόν είτε υπήρχαν παλέτες με αντικείμενα (χαρτοκιβώτια, ετικέτες, κλπ). Επίσης, λήφθηκαν μετρήσεις και στις θέσεις όπου βρίσκονταν οι εργαζόμενοι προκειμένου να αναλυθεί η ένταση που δέχονται κατά την διάρκεια της δωρης βάρδιάς τους και να εντοπιστούν οι πιο ηχογόνοι πηγές.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε κανονικές συνθήκες παραγωγής. Με τον όρο κανονικές συνθήκες εννοούμε ότι η παραγωγική διαδικασία κυλούσε ομαλά βάσει προγράμματος ώστε οι γραμμές παραγωγής λειτουργούσαν κανονικά χωρίς κάποια μεγάλη διακοπή.

Όπως προβλέπει και ο κανονισμός πριν και μετά από κάθε ημέρα μετρήσεων γινόταν βαθμονόμηση ή αλλιώς καλιμπράρισμα στο μηχάνημα για να αξιολογηθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων που πάρθηκαν.

2.3.2 Πρόγραμμα NoiseAtWork

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την χαρτογράφηση της έντασης του ήχου του εργοστασίου είναι το NoiseAtWork Type D της εταιρείας DGMR Software BV. Στο πρόγραμμα αυτό τοποθετήθηκαν οι μετρήσεις στα σημεία πάνω στον χάρτη των κτηρίων του ισόγειου.

Όπως προαναφέρθηκε, σε ορισμένα σημεία η πραγματοποίηση μετρήσεων δεν ήταν εφικτή λόγω εμποδίων. Μέσω του προγράμματος η ένταση του θορύβου στα σημεία αυτά διαμορφώθηκε με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα διπλανά σημεία. Επίσης, προσαρμόστηκε η κλίμακα χρωμάτων με βάση αυτήν που ορίζει ο Πίνακας 2.1.

Κεφάλαιο 3

Αποτελέσματα Μετρήσεων

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν οι χάρτες θορύβου όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις που λήφθηκαν στους τρεις χώρους του ισογείου του εργοστασίου. Θα εντοπιστούν οι ηχογόνοι πηγές και θα αξιολογηθεί η επίδρασή τους στην ένταση του θορύβου στον εργασιακό χώρο. Επίσης, θα υπολογιστεί η δόση του θορύβου που δέχονται οι εργαζόμενοι στις θέσεις στις οποίες βρίσκονται.

3.1 Ηχογόνοι πηγές

Οι ηχογόνοι πηγές οι οποίες είναι υπεύθυνες για την παραγωγή του θορύβου και, συνεπώς, επηρεάζουν τους εργαζομένους βρίσκονται είτε στο εσωτερικό είτε στο εξωτερικό του εργοστασίου. Έτσι, ένας εργαζόμενος στο εσωτερικό του ισογείου:

- Επηρεάζεται από τον θόρυβο που προκαλεί όλη η παραγωγική διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό περιστρεφόμενου εξοπλισμού, μεταφορικούς ιμάντες και ρομποτικά συστήματα.
- Δεν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον εξωτερικό θόρυβο των φορτηγών, των περνοφόρων κι άλλων δραστηριοτήτων του εργοστασίου καθώς οι πόρτες του ισογείου και τα παράθυρα παραμένουν κλειστά, όταν δεν είναι σε χρήση. Σε περιπτώσεις που αυτά πρέπει να είναι ανοιχτά, η δόση του θορύβου σε κάθε εργαζόμενο στο εσωτερικό του ισογείου αυξάνεται.

Η παραγωγική διαδικασία αντιπροσωπεύεται από όλους τους τύπους ηχητικών πηγών, όπως:

- Σημειακές πηγές (αντλίες, κινητήρες, ανεμιστήρες, κλπ)
- Πηγές γραμμής (ιμάντες μεταφοράς, κλπ)
- Πηγές περιοχής (παράθυρα και πόρτες στα κτήρια όπου βρίσκονται πηγές θορύβου)

Παρακάτω θα γίνει καταγραφή των πηγών θορύβου που υπάρχουν στα τρία κτήρια του ισογείου του εργοστασίου που έγινε η μελέτη.

- Αριθμός πηγών θορύβου: 77
- Αριθμός δεκτών : 20 άτομα σε κάθε βάρδια

Οι πηγές θορύβου είναι οι εξής:

Κτήριο	Πηγές θορύβου	Αριθμός πηγών θορύβου
Κτήριο 1 / Κτήριο 2	Σιλό τροφοδοσίας	4
	Μηχανή ανόρθωσης φιαλών	4
	Μηχανή προσανατολισμού φιαλών	4
	Γεμιστική μηχανή	4
	Διαλογέας πωμάτων	4
	Ετικετέζα	4
	Συρικνωτικό χιτωνίου	2
	Στεγνωτήρας	2
	Μηχανή διαμόρφωσης χαρτοκιβωτίων	4
	Εγκιβωτιστική μηχανή	4
	Κλειστική μηχανή	4
	Περιστρεφόμενος εξοπλισμός	4
	Κτήριο 3	Μηχανής Blow Molding – BECUM
Μηχανής Blow Molding – SIDEL		2
Μηχανές Injection Molding		4
Σιλό τροφοδοσίας Preform στις μηχανές SIDEL		2
Μηχανή τοποθέτησης σωληναρίων σε πώματα		1
Περιστρεφόμενος εξοπλισμός		13

Πίνακας 3.1: Πηγές θορύβου σε κάθε Κτήριο.

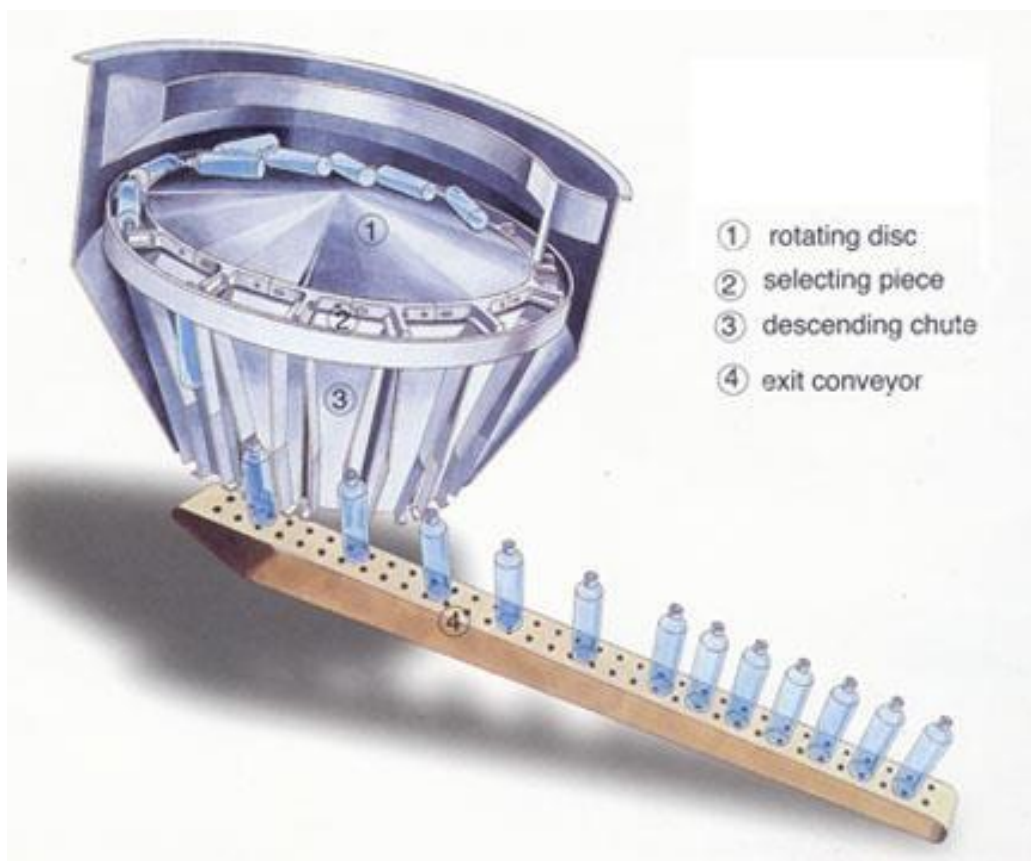
Επεξήγηση μηχανών

Σιλό τροφοδοσίας

Στο σιλό τροφοδοσίας διοχετεύονται από τον πρώτο όροφο του κτηρίου οι άδειες φιάλες που θα πάνε στην γραμμή παραγωγής.

Μηχανή ανόρθωσης φιαλών (unscrambler)

Οι φιάλες από το σιλό τροφοδοσίας εισέρχονται στην μηχανή ανόρθωσης φιαλών ώστε να ανορθωθούν και να τοποθετηθούν στην μεταφορική ταινία με σκοπό να διέλθουν των επόμενων σταδίων της γραμμής παραγωγής και να ολοκληρωθεί το προϊόν. Μια γενική μορφή της μηχανής αυτής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η εταιρεία έχει διαφορετικές μηχανές ανόρθωσης για κάθε γραμμή παραγωγής ανάλογα με την φιάλη που χρησιμοποιούν αλλά όλες έχουν τον ίδιο τρόπο λειτουργίας που εικονίζεται παρακάτω.



Σχήμα 3.1: Μηχανή ανόρθωσης φιαλών [2]

Μηχανή προσανατολισμού φιαλών

Οι φιάλες που παρασκευάζει το εργοστάσιο διαφέρουν σε σχήμα ανάλογα με το προϊόν και την στρατηγική του μάρκετινγκ. Ανάλογα με το σχήμα της φιάλης προσαρμόζονται και τα εξαρτήματα σε ορισμένα μηχανήματα της γραμμής παραγωγής. Συνεπώς, οι φιάλες πάνω στην μεταφορική ταινία πρέπει να έχουν συγκεκριμένο προσανατολισμό για να διέλθουν όλων των σταδίων της γραμμής παραγωγής χωρίς να δημιουργηθεί λαμβάνει μια μηχανή προσανατολισμού φιαλών που βρίσκεται αμέσως μετά τον ανορθωτή.

Γεμιστική μηχανή

Οι φιάλες εισέρχονται σε έναν περιστρεφόμενο δίσκο στον οποίο ατομικά ακροφύσια προσαρμόζονται στην κορυφή κάθε φιάλης για να εκχύσουν το προϊόν μέσα σε αυτήν κατά την διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής του δίσκου. Μόλις γεμίσει η φιάλη, τοποθετείται σε αυτήν το πάμα της με τον ίδιο τρόπο προτού περάσει στο επόμενο στάδιο της παραγωγής. Μια γενική μορφή της διάταξης αυτής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.2: Γεμιστική μηχανή [3]

Διαλογέας πωμάτων

Τα πάματα βρίσκονται σε ένα δοχείο και προσανατολίζονται προκειμένου να τοποθετηθούν στις φιάλες μόλις αυτές γεμίσουν με το προϊόν. Μια γενική διάταξη διαλογέα πωμάτων φαίνεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3: Διαλογέας πομάτων [4]

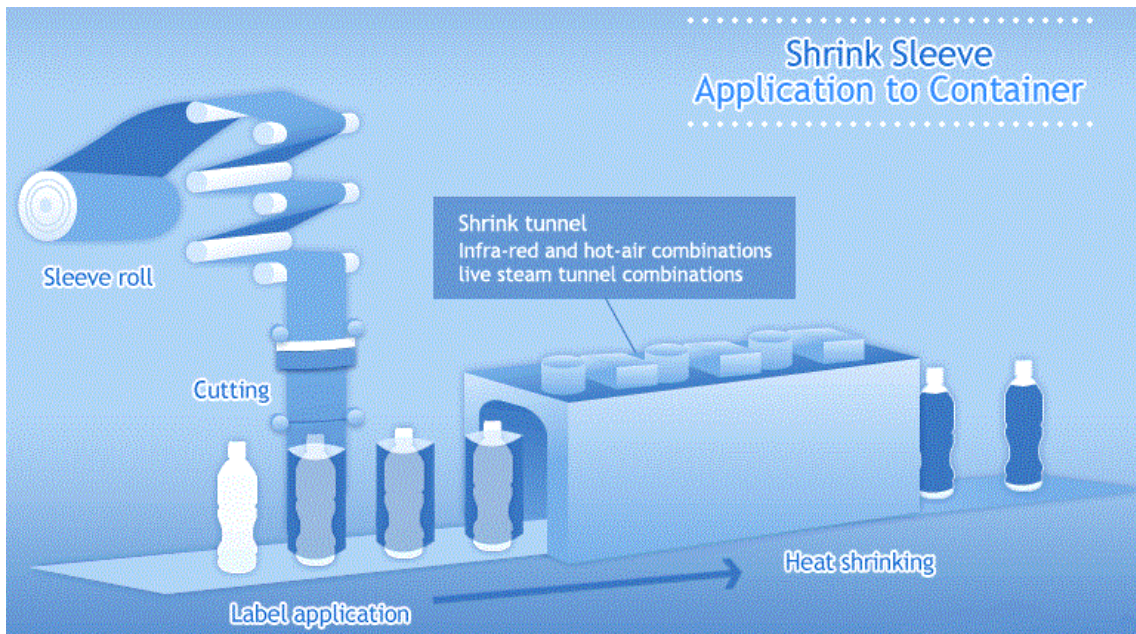
Ετικετέζα

Στο μηχάνημα αυτό τοποθετούνται οι ετικέτες στις φιάλες. Οι ετικέτες είναι δυο ειδών:

- Αυτοκόλλητες, δηλαδή πλαστικοποιημένο χαρτί το οποίο προσκολλάται μέσω της άσκησης πίεσης πάνω στη φιάλη,
- Χιτώνιο ή μανίκι, δηλαδή πλαστικό κάλυμμα, το οποίο ‘φοριέται’ κάθετα στην φιάλη και επιδέχεται επιπρόσθετη επεξεργασία.

Συρρικνωτικό χιτωνίου

Όταν η φιάλη απαιτεί την εφαρμογή μανικιού ή χιτωνίου για ετικέτα, η ετικετέζα δεν μπορεί να εφαρμόσει το χιτώνιο πλήρως σε αυτήν. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι αναγκαίο η φιάλη με το χιτώνιο να διέλθει του συρρικνωτικού το οποίο θερμαίνει το χιτώνιο ώστε να προσκολληθεί ακριβώς πάνω σε αυτήν. Η διάταξη αυτή φαίνεται στο σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4: Συρρικνωτικό χιτωνίου [5]

Στεγνωτήρας

Μετά το συρρικνωτικό οι φιάλες διέρχονται του στεγνωτήρα για να απομακρυνθεί η υγρασία της προηγούμενης διεργασίας.

Μηχανή διαμόρφωσης χαρτοκιβωτίων

Η μηχανή αυτή παραλαμβάνει τα κιβώτια σε επίπεδη μορφή και τα διαμορφώνει στην τελική παραλληλεπίπεδη μορφή τους. Στο Σχήμα 3.5 φαίνονται η αρχική και η τελική μορφή του κιβωτίου.



Σχήμα 3.5: Διομορφωτής κιβωτίων

Εγκιβωτιστική μηχανή

Το προτελευταίο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας είναι το σημείο όπου το τελικό προϊόν τοποθετείται στο κιβώτιο. Η μηχανή αυτή είναι ένα ρομποτικός βραχίονας που σηκώνει το προϊόν με τη χρήση μιας κεφαλής με βεντούζα. Το προϊόν, στην συνέχεια, τοποθετείται στο κιβώτιο και μόλις αυτό γεμίσει προχωράει προκειμένου να έρθει το επόμενο και να επαναληφθεί η διαδικασία.

Κλειστική μηχανή

Αφού το γεμάτο με προϊόν κιβώτιο φύγει από την εγκιβωτιστική περνάει στην κλειστική όπου ασφαρίζεται το πάνω μέρος του και είναι έτοιμο να πάει στο κέντρο αποθήκευσης και διανομής.

Μηχανή Blow Molding – BEKUM / SIDEL

Η διαδικασία Blow Molding (χύτευση με έμφυση) χρησιμοποιείται για να κατασκευαστούν κοίλα πλαστικά μέρη [6]. Στο εργοστάσιο η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με δυο τρόπους προκειμένου να διαμορφωθούν οι φιάλες των προϊόντων.

- Extrusion blow molding (με εξώθηση)

Κατά την μέθοδο αυτή, ρινίσματα πλαστικού τήκονται και εξωθούνται σε έναν κοίλο πλαστικό σωλήνα. Αυτός ο σωλήνας δεσμεύεται κλείνοντας ένα κρύο μεταλλικό καλούπι. Αέρας διοχετεύεται στον κοίλο σωλήνα διογκώνοντάς το στο σχήμα του καλουπιού που έχουμε [6]. Για αυτήν την διαδικασία χρησιμοποιούμε τις μηχανές BEKUM.



Σχήμα 3.6: Μηχανή BEKUM.

- Stretch blow molding (με έκταση)

Η διαδικασία αυτή διαφέρει σε κάποιο βαθμό από την προηγούμενη ως προς την πρώτη ύλη. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται είναι οι φιάλες PET. Το PET είναι τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο και είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο για την κατασκευή μπουκαλιών και άλλων αντικειμένων. Οι φιάλες PET ή preforms είναι μικρές σε μέγεθος και έχουν το στόμιο του μπουκαλιού. Τα

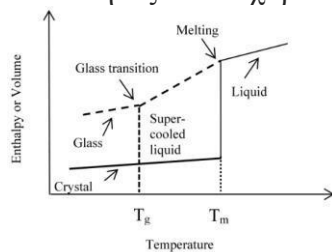
preforms τοποθετούνται σε έναν αναθερμαντή όπου ζεσταίνονται πάνω από την θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης¹¹.



Σχήμα 3.7: Φιάλη PET στην αρχική και τελική κατάσταση [8]

Αφού θερμανθεί το preform εισάγεται σε ένα μεταλλικό καλούπι όπου διοχετεύεται κρύος πεπιεσμένος αέρας προκειμένου να πάρει την μορφή του καλουπιού. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής το preform τεντώνεται με μια ράβδο. Για αυτήν την διαδικασία χρησιμοποιούμε τις μηχανές SIDEL.

¹¹ Θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης: Το σημείο τομής των καμπυλών θερμοκρασίας-πυκνότητας που χαρακτηρίζουν τη ρευστή και στερεή κατάσταση αντίστοιχα [7]



Σχήμα 3.7: θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωση [1].



Σχήμα 3.8: Μηχανή SIDEL [9].

Μηχανές Injection Molding

Η χύτευση με έγχυση είναι μια διαδικασία για την παραγωγή εξαρτημάτων με έγχυση υλικού σε καλούπι. Η πρώτη ύλη είναι σε μορφή κόκκων πλαστικού που διοχετεύονται μέσω ενός σιλό στον θερμαντήρα για να ζεσταθούν και στην πορεία στο καλούπι. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για να παρασκευάσει η εταιρεία τα πόματα για τις φιάλες των προϊόντων.

Μηχανή τοποθέτησης σωληναρίων σε πόματα

Σε ορισμένα προϊόντα το πόμα συνοδεύεται και από ένα σωληνάριο προκειμένου το περιεχόμενο να βγαίνει με την μορφή ψεκασμού. Η μηχανή αυτή τοποθετεί το σωληνάριο σε ειδική υποδοχή στο πόμα.

Περιστρεφόμενος εξοπλισμός

Η μεταφορά των φιαλών, των έτοιμων προϊόντων και των κιβωτίων καθ' όλη την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας γίνεται μέσω μεταφορικών ιμάντων και ραούλων.

3.2 Χάρτες θορύβου

Τις μετρήσεις που συλλέξαμε τις τοποθετήσαμε στα αντίστοιχα σημεία στον χάρτη με την χρήση του προγράμματος NoiseAtWork και σχεδιάσαμε τους παρακάτω χάρτες θορύβου. Όπως έχουμε αναφέρει, η σημασία του χάρτη είναι πολύ μεγάλη για να δούμε πώς κατανέμεται ο θόρυβος στον χώρο εργασίας και να εντοπίσουμε τις ηχογόνους πηγές που συμβάλλουν στον θόρυβο.

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν οι χάρτες θορύβου για κάθε κτήριο ξεχωριστά. Σε κάθε χάρτη θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα και θα γίνει καταγραφή των συμπερασμάτων με βάση τα δεδομένα του χάρτη, τις παρατηρήσεις του υπεύθυνου των μετρήσεων καθώς και των προσωπικών παρατηρήσεων των εργαζομένων που βρίσκονται στον χώρο του εργοστασίου καθημερινά και γνωρίζουν λόγω εμπειρίας περισσότερες λεπτομέρειες και πληροφορίες.

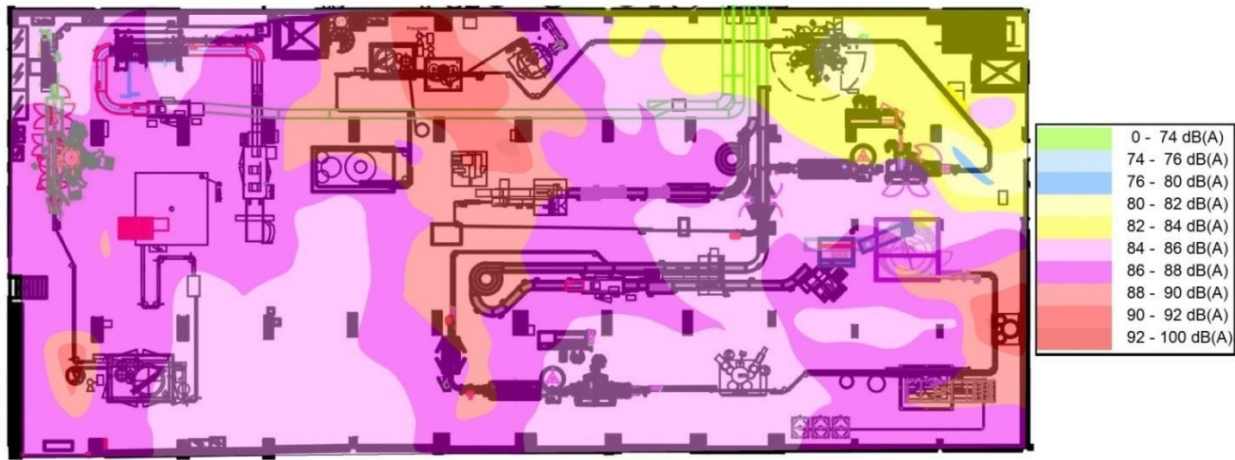
Ισόγειο

Ο χάρτης θορύβου του ισόγειου φαίνεται στο Σχήμα 3.1. Δίπλα από κάθε χάρτη παρουσιάζεται η κλίμακα των χρωμάτων που αντιστοιχούν σε ορισμένο εύρος dB. Αναλυτική αξιολόγηση του χάρτη θα πραγματοποιηθεί παρακάτω.



Σχήμα 3.1: Χάρτης θορύβου του ισόγειου.

Κτήριο 1



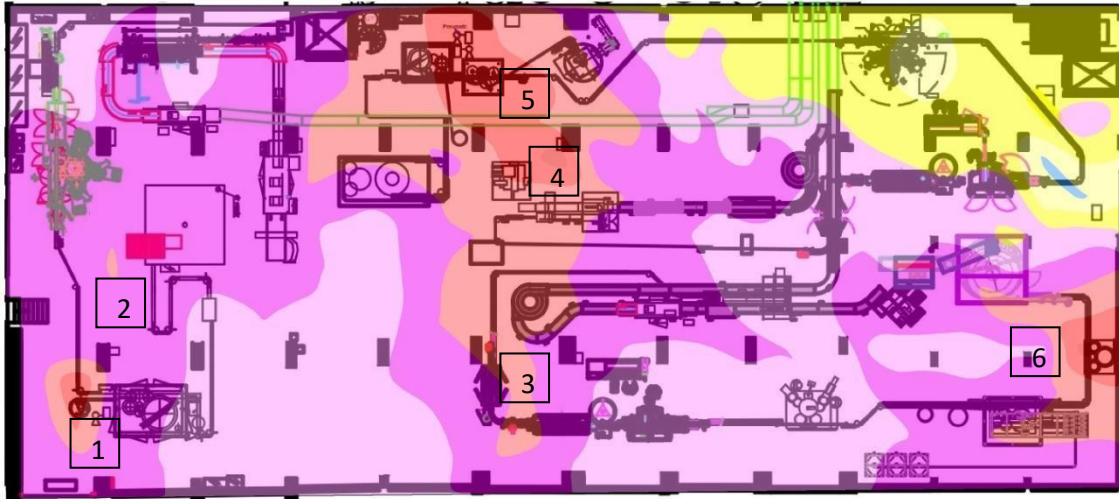
Σχήμα 3.2: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 1.

Συμπεράσματα

Ελάχιστη ένταση ήχου	79.7 dB(A)
Μέγιστη ένταση ήχου	93.0 dB(A)

Από τον χάρτη θορύβου παρατηρούμε ότι η επικρατέστερη ένταση ήχου κυμαίνεται σε ένα εύρος 84-88 dB(A). Η ένταση αυτή προσεγγίζει το επιτρεπτό όριο των 85 dB(A) και κατά περιπτώσεις το ξεπερνά. Σε ορισμένα σημεία η ένταση ξεπερνάει τα 88 dB(A) και φτάνει σε όρια στα οποία η εκτεταμένη έκθεση μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων.

Θα πραγματοποιηθεί μια ανάλυση στην οποία θα μελετηθούν αρχικά οι ηχογόνοι πηγές που παράγουν ένταση ήχου πάνω από 88 dB(A) και διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό το ηχητικό φάσμα στο Κτήριο 1. Τα σημεία αυτά φαίνονται στο σχήμα 3.2.1 και είναι τα: Σημεία 1, 2, 3, 4, 5, 6. Στην πορεία θα μελετηθούν οι πηγές που βρίσκονται στο φάσμα μεταξύ 84-88 dB(A). Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι ηχογόνοι πηγές που ξεπερνούν τα 88 dB(A) επηρεάζουν έντονα και το ηχητικό φάσμα στις γύρω περιοχές. Το φαινόμενο αυτό φαίνεται έντονα στον χάρτη θορύβου που διαμορφώθηκε. Από τον χάρτη παρατηρούμε ότι στις περιοχές γύρω από τις πιο ηχογόνους πηγές, η ηχητική ένταση κυμαίνεται στα 86-88 dB(A) ανεξαρτήτως της ύπαρξης ή μη άλλων ηχογόνων πηγών γύρω από αυτές.



Σχήμα 3.2.1: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 1, σημεία μελέτης.

Σημείο 1

Ηχογόνος πηγή: Διαλογέας πωμάτων

Ένταση ήχου: 90-92 dB(A)

Αιτίες θορύβου στον διαλογέα πωμάτων είναι:

- Οι εκτοξευτήρες πεπιεσμένου αέρα που χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση των πωμάτων,
- Τα πώματα που συγκρούονται με τις επιφάνειες του αγωγού τροφοδοσίας,
- Τα πώματα που συγκρούονται με τις επιφάνειες του δοχείου διαλογής,
- Τα πώματα που συγκρούονται μεταξύ τους μέσα στο δοχείο διαλογής.

Οι εκτοξευτήρες αέρα αποτελούν την πρωταρχική πηγή θορύβου στο σύστημα του διαλογέα. Ο πεπιεσμένος αέρας χρησιμοποιείται για την κίνηση των πωμάτων κατά μήκος του μεταφορέα. Κάθε τέτοιος εκτοξευτήρας αέρα παράγει υπερβολικό θόρυβο που προκύπτει από αναταράξεις στην άκρη του ακροφυσίου.

Οι υπόλοιπες 3 αιτίες επηρεάζουν την ένταση του θορύβου αλλά όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό. Ο θόρυβος που προκαλείται από την σύγκρουση των πωμάτων με τις επιφάνειες του αγωγού τροφοδοσίας, αν και έχει κάποια επίδραση στην ένταση του θορύβου, δεν είναι συνεχόμενος καθώς η μηχανή τροφοδοτείται σταδιακά με πώματα. Η συνολική συνεισφορά των τριών αυτών αιτιών στην ένταση της πηγής αυτής δεν μπορεί να αξιολογηθεί μεμονωμένα, παρά μόνο εάν διακόψουμε την λειτουργία του πεπιεσμένου αέρα και μετρήσουμε εκ νέου την ένταση στο σημείο αυτό.

Σημείο 2

Ηχογόνος πηγή: Σιλό τροφοδοσίας φιαλών

Ένταση ήχου: 88 dB(A)

Αιτίες θορύβου στο σιλό τροφοδοσίας φιαλών είναι:

- Η επαφή των φιαλών με τα τοιχώματα του σιλό,
- Η επαφή των φιαλών μεταξύ τους,
- Η μεταφορική ταινία μέσα στο σιλό για την μεταφορά τους στη μηχανή ανόρθωσης φιαλών.

Το σιλό τροφοδοσίας βρίσκεται τοποθετημένο πάνω στην οροφή σε ένα ύψος περίπου 3 - 4 μέτρων. Οι φιάλες καθώς εισέρχονται στο σιλό τροφοδοσίας συγκρούονται με τα μεταλλικά τοιχώματα αυτού καθώς, επίσης, και μεταξύ τους. Η σύγκρουση αυτή δημιουργεί έναν συνεχόμενο θόρυβο λόγω της αυξημένης ανάγκης για παροχή φιαλών.

Μέσα στο σιλό τροφοδοσίας υπάρχει μια οριζόντια μεταφορική ταινία που μεταφέρει τις φιάλες στον ανορθωτή. Η μεταφορική ταινία προκαλεί κάποια δόνηση κατά την λειτουργία της δημιουργώντας έναν έντονο θόρυβο αρκετά πιο οξύ από αυτόν που κάνουν οι φιάλες όταν συγκρούονται μεταξύ τους. Η πηγή αυτή συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην ένταση του θορύβου στο σημείο αυτό.

Σημείο 3

Ηχογόνος πηγή: Συρρικνωτικό χιτωνίου και στεγνωτήρας

Ένταση ήχου: 88 - 89.4 dB(A)

Αιτίες θορύβου στο συρρικνωτικό χιτωνίου και τον στεγνωτήρα είναι:

- Η θέρμανση του χιτωνίου
- Ο πεπιεσμένος αέρας

Η θέρμανση του χιτωνίου γίνεται με ατμό υπό πίεση, ενώ ο στεγνωτήρας εκτονώνει συμπιεσμένο αέρα προκειμένου να απορροφήσει τον ατμό από την προηγούμενη διεργασία. Και στις δύο περιπτώσεις, οι αντλίες που λειτουργούν για την παροχή του πεπιεσμένου ατμού και αέρα και οι εκτονωτικές βαλβίδες παράγουν υψηλά επίπεδα ηχητικής έντασης.

Σημείο 4

Ηχογόνος πηγή: Διαμορφωτής κιβωτίου

Ένταση ήχου: 88 – 93 dB(A)

Αιτίες θορύβου στον διαμορφωτή κιβωτίου είναι:

- Βλάβη στις βεντούζες που διαμορφώνουν τα κιβώτια
- Μη επαρκής μόνωση της μηχανής

Η συγκεκριμένη μηχανή είναι η μεγαλύτερη ηχογόνος πηγή στο Κτήριο 1. Η ένταση του θορύβου που δημιουργεί είναι αισθητή σε όλον τον χώρο του κτηρίου και κυρίως στους εργαζομένους που βρίσκονται κοντά σε αυτήν.

Πριν αναλυθούν οι αιτίες παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή του τρόπου λειτουργίας της μηχανής. Τα κιβώτια τοποθετούνται σε έναν διάδρομο πάνω στην μηχανή σε επίπεδη μορφή. Ένας βραχίονας με 3 βεντούζες αποσπά το πρώτο σε σειρά κιβώτιο από το σύνολο και το τοποθετεί μέσα στην μηχανή. Ο ρόλος της βεντούζας είναι να αναρροφά αέρα και να προσκολλάται στο κιβώτιο. Στην συνέχεια, ένας δεύτερος ίδιος βραχίονας κολλάει στην μία πλευρά του κιβωτίου και το σηκώνει προκειμένου να έρθει στην παραλληλεπίπεδη μορφή του. Μέχρι να έρθει το επόμενο κιβώτιο προς επεξεργασία, ο δεύτερος βραχίονας με τις βεντούζες παραμένει ελεύθερος και αναρροφά αέρα συνεχόμενα.

Στη συγκεκριμένη μηχανή το σύστημα του δεύτερου βραχίονα έχει μια βλάβη που σχετίζεται με τις βαλβίδες στο σύστημα αναρρόφησης του αέρα. Επομένως, παράγεται ένας έντονος θόρυβος με ένταση πάνω από 90 dB.

Η δεύτερη αιτία θορύβου είναι η ανεπαρκής ηχομόνωση της μηχανής. Είναι πολύ σημαντικό να μην υπάρχουν ανοίγματα και κενά στο πλαίσιο και στις θύρες της μηχανής. Η συγκεκριμένη μηχανή λόγω της λειτουργίας της έχει δυο μεγάλα ανοίγματα για την είσοδο και την έξοδο των κιβωτίων. Παράλληλα, το περίβλημά της δεν είναι κατασκευασμένο από ηχομονωτικό υλικό. Συνεπώς, ο θόρυβος που παράγεται κατά την παραπάνω διαδικασία δεν απομονώνεται στην μηχανή και διαχέεται στον περιβάλλοντα χώρο.

Σημείο 5

Ηχογόνος πηγή: Διαλογέας πωμάτων

Ένταση ήχου: 86 -91.8 dB(A)

Αιτίες θορύβου στον διαλογέα πωμάτων είναι:

- Οι εκτοξευτήρες πεπιεσμένου αέρα που χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση των πωμάτων,
- Τα πώματα που συγκρούονται με τις επιφάνειες του αγωγού τροφοδοσίας,
- Τα πώματα που συγκρούονται με τις επιφάνειες του δοχείου διαλογής,
- Τα πώματα που συγκρούονται μεταξύ τους μέσα στο δοχείο διαλογής.

Το μηχάνημα αυτό είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο του Σημείου 1. Διαφέρει, όμως, στο μέγεθος και στην ποσότητα των πωμάτων που διακινεί, καθώς επίσης και στον τρόπο υποδοχής και διακίνησης των πωμάτων. Τα πώματα μέσω ενός σιλό τροφοδοσίας, εισέρχονται σε ένα δοχείο συλλογής. Από το δοχείο αυτό ξεκινάει μια μεταφορική ταινία, που μεταφέρει τα πώματα στον διαλογέα, ο οποίος βρίσκεται ψηλότερα από το δοχείο συλλογής. Στην συνέχεια, ο διαλογέας προσανατολίζει τα πώματα και τα τοποθετεί σε έναν διάδρομο προκειμένου να φτάσουν στο μηχάνημα της γεμιστικής και να προσαρμοστούν στις έτοιμες φιάλες.

Οι αιτίες και σε αυτήν την περίπτωση είναι ίδιες με αυτές που αναλύθηκαν προηγουμένως. Οι εκτοξευτήρες πεπιεσμένου αέρα αποτελούν την μεγαλύτερη ηχογόνο πηγή. Ο ρόλος τους είναι να μετακινήσουν τα πώματα πάνω στον διάδρομο προς την γεμιστική. Η ένταση αυτή του θορύβου στο σημείο αυτό μετρήθηκε στα 92 dB(A). Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η ένταση αυτή επηρεάζεται και από τη μηχανή στο Σημείο 4.

Οι υπόλοιπες 3 αιτίες, θεωρούμε ότι δεν επιδρούν σε τόσο μεγάλο βαθμό στο ύψος της ηχητικής έντασης καθώς το σημείο αυτό κυμαίνεται στα 86 dB(A).

Και οι τέσσερις αυτές αιτίες είναι σημαντικές και πρέπει να εξετασθούν και να αντιμετωπισθούν για να μειωθεί το επίπεδο της ηχητικής έντασης στο σημείο αυτό.

Σημείο 6

Ηχογόνος πηγή: Μηχανή προσανατολισμού φιαλών

Ένταση ήχου: 89 – 92.5 dB(A)

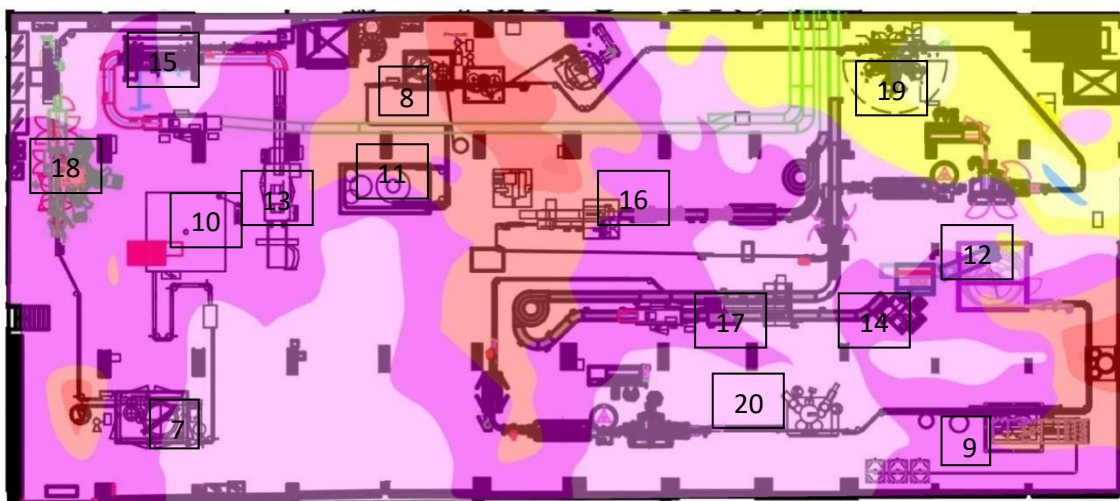
Αιτία θορύβου στη μηχανή προσανατολισμού φιαλών είναι:

- Η επαφή της φιάλης με το μηχανικό βραχίονα.

Οι φιάλες που εξέρχονται από τον ανορθωτή της γραμμής παραγωγής περνάνε από την μηχανή προσανατολισμού προκειμένου να εισέλθουν στην γεμιστική με συγκεκριμένη φορά. Στη μηχανή αυτή ένα φωτοκύτταρο ενεργοποιείται μόλις εντοπιστεί μια φιάλη με λανθασμένο προσανατολισμό. Τότε, ένας μηχανικός βραχίονας περιστρέφεται αλλάζοντας την φορά της περιστρεφόμενης βάσης στην οποία βρίσκεται η φιάλη. Κατά την διαδικασία αυτή ο βραχίονας

έρχεται σε επαφή με την περιστρεφόμενη βάση και προκαλεί έντονο ήχο, η ένταση του οποίου φτάνει τα 92 dB(A).

Παραπάνω έγινε ανάλυση των μεγαλύτερων ηχογόνων πηγών του Κτηρίου 1. Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της ανάλυσης, υπάρχουν και άλλες πηγές, η ηχητική ένταση των οποίων κυμαίνεται στα 84 – 88 dB(A). Οι πηγές αυτές είτε παράγουν οι ίδιες θόρυβο είτε βρίσκονται στο ηχητικό φάσμα των προαναφερθέντων ηχογόνων πηγών. Αξίζει να πραγματοποιηθεί η μελέτη και να καταγραφούν οι αιτίες θορύβου των πηγών αυτών και στην πορεία να προταθούν λύσεις αντιμετώπισης. Τα σημεία αυτά φαίνονται στο σχήμα 3.2.2 και είναι τα Σημεία 7 – 20.



Σχήμα 3.2.2: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 1, σημεία μελέτης.

Σημεία 7, 8, 9

Ηχογόνος πηγή: Γεμιστική μηχανή

Ένταση ήχου: 85 – 90 dB(A)

Αιτίες θορύβου στη γεμιστική μηχανή είναι:

- Πνευματικά συστήματα
- Μηχανικά – στροφικά συστήματα

Η γεμιστική μηχανή δεν παράγει μεγάλα επίπεδα έντασης θορύβου. Κατά κύριο λόγο οι γειτονικές πηγές επηρεάζουν το φάσμα θορύβου στις μηχανές αυτές. Αυτό φαίνεται έντονα στο Σημείο 8, όπου η μηχανή συνορεύει με το Σημείο 5, που αναλύθηκε παραπάνω. Παρ' όλα αυτά,

θεωρούνται ηχογόνοι πηγές διότι αποτελούνται από ένα αριθμό πνευματικών και στροφικών συστημάτων τα οποία κατά τη λειτουργία τους παράγουν θόρυβο.

Σημεία 10, 11, 12

Ηχογόνος πηγή: Μηχανή ανόρθωσης φιαλών

Ένταση ήχου: 85 – 88.9 dB(A)

Αιτίες θορύβου στη μηχανή ανόρθωσης φιαλών είναι:

- Σύγκρουση φιαλών με τοιχώματα μηχανής,
- Σύγκρουση φιαλών μεταξύ τους.

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3.1, η μηχανή αυτή ανορθώνει τις φιάλες οι οποίες τροφοδοτούνται σε αυτήν μέσω ενός σιλό τροφοδοσίας. Στο δοχείο υποδοχής υπάρχει μια περιστροφική πλατφόρμα που ωθεί τις φιάλες στις ειδικές θυρίδες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1. Κατά την διαδικασία αυτή οι φιάλες συγκρούονται και με τα μεταλλικά τοιχώματα του δοχείου αλλά και μεταξύ τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι το υλικό της φιάλης παίζει σημαντικό ρόλο στον παραγόμενο θόρυβο. Από την εμπειρία τους οι εργαζόμενοι κοντά στις συγκεκριμένες μηχανές παρατήρησαν ότι οι φιάλες από υλικό PET παράγουν παραπάνω θόρυβο.

Επίσης, οι εν λόγω μηχανές διαθέτουν ανοίγματα διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο τη διάδοση του ήχου προς το περιβάλλον.

Στο Σχήμα 3.2.2 τα Σημεία 11 και 12 βρίσκονται στο ηχητικό φάσμα των 88dB(A) και πάνω. Αυτό συμβαίνει καθώς γειτνιάζουν με μηχανές που παράγουν υψηλή ηχητική ένταση, όπως τα Σημεία 5 και 6.

Σημεία 13, 14

Ηχογόνος πηγή: Διαμορφωτής κιβωτίου

Ένταση ήχου: 85 – 87.9 dB(A)

Αιτίες θορύβου στον διαμορφωτή κιβωτίου είναι:

- Θόρυβος στις βεντούζες που διαμορφώνουν τα κιβώτια
- Μη επαρκής μόνωση της μηχανής

Οι μηχανές αυτές είναι όμοιες με την μηχανή στο Σημείο 4 που αναλύθηκε παραπάνω. Διαφέρουν, όμως, ως προς αυτήν καθώς δεν υπάρχει βλάβη στο σύστημα του βραχίονα με τις βαλβίδες. Παρ' όλα αυτά, θόρυβος παράγεται από τις μηχανές που οφείλεται στο σύστημα αναρρόφησης του αέρα. Μη επαρκής μόνωση δεν απομονώνει τον θόρυβο και τον διαχέει στον περιβάλλοντα χώρο.

Ας σημειωθεί ότι η μηχανή στο Σημείο 13 είναι πιο σύγχρονη και καλύτερα μονωμένη. Επομένως το σύστημα αναρρόφησης παράγει λιγότερο θόρυβο.

Σημεία 15, 16, 17

Ηχογόνος πηγή: Εγκιβωτιστική μηχανή

Ένταση ήχου: 85 – 88.4 dB(A)

Αιτίες θορύβου στην εγκιβωτιστική μηχανή είναι:

- Πτώση φιαλών στο κιβώτιο,
- Ρομποτικός μηχανισμός τοποθέτησης φιαλών.

Οι παρούσες μηχανές δεν παράγουν πολύ θόρυβο. Για την ακρίβεια, ο θόρυβος προέρχεται από τις διπλανές πηγές θορύβου. Εντούτοις, οι παραπάνω αιτίες συμβάλλουν στη διαμόρφωση του ηχητικού φάσματος στην περιοχή αυτή. Όπως έχουμε αναφέρει, ο ρομποτικός βραχίονας ανυψώνει το έτοιμο προϊόν και το επιρρίπτει στο κιβώτιο από συγκεκριμένο ύψος. Έτσι, η πτώση προκαλεί θόρυβο αποτελώντας μια από τις κυρίαρχες πηγές θορύβου της διαδικασίας.

Η περιστροφική κίνηση που εκτελεί ο ρομποτικός βραχίονας προκαλεί θόρυβο λόγω της επαφής των μεταλλικών μερών και, ως συνέπεια, δημιουργείται φθορά στον εξοπλισμό.

Σημεία 18, 19, 20

Ηχογόνος πηγή: Ετικετέζα

Ένταση ήχου: 80 – 88.4 dB(A)

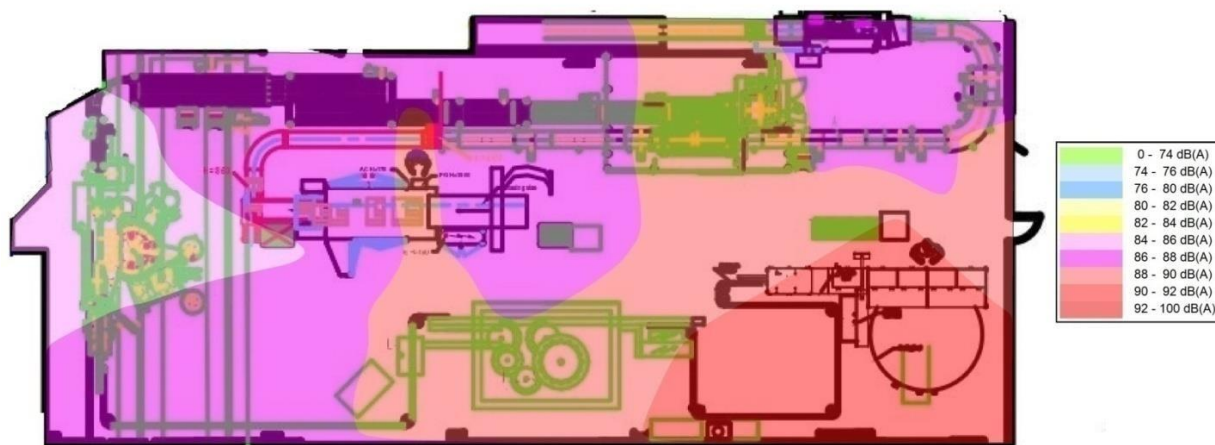
Αιτίες θορύβου στην ετικετέζα είναι:

- Περιστρεφόμενα μηχανικά μέρη.

Οι μηχανές παράγουν πολύ λίγο θόρυβο που κυμαίνεται γύρω στα 80-82 dB(A). Ο προκαλούμενος εξ αυτών θόρυβος οφείλεται κατά κύριο λόγο στα περιστρεφόμενα μέρη της μηχανής που περιστρέφουν τις κορδέλες με τις ετικέτες οι οποίες προσκολλώνται στις φιάλες.

Η μηχανή στο σημείο 19 είναι απομακρυσμένη από τις περιβάλλουσες ηχογόνους πηγές με ένταση θορύβου 80 – 82 dB(A). Αντίθετα, οι μηχανές στα Σημεία 18 και 20 επηρεάζεται από τις υπόλοιπες ηχογόνους πηγές, επομένως, τα επίπεδα ηχητικής έντασης αυξάνονται στα 88 dB(A).

Κτήριο 2

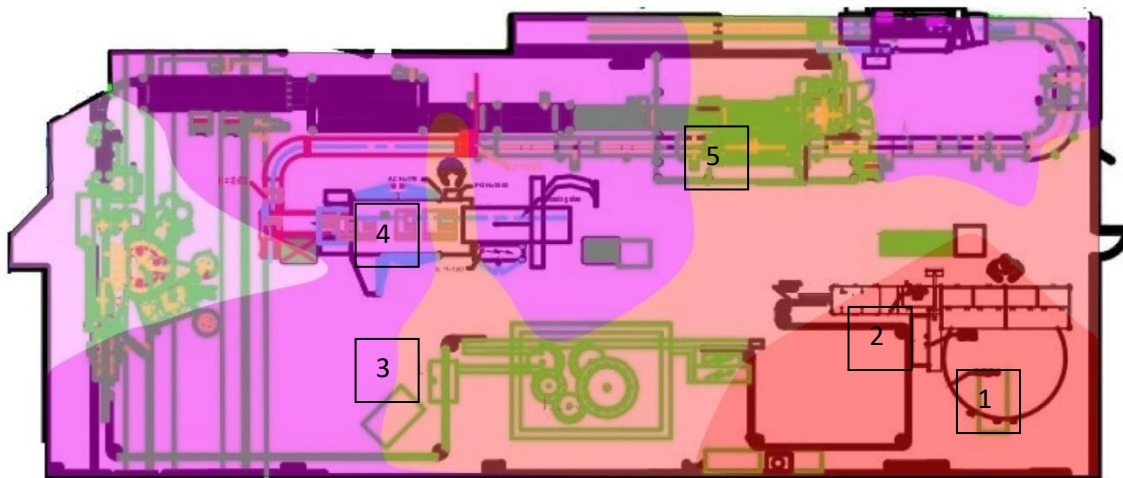


Σχήμα 3.3 Χάρτης θορύβου του κτηρίου 2.

Συμπεράσματα

Ελάχιστη ένταση ήχου	84.3 dB(A)
Μέγιστη ένταση ήχου	92.0 dB(A)

Στο Κτήριο 2 υπάρχει μια γραμμή παραγωγής όμοια με αυτές του Κτηρίου 1. Για την μελέτη του χάρτη θα ακολουθηθεί όμοια διαδικασία με αυτήν που συντελέστηκε στο Κτήριο 1. Θα πραγματοποιηθεί, αρχικά, μια ανάλυση όπου θα μελετηθούν οι ηχογόνοι πηγές που παράγουν ένταση ήχου πάνω από 88 dB(A) και διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό το ηχητικό φάσμα στο Κτήριο 2. Τα σημεία αυτά φαίνονται στο σχήμα 3.3.1 και είναι τα: Σημεία 1, 2, 3, 4, 5. Στην πορεία θα μελετηθούν οι πηγές που βρίσκονται στο φάσμα μεταξύ 84 – 88 dB(A).



Σχήμα 3.3.1: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 2, σημεία μελέτης

Σημείο 1

Ηχογόνος πηγή: Μηχανή ανόρθωσης φιαλών

Ένταση ήχου: 88.3 – 92 dB(A)

Αιτίες θορύβου στη μηχανή ανόρθωσης φιαλών είναι:

- Σύγκρουση φιαλών με τοιχώματα μηχανής,
- Σύγκρουση φιαλών μεταξύ τους.

Μελετήθηκε παραπάνω για το Κτήριο 1 στα Σημεία 10, 11, 12.

Σημείο 2

Ηχογόνος πηγή: Μηχανή προσανατολισμού φιαλών

Ένταση ήχου: 87 – 91 dB(A)

Αιτία θορύβου στη μηχανή προσανατολισμού φιαλών είναι:

- Η επαφή της φιάλης με το μηχανικό βραχίονα.

Οι φιάλες που εξέρχονται από τον ανορθωτή της γραμμής παραγωγής, σε οριζόντια κατάσταση περνάνε από την μηχανή προσανατολισμού προκειμένου να εισέλθουν στην γεμιστική μηχανή. Ο ρόλος της συγκεκριμένης μηχανής προσανατολισμού είναι διπλός:

- Να θέσει τις φιάλες από οριζόντια σε κατακόρυφη κατάσταση,
- Να προσανατολίσει σωστά τις φιάλες πριν εισέλθουν στην γεμιστική.

Οι παραπάνω διαδικασίες πραγματοποιούνται από δυο εν σειρά βραχίονες έναν για κάθε μια δράση. Ο πρώτος βραχίονας εκτελώντας μια περιστροφική κίνηση εφάπτεται της φιάλης φέρνοντας την σε όρθια θέση, ενώ ένας δεύτερος βραχίονας ερχόμενος σε επαφή με την ίδια φιάλη της επιδίδει τον σωστό προσανατολισμό. Η επαφή με τις φιάλες γίνεται στιγμιαία με αποτέλεσμα να δημιουργούνται υψηλά επίπεδα θορύβου.

Σημείο 3

Ηχογόνος πηγή: Διαλογέας πωμάτων

Ένταση ήχου: 87.7 – 99.2 dB(A)

Αιτίες θορύβου στον διαλογέα πωμάτων είναι:

- Οι εκτοξευτήρες πεπιεσμένου αέρα που χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση των πωμάτων,
- Τα πώματα που συγκρούονται με τις επιφάνειες του αγωγού τροφοδοσίας,
- Τα πώματα που συγκρούονται με τις επιφάνειες του δοχείου διαλογής,
- Τα πώματα που συγκρούονται μεταξύ τους μέσα στο δοχείο διαλογής.

Μελετήθηκε στο Κτήριο 1 για το Σημείο 5.

Σημείο 4

Ηχογόνος πηγή: Διαμορφωτής κιβωτίου

Ένταση ήχου: 85.6 – 88.2 dB(A)

Αιτίες θορύβου στον διαμορφωτή κιβωτίου είναι:

- Θόρυβος στις βεντούζες που διαμορφώνουν τα κιβώτια
- Μη επαρκής μόνωση της μηχανής

Η μηχανή αυτή είναι όμοια με αυτήν του Σημείου 13 του Κτηρίου 1 του σχήματος 3.2.2 και η λειτουργία της έχει αναλυθεί προηγουμένως. Είναι μια σύγχρονη μηχανή η οποία είναι μονωμένη από όλες τις πλευρές. Το ύψος της ηχητικής έντασης περιμετρικά της μηχανής βρίσκεται στο εύρος 84-88 dB(A). Αντίθετα, στο άνοιγμα που υπάρχει στο σημείο τροφοδοσίας

των κιβωτίων στην μηχανή, η ηχητική ένταση ξεπερνάει τα 88 dB(A). Επομένως, στην περίπτωση αυτή παρατηρούμε την αποτελεσματικότητα των μονωτικών συστημάτων και την επίδραση του ανοίγματος στην διοχέτευση του θορύβου.

Σημείο 5

Ηχογόνος πηγή: Εγκιβωτιστική μηχανή

Ένταση ήχου: 87.4 – 89.2 dB(A)

Αιτίες θορύβου στην εγκιβωτιστική μηχανή είναι:

- Πτώση φιαλών στο κιβώτιο,
- Ρομποτικός μηχανισμός τοποθέτησης φιαλών.

Προηγουμένως αναφέρθηκε πως οι μηχανές αυτές δεν παράγουν πολύ θόρυβο. Κατά κύριο λόγο ο θόρυβος προέρχεται από τις διπλανές πηγές θορύβου. Εντούτοις, οι παραπάνω αιτίες συμβάλλουν στη διαμόρφωση του ηχητικού φάσματος στην περιοχή αυτή. Όπως έχουμε αναφέρει, ο ρομποτικός βραχίονας επιρρίπτει το έτοιμο προϊόν από ύψος στο κιβώτιο.

Η περιστροφική κίνηση που εκτελεί ο ρομποτικός βραχίονας προκαλεί κάποιο επίπεδο θορύβου λόγω της επαφής των μεταλλικών μερών και ως συνέπεια δημιουργείται φθορά στον εξοπλισμό.

Συγκρίνοντας την μηχανή αυτή, με την όμοιά της στο Σημείο 15 του σχήματος 3.2.2 παρατηρούμε ότι τα επίπεδα θορύβου είναι περίπου κατά 3% πιο υψηλά. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά σημαντικό όταν αναφερόμαστε στον θόρυβο. Για την ακρίβεια στο Σημείο 15 του σχήματος 3.2.2, η ένταση μετρήθηκε στα 86.4 dB(A) ενώ στο παρών σημείο η ηχητική ένταση ανέρχεται στα 89.2 dB(A). Σε πρώτη εκτίμηση, μπορεί να θεωρηθεί ως αιτία της διαφοράς αυτής η ανοιχτή θύρα της συγκεκριμένης μηχανής που διευκολύνει στη διοχέτευση του θορύβου στο περιβάλλον.

Η ανάλυση συνεχίζεται με τις πηγές που βρίσκονται στο ηχητικό φάσμα των 84 – 88 dB(A). Οι πηγές αυτές είτε παράγουν οι ίδιες θόρυβο είτε βρίσκονται στο ηχητικό φάσμα των πιο ηχογόνων πηγών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα σημεία αυτά φαίνονται στο σχήμα 3.3.2 και είναι τα Σημεία 6, 7.



Σχήμα 3.3.2: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 2, σημεία μελέτης.

Σημείο 6

Ηχογόνος πηγή: Ετικετέζα

Ένταση ήχου: 84.3 – 87.5 dB(A)

Αιτίες θορύβου στην ετικετέζα είναι:

- Περιστρεφόμενα μηχανικά μέρη

Οι μηχανές αυτές παράγουν πολύ λίγο θόρυβο που κυμαίνεται γύρω στα 80 – 82 dB(A). Στον χάρτη το ηχητικό φάσμα των μηχανών στο Σημείο 6 επηρεάζεται από τις περιβάλλουσες ηχογόνους πηγές, επομένως, τα επίπεδα ηχητικής έντασης στις περιοχές αυτές φτάνουν και τα 88 dB(A).

Σημείο 7

Ηχογόνος πηγή: Κλειστική μηχανή

Ένταση ήχου: 87.4 dB(A)

Αιτίες θορύβου στην εγκιβωτιστική μηχανή είναι:

- Μηχανικός βραχίονας σφραγίσματος κιβωτίου.

Οι μηχανές αυτές δεν παράγουν πολύ θόρυβο. Κατά κύριο λόγο ο θόρυβος προέρχεται από τις διπλανές πηγές θορύβου. Εντούτοις, η παραπάνω αιτία συμβάλλει στη διαμόρφωση του ηχητικού φάσματος στην περιοχή αυτή. Ο βραχίονας αυτός περιστρέφεται και κλείνει το κιβώτιο σφραγίζοντας τα «αυτιά» του με κόλλα.

Παρατήρηση για τα Κτήρια 1 και 2

Πνευματικά πιστόλια αέρος

Τα πιστόλια αέρος χρησιμοποιούνται σε όλο το εργοστάσιο για να απομακρύνουν τα απορρίμματα και να καθαρίζουν εντός και γύρω των μηχανών κατά την αλλαγή προϊόντος στις γραμμές παραγωγής. Οι συσκευές αυτές κυρίως τα θορυβώδη μοντέλα, συμβάλλουν σημαντικά στην ημερήσια δόση θορύβου. Ο θόρυβος που παράγεται από τα πιστόλια πεπιεσμένου αέρα, προκαλείται από αναταραχή λόγω της ανάμιξης αερίων με διαφορετικές ταχύτητες. Επιπρόσθετη αναταραχή δημιουργείται από την ανάμιξη που προκύπτει όταν ο πεπιεσμένος αέρας προσκρούει πάνω σε αντικείμενα, όπως σε αιχμηρές άκρες των μηχανών. Η διατμητική τάση που εμφανίζεται στις περιοχές αναμίξεως οδηγεί σε εκπομπή θορύβου, όπου η ένταση του ήχου είναι ανάλογη με την όγδοη (8^η) τάξη της ταχύτητας της ροής του πεπιεσμένου αέρα.

Τα συνήθη ακροφύσια του χώρου εκπέμπουν θόρυβο σε επίπεδο έως και 100 dB(A). Για παράδειγμα, συνεχόμενη έκθεση 7 – 10 λεπτά ην ημέρα ισοδυναμεί με έκθεση 8 ωρών στα 85 dB(A). Κατά συνέπεια απαιτείται ο εργαζόμενος να παραμείνει σε χώρο με επίπεδο θορύβου λιγότερο από 80 dB(A) για το υπόλοιπο της ημέρας. Ως εκ τούτου, ο έλεγχος και η μείωση αυτής της πηγής θορύβου κρίνεται υψίστης σημασίας.

Μεταφορικές ταινίες και διάδρομοι

Οι μετακινήσεις των φιαλών και των κιβωτίων στην πορεία της παραγωγικής διαδικασίας πραγματοποιείται μέσω μεταφορικών ταινιών και διαδρόμων οι οποίοι κινούνται με την βοήθεια κινητήρων κατά μήκος της γραμμής παραγωγής. Οι μεταφορικές ταινίες συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην διαμόρφωση του ηχητικού φάσματος ολόκληρου του κτηρίου καθώς εκτείνονται κατά μήκος της εγκατάστασης. Παρακάτω θα αναφερθούν ορισμένες αιτίες που καθιστούν τις μεταφορικές ταινίες ηχογόνους πηγές. Αυτές είναι:

- Λειτουργία του κινητήρα για την μετάδοση της κίνησης,
- Τριβή της ταινίας με την μεταλλική κλίνη επι της οποίας ολισθαίνει η ταινία,
- Τριβή των φιαλών με τα μεταλλικά πλευρικά τοιχώματα,
- Τριβή των κιβωτίων με τα κύλιστα ελεύθερης περιστροφής (ράουλα).



Σχήμα 3.4: Τμήματα μεταφορικής ταινίας

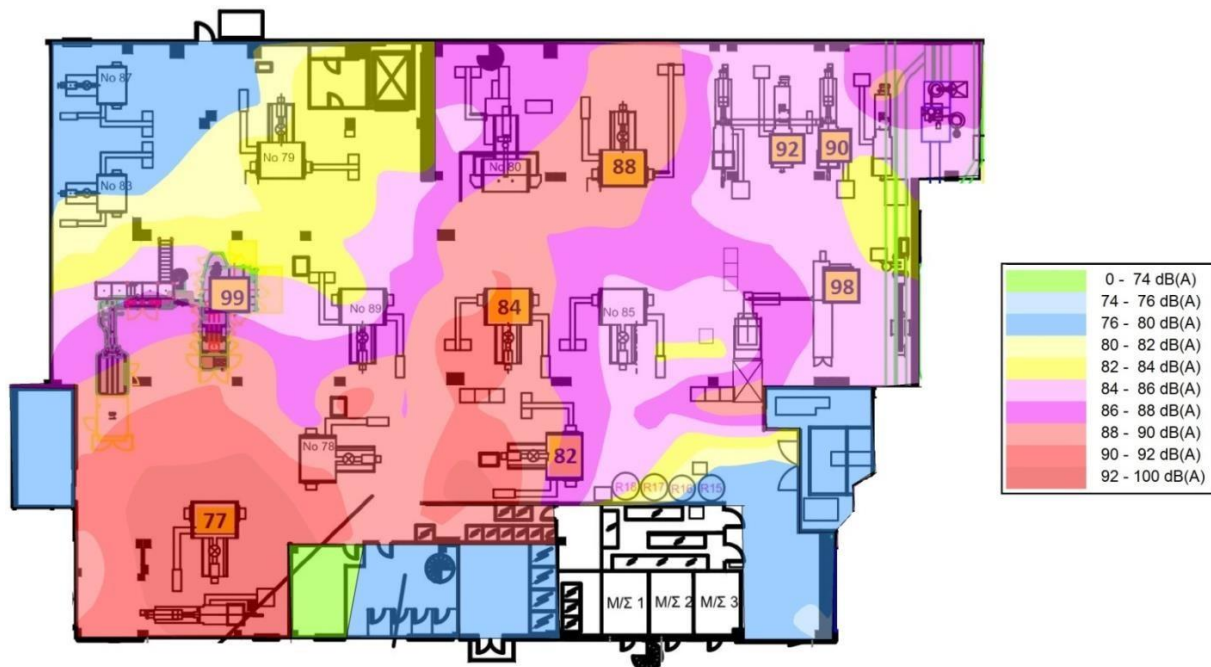
Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν παρατηρήθηκε ότι το ύψος της ηχητικής έντασης δεν είναι υψηλό αλλά σίγουρα συμμετέχει στην συνολική διαμόρφωση του ηχητικού φάσματος στον εργοστασιακό χώρο.

Κτήριο 3

Στο Κτήριο 3 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε δυο διαφορετικές εργάσιμες ημέρες. Ο λόγος που έγινε αυτό είναι ότι στο εν λόγω κτήριο κατά τη διάρκεια μιας βάρδιας δεν λειτουργούν όλες οι μηχανές. Συνεπώς, θέλαμε να μελετήσουμε το φαινόμενο του θορύβου για δυο διαφορετικές περιπτώσεις για να κατανοήσουμε πώς επηρεάζει η λειτουργία μιας μηχανής τις συνθήκες εργασίας όταν αυτή βρίσκεται σε λειτουργία ή σε παύση. Παρακάτω θα παρουσιαστούν δυο χάρτες που αντιστοιχούν στις δυο διαφορετικές μετρήσεις. Οι μηχανές που λειτουργούν κάθε φορά είναι σημειωμένες πάνω στον χάρτη με την μορφή ενός περιγράμματος με κίτρινο φόντο και τον αριθμό της μηχανής σημειωμένο μέσα στο πλαίσιο αυτό.

Μέτρηση 1^η

Κατά την διάρκεια της μέτρησης αυτής λειτουργούσαν 8 μηχανές. Αυτές είναι οι μηχανές : 77, 82, 84, 88, 90, 92, 98, 99.



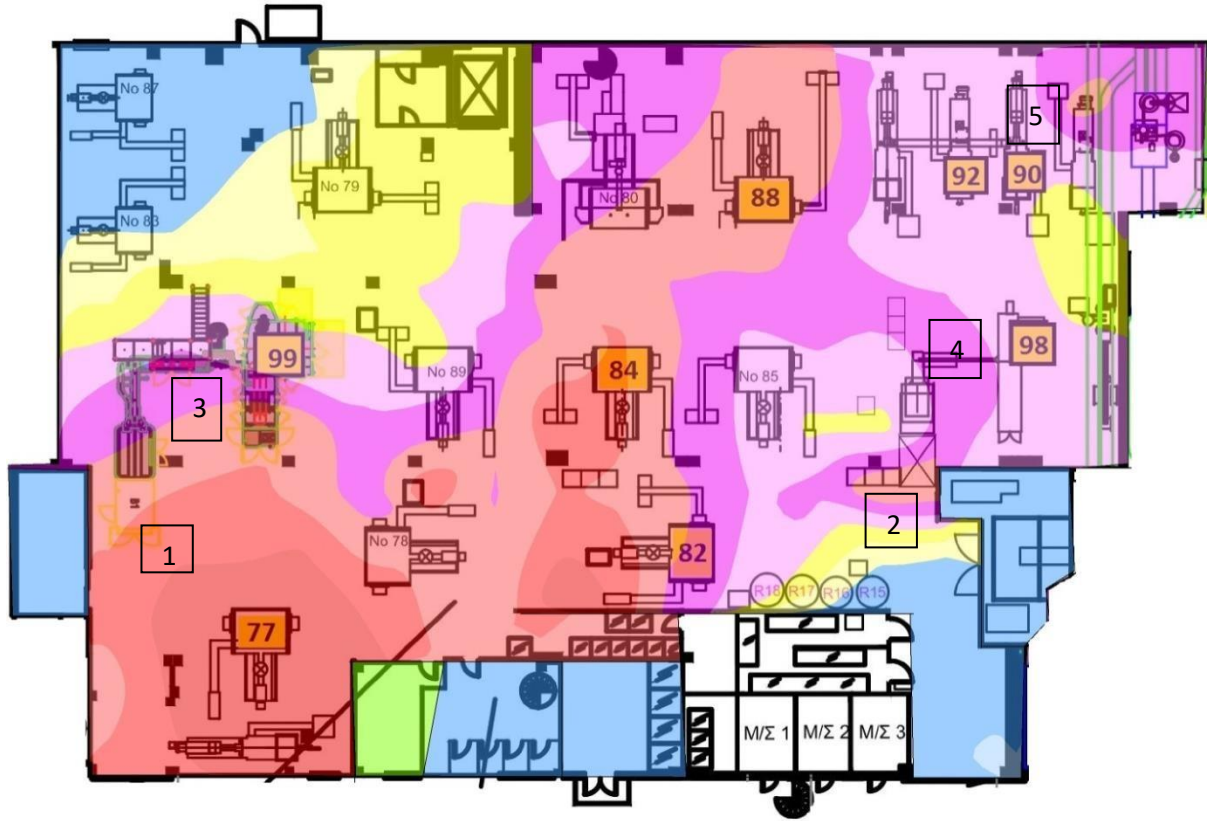
Σχήμα 3.5: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 3 για την μέτρηση 1

Συμπεράσματα

Ελάχιστη ένταση ήχου	75.8 dB(A)
Μέγιστη ένταση ήχου	94.5 dB(A)

Από τον χάρτη θορύβου παρατηρούμε ότι η επικρατέστερη ένταση ήχου κυμαίνεται πάνω από τα 84 dB(A). Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί στο 60% του χώρου που ξεπερνά το ανώτατο επιτρεπτό όριο των 85 dB(A), ενώ σε ορισμένα σημεία, που αντιστοιχούν στο 32% του χώρου, η ένταση ξεπερνάει τα 88 dB(A) και φτάνει σε όρια όπου εκτεταμένη έκθεση στον θόρυβο αυτό μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στους εργαζομένους. Διαπιστώνεται, επίσης, ότι σε ορισμένα σημεία η ηχητική έντασης είναι σε χαμηλά επίπεδα κυρίως σε περιοχές μακριά από τις ηχογόνους πηγές.

Η ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί στο Κτήριο 3 θα ακολουθήσει μια διαφορετική δομή σε σχέση με αυτήν που πραγματοποιήθηκε για τα Κτήρια 1 και 2. Θα αναλυθούν οι τέσσερις ηχογόνοι πηγές οι οποίες διαμορφώνουν το ηχητικό περιβάλλον. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι ηχογόνοι πηγές που ξεπερνούν τα 88 dB(A) επηρεάζουν έντονα και το ηχητικό φάσμα στις γύρω περιοχές. Το φαινόμενο αυτό φαίνεται έντονα στον χάρτη θορύβου που διαμορφώθηκε. Από τον χάρτη παρατηρούμε ότι στις περιοχές γύρω από τις πιο ηχογόνους πηγές η ηχητική ένταση κυμαίνεται στα 86-88 dB(A) ανεξαρτήτως της ύπαρξης ή μη άλλων ηχογόνων πηγών γύρω από αυτές.



Σχήμα 3.5.1: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 3 για την μέτρηση 1

Μηχανές BEKUM (77, 82, 84, 88)

Ηχογόνος πηγή: Μηχανή BEKUM

Ένταση ήχου: 86-94.5 dB(A)

Αιτίες θορύβου μηχανής BEKUM είναι:

- Μηχανικές δονήσεις,
- Εκτόνωση αέρα από τον μηχανισμό συγκράτησης του καλουπιού,
- Ταχύτητα ροής σωληνώσεων έγχυσης αέρα στο καλούπι,
- Φυσητήρες πεπιεσμένου αέρα,
- Μύλοι που αλέθουν το πλαστικό,

Η μηχανική ενέργεια που παράγεται από τους στρεφόμενους δρομείς παράγει ενέργεια δόνησης που μεταφέρεται άμεσα μέσω στερεών συνδέσεων στα υπόλοιπα μέρη της μηχανής καθώς,

επίσης, και στη βάση στήριξης. Ακόμη και αν αυτά τα μέρη της μηχανής δεν εκπέμπουν θόρυβο, η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω της δόνησης μπορεί να μετατραπεί σε θόρυβο ή αερομεταφερόμενο ήχο.

Ο αέρας που εκτονώνεται από το καλούπι ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό στον θόρυβο που εκπέμπει η μηχανή αυτή. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία της χύτευσης το καλούπι πρέπει να ανοίξει προκειμένου να ελευθερωθεί η έτοιμη φιάλη. Το άνοιγμα αυτό συνοδεύεται με εκτόνωση αέρα που παράγει έντονο θόρυβο.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα πλαστικά ρινίσματα διαμορφώνουν έναν κοίλο σωλήνα ο οποίος δεσμεύεται μέσα σε ένα μεταλλικό καλούπι. Ένας σωλήνας έγχυσης αέρα εισέρχεται στο καλούπι και δίνει στον πλαστικό σωλήνα την μορφή του καλουπιού. Ο σωλήνας αυτός διανύει μια απόσταση, από την ανώτερη θέση του μέχρι την είσοδο στο καλούπι, με μια συγκεκριμένη ταχύτητα αποβάλλοντας παράλληλα πεπιεσμένο αέρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα, τόσο πιο έντονο θόρυβο εκπέμπει η μηχανή. Σημαντικό ρόλο στην ταχύτητα καθόδου έχει και το μέγεθος της φιάλης. Υψηλότερα επίπεδα ηχητικής έντασης παρατηρούνται σε μηχανές που επεξεργάζονται μεγαλύτερες φιάλες. Ο ρόλος του σωλήνα είναι αρκετά σημαντικός στην διαμόρφωση της κεφαλής της φιάλης και στην αποκοπή των υλικών που προεξέχουν. Συνεπώς, απαιτείται ανάλογη ταχύτητα καθόδου για το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Στο ύψος της κεφαλής της φιάλης υπάρχουν δυο σωληνάκια έγχυσης πεπιεσμένου αέρα προκειμένου να σταθεροποιηθεί η κεφαλή και τα προεξέχοντα τμήματα να αποκοπούν. Ο πεπιεσμένος αέρας συγκρούεται με το πλαστικό και δημιουργούνται, έτσι, αναταράξεις στην ροή του αέρα με αποτέλεσμα την πρόκληση θορύβου.

Τέλος, οι μύλοι που αλέθουν τα πλαστικά ρινίσματα συμβάλλουν στην διαμόρφωση του ηχητικού φάσματος γύρω από την μηχανή αλλά τα επίπεδα του θορύβου δεν είναι και τόσο υψηλά συγκριτικά με τις υπόλοιπες ηχογόνους πηγές.

Τέλος, να αναφερθεί ότι οι κινητήρες της μηχανής δεν παράγουν μεγάλα επίπεδα θορύβου.

Μηχανές SIDEL (98, 99)

Ηχογόνος πηγή: Μηχανή SIDEL

Ένταση ήχου: 80-89.9 dB(A)

Αιτίες θορύβου μηχανής SIDEL είναι:

- Μηχανικές δονήσεις,
- Εκτόνωση αέρα από τον μηχανισμό συγκράτησης του καλουπιού,
- Ταχύτητα ροής σωληνώσεων έγχυσης αέρα στο καλούπι,
- Περιστροφικά μέρη,

- Σιλό τροφοδοσίας.

Οι φιάλες PET τοποθετούνται σε ένα δοχείο συλλογής από το οποίο μια μεταφορική ταινία τις μεταφέρει στον διάδρομο τροφοδοσίας. Στην πορεία οι φιάλες PET εισέρχονται στην μηχανή όπου υπόκεινται σε ανάλογη επεξεργασία προκειμένου να πάρουν την τελική τους μορφή. Οι μηχανές αυτές δεν παράγουν υψηλά επίπεδα θορύβου καθώς καλύπτονται από ένα χαλύβδινο και πολυκαρβονικό περίβλημα που προσφέρει υψηλό βαθμό μόνωσης. Ωστόσο, τα περιβλήματα αυτά έχουν κάποια κενά που διευκολύνουν τη μετάδοση του θορύβου στο εξωτερικό περιβάλλον.

Από τις μετρήσεις και τον χάρτη θορύβου παρατηρούμε ότι στην περιοχή τροφοδοσίας των φιαλών PET, Σημεία 1 και 2 στο σχήμα 3.4.1, η ηχητική ένταση είναι υψηλότερη από ότι σε άλλα σημεία περιμετρικά της μηχανής. Αυτό οφείλεται στον θόρυβο που προκαλεί:

- Η τροφοδοσία των φιαλών PET στο δοχείο συλλογής. Η τροφοδοσία δεν είναι συνεχόμενη, εντούτοις η επίδραση του στιγμιαίου θορύβου είναι σημαντική ξεπερνώντας τα 88 dB(A),
- Η μεταφορική ταινία καθώς ανυψώνει τις φιάλες για να εισέλθουν στον διάδρομο τροφοδοσίας της μηχανής.

Αφού εισέλθουν στον διάδρομο τροφοδοσίας, οι φιάλες PET οδηγούνται προς την μηχανή. Κατά τη διαδικασία αυτή οι φιάλες συγκρούονται μεταξύ τους δημιουργώντας έναν συνεχόμενο θόρυβο κάτω από τον διάδρομο. Το φαινόμενο αυτό φαίνεται στα Σημεία 3 και 4 όπου η ηχητική ένταση κυμαίνεται γύρω από τα 87 dB(A).

Μηχανές Injection Molding (92, 90)

Ηχογόνος πηγή: Μηχανή Injection Molding

Ένταση ήχου: 84.4-85.6 dB(A)

Αιτίες θορύβου μηχανής Injection Molding είναι:

- Μηχανικές δονήσεις,
- Εκτόνωση αέρα.

Οι μηχανές αυτές δεν παράγουν υψηλά επίπεδα θορύβου, όπως παρατηρούμε από το εύρος της έντασης τους, καθώς είναι ηχητικά μονωμένες. Ωστόσο, το περίβλημα περιέχει μικρά κενά και ανοίγματα που υποβαθμίζουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα της μόνωσης. Σημαντική

πηγή θορύβου στις μηχανές αυτές είναι η εκτόνωση του πεπιεσμένου αέρα, όπως συμβαίνει και στις προηγούμενες μηχανές που αναλύθηκαν παραπάνω.

Μηχανή τοποθέτησης σωληναρίων (Σημείο 5)

Ηχογόνος πηγή: Μηχανή τοποθέτησης σωληναρίων

Ένταση ήχου: 87-88.8 dB(A)

Αιτίες θορύβου μηχανής τοποθέτησης σωληναρίων είναι:

- Μηχανισμός κοπής σωληναρίων.

Τα σωληνάκια τοποθετούνται πάνω στην μηχανή σε ένα ενιαίο ρολό. Αφού προσαρμοστεί η άκρη τους στο πώμα, ένας κόπτης εκτελώντας μια περιστροφική κίνηση κόβει το σωληνάριο στο επιθυμητό μήκος. Κατά την περιστροφική αυτή κίνηση εκπέμπεται έντονος θόρυβος. Η ανεπαρκής μόνωση στην μηχανή ωθεί στη διαφυγή του θορύβου στο περιβάλλον δυσχεραίνοντας τις συνθήκες εργασίας στην περιοχή αυτή.

Μέτρηση 2^η

Κατά τη διάρκεια της βάρδιας αυτής λειτουργούσαν 10 μηχανές. Αυτές είναι οι μηχανές : 77, 78, 82, 83, 88, 89, 90, 92, 98, 99



Σχήμα 3.5.2: Χάρτης θορύβου του Κτηρίου 3 για την μέτρηση 2.

Συμπεράσματα

Ελάχιστη ένταση ήχου	78.6 dB(A)
Μέγιστη ένταση ήχου	95.5 dB(A)

Από τον χάρτη θορύβου παρατηρούμε ότι η λειτουργία 2 παραπάνω μηχανών οδηγεί στο αποτέλεσμα να καλύπτεται το 75% του χώρου με θόρυβο ηχητικής έντασης που ξεπερνάει το όριο των 85 dB(A). Η επίδραση της λειτουργίας μια μηχανής, κυρίως μιας μηχανής BEKUM, είναι πολύ έντονη στην διαμόρφωση του ηχητικού φάσματος. Ενδεικτικά, η μηχανή 83, που φαίνεται στο σχήμα 3.5, δούλεψε όταν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση 2 και ήταν σταματημένη στην ημέρα της μέτρησης 1. Από τον χάρτη και από τις μετρήσεις που λήφθηκαν παρατηρούμε μια αύξηση της τάξης του 2% - 16% σε διάφορες αποστάσεις γύρω από την μηχανή.

Παρατηρήσεις από τις Μετρήσεις 1 και 2

Παρατηρούμε από τους χάρτες που διαμορφώθηκαν από τα δυο τυπικά σενάρια ότι σε ορισμένους χώρους η ένταση του ήχου κάτω από τα 84 dB(A) ανεξαρτήτως του αριθμού των μηχανών που δουλεύουν. Οι χώροι αυτοί είναι είτε κλειστοί χώροι (όπως το μηχανουργείο, οι τουαλέτες και κάποια γραφεία) είτε είναι ανοιχτοί χώροι απομακρυσμένοι από τις ηχογόνους πηγές.

3.3 Δόση θορύβου

Παρακάτω θα πραγματοποιηθεί μια ανάλυση της δόσης του θορύβου που δέχονται οι εργαζόμενοι κατά την διάρκεια της βάρδιας τους σε ορισμένες ενδεικτικές θέσεις στο εργοστάσιο.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1, οι εργαζόμενοι κατά την διάρκεια της δωρης βάρδιας τους δεν βρίσκονται στο ίδιο σημείο και εκτελούν εργασίες σε διαφορετικά σημεία του χώρου. Συνεπώς, είναι δέκτες διαφορετικών εντάσεων για ορισμένη χρονική στιγμή κι διαφορετικές στάθμες θορύβου στις οποίες εκτίθενται δρουν συσσωρευτικά. Προκειμένου, λοιπόν, να εξαχθούν συμπεράσματα για την επικινδυνότητα ενός ηχητικού περιβάλλοντος υπολογίζεται η ισοδύναμη στάθμη συνεχούς ήχου (L_{eq}).

Για να μετρηθεί η ισοδύναμη στάθμη θορύβου χρησιμοποιούμε το ηχοδοσίμετρο. Στην παρούσα μελέτη δεν θεωρήθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί και μια επιπρόσθετη σειρά μετρήσεων με ηχοδοσίμετρο για να υπολογίσουμε με ακρίβεια την δόση που δέχεται κάθε εργαζόμενος. Με τις μετρήσεις που έγιναν και με την χρήση του προγράμματος NoiseAtWork, με το οποίο σχεδιάστηκαν οι χάρτες, μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά η δόση των εργαζομένων στις επιθυμητές θέσεις. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να αντληθούν αξιόλογα συμπεράσματα για τις συνθήκες εργασίας και για τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν.

Η ανάλυση της δόσης θορύβου θα γίνει συνολικά σε 4 διαφορετικές τοποθεσίες στα κτήρια που μελετάμε. Οι τοποθεσίες αυτές φαίνονται στο σχήμα 3.6. Η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί για την περίπτωση της μέτρησης 2 για το κτήριο 3, καθώς είναι σημαντικό να αντληθούν πληροφορίες για την πιο έντονα φορτισμένη κατάσταση που υφίστανται οι εργαζόμενοι. Οι θέσεις των εργαζομένων που φαίνονται στο σχήμα καθώς και ο χρόνος παραμονής σε αυτές εκτιμώνται προσεγγιστικά χωρίς, όμως, να διαφέρουν πολύ από τις κανονικές συνθήκες. Δεν μπορεί να εκτιμηθεί ακριβώς η θέση του εργαζομένου κάθε στιγμή και ο χρόνος παραμονής του σε αυτήν καθώς κατά την διάρκεια της δωρης βάρδιας μετακινείται και σε άλλες θέσεις ανάλογα με τις διάφορες εργασίες που προκύπτουν.



Σχήμα 3.6: Θέσεις μελέτης δόσης θορύβου

Τα αποτελέσματα της μελέτης θα παρουσιαστούν με την μορφή πίνακα, όπου θα αναγράφονται:

- Οι περιοχές κίνησης των εργαζομένων στην συγκεκριμένη θέση, όπως φαίνονται στο σχήμα 3.6,
- Ο προσεγγιστικός χρόνος έκθεσης σε κάθε σημείο,
- Η δόση θορύβου D [%],
- Η ισοδύναμη στάθμη θορύβου για την δωρη βάρδια $L_{EX,8h}$ [dB(A)],
- Ο μέγιστος χρόνος έκθεσης για την συγκεκριμένη δόση υπολογισμένος σύμφωνα με την σχέση 1.11.

Κτήριο 1

Περιοχή κίνησης	Χρόνος έκθεσης [h]	D [%]	$L_{EX,8h}$ [dB(A)]	Μέγιστος χρόνος έκθεσης [h]
1	4	290	89.6	4.2
2	2			
3	2			

Η δόση θορύβου ξεπερνάει το 100% της επιτρεπόμενης δόσης σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς, επομένως, δεν είναι αποδεκτή η έκθεση στην ισοδύναμη στάθμη για 8ωρη εργασία. Στην περίπτωση αυτή ο μέγιστος χρόνος έκθεσης είναι περίπου 4 ώρες, δηλαδή το 50% του χρόνου εργασίας. Για την υπόλοιπη βάρδια ο εργαζόμενος θα πρέπει να βρίσκεται σε περιβάλλον με ηχητική ένταση κάτω των 70dB(A).

Κτήριο 2

Περιοχή κίνησης	Χρόνος έκθεσης [h]	D [%]	$L_{EX,8h}$ [dB(A)]	Μέγιστος χρόνος έκθεσης [h]
1	2	227	88.6	5
2	6			

Παρατηρούμε ότι σε αυτή την περιοχή κίνησης η δόση έκθεσης στον θόρυβο υπερβαίνει το 100%. Αυτό οφείλεται κυρίως στην θέση 2 όπου βρίσκονται οι εργαζόμενοι το μεγαλύτερο μέρος της βάρδιάς τους. Η συνεχόμενη έκθεση τα 88 dB(A) στο σημείο αυτό επιβαρύνει την ηχητική δόση που δέχονται οι εργαζόμενοι. Σύμφωνα με τις ενδείξεις αυτές μόνο το 60% της βάρδιας επιτρέπεται να εκτίθενται στο συγκεκριμένο ηχητικό περιβάλλον.

Κτήριο 3, περίπτωση α

Περιοχή κίνησης	Χρόνος έκθεσης [h]	D [%]	$L_{EX,8h}$ [dB(A)]	Μέγιστος χρόνος έκθεσης [h]
1	3	674	93.3	2.5
2	5			
3	2			

Στο σημείο αυτό μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί ότι η ισοδύναμη στάθμη θορύβου βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, καθώς δουλεύουν ταυτόχρονα 3 ηχογόνοι μηχανές BEKUM. Ο επιτρεπόμενος χρόνος έκθεσης είναι 2.5 ώρες, δηλαδή το 30% της βάρδιας. Τον υπόλοιπο χρόνο ο εργαζόμενος θα πρέπει να βρίσκεται σε ένα ήσυχο περιβάλλον για να αποφευχθούν αρνητικές συνέπειες στην υγεία του.

Κτήριο 3, περίπτωση β

Περιοχή κίνησης	Χρόνος έκθεσης [h]	D [%]	$L_{EX,8h}$ [dB(A)]	Μέγιστος χρόνος έκθεσης [h]
4	2	193	87.8	5.5
5	2			
6	2			
7	2			

Σε αυτήν την πλευρά του κτηρίου η δόση είναι σε χαμηλότερα ποσοστά, όπως και η ισοδύναμη στάθμη θορύβου. Ενδεχομένως αυτό να συμβαίνει είτε επειδή δεν δουλεύουν όλες οι μηχανές στην περιοχή αυτή, είτε διότι παράγουν λιγότερο θόρυβο, είτε διότι οι εργαζόμενοι κινούνται σε διαφορετικές περιοχές με χαμηλότερες στάθμες θορύβου. Εντούτοις, το 30% της βάρδιάς τους θα πρέπει να βρίσκονται σε περιβάλλον με χαμηλή έκθεση σε θόρυβο.

Κεφάλαιο 4

Προτάσεις Μέτρων Αντιμετώπισης

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά στους τρόπους και στα μέσα αντιμετώπισης του θορύβου και των ηχογόνων πηγών. Αρχικά θα γίνει μια γενική περιγραφή των μέτρων μείωσης θορύβου και στην πορεία θα προταθούν συγκεκριμένες λύσεις για τις πηγές του εργοστασίου.

4.1 Αντιμετώπιση του θορύβου

Η μείωση της έκθεσης στο θόρυβο μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικότερα με την εφαρμογή προληπτικών μέτρων ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού των θέσεων και χώρων εργασίας καθώς και με την επιλογή εξοπλισμού, διαδικασιών και μεθόδων εργασίας, δια των οποίων θα μειώνονται οι κίνδυνοι κατά προτεραιότητα στην πηγή. Οι διατάξεις που αφορούν στον εξοπλισμό και στις μεθόδους εργασίας συμβάλλουν, ως εκ τούτου, στην προστασία των εργαζομένων [1].

Ο θόρυβος, όπως προαναφέραμε, μπορεί να προκαλέσει:

- Αναπηρίες στην ακοή,
- Βλάβες στα αυτιά μέσω της έκθεσης σε επικίνδυνες ουσίες,
- Εργασιακό άγχος (στρες),
- Αύξηση του κινδύνου πρόκλησης εργατικών ατυχημάτων.

Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων του θορύβου στους εργαζομένους η επιχείρηση οφείλει να αναρτήσει κατάλληλη σήμανση για τις αντίστοιχες θέσεις εργασίας. Επιπλέον, απαιτείται η εφαρμογή προγράμματος προστασίας της ακοής. Οι ενέργειες δε, που πρέπει να πραγματοποιούνται πρέπει να ακολουθούν το κλασσικό μοντέλο της **τεχνικής πρόληψης**:

- Έλεγχος στην πηγή,
- Έλεγχος κατά τη διάδοση,
- Έλεγχος στον αποδέκτη.

Αναλυτικά η **τεχνική πρόληψη** περιλαμβάνει τα εξής μέτρα [2]:

ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

- Μέτρα τροποποίησης της ίδιας της παραγωγικής διαδικασίας.
- Μέτρα για την βελτίωση του σχεδιασμού των μηχανών και των κατασκευαστικών τους χαρακτηριστικών για τη μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου

- Μέτρα βελτίωσης του σχεδιασμού συνολικά της παραγωγικής διαδικασίας σε κάθε συγκεκριμένο χώρο, ώστε να εξασφαλίζεται η ελαχιστοποίηση της ηχορρύπανσης. Αυτό μπορεί να επιβάλλει ανασχεδιασμό του χώρου εργασίας και αναχωροθέτηση των ηχογόνων πηγών, για τη μείωση της ενίσχυσης των ήχων λόγω συμβολής των κυμάτων του αέρα και τη μείωση του αριθμού των εργαζομένων που εκτίθενται στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

ΣΤΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

- Την κατασκευή καμπινών χειρισμού (όταν είναι τεχνικά δυνατό) ηχομονωμένων για την προστασία του εργαζόμενου χειριστή.
- Μέτρα που εξασφαλίζουν (όπου είναι τεχνικά δυνατό) πλήρη ηχομόνωση της πηγής του θορύβου.
- Μέτρα που στοχεύουν στην αύξηση της απόστασης ανάμεσα στην πηγή του θορύβου και τον εργαζόμενο (δέκτης).
- Μέτρα εφαρμογής κατάλληλων ηχοαπορροφητικών υλικών στα τοιχώματα, τις οροφές και τα δάπεδα των χώρων αυξημένου θορύβου.

ΣΤΟ ΔΕΚΤΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ (τον εκτεθειμένο εργαζόμενο)

- Χορήγηση ατομικών μέσων προστασίας, όπως κατάλληλες για κάθε περίπτωση ωτασπίδες (έσχατο μέτρο).
- Την κυκλική εναλλαγή των εργαζομένων στις θέσεις εργασίας που είναι περισσότερο επιβραρυμμένες από τον θόρυβο.
- Τη θέσπιση διαλειμμάτων ανάπαυσης σε ήσυχους χώρους κατά την εργασία.
- Εκτός της Τεχνικής Πρόληψης πρέπει να γίνονται ενέργειες και στο επίπεδο του ανθρώπου.

ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΡΟΛΗΨΗ

Αυτή περιλαμβάνει:

- Την ενημέρωση (από το Ιατρό Εργασίας), των εργαζομένων που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θορύβου (άνω των 85 dB(A)) για τους κινδύνους που διατρέχει η ακοή τους και η υγεία τους γενικότερα.
- Την προληπτική ιατρική εξέταση του εργαζόμενου πριν την οριστική τοποθέτησή του σε θέση εργασίας που συνεπάγεται έκθεση σε ισχυρό θόρυβο μετά από χαρτογράφηση του χώρου και ακριβή προσδιορισμό της ηχοέκθεσης με τις απαραίτητες για τον σκοπό μετρήσεις. Αυτή η ιατρική εξέταση περιλαμβάνει: λήψη ιστορικού – πλήρη κλινική εξέταση και ωτοσκόπηση – ακοομετρικό έλεγχο, με τονικό ακοογράφημα στον εργαζόμενο.
- Τον υπολογισμό της δόσης του θορύβου, που δέχεται ο συγκεκριμένος εργαζόμενος στη συγκεκριμένη θέση εργασίας, προκειμένου να διαπιστωθεί πιθανή υπέρβαση των θεσπισμένων κάθε φορά οριακών τιμών έκθεσης στο θόρυβο.

- Την υποβολή των εργαζομένων σε περιοδικό έλεγχο με την διενέργεια επανειλημμένων ακοογραφημάτων. Η συχνότητα αυτών των εξετάσεων μπορεί να είναι κάθε 12 μήνες ή 5 χρόνια εφ' όσον η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση του εργαζόμενου είναι μικρότερη από 90 dB(A).
- Την τήρηση σχετικών αρχείων από τον ιατρό εργασίας για την διαχρονική εκτίμηση των αποτελεσμάτων.
- Την αξιολόγηση και γνωστοποίηση των αποτελεσμάτων στους εργαζόμενους καθώς και την κατάταξή τους σ' ένα από τα παρακάτω στάδια της επαγγελματικής νευροαισθητικής βαρηκοΐας.
 1. ΣΤΑΔΙΟ 0: Απώλεια μικρότερη των 20dB.
 2. ΣΤΑΔΙΟ 1: Απώλεια από 20 – 40dB.
 3. ΣΤΑΔΙΟ 2: Απώλεια από 40 – 60dB.
 4. ΣΤΑΔΙΟ 3: Απώλεια ίση ή μεγαλύτερη από 60dB.

4.2 Εργονομικότητα Μέτρων Μείωσης Θορύβου

Παραπάνω αναφέρθηκαν επιγραμματικά κάποια μέτρα μείωσης του θορύβου. Αυτά έχουν ως σκοπό την προσαρμογή του συστήματος εργασίας στον άνθρωπο, αφού στοχεύουν στη μείωση ή την εξάλειψη της προσβολής της υγείας των εργαζομένων, την δυσκολία εκτέλεσης και την επικινδυνότητα της εργασίας. Παρ' όλα αυτά, δεδομένου ότι τα μέτρα μείωσης θορύβου αποτελούν και αυτά στοιχεία του συστήματος εργασίας μπορούν είτε λόγω των χαρακτηριστικών τους είτε λόγω του τρόπου εφαρμογής τους να καταστήσουν ένα σύστημα εργασίας μη προσαρμοσμένο στον εργαζόμενο.

Παρακάτω θα αναφερθούν κάποια κριτήρια με βάση τα οποία μπορεί να αξιολογηθεί η μη εργονομικότητα των μέτρων αυτών.

- Αύξηση του φόρτου εργασίας,
- Ενόχληση που πιθανώς προκαλούν στον εργαζόμενο, είτε διότι δυσχεραίνουν την εκτέλεση των δραστηριοτήτων εργασίας, είτε διότι δεν προσαρμόζονται καλά στο σώμα του,
- Πιθανή προσβολή της υγείας των εργαζομένων (π.χ. τα βύσματα μπορεί να προκαλέσουν μόλυνση στο αυτί όταν δεν είναι καθαρά),
- Παρεμπόδιση της αντίληψης της ομιλίας,
- Παρεμπόδιση της αντίληψης των επίσημων ηχητικών σημάτων, δηλαδή των σημάτων που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να δίνουν πληροφορίες στον εργαζόμενο (π.χ. κόρνες, μεγάφωνα, κλπ),
- Παρεμπόδιση της αντίληψης των ανεπίσημων ηχητικών σημάτων, δηλαδή των διαφόρων ήχων που ο εργαζόμενος χρησιμοποιεί βάσει της εμπειρίας του προκειμένου να συλλέξει χρήσιμες πληροφορίες για την εργασία του (π.χ. ο θόρυβος μιας μηχανής που υποδεικνύει την καλή ή όχι λειτουργία της, κλπ). Τα ανεπίσημα αυτά σήματα εκπέμπονται είτε από τον σταθερό εξοπλισμό είτε από τον κινούμενο εξοπλισμό, όπως τα οχήματα.

Σύμφωνα με αξιολογήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, η μείωση της στάθμης του θορύβου επιτυγχάνεται μέσω της καλής συντήρησης του τεχνολογικού εξοπλισμού, τον ανασχεδιασμό των ηχογόνων πηγών και του ανασχεδιασμού του χώρου εργασίας. Από την άλλη πλευρά, τα μέσα ατομικής προστασίας βρίσκονται τελευταία σε προτίμηση καθώς μπορεί να προκαλούν ενόχληση λόγω της κακής εφαρμογής τους, μόλυνση του ακουστικού πόρου των εργαζομένων και κυρίως μείωση της αντίληψης των ηχητικών σημάτων.

4.3 Επιλογή Μέτρων Μείωσης Θορύβου

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, η επιλογή των μέσων μείωσης θορύβου δεν μπορεί να καθοριστεί μόνο από την εργονομικότητά τους. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επιδρούν στην τελική απόφαση για την επιλογή των μέτρων αυτών. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να είναι:

- Αποτελεσματικότητα ως προς την μείωση του θορύβου,
- Το είδος της πηγής του θορύβου,
- Το οικονομικό κόστος της εφαρμογής,
- Η ανάγκη για άμεση λήψη μέτρων.

Συνεπώς, θα πρέπει να μελετήσουμε τις επιπτώσεις του κάθε μέτρου μείωσης θορύβου και να συνυπολογίσουμε κάθε έναν από τους παραπάνω παράγοντες προτού προβούμε στην εφαρμογή κάποιου μέτρου. Διαφαίνεται, επίσης, η ανάγκη παράλληλα με την μελέτη του θορύβου να γίνεται και ανάλυση δραστηριοτήτων των εργαζομένων στο χώρο όπου γίνεται η μελέτη. Η ανάλυση αυτή θα ερευνά τα παρακάτω:

- Τις μεθόδους εργασίας που μετέρχονται οι εργαζόμενοι,
- Τα ανεπίσημα και επίσημα σήματα που χρησιμοποιούν οι εργαζόμενοι για την εκτέλεση της εργασίας,
- Τις πληροφορίες που μεταδίδουν τα παραπάνω σήματα,
- Τις συνθήκες που επικρατούν στον χώρο εργασίας (κυρίως τις συνθήκες καθαριότητας),
- Τις πιθανές πηγές επικινδυνότητας που δημιουργούν τα διάφορα στοιχεία του τεχνολογικού και μορφολογικού συστήματος εργασίας, καθώς και τους τρόπους με τους οποίους οι εργαζόμενοι εξουδετερώνουν την επικινδυνότητα αυτή.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα μας βοηθήσουν να αποκτήσουμε μια καλύτερη εικόνα για την εφαρμογή και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχουν τα μέτρα μείωσης του θορύβου στον εργαζόμενο και γενικότερα στο εργασιακό περιβάλλον. Βέβαια, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, το εργασιακό περιβάλλον είναι ένα σύνθετο σύστημα και δεν μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια οι επιπτώσεις που θα επιφέρει η εφαρμογή των μέτρων μείωσης θορύβου στο περιβάλλον αυτό. Συνεπώς, θα πρέπει να γίνει μια αξιολόγηση και εκ νέου

ανάλυση του συστήματος μετά την εφαρμογή των μέτρων για να δούμε την αποτελεσματικότητά τους και τις επιπτώσεις τους.

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα βήματα που περιγράφουν την διαδικασία μελέτης του θορύβου, επιλογής και εφαρμογής των μέτρων μείωσης αυτού.

Η διαδικασία αυτή αποτελείται από 6 βήματα.

Το **πρώτο βήμα** περιλαμβάνει την μελέτη του θορύβου και την ανάλυση των δραστηριοτήτων των εργαζομένων.

Το **δεύτερο βήμα** εντοπίζει τα πιθανά μέσα μείωσης θορύβου και γίνεται αξιολόγησή τους. Η αξιολόγηση περιλαμβάνει:

- Αποτελεσματικότητα,
- Μείωση της ακουστικής έντασης,
- Αύξηση φόρτου εργασίας,
- Αύξηση επικινδυνότητας,
- Κόστος.

Το **τρίτο βήμα** αποτελεί την επιλογή των μέτρων αυτών.

Το **τέταρτο βήμα** περιλαμβάνει τον σχεδιασμό των μέτρων ή των αλλαγών που είναι συνεπακόλουθα της εφαρμογής των μέτρων μείωσης θορύβου.

Το **πέμπτο βήμα** αποτελεί την εφαρμογή των μέτρων που επιλέχθηκαν για την αντιμετώπιση του θορύβου.

Τέλος, το **έκτο βήμα** είναι η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μέτρων και των αλλαγών και η εκτέλεση ενδεχομένως διορθωτικών αλλαγών για την βέλτιστη εφαρμογή τους.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως ακολουθώντας τα βήματα αυτά γίνεται καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και του τρόπου αντιμετώπισής του. Στόχος είναι να πετύχουμε την βέλτιστη αποτελεσματικότητα των μέτρων μείωσης θορύβου και ταυτόχρονα, την αποδοχή αυτών από τους εργαζομένους οι οποίοι είναι οι άμεσοι αποδέκτες των αλλαγών αυτών.

4.4 Μέτρα μείωσης θορύβου για την εγκατάσταση

Με βάση την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε παραπάνω εντοπίστηκαν οι ηχογόνες πηγές της εγκατάστασης που μελετήθηκε. Στόχος της παρούσας μελέτης, είναι να γίνει μια αντιμετώπιση του θορύβου στην πηγή του. Στην πραγματικότητα, η τροποποίηση της πηγής του θορύβου αντιμετωπίζει την αιτία του προβλήματος, ενώ η μείωση της διάδοσης του θορύβου κι η προστασία του δέκτη αντιμετωπίζουν τα συμπτώματα της ηχογόνου πηγής.

Η ανάλυση που ακολουθεί παρουσιάζει γενικότερες προτάσεις αντιμετώπισης του θορύβου. Για την εφαρμογή τους θα πρέπει να γίνει επιπρόσθετη έρευνα από την εταιρεία και από εξωτερικό εργολάβο για την αποτελεσματικότητα των μέτρων αυτών, την χρησιμότητά τους και, κυρίως, να ληφθεί υπόψη το οικονομικό κόστος για την εφαρμογή τους.

Έλεγχος στην πηγή του θορύβου

Πρόγραμμα συντήρησης

Όπως προαναφέρθηκε, η συστηματική συντήρηση των μηχανημάτων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες ελέγχου και μείωσης του παραγόμενου θορύβου. Ως εκ τούτου, η διατήρηση όλου του εξοπλισμού σε άριστη κατάσταση πρέπει να είναι μια συνεχόμενη προσπάθεια. Σε συνδυασμό με την συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού, που θα βελτιώνει την απόδοση και το προσδόκιμο ζωής της μηχανής, θα εξασφαλίσει ότι ο εξοπλισμός παραμένει εντός των επιτρεπτών ορίων που προβλέπει η εταιρεία για ιδανικές συνθήκες λειτουργίας. Στο πλαίσιο αυτό, ένα αρχικό μέτρο διάγνωσης και αντιμετώπισης του προβλήματος είναι ο καθορισμός τυπικών τιμών θορύβου που συνδέονται με την υγεία της μηχανής και τη σωστή λειτουργία της. Έχοντας καταγεγραμμένες τις τιμές κανονικής λειτουργίας, κάθε φορά που θα γίνεται συντήρηση της μηχανής, η μετρούμενη ηχητική ένταση θα μπορούσε να συγκριθεί με την τυπική τιμή και να αξιολογηθεί η σωστή λειτουργία της. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της συστηματικής συντήρησης είναι ότι θα μειωθεί ο χρόνος έκθεσης των εργαζομένων στο άμεσο ηχητικό πεδίο της μηχανής κατά την εκτέλεση απαραίτητων εργασιών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα συντήρησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το ανθρώπινο δυναμικό και το πρόγραμμα εργασιών.

Πνευματικά πιστόλια αέρος

Μια μέθοδος μείωσης της επίδρασης των εν λόγω ηχογόνων πηγών είναι η εφαρμογή κατάλληλων ακροφυσίων. Υπάρχουν διάφορα είδη αθόρυβων ακροφυσίων, τα οποία αντί να διαθέτουν ένα ενιαίο στόμιο διαιρούν το ρεύμα αέρα σε μικρότερες παράλληλες ροές για να επιτευχθεί ένα σημαντικά χαμηλότερο επίπεδο θορύβου. Τα χαμηλού θορύβου ακροφύσια παράγουν ηχητική ένταση ύψους περίπου 80 dB(A) ανάλογα με την ρύθμιση της πίεσης του

αέρα. Επειδή η ηχητική ένταση είναι ανάλογη με την όγδοη (8^η) τάξη της ταχύτητας της ροής του πεπιεσμένου αέρα, πρέπει να γίνουν προσπάθειες από την εταιρεία για τη μείωση της πίεσης της ροής στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο. Ορισμένα πιστόλια αέρα δίνουν το περιθώριο να λειτουργούν στα 35-40 psig¹², ένα όριο στο οποίο θα μπορούσε να προσαρμοστεί η πίεση του αέρα παροχής στο εργοστάσιο. Τέλος, είναι σημαντική η συστηματική συντήρηση και η εκπαίδευση των χρηστών ώστε να τα χρησιμοποιούν αποτελεσματικά μειώνοντας τον χρόνο λειτουργίας τους.

Εκτοξευτήρες πεπιεσμένου αέρα

Οι εκτοξευτήρες αέρα, σύμφωνα με την ανάλυση στο κεφάλαιο 3, αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες και σημαντικότερες πηγές θορύβου στις μηχανές. Το ύψος της ηχητικής έντασης ξεπερνάει το επιτρεπτό όριο που θέτουν οι κανονισμοί κ' η συνεχόμενη έκθεση μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στους εργαζομένους και στην εργασία. Κατάλληλα ακροφύσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αισθητή μείωση του θορύβου έως και 20% - 30% αλλά και για βελτίωση της απόδοσης αυτών.

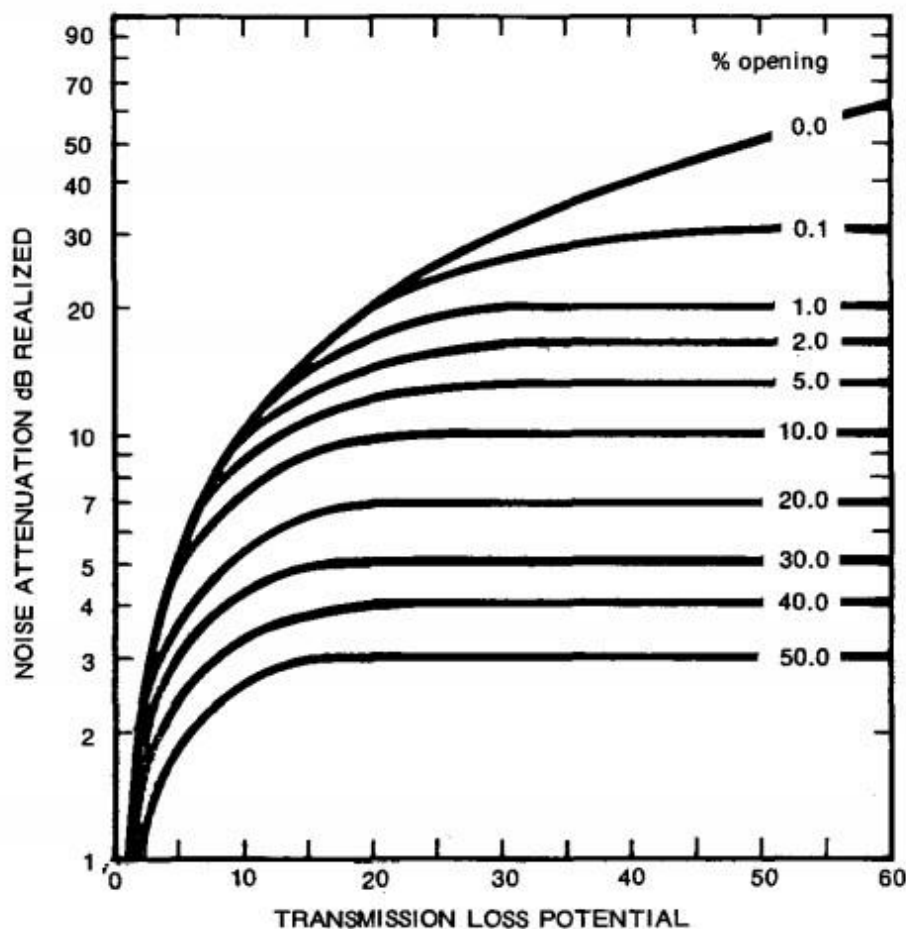
Μηχανές διαμόρφωσης πλαστικών φιαλών και πωμάτων

Οι μηχανές αυτές βρίσκονται στο Κτήριο 3 και διαμορφώνουν ένα πολύ έντονο ηχητικό περιβάλλον. Οι αιτίες που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3 μπορούν να αντιμετωπισθούν με τις ακόλουθες ενέργειες.

- Αντιμετώπιση της εκτόνωσης του πεπιεσμένου αέρα από διάφορες εκτονωτικές βαλβίδες.
- Τοποθέτηση εύκαμπτων συνδέσμων από νεοπρένιο μεταξύ των μεταλλικών τμημάτων για την αντιμετώπιση της διάδοσης της δόνησης μεταξύ των μεταλλικών τμημάτων. Επίσης για την αντιμετώπιση της δόνησης που μεταφέρεται από τον σκελετό της μηχανής προς το έδαφος μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντικραδασμικές βάσεις για την αντιμετώπιση των κραδασμών ιδιαίτερα χαμηλών συχνοτήτων.
- Στεγανοποίηση των ανοιγμάτων κατά μήκος όλων των ακμών των πλαισίων του περιβλήματος, των θυρών της μηχανής και του κενού μεταξύ της καμπίνας της μηχανής και του δαπέδου με χρήση κάποιου ελαστικού υλικού. Η επίδραση των ανοιγμάτων για την πιθανή μείωση του ήχου φαίνεται στο σχήμα 4.1.
- Τοποθέτηση πρόσθετων ηχοαπορροφητικών στοιχείων στις εσωτερικές πλευρές της μηχανής. Η κάλυψη αυτή θα εφαρμοστεί και στα σημεία τα οποία δεν διαθέτουν κανενός είδους ηχοαπορρόφηση. Είναι σημαντικό θα καλυφθεί τουλάχιστον το 25% του εσωτερικού χώρου.

¹² Psig: Μονάδα πίεσης, 1 psig = 0.069 bar

- Προσπάθεια κάλυψης του δημιουργούμενου κενού στο πίσω μέρος της μηχανής με εύκαμπτο βισκοελαστικό υλικό όσο αυτό είναι πρακτικά δυνατό.



Σχήμα 4.1: Επιπτώσεις των ανοιγμάτων για την πιθανή απώλεια μετάδοσης ήχου του πάνελ [1].

Σφραγίζοντας τα κενά που υπάρχουν στις μηχανές, μπορεί να επιτευχθεί μια σημαντική μείωση στον εκπεμπόμενο από την μηχανή θόρυβο της τάξης των 10 dB(A). Η μείωση αυτή, θα συμβάλει στην μείωση του θορύβου στο περιβάλλον και στη δόση θορύβου που δέχονται οι εργαζόμενοι στο χώρο αυτό.

Για την μηχανή SIDEL

Η βασική πηγή θορύβου στις μηχανές αυτές είναι οι διάδρομοι τροφοδότησης των φιαλών PET. Στον διάδρομο θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένα ηχομονωτικό κάλυμμα περιμετρικά αυτού. Οι διαστάσεις του καλύμματος θα είναι τέτοιες ώστε να είναι δυνατή η επέμβαση των χειριστών σε περίπτωση ανάγκης ή κάποιας συντήρησης.

Μηχανή τοποθέτησης σωληναρίων

Η μηχανή αυτή δεν λειτουργεί σε καθημερινή βάση, και όταν λειτουργεί η απαιτήσεις για συνεχόμενη επίβλεψη από τους εργαζόμενους δεν είναι πολλές. Εντούτοις, για να επιτευχθεί ο στόχος για την συνολική μείωση του επιπέδου του θορύβου σε ολόκληρο το κτήριο πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα απομόνωσης του θορύβου κατά την διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής αυτής. Αυτά είναι:

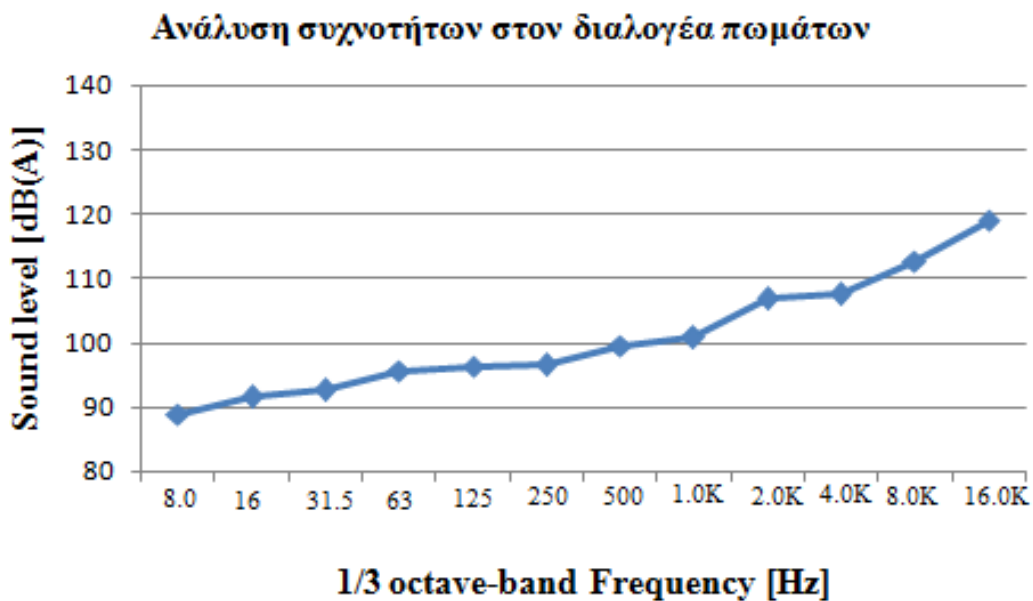
- Συντήρηση των μηχανικών τμημάτων της μηχανής,
- Επένδυση του εσωτερικού μέρους της μηχανής με ηχοαπορροφητικό υλικό.

Διαλογέας πωμάτων

Η μηχανή αυτή αποτελεί μια από τις βασικές πηγές θορύβου που συμβάλλει στην διαμόρφωση του ηχητικού περιβάλλοντος σε μεγάλο βαθμό. Με γνωστές τις αιτίες, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3, μπορούν να προταθούν κάποιες λύσεις για την μείωση της ηχητικής έντασης που εκπέμπουν.

- Προσαρμογή κατάλληλων ακροφυσίων στους εκτοξευτήρες αέρα, όπως αναλύθηκε παραπάνω,
- Οι μεταλλικές πλευρές του διαλογέα εκπέμπουν θόρυβο όταν τα πώματα συγκρούονται με αυτές. Ενισχύοντας τις πλευρές αυτές με ένα ηχοαπορροφητικό υλικό, θα ελαχιστοποιηθούν τα φαινόμενα δόνησης κ' η δημιουργία αερομεταφερόμενου θορύβου. Η επένδυση αυτή θα γίνει με την εφαρμογή ενός βισκοελαστικού φύλλου το οποίο θα απορροφά την ενέργεια της δόνησης από την σύγκρουση των πωμάτων με τις μεταλλικές πλευρές. Μια τέτοια επένδυση της τάξης του 20% του συνολικού χώρου μπορεί να επιφέρει μείωση έως και 4-6 dB(A).

Από την ανάλυση συχνοτήτων, που φαίνεται στο σχήμα 4.2, παρατηρούμε ότι οι επικρατέστερες συχνότητες είναι αυτές γύρω από τα 16.0 KHz. Συνεπώς, παρατηρούμε ότι η αντιμετώπιση των εκτοξευτήρων πεπιεσμένου αέρα στην μηχανή αυτή αποτελεί προτεραιότητα για την εταιρεία.



Σχήμα 4.2: Ανάλυση συχνοτήτων στον διαλογέα πωμάτων.

Σιλό τροφοδοσίας φιαλών

Τα σιλό τροφοδοσίας είναι βασικές πηγές θορύβου για τα Κτήρια 1 και 2. Οι κυριότερες αιτίες, όπως αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3, είναι η σύγκρουση των φιαλών με τα μεταλλικά τοιχώματα των σιλό και οι δονητές μεταφοράς των φιαλών μέσα στο σιλό (Σημείο 2). Τα μέτρα μείωσης του θορύβου είναι τα ακόλουθα.

- Οι μεταλλικές πλευρές του σιλό εκπέμπουν θόρυβο όταν τα πώματα συγκρούονται με αυτές. Ο τρόπος αντιμετώπισης είναι ο ίδιος με αυτόν που αναφέρθηκε στον διαλογέα πωμάτων.
- Τοποθέτηση ειδικού ηχομονωτικού καλύμματος γύρω από τον δονητή. Οι διαστάσεις του καλύμματος αυτού θα είναι τέτοιες ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση των τεχνικών για την συντήρηση του δονητή.

Μηχανή ανόρθωσης φιαλών

Στις μηχανές αυτές δεν μπορούν να γίνουν πολλές επεμβάσεις στο εσωτερικό τους για την προσθήκη ηχοαπορροφητικού υλικού. Ένα μέτρο μείωσης του θορύβου είναι η στεγανοποίηση των ανοιγμάτων κατά μήκος όλων των ακμών των πλαισίων του περιβλήματος, των θυρών της μηχανής.

Μηχανή προσανατολισμού φιαλών

Η αιτία θορύβου στη συγκεκριμένη μηχανή είναι η στιγμιαία επαφή του μεταλλικού βραχίονα αλλαγής φοράς της φιάλης με την ίδια την φιάλη ή την περιστρεφόμενη βάση αυτής. Τα μέτρα μείωσης του εκπεμπόμενου θορύβου είναι:

- Ηχομόνωση του περιβλήματος της μηχανής με την τοποθέτηση ηχοαπορροφητικού καλύμματος και την στεγανοποίηση των ανοιγμάτων του πλαισίου της,
- Προσαρμογή ειδικού καλύμματος γύρω από τον μεταλλικό βραχίονα ώστε να απορροφά την ενέργεια της σύγκρουσης και να μην παράγεται θόρυβος.

Γεμιστική μηχανή

Όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3, οι αιτίες θορύβου είναι τα μηχανικά και τα πνευματικά συστήματα για την τοποθέτηση του προϊόντος φιάλη και την εφαρμογή του πόματος. Δεν παράγουν υψηλά επίπεδα θορύβου, ωστόσο μπορούν να προταθούν κάποια μέτρα για την μείωση του θορύβου.

- Ηχομόνωση του περιβλήματος της μηχανής με την τοποθέτηση ηχοαπορροφητικού καλύμματος και την στεγανοποίηση των ανοιγμάτων του πλαισίου της,
- Προσαρμογή της πίεσης του παρεχόμενου αέρα σε χαμηλά επίπεδα χωρίς όμως να παρεμποδίζεται η σωστή λειτουργία της μηχανής,
- Χρήση ειδικών ακροφυσίων στις εκτονωτικές βαλβίδες,
- Σωστή συντήρηση των μηχανικών και στρεφόμενων τμημάτων της μηχανής.

Συρρικνωτικό χιτωνίου και στεγνωτήρας

Η εφαρμογή κατάλληλων ακροφυσίων στις βαλβίδες εκτόξευσης πεπιεσμένου αέρα και ατμού είναι μια από τις βασικές τροποποιήσεις που πρέπει να γίνουν στις μηχανές αυτές για την μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου.

Διαμορφωτής κιβωτίων

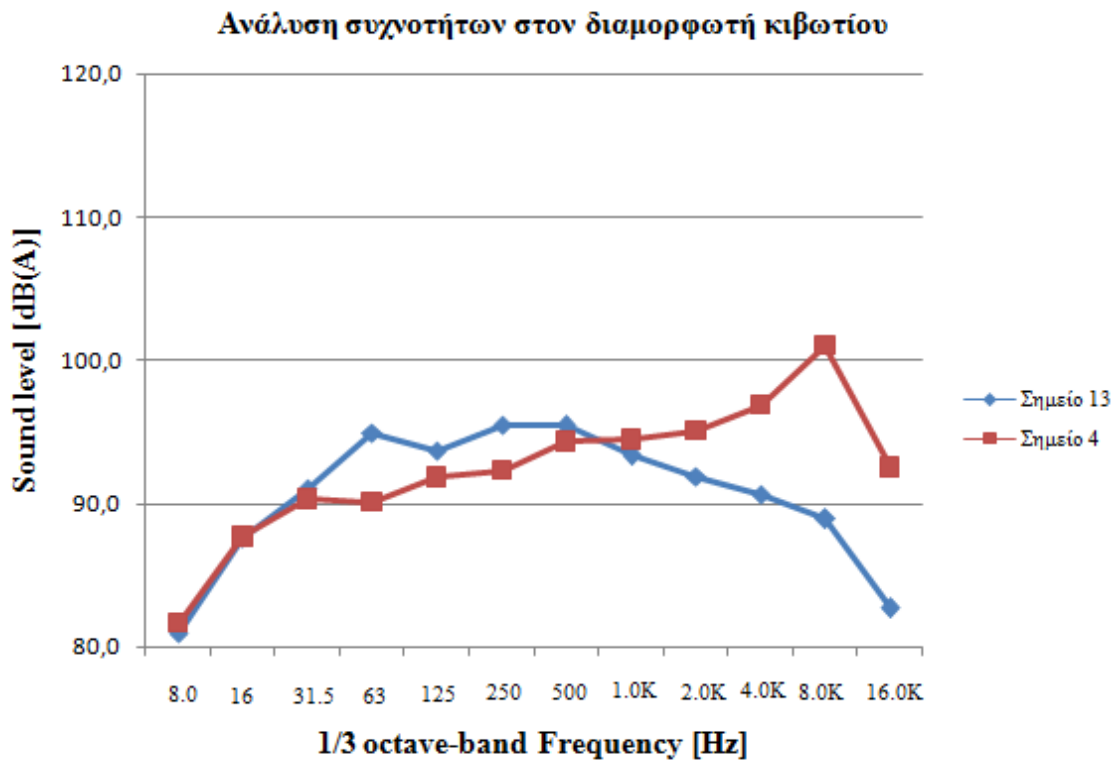
Οι μηχανές αυτές ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για τα υψηλά επίπεδα θορύβου στα κτήρια που μελετάμε. Ανάλογα με τον τύπο της μηχανής και την κατάστασή της, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3, εκπέμπονται διαφορετικά επίπεδα θορύβου. Τα μέτρα μείωσης του θορύβου που μπορούν να εφαρμοστούν είναι:

- Χρήση κατάλληλων ακροφυσίων στις βαλβίδες εκτόξευσης του πεπιεσμένου αέρα των πνευματικών συστημάτων.
- Μείωση της πίεσης του αέρα.
- Στεγανοποίηση των ανοιγμάτων κατά μήκος όλων των ακμών των πλαισίων του περιβλήματος, των θυρών της μηχανής.
- Τοποθέτηση πρόσθετων ηχοαπορροφητικών στοιχείων στις εσωτερικές πλευρές της

μηχανής. Η κάλυψη αυτή θα εφαρμοστεί και στα σημεία τα οποία δεν θα δημιουργούν πρόβλημα στην λειτουργία και επιτήρηση της μηχανής.

- Για τη μηχανή στο Σημείο 13 του Κτηρίου 1 και τη μηχανή στο Σημείο 4 του Κτηρίου 2 μπορεί να τοποθετηθεί μια ειδική ηχομονωτική οροφή στο πάνω μέρος του υπάρχοντος κατακόρυφου διαφανούς πετάσματος που περιβάλλει τη μηχανή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μηχανή στο Σημείο 4 του Κτηρίου 1 παράγει υψηλά επίπεδα θορύβου σε σχέση με την ίδιου τύπου μηχανή στο Σημείο 14, και αυτό οφείλεται σε βλάβη στο σύστημα αναρρόφησης αέρα στις βεντούζες. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 4.3 όπου γίνεται ανάλυση συχνοτήτων για τις εν λόγω μηχανές. Για την μηχανή στο Σημείο 4, οι επικρατέστερες συχνότητες είναι γύρω από τα 16.0 KHz, ενώ στο σημείο 13 γύρω από τα 250-500 Hz. Συνεπώς εκτός των παραπάνω μέτρων, πρέπει να εφαρμοστεί και ένα πρόγραμμα συντήρησης της μηχανής στο Σημείο 4 για την αντιμετώπιση της βλάβης και την μείωση του επιπέδου του παραγόμενου θορύβου. Στην συνέχεια θα πρέπει να γίνει σύγκριση των νέων μετρήσεων θορύβου με τις τιμές της μηχανής στο Σημείο 13 για να αξιολογήσουμε τις νέες επιδόσεις της μηχανής.



Σχήμα 4.3: Ανάλυση συχνοτήτων στον διαμορφωτή κιβωτίων.

Η μηχανή αυτή μπορεί να μην συγκαταλέγεται ανάμεσα στις πιο ηχογόνους πηγές, παρ' όλα αυτά, θα μπορούσαν να προταθούν κάποια μέτρα μείωσης της εκπομπής θορύβου.

- Μείωση του ύψους πτώσης της φιάλης στο κιβώτιο,
- Εφαρμογή αντικραδασμικού ελαστικού στην επιφάνεια της κλίνης της μεταφορικής ταινίας της εγκιβωτιστικής μηχανής για να απορροφά την ενέργεια από την πτώση των φιαλών στο κιβώτιο.

Μεταφορικές ταινίες

Ο βασικός τρόπος για την μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου από το σύστημα των μεταφορικών ταινιών είναι η συχνή συντήρηση όλων των τμημάτων. Τα στρεφόμενα μέρη της μηχανής, όπως τα ράουλα και οι κινητήρες, θα πρέπει να λιπαίνονται και να διατηρούνται σε καλή κατάσταση για να αποφευχθούν φαινόμενα φθοράς που οδηγούν σε εκπομπή θορύβου.

Έλεγχος στη διάδοση του θορύβου

Αφού έχουν προηγηθεί όλα τα μέτρα για την αντιμετώπιση του θορύβου από την πηγή και παρατηρούμε ότι απαιτούνται επιπρόσθετες δράσεις για την βελτίωση του ηχητικού περιβάλλοντος τότε εφαρμόζουμε μέτρα για την μείωση της διάδοσης του θορύβου στο εργασιακό περιβάλλον. Τέτοια μέτρα αναφέρθηκαν στην ενότητα 4.1.

Ένα από αυτά είναι η εφαρμογή κατάλληλων ηχοαπορροφητικών υλικών στα τοιχώματα, τις οροφές και τα δάπεδα των χώρων αυξημένου θορύβου. Ο ήχος από αντανάκλαση, θα προστεθεί στο ηχητικό κύμα που προέρχεται από την πηγή, επομένως η ηχητική ένταση που θα δεχτεί ο δέκτης θα αυξηθεί. Τα ηχοαπορροφητικά υλικά χρησιμοποιούνται για την μείωση της αντανάκλασης απορροφώντας τον ήχο πριν προλάβει να αντανάκλασει. Τοποθετούνται είτε στην οροφή είτε στους τοίχους της εγκατάστασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέτρο αυτό δεν μειώνει τον άμεσο ήχο που προέρχεται από την πηγή.

Συγκεκριμένα, θα μπορούσε να γίνει μελέτη για τοποθέτηση κατακόρυφων ηχοαπορροφητικών στοιχείων (baffles) σε όλα τα κτήρια πάνω και γύρω από τις πιο ηχογόνους πηγές. Η αντήχηση του ήχου μπορεί να είναι μεγαλύτερη όταν οι επιφάνειες του χώρου είναι σκληρές, δηλαδή από σκυρόδεμα. Σε αυτό το περιβάλλον τα συγκεκριμένα ηχοαπορροφητικά υλικά είναι ένα αξιόλογο μέτρο περιορισμού του θορύβου.

Έλεγχος στον αποδέκτη του θορύβου

Σε περίπτωση που έχουν εξαντληθεί όλα τα δυνατά μέτρα για την μείωση της έκθεσης στο θορύβο κάτω από το ανώτερο όριο των 85 dB(A), τότε θα πρέπει να ληφθούν κάποια ατομικά μέτρα προστασίας των εργαζομένων. Οι ωτασπίδες μπορούν να μειώσουν το στρες του έντονου θορύβου που εισβάλλει στα αυτιά των εργαζομένων. Σύμφωνα με την νομοθεσία παρέχονται από τον εργοδότη, χωρίς οικονομική επιβάρυνση των εργαζομένων.



Σχήμα 4.4: Ωτασπίδες.

Κάθε προϊόν έχει έναν Δείκτη Μείωσης Θορύβου (NRR¹³) με τον οποίο μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της απόδοσής του στην μείωση του θορύβου. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μείωσης του θορύβου από την χρήση ωτασπίδων είναι ο ακόλουθος:

$$\text{Ηχητική ένταση} = \text{Ισοδύναμη στάθμη θορύβου} - 0.5 * (\text{NRR} - 7) \quad (4.1)$$

Συνεπώς, με χρήση ωτασπίδων που κυκλοφορούν στο εμπόριο και έχουν NRR γύρω στο 28-30 dB μπορεί να επιτευχθεί μια αξιοσημείωτη μείωση της ηχητικής έντασης της τάξης των 11 dB.

Για την επιλογή του κατάλληλου προϊόντος ατομικής προστασίας θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την εργονομικότητα των μέτρων αυτών, όπως αναλύθηκε στην ενότητα 4.2.

Ένα άλλο σημαντικό μέτρο για τη μείωση της έκθεσης των εργαζομένων σε συνεχή θόρυβο συγκεκριμένης συχνότητας είναι η εναλλαγή των θέσεων ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η συνολική δόση θορύβου που δέχεται κάθε εργαζόμενος. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή του μέτρου αυτού είναι η άριστη γνώση των αρμοδιοτήτων και των συνθηκών εργασίας σε κάθε θέση.

¹³ NRR : Noise Reduction Rating

Τέλος, είναι απαραίτητο να υπάρχουν χώροι είτε μέσα στα κτήρια, είτε έξω από αυτά όπου η ηχητική ένταση θα βρίσκεται κάτω από τα 70 dB(A), όπου οι εργαζόμενοι θα μπορούν να ξεκουράζονται ή να δουλεύουν όταν έχει ξεπεραστεί ο ανώτατος επιτρεπτός χρόνος έκθεσης στην ισοδύναμη στάθμη θορύβου.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα & Προτάσεις

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα βασικότερα σημεία της μελέτης που παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Θα διατυπωθούν κάποια συμπεράσματα και στην πορεία θα γίνει αναφορά σε ορισμένες προτάσεις για περαιτέρω μελέτη.

5.1 Ανακεφαλαίωση και Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική μελετήθηκε ο θόρυβος σε τρία κτήρια μιας βιομηχανικής μονάδας στην Αθήνα που παράγει προϊόντα καθαρισμού για οικιακή χρήση. Ύστερα από δειγματοληπτική ηχομέτρηση σε όλους τους χώρους του εργοστασίου παρατηρήθηκε ότι η ηχητική ένταση ξεπερνούσε το επιτρεπτό από την νομοθεσία όριο των 85 dB(A) μόνο σε τρία κτήρια στα οποία έγινε η μελέτη. Οι θέσεις, όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, ορίστηκαν με βάση τη μέθοδο του καμβά ορίζοντας συγκεκριμένες αποστάσεις μεταξύ των επιμέρους θέσεων και των τοιχωμάτων των κτηρίων. Αφού πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις με την χρήση ενός ειδικού ηχομέτρου, αυτές επεξεργάστηκαν σε ειδικό πρόγραμμα για τη δημιουργία χαρτών θορύβου.

Οι χάρτες θορύβου είναι ένα σημαντικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό των ηχογόνων πηγών θορύβου στα κτήρια που έγινε η ηχομέτρηση. Αφού καταγράφηκαν οι ηχογόνοι πηγές, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των αιτιών που οδηγούν στα υψηλά επίπεδα ηχητικής έντασης. Από την ανάλυση αυτή καταγράφηκαν οι επικρατέστερες αιτίες θορύβου που είναι:

- Οι φυσητήρες εκτόξευσης πεπιεσμένου αέρα και ατμού,
- Οι βαλβίδες εκτόνωσης πεπιεσμένου αέρα από τα πνευματικά συστήματα των μηχανών,
- Η επαφή των πλαστικών φιαλών με τα μεταλλικά τοιχώματα των μηχανημάτων.

Το επόμενο βήμα, αφού εντοπίστηκαν όλες οι πηγές θορύβου και οι αιτίες θορύβου σε κάθε πηγή, είναι η πρόταση λύσεων και μέτρων μείωσης αυτού. Ο στόχος για την εφαρμογή των μέτρων αυτών είναι η μείωση της ηχητικής έντασης στο εργασιακό περιβάλλον με αποτέλεσμα την βελτίωση των εργασιακών συνθηκών των εργαζομένων και την πρόληψη των αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία τους από τα υψηλά ηχητικά επίπεδα. Οι προτάσεις αυτές ακολουθούν το κλασικό μοντέλο της **τεχνικής πρόληψης**:

- Έλεγχος στην πηγή,
- Έλεγχος κατά τη διάδοση,
- Έλεγχος στον αποδέκτη.

Για να πετύχει η εταιρεία επίπεδα ηχητικής έντασης χαμηλότερα των 83 dB(A), οι ακόλουθες ενέργειες έχουν ύψιστη σημασία στο πρόγραμμα ελέγχου του θορύβου.

- Η εταιρεία θα πρέπει να εγκαταστήσει σιγαστήρες στις εξόδους εκτόνωσης των πνευματικών συστημάτων και αθόρυβα ακροφύσια σε όλους τους εκτοξευτήρες πεπιεσμένου αέρα,
- Οι χειριστές των γραμμών παραγωγής και οι μηχανικοί θα πρέπει να εκπαιδευτούν στο να συντηρούν τις μηχανές και να τις διατηρούν στις βέλτιστες ρυθμίσεις λειτουργίας.

5.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Οικονομοτεχνική μελέτη

Δύο σημαντικοί παράγοντες στην εφαρμογή των μέτρων μείωσης του θορύβου είναι:

- Η δυνατότητα εφαρμογής των μέτρων χωρίς την παρεμπόδιση της λειτουργίας των μηχανημάτων και των εργαζομένων,
- Το οικονομικό κόστος της επένδυσης.

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκαν ορισμένες προτάσεις για την μείωση του θορύβου στον χώρο του εργοστασίου. Οι προτάσεις αυτές, εάν και αποτελεσματικές, μπορεί να μην είναι εφικτό να εφαρμοστούν στο συγκεκριμένο εργασιακό περιβάλλον για δύο λόγους. Αρχικά, μπορεί να παρεμποδίζουν τη σωστή λειτουργία των μηχανών και των γραμμών παραγωγής και αφετέρου, μπορεί να εμποδίζουν τις εργασίες των χειριστών των μηχανών δημιουργώντας καθυστερήσεις και διακοπές στην παραγωγή του εργοστασίου.

Έπειτα, ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι το οικονομικό κόστος της επένδυσης αυτής. Ορισμένες από τις εφαρμογές αυτές μπορεί να έχουν υψηλό κόστος εφαρμογής και η αποτελεσματικότητά τους να μην είναι ανάλογη του κόστους αυτού.

Επομένως, η εταιρεία θα πρέπει να κάνει μια έρευνα σε συνεργασία με κάποιον εξωτερικό συνεργάτη ειδικευμένο στον τομέα αυτό, ώστε να εκπονηθεί μια οικονομοτεχνική μελέτη και να ευρεθούν τα κατάλληλα μέτρα που δύνανται να εφαρμοστούν για την μείωση της ηχητικής έντασης σε επίπεδα χαμηλότερα των 85 dB(A).

Ζώνες θορύβου

Με τα αποτελέσματα που παίρνουμε από τους χάρτες θορύβου μπορούμε να δημιουργήσουμε στα κτήρια που μελετήθηκαν ζώνες θορύβου ανάλογα με τα επίπεδα της ηχητικής έντασης. Οι ζώνες θορύβου ορίζονται με βάση τα όρια της ηχητικής έντασης που φαίνονται στον πίνακα 2.1.

Σε ορισμένα σημεία στα κτήρια που μελετήθηκαν η ηχητική ένταση βρίσκεται σε επιτρεπτά επίπεδα κάτω των 85 dB(A). Τα σημεία αυτά θα μπορούσαν να ορισθούν ως ζώνες θορύβου χαμηλής έκθεσης στον θόρυβο. Στόχος είναι να αυξηθεί η φυσική παρουσία των εργαζομένων στις ζώνες αυτές προκειμένου να μειώνεται το ποσοστό της συνολικής δόσης θορύβου που δέχονται κατά τη διάρκεια της 8ωρης βάρδιας.

Από τις ζώνες αυτές οι εργαζόμενοι θα μπορούσαν παράλληλα να ελέγχουν την παραγωγή στα σημεία με υψηλή ηχητική ένταση χωρίς να απαιτείται η φυσική τους παρουσία. Για να επιτευχθεί αυτό, στις συγκεκριμένες ζώνες μπορούν να τοποθετηθούν κάποια σήματα, ηχητικά ή οπτικά, που θα παρέχουν την δυνατότητα στους εργαζομένους να ελέγχουν την παραγωγή και θα τους ενημερώνουν για πιθανές βλάβες ή παύσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Η πραγματοποίηση του μέτρου αυτού απαιτεί μια **ανάλυση εργασίας** ώστε να προσδιοριστούν και να αναλυθούν οι υποχρεώσεις και οι απαιτήσεις των εργασιών που εκπονούν οι εργαζόμενοι.

Με τον όρο Ανάλυση Εργασίας εννοούμε τη διαδικασία συγκέντρωσης και καταγραφής των σημαντικών δραστηριοτήτων, τις οποίες εκτελεί ένας εργαζόμενος, των απαιτήσεων και των τεχνικών και περιβαλλοντικών δεδομένων της θέσης, καθώς και του συνόλου των προσόντων, των γνώσεων, των ικανοτήτων και των υπευθυνοτήτων που πρέπει να συνδυάζει ο εργαζόμενος για την επιτυχή διεξαγωγή της εργασίας του. [1]

Αφού πραγματοποιηθεί η ανάλυση, θα αξιολογηθεί κατά πόσο είναι εφικτή η παρακολούθηση της παραγωγής από απόσταση και ποια θα είναι τα καθήκοντα και οι ενέργειες των εργαζομένων.

Πρόγραμμα συντήρησης

Όπως προαναφέρθηκε, ένα από τα σημαντικότερα μέτρα μείωσης του θορύβου είναι η πρόληψή του μέσω του προγράμματος συντήρησης των μηχανημάτων. Στα πλαίσια της γενικότερης συντήρησης που πραγματοποιεί η εταιρεία ανά τακτά χρονικά διαστήματα, θα πρέπει να συμπεριληφθεί και η μέτρηση του θορύβου στις διάφορες ηχογόνους πηγές.

Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 1:

Αναφορές

- [1]: ΟΔΗΓΙΑ 2002/49/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 25ης Ιουνίου 2002 σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου.
- [2]: "Industrial Noise Modelling And Mapping", Scientific Journal - FACTA UNIVERSITATIS, Faculty of Occupational Safety in Niš, Laboratory for Noise and Vibration.
- [3] : Εισαγωγή στην εργονομία – Νίκος Μαρμαράς.
- [4] : Eurostat, Work and health in the EU: a statistical portrait, 2004.
- [5] : "Noise mapping for industrial sources", Laboratory for Noise and Vibration, University of Coimbra.
- [6] : Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, et al., editors, Fig 13.5 "The Inner Ear" Neuroscience. 2nd edition.
- [7] : Μαρχαβίλας Παναγιώτης, "Υγιεινή Και Ασφάλεια Εργασίας".
- [8] : Νίκος Μαρμαράς, Σχήμα 6.6, "Εισαγωγή στην Εργονομία".
- [9] : Νίκος Μαρμαράς, Σχήμα 6.3, "Εισαγωγή στην Εργονομία".
- [10] : Νίκος Μαρμαράς, Σχήμα 6.1, "Εισαγωγή στην Εργονομία".
- [11] : Νίκος Μαρμαράς, Σχήμα 6.2, "Εισαγωγή στην Εργονομία".
- [12] : Dr H. E. von Gierke, Dr E. Gros, et al., "Environmental Health Criteria for Noise", International Programme on Chemical Safety (IPCS INCHEM).
- [13] : Νίκος Μαρμαράς, Σχήμα 6.7, "Εισαγωγή στην Εργονομία".
- [14] : James Tingay, "A, C & Z Frequency Weightings".
- [15] : Προεδρικό Διάταγμα 149/2006, "Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος) σε εναρμόνιση με την οδηγία 2003/10/ΕΚ".
- [16] : Νίκος Μαρμαράς, Σχήμα 6.8, "Εισαγωγή στην Εργονομία".

[17] : Νίκος Μαρμαράς, Σχήμα 6.10, "Εισαγωγή στην Εργονομία".

[18] : Νίκος Μαρμαράς, Σχήμα 6.11, "Εισαγωγή στην Εργονομία".

[19] :National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), "Basis for the Exposure Standard," in Publication No 98-126, Criteria for a Recommended Standard: Occupational Noise Exposure (1998).

[20] : Προεδρικό Διάταγμα 85/1991, "Προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στο θόρυβο κατά την εργασία, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 86/188/ΕΟΚ." (ΦΕΚ 38/Α/18-3-1991).

[21]: ΟΔΗΓΙΑ 2003/10/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 6ης Φεβρουαρίου 2003 περί των ελάχιστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας για την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος).

[22] :Jürgen Maue, "Noise", European Agency for health and safety, Occupational Safety and Health WIKI.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

[23] : <https://el.wikipedia.org/wiki/Ήχος>

[24] : https://en.wikipedia.org/wiki/Equal-loudness_contour

[25] : <https://en.wikipedia.org/wiki/A-weighting>

[26] : <http://www.cirrusresearch.co.uk/blog/2012/07/iec-61672-a-standard-for-sound-level-meters-in-three-parts/>

Κεφάλαιο 2:

Αναφορές

[1] : Μαρχαβίλας Παναγιώτης, "Υγιεινή Και Ασφάλεια Εεργασίας".

[2] : Dennis P. Driscoll, et al., "Noise" Section III, Chapter 5, OSHA Technical Manual, United States Department of Labor.

[3] : Instruction Manual - Nor132, Nor132' , Norsonic.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

[4] : <http://www.norsonic.com>

Κεφάλαιο 3:

Αναφορές

[1] : Kelly A. Ross, Susan D. Arntfield and Stefan Cenkowski, Fig.1 'A Polymer Science Approach to Physico-Chemical Characterization and Processing of Pulse Seeds', INTECH.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

[2] : <http://www.turnkeybase.com.tw/uns.htm>

[3] : <http://www.serac-group.com/>

[4] : <http://www.zalkincapping.com/products/high-speed-bottle-cap-sorter-orienter-gc-series>

[5] : <http://shrinksleevelabels.com/product-information/shrink-sleeves-applied/>

[6] : https://en.wikipedia.org/wiki/Blow_molding

[7] : <https://el.wikipedia.org/wiki/Πήξη>

[8] : https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate

[9] : <http://www.sidel.com/equipment>

Κεφάλαιο 4:

Αναφορές

[1]: "Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (θόρυβος) σε εναρμόνιση με την οδηγία 2003/10/ΕΚ ", ΠΔ 149/2006.

[2]: Μαρχαβίλας Παναγιώτης, "Υγιεινή Και Ασφάλεια Εργασίας".

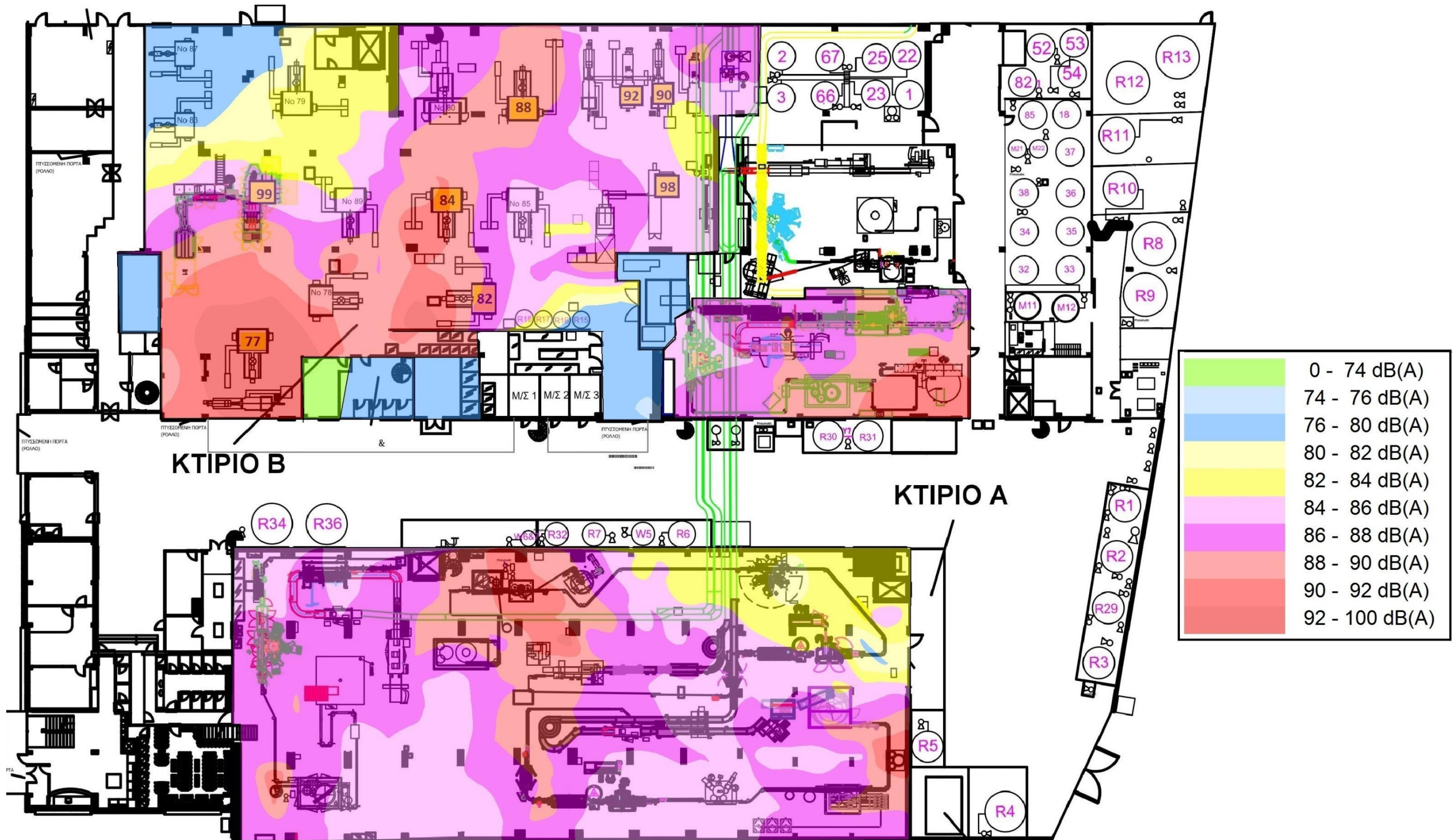
[3] : National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Figure 3.11, "Industrial Noise Control Manual," in Publication No 79-117, chapter 3 -Noise Control.

Κεφάλαιο 5:

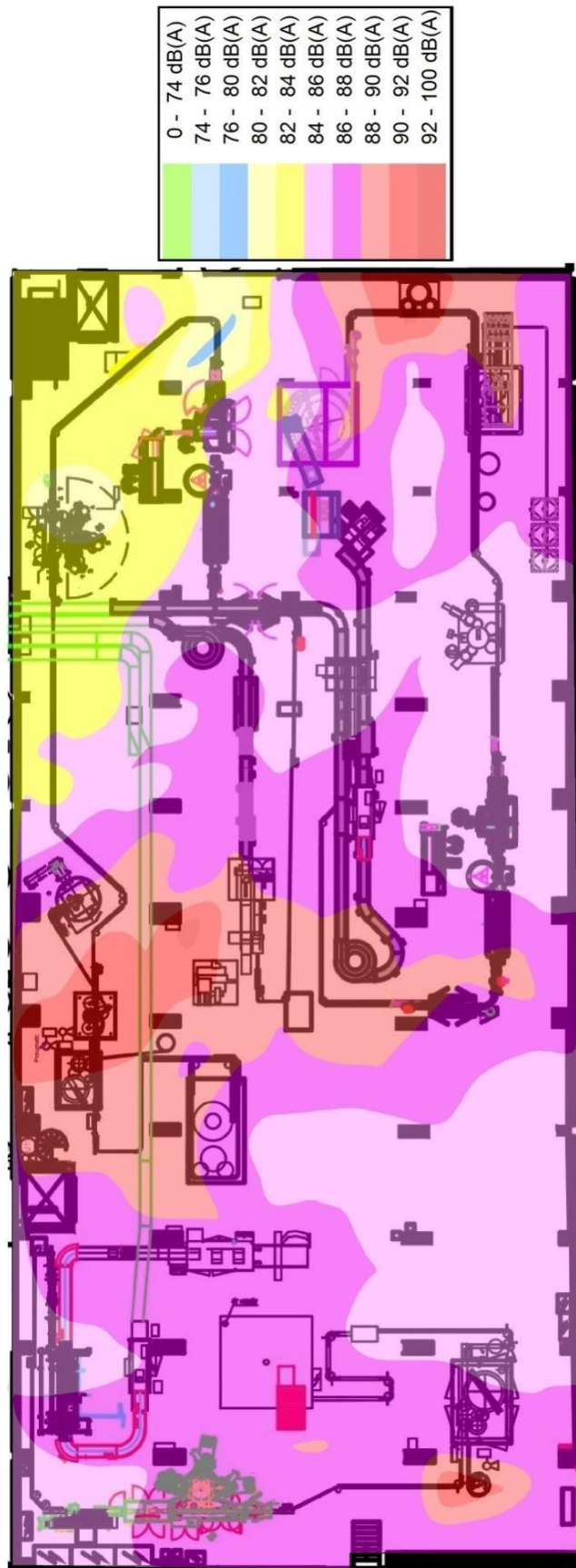
Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

[1] : [https://wikimarkt.wikispaces.com/Διοίκηση Ανθρώπινων Πόρων-Ανάλυση και Περιγραφή Θέσης Εργασίας](https://wikimarkt.wikispaces.com/Διοίκηση+Ανθρώπινων+Πόρων-Ανάλυση+και+Περιγραφή+Θέσης+Εργασίας)

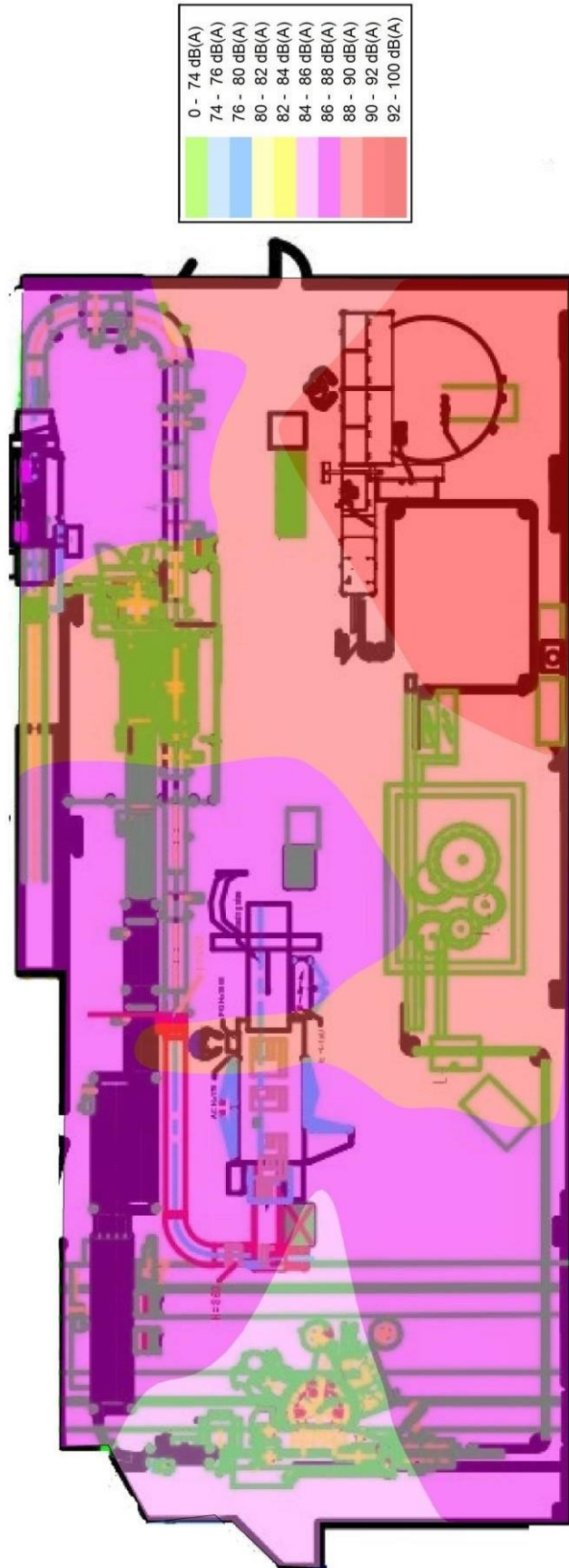
Παράρτημα



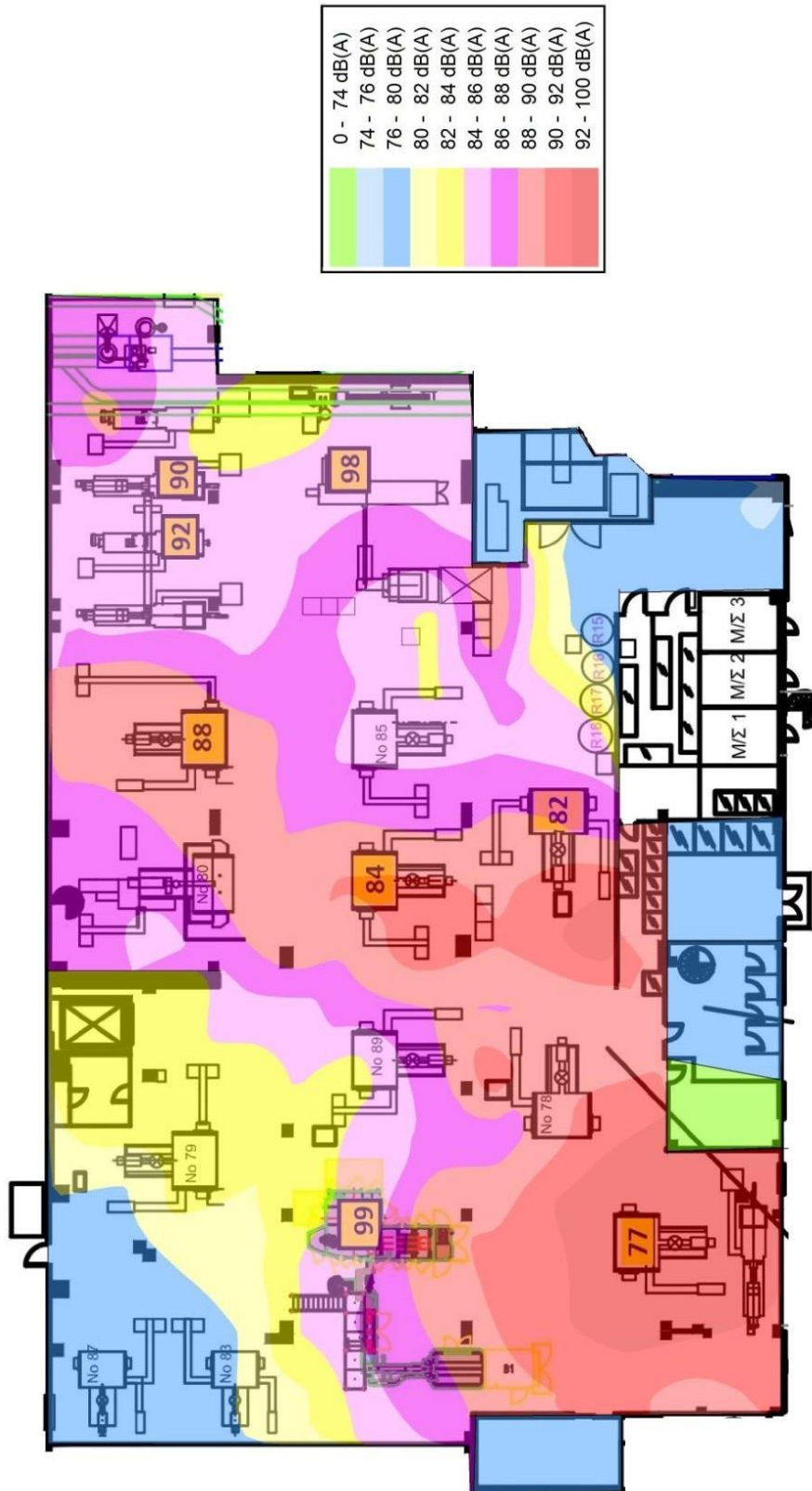
Σχήμα 3.1: Χάρτης θορύβου του ισόγειου



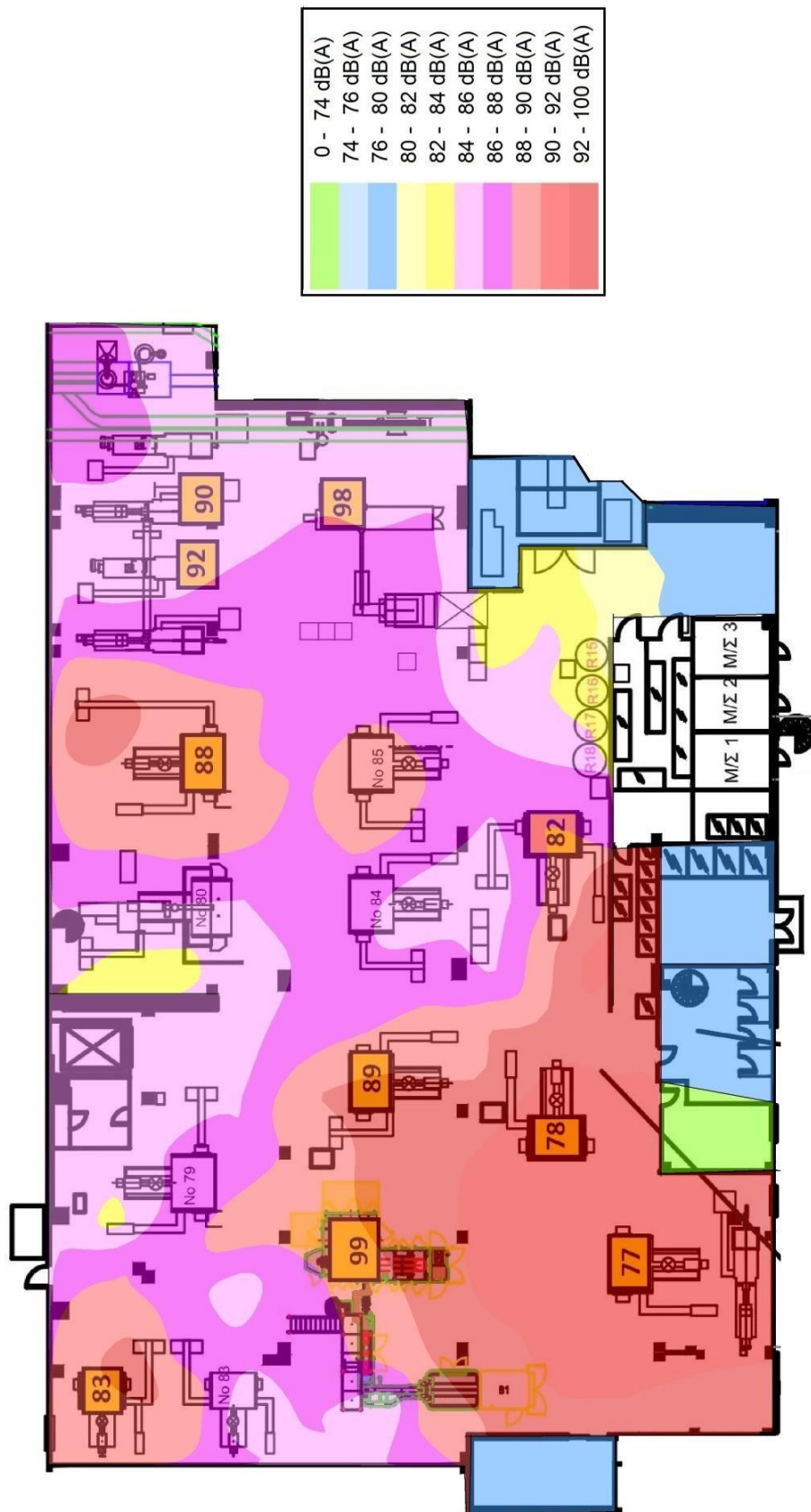
Σχήμα 3.2: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 1



Σχήμα 3.2: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 2



Σχήμα 3.5: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 3, μέτρηση 1.



Σχήμα 3.5.2: Χάρτης θορύβου του κτηρίου 3, μέτρηση 2.

